

ALIMENTADOR CANINO AUTOMÁTICO



CORPORACION UNIVERSITARIA
AUTONOMA
DEL CAUCA

DIANA GABRIELA PALACIO M.
FÉLIX AUGUSTO MANRIQUE CORTÉS

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTADA DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
POPAYÁN 2017

ALIMENTADOR CANINO AUTOMÁTICO



CORPORACION UNIVERSITARIA
AUTONOMA
DEL CAUCA

DIANA GABRIELA PALACIO M.
FÉLIX AUGUSTO MANRIQUE CORTÉS

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA

DIRECTOR
Ing. JULIO CÉSAR VIDAL M.

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTADA DE INGENIERÍAS
PROGRAMAS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
POPAYÁN 2017

DEDICATORIA

Diana Gabriela Palacio Muñoz:

A mis padres, por estar conmigo, por enseñarme a crecer y a que si caigo debo levantarme, por apoyarme y guiarme, por ser las bases que me ayudaron a llegar hasta aquí.

Félix Augusto Manrique Cortes:

Este proyecto de vida lo dedico a las personas más importantes de mi vida: "MIS PADRES".

AGRADECIMIENTOS

Diana Gabriela Palacio Muñoz:

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, por guiarme en el camino y fortalecerme espiritualmente para empezar un camino lleno de éxito.

Félix Augusto Manrique Cortes:

Así, quiero mostrar mi gratitud a todas aquellas personas que estuvieron presentes en la realización de esta meta, de este sueño que es tan importante para mí, agradecer todas sus ayudas, sus palabras motivadoras, sus conocimientos, sus consejos y su dedicación.

NOTAS DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado **ALIMENTADOR CANINO AUTOMÁTICO**, realizado por los estudiantes **DIANA GABRIELA PALACIO MUÑOZ Y FÉLIX AUGUSTO MANRIQUE CORTÉS**, cumple con los requisitos para optar por el título de **INGENIERO ELECTRÓNICO**.

Ing. JULIO CÉSAR VIDAL
Director de trabajo de grado.

Ing. GEOVANNY CATAMUSCAY M.
JURADO 1

Ing. JUAN PABLO DIAGO R.
JURADO 2

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE ANEXOS.....	10
1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	14
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.4. METODOLOGÍA.....	15
1.5. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	16
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	18
2.1. REFERENCIAS DEL MERCADO	19
2.2. TRABAJOS RELACIONADOS	21
2.3. RESUMEN	25
3. REQUERIMIENTOS, MÓDULOS Y NECESIDADES	30
3.1. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	30
3.2. REQUERIMIENTOS OPERACIONALES.....	30
3.3. REQUERIMIENTOS COMERCIALES.....	31
3.4. REQUERIMIENTOS DE HIGIENE Y SALUBRIDAD	31
3.5. DISEÑO GENERAL DE MÓDULOS DEL ALIMENTADOR CANINO AUTOMÁTICO.....	32
3.6. DISEÑO DETALLADO DE MÓDULOS DEL ALIMENTADOR CANINO AUTOMÁTICO.....	39
4. DESARROLLO DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	98
4.1 DISPOSICIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	99
4.2. DISPOSICIÓN DEL HARDWARE	101
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS	126
6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS A FUTURO	131
6.1 CONCLUSIONES	131
6.2 TRABAJOS A FUTURO.....	132
BIBLIOGRAFIA.....	133

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Funcionamiento básico del alimentador canino	33
Figura 3.2: Diagrama de flujo general del alimentador canino.....	37
Figura 3.3: Diagrama de flujo del módulo de almacenamiento.....	40
Figura 3.4: Diagrama en bloques del módulo de almacenamiento.	41
Figura 3.5: Indicador de nivel rotativo	43
Figura 3.6: Sensor ultrasonido HC-SR04.	48
Figura 3.7: Módulo de almacenamiento digitalizado en software CAD.	50
Figura 3.8: Diagrama de flujo del módulo dosificador.	53
Figura 3.9: Diagrama en bloque del módulo dosificador.....	54
Figura 3.10: Celda de carga de 5Kg para módulo dosificador.	56
Figura 3.11: Módulo dosificador digitalizado en software CAD.....	58
Figura 3.12: Motor DC de 12v para la puerta dosificadora.	59
Figura 3.13: Base estructural en software CAD.	61
Figura 3.14: Diagrama de flujo del módulo de reconocimiento RFID.	67
Figura 3.15: Tags o etiquetas.	68
Figura 3.16: Sensor RDM 6300 125KHz RFID.	69
Figura 3.17: Diagrama en bloque modulo de reconocimiento RFID.	70
Figura 3.18: Diagrama de flujo del modulo de peso del canino.	72
Figura 3.19: Transmisor ADC de celda de carga HX711.	73
Figura 3.20: Celda de carga de 50kg con puente wheaststone.	74
Figura 3.21: Diagrama en bloque de modulo de peso del canino.	75
Figura 3.22: Diagrama de flujo del módulo de transmisión SigFox.	77
Figura 3.23: Cobertura mundial de la red de IoT con el operador SigFox.	84
Figura 3.24: Cobertura detallada del territorio Popayan, Cauca, Colombia.	85
Figura 3.25: Diagrama en bloques general del proceso de transmision de IoT.....	86
Figura 3.26: Chip WISOL SFM10R4.	87
Figura 3.27: Diagrama de flujo del módulo de control.....	89
Figura 3.28: Diagrama en bloques del módulo de control.	90

Figura 3.29: Arduino Mega 2560	96
Figura 4.1: Arduino Mega montada en prototipo.	102
Figura 4.2: Puente H montado en prototipo.	103
Figura 4.3: Módulo de reloj DS3231 implementado	104
Figura 4.4: Módulo ADC HX711 implementado.....	106
Figura 4.5: Montaje del sensor ultrasonido HC-SR04.	108
Figura 4.6: Montaje de la LCD	110
Figura 4.7: Montaje de motor de puerta dosificadora (apertura tolva).....	111
Figura 4.8: Montaje del motor de puerta de acceso al plato de alimento	112
Figura 4.9: Montaje de módulo de llamado de voz ISD-1820.	113
Figura 4.10: Implementación de celda de carga 5kg.	115
Figura 4.11: Implementación chip WISOL SFM10R4.	118
Figura 4.12: Montaje en baquelita de chip WISOL SFM10R4.....	119
Figura 4.13: Generación de numeros únicos de identificación de chip (AT).	119
Figura 4.14: Recepción de datos enviados desde arduino IDE a Backend SG. .	120
Figura 4.15: Baquelita de primera implementación del chip WISOL.....	122
Figura 4.16: Implementación en segunda baquelita del chip de WISOL.....	122
Figura 4.17: THINXTRA XKIT en caja contenedora (ID-PAC).....	124
Figura 4.18: Plataforma de asistencia IBM.....	125

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1: Resumen de trabajos relacionados en el mercado y centros inv..	25
Tabla 3-1: Precios de sensores de nivel rotativos	44
Tabla 3-2: Precios de sensores de nivel a membrana.	45
Tabla 3-3: Precios de sensores de nivel ultrasonicos	47
Tabla 3-4: Características de celda de carga de 5Kg.	57
Tabla 3-5: Especificaciones de motor DC de 12v.	60
Tabla 3-6: Terna de tecnologías de proximidad y reconocimiento.	63
Tabla 3-7: Características de arduino mega.	94
Tabla 3-8: Comparación ARD-RASP	95
Tabla 4-1: Caracterización del sensor HC-SR04.	107
Tabla 5-1: Prueba de dosificación.	129
Tabla 5-2: Prueba de horarios para servir ración.	130

LISTA DE ANEXOS

- A1. Manual de usuario
- A2. Comandos de comunicación sigfox
- A3. Estructura de plataforma de asistencia sigfox en NodeRed.....
- A4. Prototipo alimentador implementado
- A5. Tablas de nutrición de las tres razas de caninos
- A6. Algoritmo de proceso de dosificación.....
- A7. Algoritmo de envío Arduino-Sigfox.....
- A8. Algoritmo de calibración celdas de carga

RESUMEN

El presente trabajo de grado pretende realizar un aporte a la sociedad, por medio del diseño e implementación de un alimentador para caninos de tamaño pequeño; el cual brinda seguridad y libertad al ser humano e igualmente bienestar a su mascota. Esta herramienta permite que las personas puedan ausentarse de sus hogares durante más tiempo, teniendo la certeza de que su mascota tiene en el horario adecuado la ración apropiada de alimento en grano según su raza y edad. Este alimentador posee una plataforma móvil con tecnología *SigFox* [1], donde el dueño podrá monitorizar el tamaño de la ración que su mascota consumió por última vez y si hay suficiente alimento en la tolva principal. Además de contar con un sistema que reproduce un llamado pregrabado de voz en el horario de alimentación, para que la mascota se acerque al alimentador donde previamente el usuario ha suministrado la raza y la edad. Este prototipo mide el peso del canino periódicamente para conocer su progreso: asimismo cuenta con un sistema de interacción con el usuario para ingresar y programar de forma automática o manual el modo de alimentación. En el primer caso se cuenta con una base de datos de tres razas de perros, tomando en cuenta la edad para decidir el tamaño de la ración con el horario de alimentación. En el segundo caso el sistema permite al usuario abrir o cerrar la compuerta de la tolva según desee. Este prototipo se desarrolla para uso de una mascota a la vez.

Palabras Claves: SigFox, Internet de las cosas, Celda de Carga, RFID, Chip, Automático, Canino, LPWAN, Domótica.

ABSTRACT

This degree work pretends to conduct a contribution to society through the design and implementation of a small size canine's feeder; which gives safety and freedom to human beings and similarly welfare to pets. This tool allows people to be away of homes longer time, having the confidence that pets have in the suitable schedule the appropriated amount of grain food according to breed and age. This canine's feeder will be of a mobile platform with *SigFox* technology, where the pet's owner could be monitoring the amount size drunk by the pet for the last time and there is enough food in the main hopper. In addition to have a system that plays a pre-recorded called voice, this helps the pet for going to eat where previously the user has provided the breed and age. Canine's feeder regularly measures the pets' weight to know your progress; also it has an interaction system with the user to log in and program the feeding in an automatic or manual way. In the first case, it has a three-breed-dogs' database taking into account the age for determining the amount size and the feeding schedule. In the second case, the system allows the user to open or close the hopper valve as he/she wishes. This prototype is developed for the use of one pet at the time.

Keywords: SigFox, Internet of Things, Load Cell, RFID, Chip, Automatic, Canine, LPWAN, Domotics.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las mascotas desempeñan un papel muy importante en el ambiente familiar; en muchos casos, éstas son tratadas como un miembro más. La estrecha relación que existe entre humanos y los animales de compañía, ha provocado el surgimiento de un importante sector económico a nivel mundial que va más allá del cuidado veterinario; pues ahora la gama de opciones se ha ampliado y se encuentran desde zapatos, accesorios lujosos, guarderías, cocina gourmet, alimentadores, spas y hasta hoteles cinco estrellas.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Por elementos externos o debido al ritmo de vida actual, ya sea por las largas jornadas laborales, actividades fuera de casa, vacaciones u olvido, por parte del dueño del canino, no se le proporciona la alimentación en forma adecuada, ya sea por factores como la calidad en el alimento, el tamaño de la ración y los horarios de alimentación. Sometiendo al canino a largos periodos de ayuno o sobrealimentación, afectando de esta manera el desarrollo de buenos hábitos alimenticios para las mascotas. En diversos estudios se hallan cifras preocupantes acerca de la mala nutrición canina; ya sea por exceso o escaso alimento. Algunos indican que entre el 20 y el 30% de los caninos de los países industrializados padece de obesidad, un canino malnutrido es aquel que no recibe el aporte calórico justo, así como las vitaminas y nutrientes necesarios, provocando el grave problema de alimentación [2].

Pensando en mejorar la calidad de vida de la mascota y del dueño, se crea la necesidad de disponer de un sistema de alimentación que le permita al canino contar con la cantidad apropiada de alimento en grano y en los horarios

adecuados según su raza y edad. Para así garantizar la buena salud y desarrollo de la mascota, surgiendo la siguiente pregunta problematizadora ¿Cómo implementar un sistema que permita a los caninos contar con las raciones de alimento en horarios adecuados?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La empresa *Red F5 S.A.S* [3], está interesada en apoyar este proyecto con el fin de cambiar el modo de alimentación de un canino, y así a mejorar la calidad de vida de la mascota y de su dueño, pensando también en el desarrollo de sus ramas investigativas así como la rentabilidad de la empresa *Red F5 S.A.S*, para lograr una permanencia y adquirir un nivel más competitivo en el sector comercial. Uno de los principales objetivos de la empresa *Red F5 S.A.S* [3] es brindar soluciones informáticas que empleen las nuevas tecnologías de la información y comunicación, para el desarrollo social y cultural en forma positiva, de las comunidades que se encuentran dentro del rango de acción nacional. Es por esta razón que la empresa *Red F5 S.A.S* [3] Percibe la necesidad de mejorar la calidad de vida tanto de las mascotas caninas como de sus dueños, ya que en la actualidad muchas familias cuentan con una mascota en el hogar, pero no todas cuentan con la disponibilidad de tiempo necesario para satisfacer las necesidades alimenticias de su canino y éste se debe ser sometido a largos periodos de ayuno o sobrealimentación [2]. Por esto propone la implementación de un prototipo de alimentador automático que supla la necesidad alimenticia del perro, pensando siempre en el bienestar de la mascota, el alimentador almacena el alimento en grano, pesa la ración, permite programar los horarios de alimentación a elección del dueño según la raza y la edad por medio de una interfaz, reproduce un llamado de voz pregrabado en el momento que se sirve el grano y permite monitorear de forma remota los datos del nivel de comida en la tolva y el consumo de alimento por parte del canino.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Implementar prototipo de un alimentador canino automático con aplicación móvil informativa *SigFox*.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diseñar la estructura física del alimentador.
- Desarrollar el sistema eléctrico y electrónico de control del alimentador.
- Desarrollar plataforma de asistencia.
- Evaluar en un estudio de casos el proyecto.

1.4. METODOLOGÍA

La metodología para realizar el prototipo alimentador canino automático, se lleva a cabo junto al soporte de la empresa *Red F5 S.A.S* con sede en el municipio de Popayán, Cauca, esto con el fin de mejorar el proceso de alimentación del canino de una forma adecuada, personalizada y así poder dar solución a los problemas de salud por desnutrición o sobrealimentación reflejados por los perros de compañía en diversos estudios realizados referencialmente.

Para implementar el prototipo de un alimentador canino automático y dar cumplimiento a los objetivos planteados en este informe, es necesario utilizar la metodología científica para el desarrollo del proyecto con la técnica de la observación sistemática, la misma que reúne la información necesaria tal como,

tamaño de las mascotas y el comportamiento de los dueños. De igual manera junto con el método de observación van de la mano los métodos de análisis y síntesis que permiten conocer los elementos fundamentales desarrollados en el mercado, así como trabajos relacionados en centros investigativos de educación superior elaborados en universidades del exterior y del país.

Posteriormente, los métodos inductivo y deductivo que estructuran el procedimiento mediante la observación, experimentación, comparación de resultados y la formulación de ideas para la implementación final del prototipo de alimentador dando a conocer los módulos que componen el proyecto y como se acomodan entre ellos para elegir la mejor lógica sensorial; finalmente el uso del método experimental con el que se analiza y se comprueba el correcto funcionamiento del alimentador implementado, su control, la medida de resultados y las correcciones del caso.

1.5. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

Teniendo en cuenta la problemática planteada, el presente documento se encuentra dividido en seis capítulos: en el capítulo 1, se encuentran la descripción del problema, la justificación, la definición de los objetivos: general y específicos, la metodología empleada y la organización del trabajo.

En el capítulo 2, denominado Fundamentación Teórica, se describe el estado actual del conocimiento, teniendo en cuenta las referencias en el mercado y los trabajos relacionados, además se establece un marco teórico el cual es indispensable para la comprensión y el desarrollo de una fluida lectura en este documento.

El capítulo 3, contiene la descripción de los requerimientos operacionales, funcionales, operativos, de higiene y salubridad del alimentador. Además de un diseño general del alimentador canino automático con diagramas como el de bloques, diagrama de flujo del proceso, y de cada uno de los módulos que componen el prototipo alimentador canino; asimismo la descripción en detalle del proceso de diseño de la estructura en software *Cad*¹, la lógica de control implementada, además de contar con investigaciones acerca de tecnologías que utilizan los sensores y los actuadores para ser elegidos en la implementación.

El desarrollo de la implementación física del alimentador es tratado en el capítulo 4 donde se encuentra cada módulo propuesto con sus respectivos sensores elegidos en el capítulo anterior, con las conexiones que se realizan para el correcto funcionamiento del prototipo de alimentador.

Asimismo, el capítulo 5, se encuentran los resultados de las pruebas realizadas al prototipo construido de un alimentador canino automático, para analizar la calidad del sistema. Por último, en el capítulo 6 se encuentran las conclusiones y consejos más relevantes para un uso adecuado del prototipo, además de recomendaciones para futuras versiones del alimentador canino automático para mascotas o trabajos similares.

¹ CAD: Computer-Aided Design por sus siglas en inglés, Diseño asistido por computadora.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Teniendo como base la definición expresa del capítulo 1, Se hace evidente la necesidad del estudio del estado del arte, que a continuación se desarrolla. En el capítulo 2, se desglosan los productos disponibles en el mercado y los trabajos relacionados con el prototipo a implementar, que son los que hacen un aporte significativo al proyecto a desarrollar, dejando así, claros los conceptos referenciales con un punto de partida para la innovación y la evolución hacia nuevas tecnologías, dado que el objetivo central de este trabajo, está puesto en la representación de la mascota canina hacia la implementación del alimentador automático y como proyecto de abordaje, es necesario plantear algunos parámetros que sirven de ejes conceptuales sobre en que apoyar la lectura interpretativa del documento.

Para empezar, se debe entender el concepto de “Automático” y relacionarlo con el macro-concepto “Alimentador Automático”, del mismo modo se es definido un estado actual del conocimiento con referencias del mercado y trabajos relacionados en el ámbito académico universitario.

Automático: Este término proviene del griego *automatos* que significa “con movimiento propio” o “espontáneo”. Un mecanismo automático funciona por sí solo, ya sea en su totalidad o parcialmente sin ayuda humana [4].

Alimentador automático: Mecanismo que funciona por si solo en su totalidad o parcialmente proporcionando alimento a un ser vivo sin ayuda humana.

Domótica: Es el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, que aporta seguridad y confort [5].

Protocolo de Comunicación: Se le denomina a una serie de normas que usan los equipos informáticos para gestionar sus diálogos en los intercambios de información. Dos equipos diferentes de marcas diferentes se pueden comunicar sin problemas en el caso que usen el mismo protocolo de comunicación [6].

SigFox: Es una compañía francesa dedicada al servicio de comunicaciones para el internet de las cosas (IoT), considerándose como el operador y proveedor líder a nivel mundial de conectividad; para ello utiliza su propia tecnología LPWAN [7]. Además, es considerada como una tecnología de radio de baja frecuencia que permite la transmisión de poca cantidad de datos de dispositivos M2M/IoT a un costo muy reducido y consumiendo poca batería [8].

LPWAN: Low Power Wide Area Network, es una especificación para redes de baja potencia y largo alcance, diseñada específicamente para dispositivos de bajo consumo de alimentación, que operan en redes de alcance local o global [9].

2.1. REFERENCIAS DEL MERCADO

En el mercado existen empresas dedicadas al desarrollo y elaboración de sistemas de alimentadores automáticos. Estos son de gran ayuda para muchas familias en el proceso del cuidado de su mascota:

2.1.1. Alimentador automático "animal planet" electrónico

Este sistema de alimentación posee un panel de control LCD integrado que permite programar y ajustar las porciones de alimento y establecer las horas de las comidas del canino. Asimismo, su amplio recipiente de 5 kg permite que las

croquetas del perro se mantengan secas y frescas. Es operado con baterías para su conveniente portabilidad y sus componentes principales son desmontables para su fácil limpieza [10].

2.1.2. Dosificador automático de alimentos

Ideal para perros y gatos, se puede programar para alimentar a tu mascota mientras no estás en casa. Con este dosificador automático podrás controlar en cada momento la cantidad que come tu mascota, fácilmente y sin necesidad de estar presente. La programación es sencilla y ofrece varias opciones para dispensar desde un cuarto de taza hasta 2 tazas por comida, en 3 horarios preseleccionados al día; funciona con 3 pilas alcalinas tipo D con una duración de hasta 6 meses. (No recomendado para comidas húmedas) [11].

2.1.3. Comedero automático para caninos pequeños y felinos

Con este comedero se puede programar 4 comidas de hasta 200g cada una. Los horarios de alimentación que se pueden programar son:

- Un día, 4 comidas (cada 4 u 8 horas).
- 2 días con 2 comidas cada 12 horas.
- 4 días con 1 comida cada 24 horas (todas a la misma hora).
- Funciona con 4 pilas alcalinas "C" (no incluidas), suficientes para funcionar durante un año [12].

2.1.4 Alimentador automático con temporizador bluetooth inalámbrico para mascotas

Es de fácil operación, siempre y cuando el mando de Bluetooth se encuentre a una distancia aceptable para operar fácilmente con el alimentador; se puede programar máximo tres comidas al día y estas deben estar en el rango de 15 a 20 g. Además, en esta máquina sólo es adecuado el uso de pienso o alimento granulado seco, aplicable a todo tipo de alimentador de mascotas con una capacidad total de alrededor de 4.5 litros (volumen). En último lugar para la prevención de la humedad, moho y evitar los insectos cuenta con una cubierta del alimentador sellada herméticamente [13].

2.2 TRABAJOS RELACIONADOS

En el ámbito académico e investigativo, sobresalen algunos trabajos relacionados existentes en varios centros de educación superior del país y del exterior, dando así un apoyo de emprendimiento a futuras empresas dedicadas, en este caso, a sistemas de alimentación canina; es aquí donde nacen las grandes ideas que deben seguir creciendo conforme transcurren los años. A continuación, se describen antecedentes que interesarán para el desarrollo de este proyecto:

2.2.1 Desarrollo de un sistema de bajo costo para la alimentación canina

En varios sistemas de suministros de alimento para mascotas, no se tiene en cuenta la fisionomía o la raza del canino para la dieta indicada a servir; exponiéndolo así a una mala alimentación a pesar de estar contando con un alimentador que desempeña dicha función; por lo que en éste “sistema de bajo

costo para la alimentación de un perro” prevalece la variable del tamaño y peso, para lo cual se programa una dieta según el perfil detectado de la mascota. [14].

2.2.2 Intervención remota de un espacio domotizado para mascotas

En la “Intervención remota de un espacio domotizado para mascotas” mientras el usuario tenga acceso a la plataforma de asistencia, podrá suministrar el alimento a la mascota las veces que se dé la orden de forma remota, además se cuenta con un cuarto exclusivo para la mascota dentro de un espacio domotizado. De igual forma estas características dan un mayor grado de confort al usuario al no tener que dirigirse al alimentador; es evidente que, en muchos entornos, no precisamente domotizados, sea muy útil el procedimiento de alimentar a la mascota desde un lugar lejano [15].

2.2.3 Diseño y construcción de un modelo de comedero automático para caninos adultos entre 8 a 12 kg

La duración del alimento en el comedero o alimentador es inversamente proporcional al tamaño del canino, y en la etapa adulta del canino se puede establecer un promedio de su masa, es decir, su masa en Kilogramos no sufrirá cambios significativos. Además, con esta información es viable abastecer el alimentador en su depósito una vez por semana y así tener una buena medida para nuestro can adulto.

Es éste proyecto denominado “diseño y construcción de un modelo de comedero automático para caninos adultos entre 8 a 12 kg” destinan un dispositivo que puede alimentar a un canino adulto que se encuentre entre los 8 a 12 kg de masa, por dos veces al día, durante cinco días seguidos, sin la necesidad de la mano

periódica del hombre, beneficiando ambas partes, así el alimento del perro no será preocupación y su amo dará prioridad a otros estímulos hacia el canino [16].

2.2.4 Estudio de mercadeo para la viabilidad de la comercialización de dispensadores automatizados para alimentar caninos en la ciudad de Bogotá D.C.

Es muy importante resaltar lo que opinan los dueños de los caninos que son partícipes de la temática de este proyecto y en última instancia, son los dueños que eligen los productos que serán adecuados para su perro; por consiguiente, es muy enriquecedor conocer estudios respecto al tema, debido a la alta probabilidad de que éste proyecto a realizar llamado “Alimentador Canino Automático” con tecnología SigFox coexista en el mercado en un futuro cercano.

El “estudio de mercadeo para la viabilidad de la comercialización de dispensadores automatizados para alimentar caninos en la ciudad de Bogotá D.C.” precisamente, se realizó en la capital de Colombia la cual es una ciudad comercial por excelencia en el país, puesto que su población incita a una gran demanda en el mercado; la población de estudio es el número de hogares con mascota canina por estrato, según localidad. Es pertinente para esta investigación, que la población objeto de estudio sea el total de hogares con mascota canina en los estratos 3, 4, 5, y 6 de las localidades de Usaquén, Chapinero y Suba de la ciudad de Bogotá, teniendo así un total de población de 85,637 hogares con mascota canina [17].

Como resultado relevante del estudio, durante la caracterización de la muestra se puede evidenciar que el potencial del producto en el mercado, indica que los hogares que tienen como mínimo un canino son clientes potenciales del producto. La edad de los dueños evidencia simplemente la facilidad de adquisición del

dispensador siendo sujeto de estudio solo los mayores de edad, de tal forma que serían las personas que cubren los gastos y velan por el bienestar de sus mascotas.

2.2.5 Diseño y construcción de un sistema prototipo que dispensa alimento para perros, controlado y monitoreado mediante un dispositivo móvil.

El proyecto se destina a la ayuda y el confort que se puede brindar a aquellas personas que son dueñas de mascotas normalmente perros y que por diversas circunstancias o motivos no pueden alimentarlos personalmente, es así que se pretende implementar un sistema dispensador automático que permite monitorizar remotamente aprovechando el acceso a internet que actualmente está disponible tanto en los hogares, oficinas, centros comerciales, parques, etc. el cual utiliza la tecnología electrónica y de comunicaciones que hoy en día brinda el mercado, es así que dicho sistema proporciona alimento balanceado a una mascota [18]. El desarrollo de este proyecto permite ayudar a los dueños de mascotas caninas, que por distintas circunstancias no tienen el tiempo suficiente para alimentarlas personalmente, lo que los obliga a buscar alguna alternativa para suplir las necesidades nutricionales y estar más pendientes de las mismas.

2.2.6 Diseño y simulación de un alimentador automatizado para perros de compañía

Consiste en el diseño y simulación de un alimentador automatizado para perros con el fin de disminuir cierto grado de dependencia del humano con los alimentadores convencionales que normalmente trabajan por gravedad (cada vez que la mascota se alimenta cae simultáneamente la comida desde la tolva hasta el

recipiente); Ofrece una inmensa ventaja ya que la persona puede seleccionar la cantidad y la periodicidad del alimento que se debe entregar de forma dosificada al perro, otro factor importante es que la tolva es suficientemente grande para almacenar alimento y por consiguiente asegura que la persona no va estar constantemente llenando la tolva de concentrado [19].

2.3 RESUMEN

En la tabla 2-1, se hace un resumen de los anteriores trabajos relacionados en el mercado y en centros de investigaciones universitarios más significativos para el proyecto, destacando los principales aportes y brechas al alimentador canino automático de este documento.

Tabla 2-1: Resumen de trabajos relacionados en el mercado y en centros de investigaciones universitarios

Trabajos Relacionados	Aportes	Brechas
Desarrollo de un sistema de bajo costo para la alimentación canina [14]	Considera sólo las variables a tener en cuenta en el momento de diseñar y construir el prototipo del alimentador.	El usuario debe proporcionar el peso de del canino al sistema y automáticamente se programan las horas de alimentación sin tener en cuenta la edad ni la raza.

<p>Intervención remota de un espacio domotizado para mascotas [15].</p>	<p>Alimentador para mascotas domésticas (canino o felino), el cual se puede supervisar de forma remota e inalámbricamente, satisfaciendo al usuario en representación de confort.</p>	<p>Abastece de alimento al canino, cada vez que se le ordene al alimentador, es decir, no programa una dieta u horarios de alimentación; además puede ser utilizado para cualquier edad, raza y peso.</p>
<p>Diseño y construcción de un modelo de comedero automático para caninos adultos entre 8 a 12 kg [16].</p>	<p>Está dirigido al canino adulto, entre 8 a 12 kg de peso, proporcionando alimento durante 5 días seguidos, también brinda referencias acerca de las conversiones para un canino de características diferentes siendo adulto.</p>	<p>Proporciona una dieta de dos veces por día, para adultos de ciertas características; cuenta con exclusividades como la forma del alimento, todo esto para la duración del mismo.</p>
<p>Estudio de mercadeo para la viabilidad de la comercialización de dispensadores automatizados para alimentar caninos en la ciudad de Bogotá D.C. [17].</p>	<p>Permite conocer las preferencias, ventajas y necesidades de las personas al momento de elegir un alimentador automático de mascotas con un gran mercado como es, el de la capital del país.</p>	<p>Al ser un estudio como mayor parte del proyecto realizado, prevalecen las preguntas y opiniones del encuestado, lo que deja camino abierto a la ejecución del proyecto.</p>

<p>Alimentador Automático con temporizador Bluetooth Inalámbrico Para Mascotas [13].</p>	<p>Para la prevención de la humedad, moho y evitar los insectos, cuenta con una cubierta del alimentador sellada herméticamente.</p>	<p>Es de fácil manipulación, siempre y cuando el mando de Bluetooth se encuentre a una distancia admisible para operar con el alimentador.</p>
<p>Dosificador automático de alimentos [11].</p>	<p>Se especifica la cualidad principal que debe sostener el alimento proporcionado y prevalece el no uso de comidas húmedas.</p>	<p>Tiene una base de plástico sólida y resistente. La parte superior de la tolva es transparente para controlar a simple vista la cantidad de alimento. No posee plataforma de comunicación.</p>
<p>Alimentador automático "animal planet" electrónico [10].</p>	<p>Tiene la cualidad de que todos los componentes principales se pueden desmontar para su fácil limpieza.</p>	<p>Almacena 5 kg de alimento seco. La raza, edad y el uso del peso corporal del canino son omitidos.</p>
<p>Comedero automático para caninos pequeños y felinos [12].</p>	<p>Regula los horarios de comida, y la cantidad que ingiere la mascota; es útil para canes diabéticos, quienes tienen que recibir comida a una hora determinada para el tratamiento.</p>	<p>Con este comedero se puede programar 4 comidas, en horarios de alimentación que se pueden disponer hasta por 4 días.</p>

<p align="center">Diseño y construcción de un sistema prototipo que dispensa alimento para perros, controlado y monitoreado mediante un dispositivo móvil.</p> <p align="center">[18].</p>	<p>Se implementó el prototipo utilizando un módulo Arduino que actúa como el elemento central, el mismo que da instrucciones a un servo motor y a su vez recibe datos de un sensor ultrasónico.</p>	<p>Utiliza una banda de red con tecnología de alta transmisión de datos como es LTE, desde el momento de dispensar hasta el momento que ejecuta la orden.</p>
<p align="center">Diseño y simulación de un alimentador automatizado para perros de compañía.</p> <p align="center">[19].</p>	<p>En la selección de los elementos necesarios para el diseño en CAD y el control del dispositivo alimentador de perros fue el más acertado el programa Solid Works. Además, se pudo modelar el comedero automatizado para perros de compañía, haciendo manejo del programa con propiedad, visualizando cada una de las partes del mismo en todos sus ángulos.</p>	<p>Como objetivo general está el diseño y simulación de un alimentador y como trabajo a futuro se propone la implementación del mismo.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Es muy importante conocer las diferentes etapas de diseño e implementación de trabajos relacionados con el proyecto propuesto y así no cometer los mismos errores para proponer un prototipo que abarque aspectos que no se tomaron en cuenta en los antecedentes antes mencionados. Asimismo, conociendo los productos en el mercado que están relacionados con el prototipo de alimentador canino a implementar, se dispone al desarrollo del capítulo 3.

A continuación, se detalla los requerimientos del prototipo alimentador canino automático; tanto desde el punto de vista funcional, operacional, comercial como el de higiene y salubridad. También se trazan diferentes diagramas que explican el funcionamiento del prototipo de un alimentador canino automático, haciendo énfasis en los alcances y condiciones de entrega que tiene este proyecto de grado además de la identificación de los módulos que componen el prototipo alimentador.

3. REQUERIMIENTOS, MÓDULOS Y NECESIDADES

3.1. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Esta sección, contiene en detalle los requerimientos funcionales que debe realizar el alimentador canino automático. Es decir, las siguientes son las tareas que debe ejecutar el alimentador para que funcione de forma adecuada:

- El Alimentador canino debe operar de dos modos: automático y manual.
- Pesar el canino.
- Pesar la ración de alimento.
- Alarma para abastecimiento del alimento de la tolva.
- Realizar la reproducción de sonido con el llamado de voz.
- Enviar información por medio del módulo *SigFox* con datos de consumo y la alarma cuando el nivel de alimento en la tolva es crítico, a una plataforma móvil informativa.
- Reconocer el canino por medio de un collar.
- Tapar el plato del canino cuando éste se encuentre lejos del alimentador.

3.2. REQUERIMIENTOS OPERACIONALES

A continuación, se describen los requisitos con los que debe cumplir el alimentador canino con el fin de que éste sea operable:

- Programación simple en los modos automático y manual para el usuario final.

- Fácil montaje y desmontaje del recipiente donde se deposita el alimento; con el fin de poder asear o lavar el plato de comida.
- El alimentador debe ser de tamaño mediano.
- El alimentador debe ser estable y seguro en su estructura para que el canino no lo haga caer.
- Éste es un prototipo de alimentador canino implementado para ser usado en interiores.
- Presenta una arquitectura electrónica que garantiza la robustez y la precisión debido a la confiabilidad entregada por los sensores utilizados.

3.3. REQUERIMIENTOS COMERCIALES

En esta sección se encuentran las especificaciones comerciales, que debe tener el alimentador, para su rentabilidad en la empresa.

- Bajo costo de fabricación
- Dimensiones medianas
- Uso de materiales de bajo costo
- Uso de elementos de fácil reparación en su estructura física
- Uso de dispositivos electrónicos de fácil adquisición

3.4. REQUERIMIENTOS DE HIGIENE Y SALUBRIDAD

En la presente sección, se encuentran las especificaciones de higiene que debe tener el alimentador canino para un uso adecuado y así controlar los factores que ejercen o pueden ejercer efectos nocivos sobre la salud del canino, además de las regulaciones establecidas en la resolución número 000683 de 2012 por el

ministerio de salud y la protección social [20], y el Decreto 3075 de 1997 [21] de la presidencia de la república de Colombia, indicando cuales son los materiales no aptos para el contacto directo con el alimento, en éste caso, de consumo canino; también como el debido almacenamiento y transporte del mismo. A continuación, se establecen las condiciones de higiene y salubridad del alimentador canino a implementar:

- Sellado hermético en la tolva principal del alimento, de esta forma se controlan las plagas que pueden ser atraídas por el alimento.
- El material de la tolva principal donde se almacena el alimento debe ser de acero inoxidable, el cual garantiza que no hayan modificaciones indeseables en las características nutricionales y sensoriales de los alimentos, ni ceda sustancias a los mismos que constituyan un riesgo para la salud del canino.
- El alimentador es de fácil limpieza.

3.5. DISEÑO GENERAL DE MÓDULOS DEL ALIMENTADOR CANINO AUTOMÁTICO

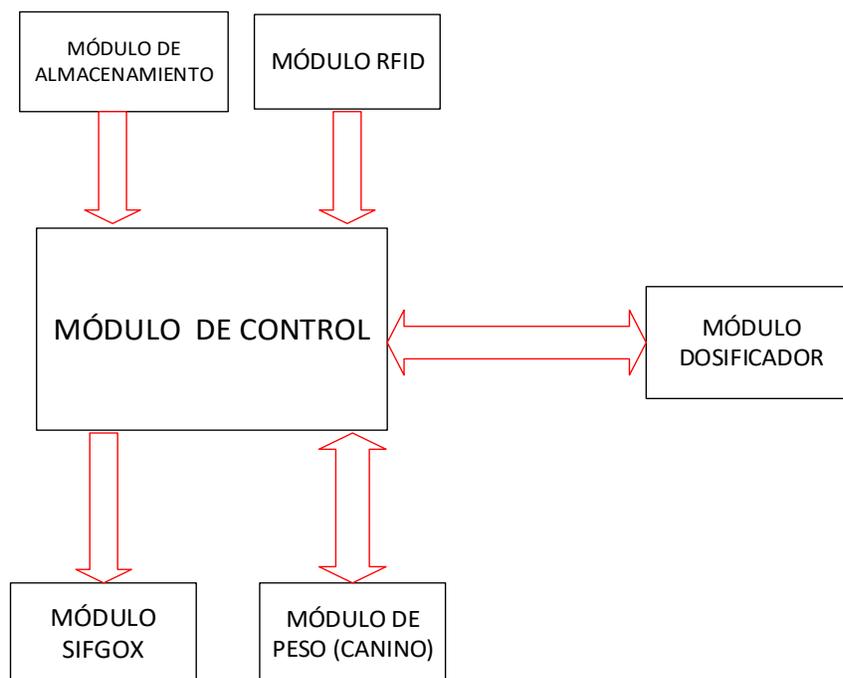
El alimentador canino automático se diseña, por la necesidad de cambiar el proceso de alimentar a una mascota de una forma correcta con raciones adecuadas y en los horarios precisos de acuerdo a su raza y edad.

Con base en los requerimientos mencionados anteriormente, se realiza un proceso de investigación acerca de los alimentadores caninos automáticos existentes en el mercado actual [22], [23], [24] y de proyectos realizados en el ámbito académico relacionados con el presente tema [17], [16], desarrollados por algunas universidades del país y del exterior. Como primer descubrimiento de la

presente investigación, se determina un alto costo en los alimentadores caninos automáticos, para algunos microempresarios del país.

Cumpliendo con los requerimientos anteriormente mencionados y con el propósito de plantear una solución a la problemática planteada, se propone la implementación de un prototipo de alimentador canino automático con plataforma móvil informativa *SigFox*, líder mundial en IoT ² [1]. Por lo cual, se elabora un diagrama de bloques definidos por módulos, que permite observar el funcionamiento básico que debe seguir el alimentador canino. Lo anterior se evidencia en el diagrama en bloques expuesto a continuación en la figura 3.1.

Figura 3.1: Funcionamiento Básico Del Alimentador Canino



Fuente: Elaboración propia.

² IoT: Internet of Things por sus siglas en inglés, Internet de las Cosas

3.5.1. Módulo De Almacenamiento

En este módulo se encuentra la tolva principal la cual se encarga de almacenar y tener a disposición del módulo dosificador todo el alimento a consumir por el canino; dentro de sus funciones también están las de verificar y alertar cuando el nivel de alimento almacenado en su interior sea crítico³, además de preservar el alimento fresco, seco y aislado de plagas hasta su consumo total en días o semanas.

3.5.2. Módulo Dosificador

En el modo de alimentación automático el módulo dosificador es el encargado de preparar la ración de alimento del tamaño adecuado y realiza el pesaje del grano mientras es servido en el plato, además durante el día mide de forma periódica el peso del alimento, esta información es enviada al módulo de control con la finalidad de que el sistema pueda determinar la cantidad de alimento consumido por el canino.

3.5.3. Módulo De Reconocimiento RFID

Es este el módulo encargado de identificar el canino y determinar si es o no el canino a alimentar, en caso de identificación o reconocimiento se abre la puerta de acceso al alimento, además de autorizar el censo de peso del canino periódicamente por medio de la tecnología RFID (en español identificación por radiofrecuencia), con el Módulo Lector RFID- Rdm6300 de 125khz, que utiliza 5.0

³ Es la cantidad mínima de alimento disponible en la tolva principal del módulo de almacenamiento, destinado para al menos 3 días en el consumo del canino.

V como voltaje de alimentación y se controla utilizando una salida simple de TTL para una interfaz fácil con un microcontrolador a través del protocolo UART [25], por lo que es compatible con casi cualquier microcontrolador, arduino o tarjeta de desarrollo.

3.5.4. Módulo De Peso Del Canino (Kg)

En este módulo se realiza la medición del peso del canino, este proceso se lleva a cabo de forma periódica y la información obtenida es proporcionada al módulo de control. El tiempo entre cada pesaje es de 15 días. Este módulo también es muy útil en el momento de decidir si se debe cerrar la puerta que da acceso al plato del perro, pues si él se encuentra sobre la plataforma de pesaje la puerta se mantendrá abierta.

3.5.5. Módulo De Control

Este módulo es el encargado de controlar, accionar y dirigir las diferentes tareas del alimentador canino.

- Dispone de información acerca de las razas de perros seleccionadas, a la que el sistema puede acceder y así funcionar en el modo automático.
- Cuenta con una interfaz que permite el ingreso de información.
- Recibe la información obtenida por el módulo de peso del canino.
- Determina la ración de alimento adecuada y envía el dato al módulo dosificador.
- Recibe la información obtenida del módulo dosificador y determina el consumo de alimento del canino, para luego enviarlo al módulo de transmisión *SigFox*.

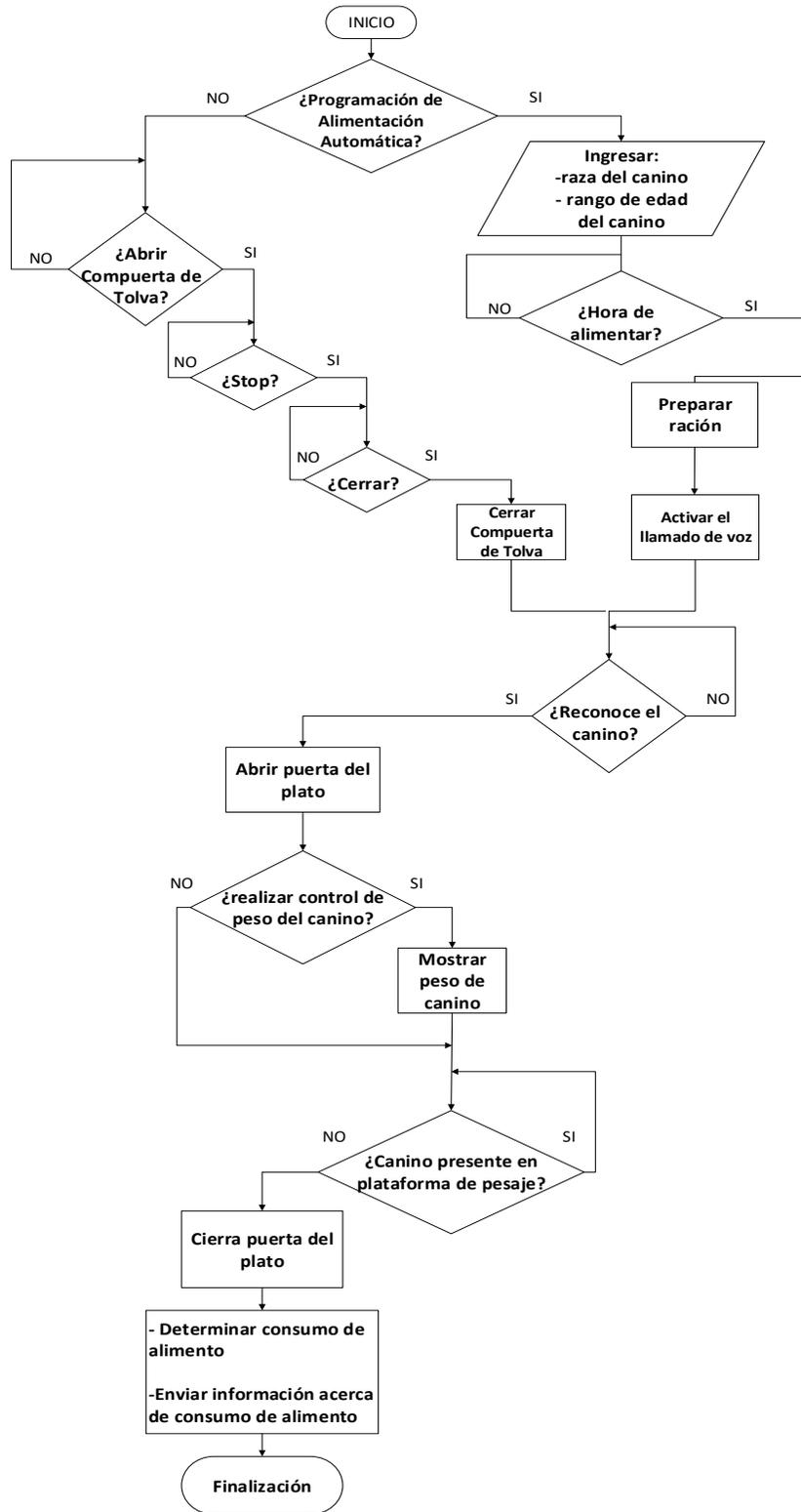
- Reproduce el llamado de voz pregrabado después de preparar la ración de alimento.
- Recibe la orden de reconocimiento desde el módulo RFID y envía la información al módulo de peso del canino.
- Recibe la información de nivel crítico del alimento y la remite al módulo de transmisión *SigFox*.

3.5.6. Módulo De Transmisión *SigFox*

Este módulo, es el encargado de recibir desde el módulo de control la información de la cantidad de alimento consumido de la última ración servida, para enviarla y ser visualizada desde la plataforma móvil informativa.

Es muy importante aclarar que lo que se acaba de ver es la descripción general de cada uno de los módulos propuestos para la implementación del prototipo de alimentador canino automático, con sus funciones; Ahora basándose en la figura 3.1, se propone un diagrama de flujo general del alimentador canino, con la inserción de los módulos descritos mediante los lazos de control planteados, esto se puede evidenciar a continuación en la figura 3.2.

Figura 1.2 Diagrama de Flujo



Fuente: Elaboración Propia

La secuencia se encuentra definida de la siguiente manera:

1. Inicia con el encendido del dispositivo.
2. El usuario debe elegir si desea programar de forma automática o manual los horarios de alimentación y la ración de alimento.
3. Si desea programar:
 - a. Forma Manual: el usuario puede abrir o cerrar la compuerta de la tolva según desee.
 - b. Forma Automática:
 - i. el usuario debe proporcionar al sistema información de la edad del canino y la raza.
 - ii. Haciendo uso de la información de las razas de perros y de los datos proporcionados por el usuario el sistema define el número de raciones y el tamaño adecuado de cada una de ellas.
 - iii. En el momento adecuado según el horario de alimentación establecido el alimentador prepara la porción de alimento en grano para la mascota.
 - iv. Reproduce el llamado de voz.
4. Si el alimentador reconoce que el canino se encuentra cerca, abre la puerta de acceso al plato del alimento.
5. El alimentador realiza un monitoreo de peso de forma periódica
6. En caso de haber seleccionado el modo automático el sistema determina la cantidad de alimento consumido de la última ración servida.
7. El sistema envía la información de consumo antes adquirida, así como la alarma de nivel crítico a la aplicación móvil.
8. Finaliza.

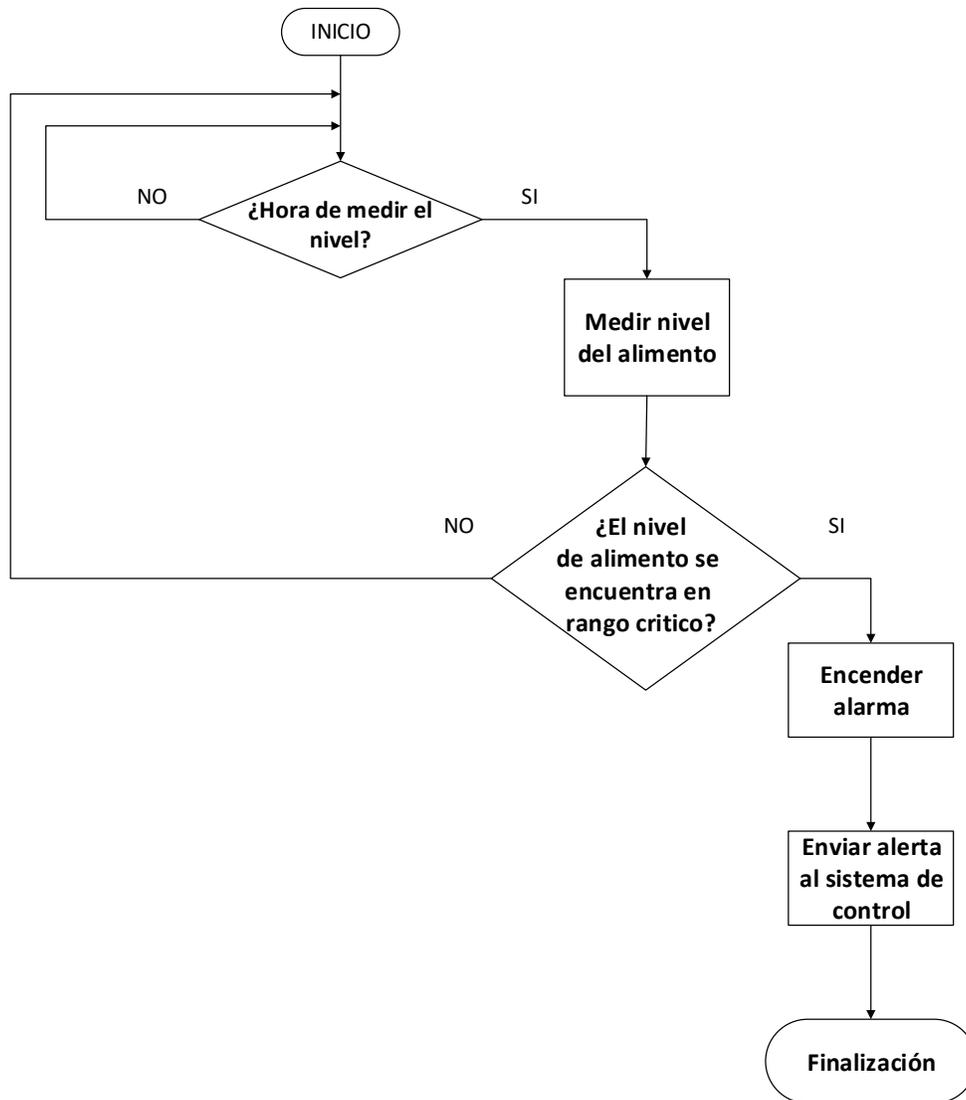
3.6. DISEÑO DETALLADO DE MÓDULOS DEL ALIMENTADOR CANINO AUTOMÁTICO

En esta sección del capítulo 3, se encuentra la información detallada de diseño y cumplimiento de las funciones descritas de los módulos ya mencionados en el diseño general del alimentador, haciendo un recuento detallado, de todos los módulos que componen el proceso realizado para llevar a cabo la implementación física del prototipo de alimentador canino, con la finalidad de garantizar el buen desarrollo de las tareas a cumplir, como lo son: el dosificado, el censo del peso tanto del canino como del alimento, el tamaño de la porción y la interfaz hombre máquina con la plataforma móvil informativa *SigFox*. Adicionalmente, se presenta una comparación de diferentes tecnologías con el fin de elegir la más adecuada que se ajuste a los requerimientos del prototipo a implementar y con la lógica de control diseñada, para la operatividad ideal del alimentador.

3.6.1. Diseño módulo De Almacenamiento

En la sección 3.5.1 del presente capítulo, se menciona que el módulo de almacenamiento es el encargado de contener de forma apropiada, en las condiciones de higiene y salubridad adecuadas el grano de alimento seco en la tolva, y a su vez tenerlo siempre a disposición del módulo dosificador, que es el encargado de preparar la ración de alimento. Además de medir el nivel del grano en la tolva para encender la alarma en caso de que llegue al nivel crítico de almacenamiento. Para entender este proceso, se propone el siguiente diagrama de flujo que se observa en la figura 3.3.

Figura 3.3: Diagrama de flujo del módulo de almacenamiento



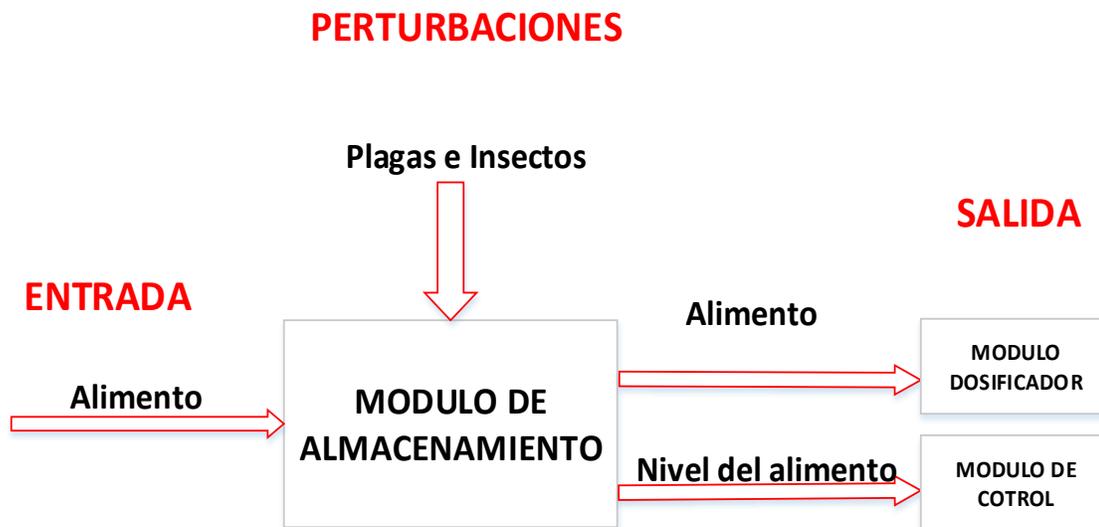
Fuente: Elaboración propia.

El módulo de almacenamiento mide el nivel del alimento cada hora; llegado el momento de tomar la medición, éste censa el dato y posteriormente lo compara con el nivel crítico previamente establecido, de ser iguales o cercanos los valores,

se envía la orden de encender la señal de alarma. El proceso se lleva a cabo mediante la inclusión de un sensor de nivel en el interior de la tolva.

Analizando los datos que influyen en el proceso que realiza el módulo de almacenamiento, se realiza un diagrama en bloques expuesto en la figura 3.4, este diagrama permite analizar los datos de entrada, perturbaciones que pueden afectar el sistema, los datos de salida generados por el módulo de almacenamiento y las interacciones que tiene con otros módulos.

Figura 3.4: Diagrama en bloques del módulo de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo claro el proceso que debe realizar el alimentador se puede vislumbrar las necesidades específicas que debe suplir el sensor de nivel del alimento almacenado en la tolva. Para establecer qué tipo de sensor suople de la mejor

manera las necesidades del prototipo del alimentador; se realiza un análisis de diferentes tipos de sensores, se analizan los tres más importantes a continuación:

3.6.1.1. Selección del sensor de nivel

3.6.1.1.1. Indicador de nivel rotativo:

Los indicadores de nivel de estilo rotativos, son una solución de larga duración para detectar bajos, medios y altos niveles en contenedores, tanques y silos. Existen variaciones en el dispositivo con el fin de ajustarse a cada necesidad; con tres aspas, dos aspas, colapsable, inyectable, y paletas tipo bayoneta, están disponibles para medir materiales desde una libra hasta 150 libras por pie cúbico [26]. Este es uno de los más aceptados y confiables interruptores de punto de nivel; usados en polvos y sólidos a granel secos. Ellos están diseñados para proveer una instalación libre de problemas, un fácil acceso a todos los componentes y confiabilidad a través de sus circuitos.

- *Control de Nivel Alto Durante el Llenado:* Las paletas rotan continuamente cuando el material no está presente. Cuando el material alcanza la paleta, la resistencia causa que el motor se detenga y mueva un brazo actuador sobre un interruptor de límite que está alambrado a un tipo de alarma o equipo del proceso [26].
- *Control de Nivel Bajo:* la paleta se suspende y el motor es detenido cuando el material está presente. Cuando el material llega a estar por debajo de la paleta, el brazo del actuador salta de vuelta a su posición inicial, lo que provoca que el motor se energice y la paleta comience a girar de nuevo. Esto mandará una señal a una alarma o automáticamente iniciará el sistema de proceso [26].

A continuación, en la figura 3.5 para tener una idea más clara, se observa un tipo de sensor de nivel rotativo encontrado en el mercado:

Figura 3.5: Indicador de nivel Rotativo



Fuente: tomado de [26].

Teniendo claro el funcionamiento, instalación del sistema y las cualidades del sensor rotativo; se visibiliza la necesidad de perforar la tolva para la instalación del dispositivo, esto no es conveniente ya que aumentan los orificios por donde las plagas de algunos insectos podrían estar al interior de la tolva. Pensando en el caso de que el nivel sea bajo, se genera un ruido debido al funcionamiento del motor del sensor, y esto puede asustar al canino en el momento de la alimentación y no es conveniente. Se realiza una cotización de los posibles sensores rotativos encontrándose que los precios varían, consiguiéndose en la ciudad de Medellín – Colombia, y en el exterior aumentando los gastos de envío. En seguida en la Tabla 3-1 se informará de una terna de precios del sensor estudiado.

Tabla 3-1: Precios de sensores indicadores de nivel rotativos

DISTRIBUIDOR	REFERENCIA	PRECIO
E-Direct	Soliswitch FTE20	\$493.000
Siemens	Sitrans LpS200	\$949.000
Aeco	Atex	\$524.000

Fuente: Elaboración propia.

En consecuencia, con lo antes expuesto, el indicador de nivel rotativo No Aplica para la implementación del alimentador automático canino.

3.6.1.1.2. Control De Nivel A Membrana:

Este sistema es adecuado para el control del mínimo y máximo nivel en silos o tolvas que contienen materiales no pegajosos tales como polvo o gránulos, como arroz, cereales, materiales plásticos, café, arena, etc. Funciona debido a la presión ejercida por el producto en la membrana de goma, que acciona un interruptor que activa el broche de presión. La sensibilidad del disparo de respuesta es ajustable a través de un tornillo en la tapa del dispositivo, y ésta se va ajustando de acuerdo al material a controlar y de la presión que él mismo ejerce sobre la membrana en función de su peso específico. Variaciones de humedad y temperatura no comprometen el buen funcionamiento del sistema, la membrana es resistente a golpes y vibraciones [27].

La instalación de este tipo de controlador debe llevarse a cabo externamente, en la pared lateral del silo o de la tolva, a través de los tres orificios de fijación, por ende, se debe perforar un agujero en el recipiente de 86 mm aproximadamente de

diámetro para permitir que el material a ser controlado pueda entrar en contacto con el dispositivo.

Siempre que sea posible, es preciso montar los controladores sobre superficies verticales. También es necesario establecer que, si se requiere medir un nivel mínimo, la membrana se debe ubicar lo suficientemente alta de tal forma que quede totalmente libre y con el tiempo necesario para actuar en el sistema de control. Los controladores de nivel altos se deben ubicar lo suficientemente bajos para que el material cubra la membrana antes de que la señal de nivel máximo sea necesaria [28].

Teniendo conocimiento sobre el funcionamiento, el emplazamiento, montaje, características de instrumentación del sistema y las cualidades del sensor a membrana, se visualiza que para emplear este sensor es necesario perforar la tolva para la instalación del dispositivo. Además, por las características propias del sensor para medir un nivel bajo se debe contar con el espacio suficiente en la tolva para que el sensor quede libre y por el diseño de la tolva esto no es posible.

Tabla 3-2 Precios de controladores de nivel a membrana

DISTRIBUIDOR	REFERENCIA	PRECIO
Aeco	Sm-85	\$727.000
Filsa	L27	\$418.000
Filsa	Pd-2205-3	\$551.000

Fuente: Elaboración propia.

Se efectúa una cotización de los posibles sensores de nivel a membrana, en pesos colombianos una vez hecha la conversión, puesto que solo se obtienen por encargo en el exterior, más precisamente en Francia donde existe un fabricante y proveedor potencial; por el anterior análisis este dispositivo queda Descartado y No Aplica para implementarlo.

3.6.1.1.3. Sensor Ultrasonido:

Los sistemas de detección por ultrasonidos ofrecen mediciones de distancias sin contacto, con una precisión de 1mm a través del polvo, el humo y el vapor, en zonas de mucho ruido y con todo tipo de material (objeto a detectar), formas y colores, con una detección desde 100mm hasta 10000mm. Alta fiabilidad y sin problemas de contaminación.

Los sensores ultrasónicos funcionan activando un transductor acústico con impulsos de tensión, provocando que el transductor vibra ultrasónicamente.; estas oscilaciones están dirigidas hacia un objeto/objetivo y midiendo el tiempo que tarda el eco en regresar al transductor, la distancia puede ser calculada. El ruido ambiente no afecta a su funcionamiento, ya que la frecuencia de operación está muy por encima de la frecuencia del sonido ambiente [29].

La mayoría de los sensores de ultrasonido de bajo costo monetario, se basan en la emisión de un pulso de ultrasonido cuyo lóbulo, o campo de acción, es de forma cónica. Midiendo el tiempo que transcurre entre la emisión del sonido y la percepción del eco se puede establecer la distancia a la que se encuentra el obstáculo que ha producido la reflexión de la onda sonora [30]. Los sensores ultrasónicos pueden ser acoplados y trabajar en una posición cualesquiera. Hay que evitar las posiciones de montaje que puedan ser causa de fuertes sedimentos de suciedad sobre la superficie del sensor. Las gotas de agua y fuertes

incrustaciones sobre la superficie del transductor pueden obstaculizar el funcionamiento; ligeros sedimentos de polvo y precipitación de tinta no obstaculizan la función. Los materiales de absorción acústica tales como algodón o materiales esponjados blandos pueden reducir la extensión de exploración de trabajo. Por el contrario, los líquidos y materiales sólidos tienen una reflexión acústica inmejorable [31].

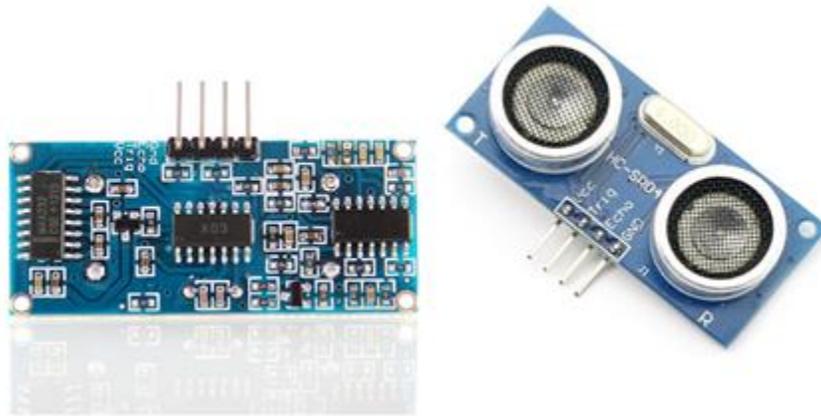
Adquirida la información suficiente sobre el funcionamiento, el montaje y servicio, características principales del sistema y las cualidades del sensor de proximidad ultrasónico; se hacen evidentes las ventajas de emplear en la implementación del prototipo de alimentador canino, ya que no es necesario que el sensor tenga contacto con el alimento del canino, para su instalación se hace innecesario realizar una perforación de gran tamaño en la tolva, evitando así que el alimento quede expuesto a plagas. Se realiza una cotización de los posibles sensores de proximidad ultrasónicos, puesto que unos son de mayor robustez y precisión ante procesos industriales que lo requieran, en este caso se utiliza uno de los más económicos disponibles en el mercado, presentando en este punto también una gran ventaja comparándolo con los anteriores sensores de nivel estudiados, pues se consiguen de una forma muy asequible en tiendas electrónicas. Quedando así este dispositivo elegido para la implementación del módulo de almacenamiento que Si Aplica.

Tabla 3-3 Precios de sensores ultrasónicos

DISTRIBUIDOR	REFERENCIA	PRECIO
Tenet	Qucklink	\$147.000
Xi`an Atech-Sensor co –Ltda	PI320	\$165.000
DIYmall	Hc-sr04	\$12.000

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.6: Sensor HC-SR04



Fuente: tomado de [32].

El sensor ultrasónico elegido es el HC-SR04 (Véase en figura 3.6), el rango de medición teórico del sensor HC-SR04 es de 2cm a 450 cm, con una resolución de 0.3cm. El sensor se basa simplemente en medir el tiempo entre el envío y la recepción de un pulso sonoro, posee 4 pines para operar, ellos son: VCC donde va la alimentación de 5V (4.5V min - 5.5V Max), TRIG que es el Trigger entrada (input) del sensor TTL⁴, ECHO es la salida (output) del sensor (TTL) Y GND (tierra); se destaca por su bajo consumo, gran precisión y bajo precio [32].

Continuando con el requerimiento operativo, descrito en la sección 3.2 se propone aislar a las plagas del alimento que consume el perro, que es muy llamativo para algunas plagas halladas en la casa. Para este caso, es necesario proteger la entrada principal de la tolva herméticamente con una tapa que sea capaz de suministrar la seguridad de tal manera que sea posible entregar al módulo

⁴ TTL: Transistor – Transistor – Logic por sus siglas en inglés, Lógica Transistor Transistor.

dosificador el alimento, en las mejores condiciones aislándolo ante intrusos no deseados como insectos que pueden transmitir enfermedades al sistema digestivo del canino.

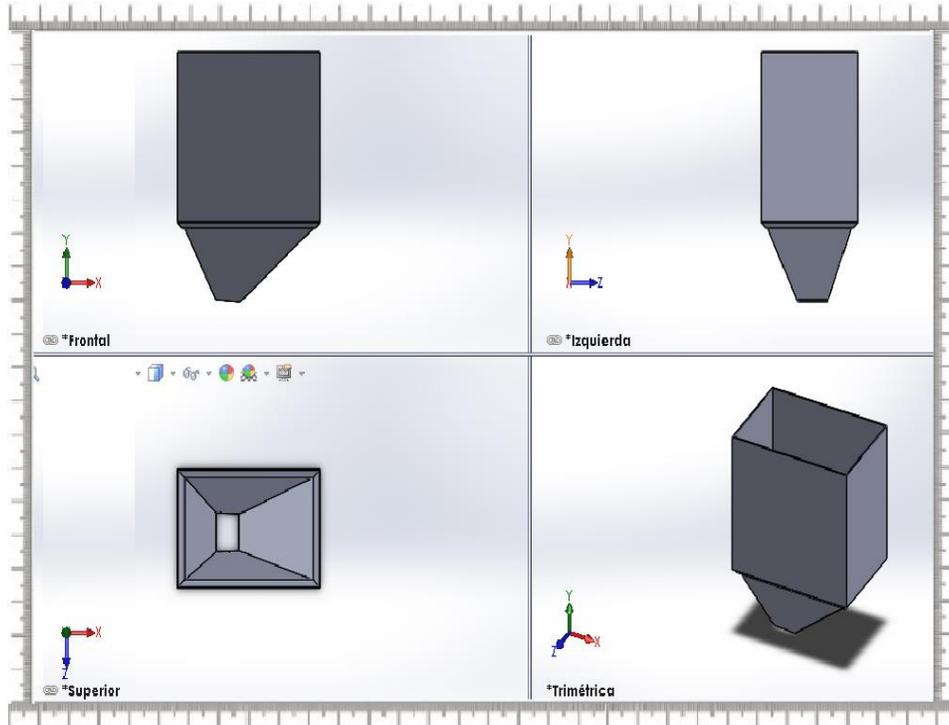
Con el objetivo de solucionar el anterior problema se realiza una intervención al módulo de almacenamiento, colocando una tapa protectora con un sistema herméticamente confiable y de fácil remoción para depositar nuevo alimento, garantizando no solamente el control de las plagas, sino que además mantiene el interior aislado del aire el cual ocasiona oxidación en el alimento, modificando sus condiciones.

Este módulo debe contener la mayor cantidad de alimento posible para brindarle mayor autonomía al alimentador; con esto, el dueño del canino puede estar fuera de casa por más tiempo, pues hay mayor cantidad de grano almacenado en la tolva, además se beneficia al no tener que realizar el mismo proceso de abastecimiento de alimento en cortos periodos de tiempo. Entonces se propone la inserción de una tolva con capacidad de 8 kg aprox.

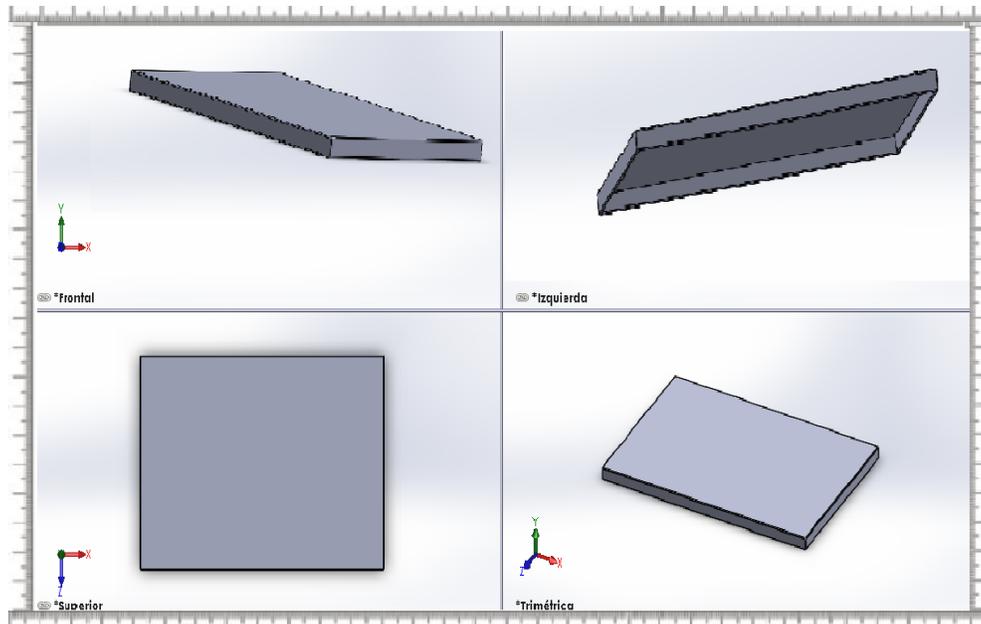
Cumpliendo con los requerimientos de higiene y salubridad [20] establecidos anteriormente en el presente capítulo, se busca un material comercial encontrándose que el acero inoxidable cumple con estas condiciones de higiene y salubridad determinadas por el gobierno de la república de Colombia. Luego se diseña el prototipo del módulo de almacenamiento por medio de la digitalización 3D, utilizando un software CAD; para este caso se elige Solidworks 2015 versión de prueba, debido a que es una herramienta, que cuenta con todos los parámetros de diseño y es de cómodo uso para personas que comienzan a incursionar en el mundo del modelado 3D. A continuación, en la figura 3.7 se presenta el módulo de almacenamiento digitalizado en el software anteriormente mencionado.

Figura 3.7 Módulo de almacenamiento digitalizado en *Solidworks 2015*

a) Tolva:



b) Tapa:



NOMBRE: Modulo almacenamiento digitalizado.	
Autores: Félix Manrique Gabriela Palacio	Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • a) Se define la tolva principal donde estara todo el alimento. • b) La tapa contiene en sus bordes un material hermetico para la protección del alimento.
Fecha: 11/11/2016	Software: SolidWorks 2015 versión prueba.

Para suministrar el alimento al módulo dosificador se propone de una puerta corrediza accionada por un motor DC sobre un tornillo sin fin (puerta dosificadora), la cual es digitalizada en 3D para tomar sus medidas en los planos de diseño, esta puerta es accionada solo cuando el módulo dosificador lo necesite, debido a que es uno de los requerimientos mencionados en la sección 3.2. A continuación, se aborda el módulo dosificador para complementar lo mencionado previamente.

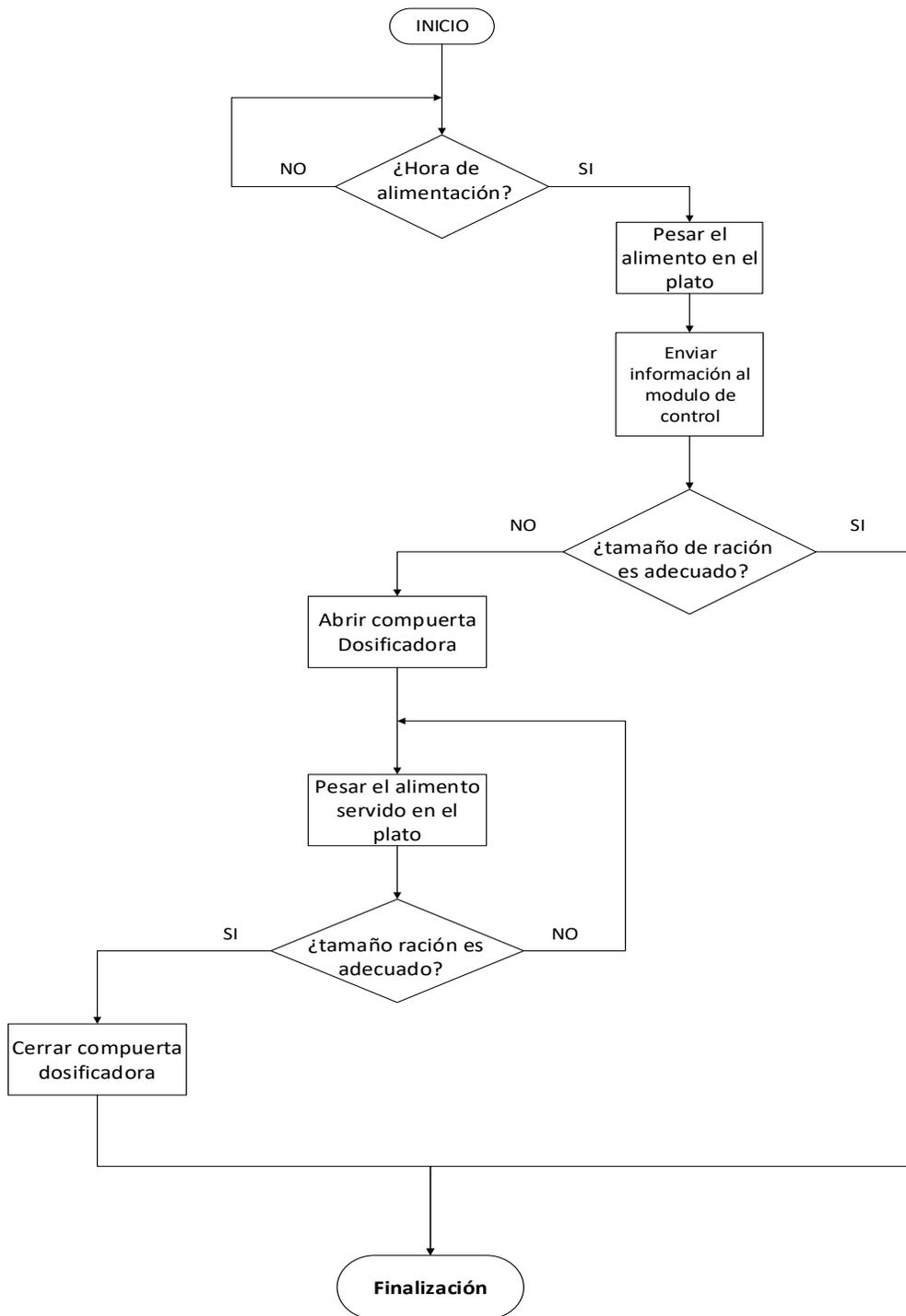
3.6.2. Diseño Del Módulo Dosificador

En la sección 3.5.2 se establece que el módulo dosificador es el encargado de servir la ración del tamaño correcto y en los horarios indicados según la programación elegida en el modo automático. Además este módulo es el encargado de medir periódicamente el alimento servido en el plato del canino con el único objetivo de determinar el consumo del mismo; obtenida esta información es enviada al módulo de control, para posteriormente ser transmitida al módulo *SigFox (IoT)*.

El proceso del módulo dosificador comienza estableciendo si es hora de servir la ración de alimento o si debe esperar; en caso de haber llegado a la hora de alimentación programada, el módulo da la orden al sensor de peso del alimento para que éste tome la medida; en seguida se compara esta información con la del

peso de la ración deseada, y en caso de ser menor debe servir más alimento hasta llegar a acercarse o igualar el valor de la ración establecida, o si llegado el caso en el que el perro no consumió nada del alimento y la anterior ración se encuentra con el peso completo cumpliendo con el tamaño de la ración a servir, entonces el alimentador no realiza ninguna acción. Con el propósito de tener claro el proceso y las tareas que este módulo realiza, se propone el siguiente diagrama de flujo observado en la figura 3.8

Figura 3.8: Diagrama de flujo del módulo dosificador

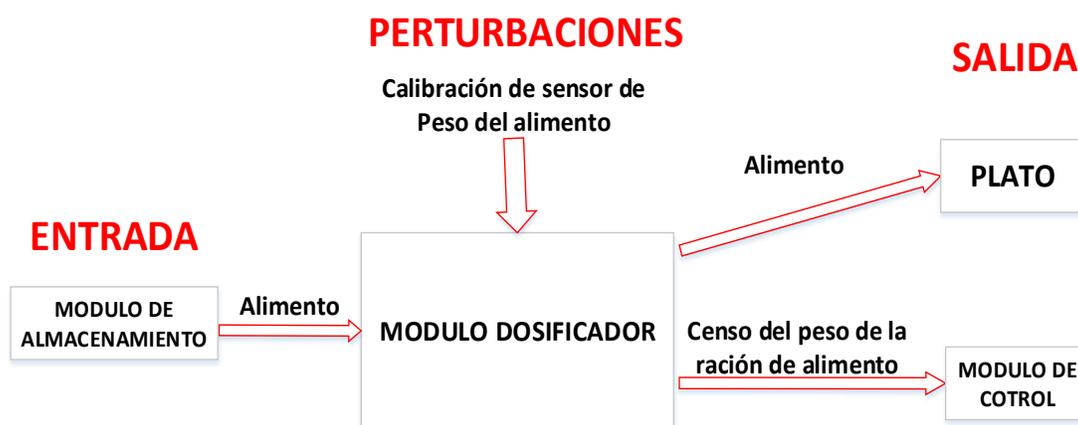


Fuente: Elaboración propia.

Para servir el alimento en el plato, se debe seguir el siguiente proceso: primero, se abre la puerta dosificadora ubicada en la salida de la tolva; esto se lleva a cabo por medio de la acción de un motor el cual esta acoplado a un tornillo sin fin y éste a su vez está unido a la compuerta de la tolva; luego se comienza a medir constantemente el peso del alimento servido, y si éste llega al valor deseado entonces se envía una señal al motor para que cierre inmediatamente la compuerta y evite más caída de alimento al plato, terminando así el proceso de dosificación del alimento.

El diagrama en bloques propuesto para el sistema encargado de dosificar el alimento para el canino, se compone de tres etapas; entrada, perturbaciones y salida, tal y como se ha manejado en éste capítulo, se puede observar en la figura 3.9, además se incluye sus funciones principales, las cuales van a estar en ejecución mientras el proceso se repite las veces que sea necesario. Éstas funciones pueden variar según el ajuste del modo de operación por un sistema manual o automático.

Figura 3.9: Diagrama en Bloque del módulo dosificador



Fuente: Elaboración propia.

Asumiendo el proceso que debe realizar el módulo dosificador del alimentador, se estudia la posibilidad de utilizar un sensor resistivo; éstos son una clase de sensores moduladores, ya que varían su resistencia en función de la variable a medir; los sensores que se basan en la variación de la resistencia eléctrica de un dispositivo son seguramente los más abundantes. Esto se debe a que son muchas las magnitudes físicas que afectan al valor de la resistencia de un material. Por lo tanto, ofrecen una solución válida para numerosos problemas de medida.

Existen varios tipos de sensores resistivos. Para la clasificación de los diversos sensores de esta clase, se toma como criterio el tipo de magnitud física a medir; el orden seguido es el de variables mecánicas, térmicas, magnéticas, ópticas y químicas, siendo en este caso la variable mecánica a medir, por lo tanto, a continuación, se muestra los tipos de sensores con variable mecánica para elegir:

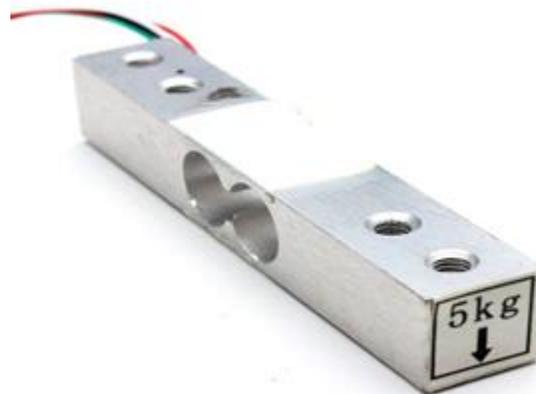
3.6.2.1. Potenciómetros:

- El potenciómetro es un sensor utilizado para medir la variable mecánica desplazamiento, y consiste de un dispositivo con dos partes y tres terminales. Una de las partes es una resistencia fija descubierta la cual puede ser de carbón o de hilo arrollado. La otra parte es un contacto móvil que se desplaza por la resistencia fija.
- Los potenciómetros pueden dar una salida analógica, si la resistencia fija es de carbón, o digital, si la resistencia fija está formada por hilo arrollado.
- El potenciómetro se utiliza para medir preferiblemente desplazamientos, conectando el objeto de medición a su cursor. Sin embargo, puede ser utilizado para medir otras variables de forma indirecta, cuando estas generen desplazamientos en otros dispositivos [33].

3.6.2.2. Galgas extensiométricas:

La galga extensiométrica se usa para medir variaciones de tipo mecánico especialmente fuerza, presión, desplazamiento y vibración. Éste es un dispositivo electrónico que es fabricado con aleaciones metálicas, que aprovechan el efecto piezorresistivo⁵ para medir deformaciones. Ante una variación en la estructura del material de la galga se produce una variación de su resistencia eléctrica [34], [35]. Su principal ventaja es su linealidad; también presentan una baja impedancia de salida. Su desventaja es la dependencia de la temperatura, lo que provoca que, a veces, haya que diseñar circuitos electrónicos para compensar esa dependencia. Existen diferentes tipos de aplicaciones de las galgas extensiométricas, en este caso es de interés estudiar la celda de carga [36].

Figura 3.10: Celda de carga de 5kg para módulo dosificador



Fuente: Tomado de [37].

⁵ Piezoresistividad: Es la propiedad de algunos materiales cuya resistencia eléctrica cambia cuando se los somete a un esfuerzo o estrés que los deforma [35].

Existe una celda de carga que es capaz de censar hasta 5 kilogramos (Véase en Figura 3.10), peso repartido entre el alimento y el plato que recibe la ración; éstos 5 kilogramos están dentro del rango de censado que cumple con las capacidades requeridas para la cantidad a dosificar. Cabe resaltar que, para que la celda de carga realice la conversión análoga a digital y obtener el valor en gramos es necesario un transmisor HX711, el cual se analiza más a fondo en el diseño de módulo de peso del canino del presente capítulo. Esta celda de carga de 5 Kg posee una excelente precisión y buen desempeño, está fabricada en aluminio y con agujeros para fácil montaje y acople, tiene cuatro cables de salida, que funcionan como un puente wheatstone⁶, por lo que para poder realizar las lecturas mediante un microcontrolador es necesario acondicionar la señal [37].

Tabla 3-4: Características de Celda de carga 5kg

* Rango de temperatura: -20 a 60° C	* Rango de carga: 5Kg
* Cable: u0.8 x 25 cm	* Salida nominal: 1,0 +/- 0.15mV/V
° Tamaño: 4.5 x 0.9 x 0.6cm	* Efecto de la temperatura en salida: 0,01% F.S/°C
Cableado:	* Efecto de la temperatura sobre cero: 0.05% F.S/°C
° Rojo: Alimentación +	* Cero: +/- 0.1000 mV/V
° Negro: Fuente -	* Impedancia de entrada: 1115 + -10% Ω
° Verde: Señal +	* Impedancia desalida: 1000 + -10% Ω
° Blanco: Señal -	* Resistencia de aislamiento: >= 1000 M Ω

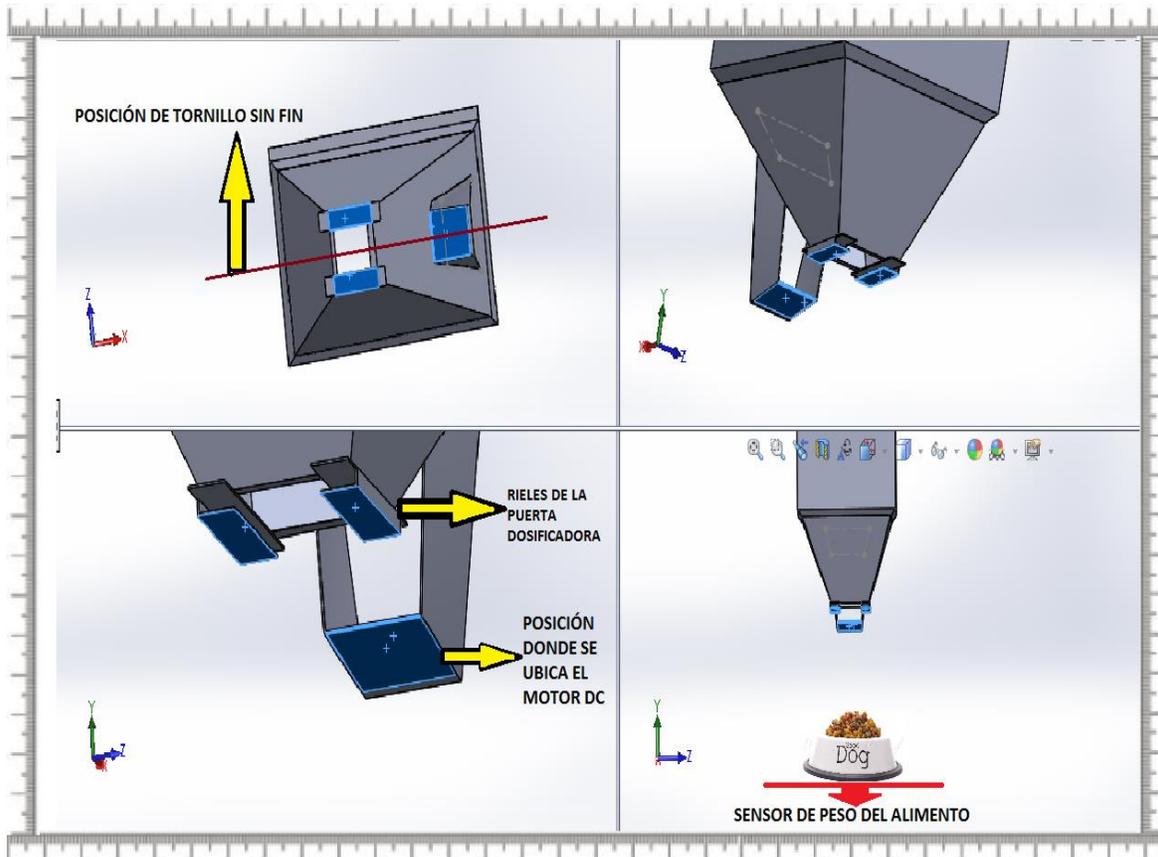
Fuente: Tomado de [37].

⁶ Es el circuito más sensitivo que existe para medir una resistencia y capaz de medir un resistor desconocido con bastante rapidez y precisión. La aplicación a la medida de resistencias del primero de esos circuitos data de 1843 y es el conocido como Puente De Wheatstone (Wheatstone bridge) en honor a Charles Wheatstone [66].

De acuerdo a lo planteado anteriormente, se opta por utilizar el sensor de fuerza o celda de carga, para luego hacer la conversión en gramos de la ración de alimento a consumir por el canino, este sensor va ubicado en la base del alimentador donde va situado el plato en el que se sirve la ración del alimento al canino y es el encargado de dar la orden de cierre de la puerta dosificadora, una vez haya censado el peso exacto de la ración a servir en ese momento.

El sistema del módulo dosificador se digitaliza en software *CAD SolidWorks 2015* versión de prueba y se le diseñan todos los elementos de soporte, observados a continuación en la figura 3.11.

Figura 3.11: Módulo Dosificador digitalizado en software *CAD Solidworks 2015*



NOMBRE: Módulo Dosificador digitalizado	
Autores: Félix Manrique Gabriela Palacio	Descripción <ul style="list-style-type: none"> • a) Se define los rieles de puerta dosificadora y posicionamiento de motor, sensor de peso y tornillo sin fin. • b) El sensor de peso del alimento, tiene que despreciar el peso del plato.
Fecha: 14/11/2016	Software: SolidWorks 2015 versión de prueba.

De acuerdo a los planos obtenidos en el software *CAD*, se procede a implementar el módulo dosificador, utilizando los siguientes elementos: Un motor DC, acoplado a un tornillo sin fin y éste a su vez en paralelo con la puerta dosificadora diseñada previamente; una celda de carga de 5kg con su transmisor HX711, el cual va conectado al módulo de control y garantiza el peso exacto que sostiene el plato donde se sirve la ración de alimento del canino.

Para abrir la compuerta que da salida al alimento se usa un motor DC de 12v (véase en figura 3.12), para elegirlo, se tiene en cuenta su calidad, torque y precio, además se debe ajustar a las dimensiones del diseño del prototipo alimentador.

Figura 3.12: Motor DC de 12v para la puerta dosificadora



En la tabla 3-5 que se encuentra a continuación se observan los datos técnicos del motor seleccionado.

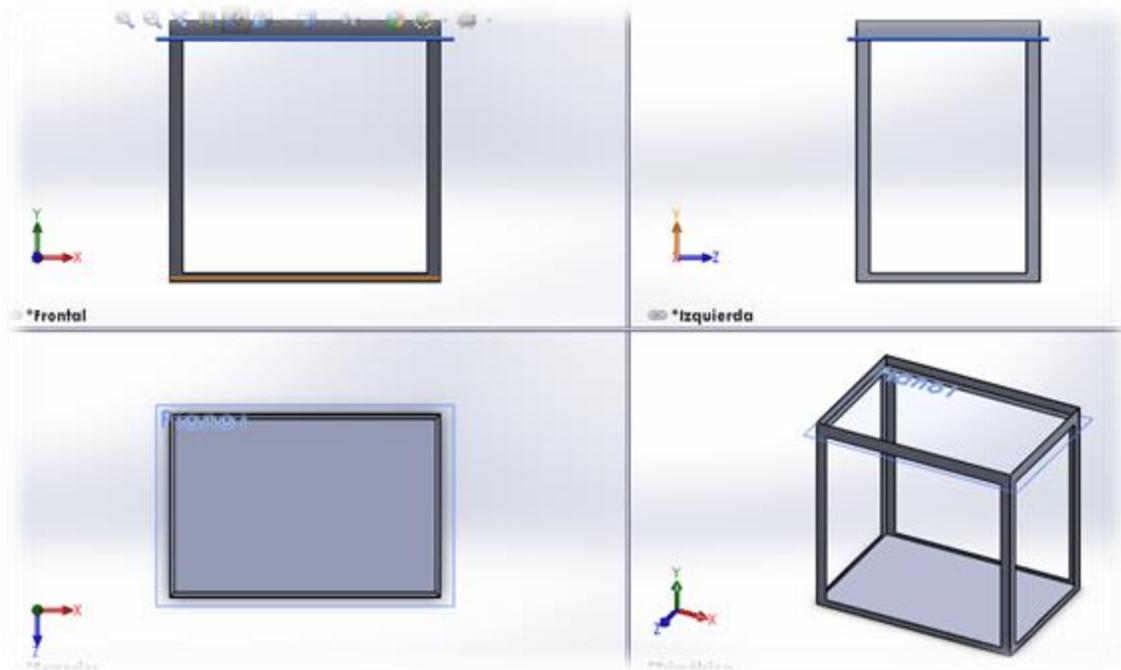
Tabla 3-5: Especificaciones de Motor DC de 12V

<i>Voltaje de operación(V)</i>	12v
<i>Corriente Free-run(A)</i>	600mA
<i>Rpm</i>	155Rpm
<i>Torque(Kg-cm)Con Caja Reductora</i>	4Kg-cm

Fuente: Gearmotorcn.com.

Adicionalmente, se implementa una puerta de acceso al plato del dosificador para personalizar el uso del mismo y así no ser usado por caninos ajenos que alteren la dieta programada; esta personalización se hace mediante la inclusión del módulo RFID el cual es detallado próximamente. La puerta de acceso esta implementada mediante un motor DC que sube y baja la puerta sobre una base estructural, en donde descansa el resto de la estructura del prototipo para ser estable, esta base estructural se puede observar a continuación, realizada en software CAD:

Figura 3.13: Base estructural digitalizado en Solidworks 2015



NOMBRE: Base Estructural	
Autores: Félix Manrique Gabriela Palacio	Descripción • a) Es donde se encaja el modulo de almacenamiento • b) Es donde va situada la tarjeta de control con todos los sensores
Fecha: 15/11/2016	Software: SolidWorks 2015 versión de prueba.

Cabe resaltar que el canino puede acabar con su ración en el tiempo que sea necesario, el canino se puede alejar del alimentador con la certeza de que cuando regrese encuentre de nuevo su alimento como lo había dejado, siempre y cuando

no haya llegado la hora de la nueva ración a servir; se debe recordar que, si existe la presencia de alimento aun en el plato al momento de servir una nueva ración, el módulo dosificador sólo completa el restante de alimento para que quede la ración completa. Sin embargo, si por alguna razón el alimento permanece tal y como se sirvió la primera vez en el plato, no se le da apertura a la puerta dosificadora, a menos que el tamaño de la ración se modifique a una ración mayor en gramos (g).

3.6.3. Diseño Del Módulo De Reconocimiento RFID

Es este módulo el encargado de la personalización del Alimentador canino automático, como bien se hace una explicación básica la sección 3.1 en los requerimientos funcionales, el prototipo de alimentador es de uso exclusivo del canino que posee un collar de identificación, el cual es la llave de entrada al alimentador, este proceso es llevado a cabo mediante el módulo de reconocimiento RFID, a continuación, se tiene más información sobre la tecnología de reconocimiento de proximidad.

En primer lugar, se quiere buscar la tecnología de reconocimiento de proximidad adecuada para el acceso o reconocimiento de usuario, en este caso de un perro; Al igual que con los sensores de nivel estudiados anteriormente, se estudia una terna de sensores por lo cual es necesario conocer cada una de ellas para escoger la mejor e implementar. Los caninos son animales que tienen actividades acondicionadas para ellos, ya sean en hábitos de alimentación o de recreación, es entonces donde se van descartando tecnologías encontradas, pero, sin embargo, el pensar como ingenieros permite dar soluciones a tecnologías existentes, para esto se hace un proceso de selección, clarificando las ventajas y desventajas hacia el canino sobre cada sensor estudiado. En seguida, en la tabla 3-6 se puede apreciar la terna de tecnologías de proximidad candidatas a escoger, además se

describe cada una de ellas y se exponen las razones por las cuales se declina la balanza hacia la tecnología RFID.

Tabla 3-6: Terna de tecnologías de proximidad y reconocimiento.

TECNOLOGÍA DE RECONOCIMIENTO	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN AL PROTOTIPO ALIMENTADOR
<p>NFC (Near Field Communication)</p>	<p>La tecnología NFC funciona por proximidad, éste es un sistema de comunicación inalámbrico de corto alcance que en los últimos tiempos se ha ido integrando en smartphones y tablets.</p> <p>La idea es permitir que dos dispositivos, se comuniquen entre sí, de manera fácil, cómoda y eficaz.</p> <p>Esta tecnología no es creada para transferir ficheros de gran tamaño sino para identificar o validar a otro dispositivo. Su virtud es ahorrar tiempo y esfuerzo al emparejar dos aparatos [38].</p>	<p>Para determinar la aplicación en el prototipo de alimentador canino, se analizan los detalles de la tecnología NFC y se determina que está especialmente diseñada para aplicaciones de seguridad más estrictas, asimismo sólo es posible censar a una distancia no mayor a 7 cm; realizando un análisis a los requerimientos mínimos del alimentador canino, se concluye que, esta distancia no es lo suficientemente confiable para el reconocimiento y posterior acceso del canino al alimento; Por lo</p>

		tanto, la tecnología NFC para el prototipo alimentador canino NO APLICA.
HOTKNOT	<p>El fabricante de chips taiwanés Mediatek ha presentado una nueva tecnología de comunicación de proximidad, Hotknot, que busca ofrecer una solución de menor costo que NFC. Se trata de una tecnología que utiliza las cualidades de las pantallas táctiles capacitivas de Goodix⁷.</p> <p>Los dispositivos que utilizan este tipo de pantallas, son capaces de conectarse mediante la proximidad o contacto entre sus pantallas, sin necesidad de activar el NFC (o siquiera tenerlo). Esta tecnología ya está en el anunciado “chipset MT6592 de ocho núcleos” [39].</p>	<p>Esta es una muy buena alternativa a la tecnología NFC, principiando por su precio que es una opción muy favorable para el prototipo de alimentador canino, pero se trata de una tecnología con un alcance extremadamente limitado, de hecho las pantallas deben estar prácticamente en contacto una con la otra, y una vez detectada la proximidad de las pantallas, se crea un contacto similar al que producen los dedos; con estos cambios de corriente, los procesadores de señal de la pantalla, detectan y gestionan procediendo a su filtrado y</p>

⁷ Goodix: Desarrollador líder mundial de tecnologías de interfaz humana y biométricas para dispositivos móviles.

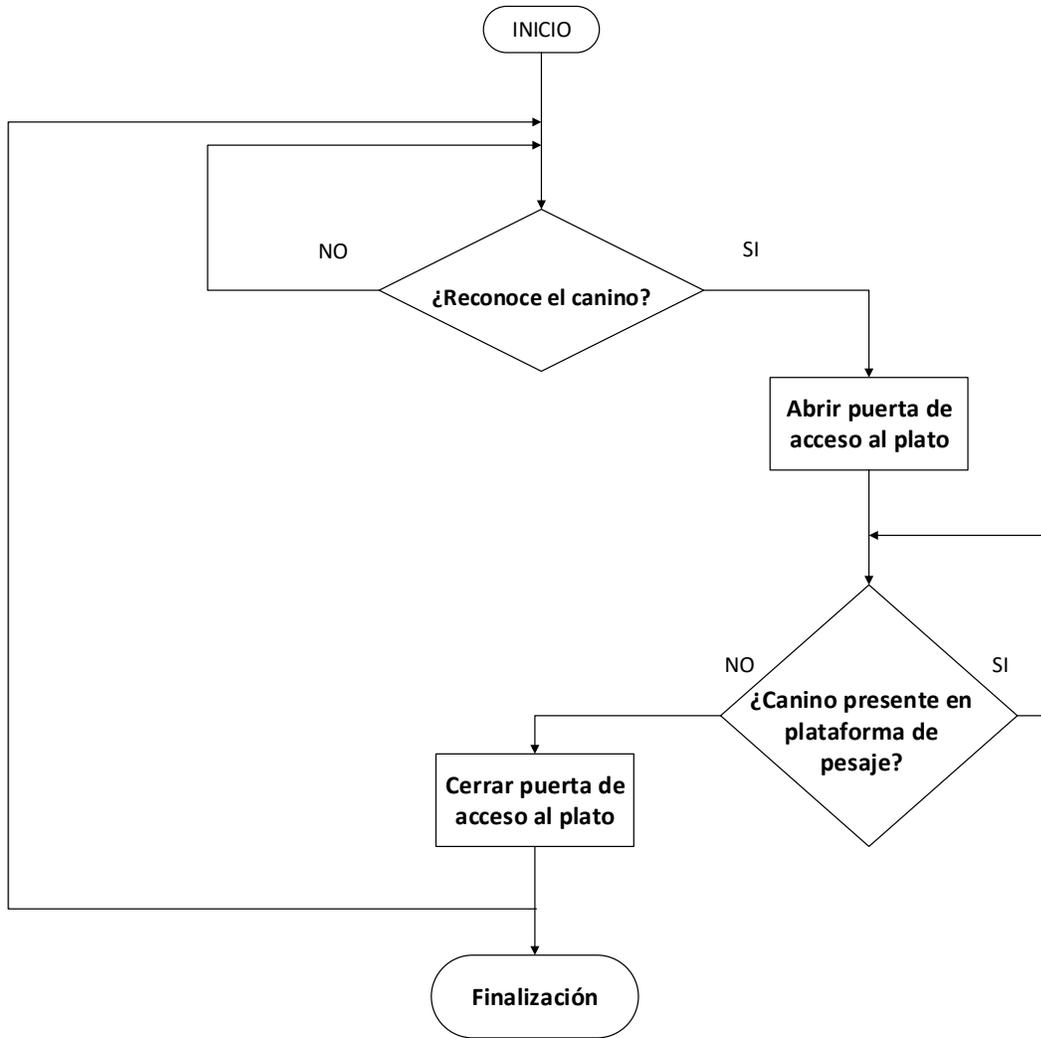
		<p>captura de toda la información que deba pasarse de un terminal a otro [40].</p> <p>Por esta razón el reconocimiento se hace con aún más dificultad que con la tecnología NFC; en consecuencia, para el desarrollo del prototipo de alimentador canino la tecnología HOTKNOT, NO APLICA.</p>
<p>RFID</p>	<p>Identificación por radiofrecuencia (RFID), es una tecnología de comunicación inalámbrica de uso generalizado que se está popularizando gracias a un buen número de ventajas, comparadas con otros sistemas de etiquetado, como los códigos de barras.</p> <p>RFID usa ondas de radiofrecuencia que pueden ser pasivas, activas o una combinación de ambas. Los tags (etiquetas) RFID,</p>	<p>Referentemente la tecnología RFID es más antigua que las leídas anteriormente, pero sin demeritar ninguna tecnología, pues cada una según sea la aplicación es muy importante. En este caso, el tag o etiqueta RFID ira en el collar del canino, puesto que se debe asegurar que siempre lo lleve puesto con él; Las ventajas de esta tecnología son las siguientes:</p>

	<p>generan la corriente eléctrica necesaria para que los dispositivos pasivos que se encuentran en su alcance puedan recibirla, activarse y comenzar el proceso de transmisión de información.</p> <p>Por último, cabe destacar que RFID es capaz de transmitir más allá de unos metros, mientras que NFC está restringido a unos 7,5 cm de distancia [41].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • No requiere ninguna línea visual con el producto • La etiqueta puede soportar un entorno riguroso • Reducción de hurtos y falsificaciones [42]. <p>Finalmente, conociendo las tres tecnologías descritas anteriormente, es evidente que para la implementación del prototipo de alimentador e interacción con el canino la mejor tecnología, es la RFID que SI APLICA.</p>
--	---	---

Fuente: Elaboración propia.

Una de las razones de peso por las cuales se declinó la balanza sobre esta tecnología de proximidad RFID, es que no es necesario que el *tag* o *etiqueta* tenga contacto directo con su transmisor RFID, los *tags* o *etiquetas* (véase en figura 3.15), son los indicados para implementarlos en un collar tipo gargantilla, el cual trae puesto el canino a donde quiera que valla, esto permite que el canino no sea obligado a pasar su collar por el transmisor, pues el entorno de la radiofrecuencia basta para ser reconocido y dar acceso a la ración de alimento y siendo apacible a la libertad del canino. Con la finalidad de tener claro el proceso y las tareas que el módulo de reconocimiento debe realizar; en la figura 3.14, se propone el diagrama de flujo que se observa.

Figura 3.14: Diagrama de flujo del módulo de reconocimiento RFID



Fuente: Elaboración propia.

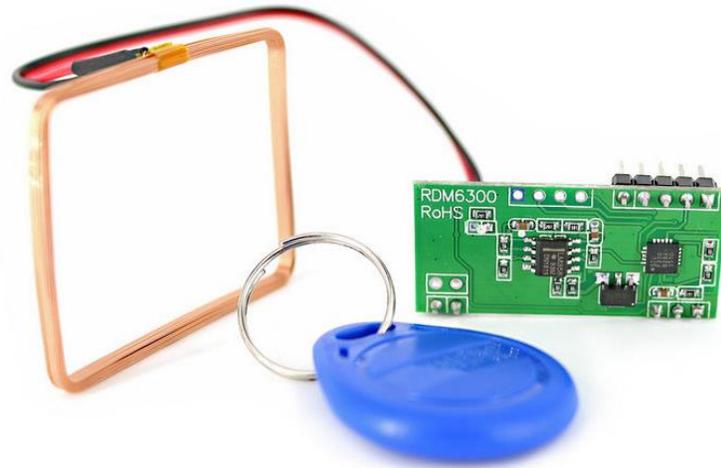
Figura 3.15: Tags o etiquetas RFID



Fuente: Tomado de [43].

Como se conoce el módulo de reconocimiento RFID, será el encargado de registrar al canino a alimentar y darle acceso completo al alimentador, éste proceso se efectúa mediante la comunicación por radiofrecuencias de una antena que el sensor Rdm6300 (Véase en Fig. 3.16) que está diseñado para a lectura del código del Tag de 125khz que trae por defecto [43]. La antena tiene como principal función permitir la comunicación inalámbrica entre dispositivos o periféricos, en este caso la comunicación entre el tag o etiqueta y la antena del sensor RFID mencionado previamente; el alcance de la antena es directamente proporcional a su tamaño, es decir, que entre más grande sea la antena, mayor es el rango de percepción de cercanía y puede captar la señal del tag a mayor distancia, es por esto que se evalúa la antena que acompaña al sensor RFID y se determina que su alcance es de 7 pulgadas aproximadamente, por lo tanto su ubicación estratégica es determinante para la aplicación.

Figura 3.16: Sensor Rdm6300 125khz RFID



Fuente: Tomado de [43].

El proceso del módulo de reconocimiento comienza con la búsqueda de la señal del Tag o etiqueta, mientras no la halle, estará siempre en su búsqueda. En caso de encontrarla y reconocer la cercanía del canino al alimentador, éste dará la orden para abrir la puerta de acceso que deja la ración de alimento a libre disposición del canino, mientras el Tag se encuentre cerca el alimentador la puerta se mantiene abierta, además de habilitar el módulo del peso para su funcionamiento y verificación de la presencia del canino antes de tomar la decisión de cerrar la puerta; cuando el canino se aleje del alimentador, el sistema RFID debe enviar la señal para dar la orden de cerrar la puerta y que de esta manera el alimento sólo esté expuesto en el momento que el canino dueño del collar, se encuentre cerca.

Dando cumplimiento a los requerimientos establecidos en el presente capítulo, el alimentador canino debe ser estable y seguro para que el canino no lo haga caer, por lo tanto se precisa que el alimentador esté sobre una estructura que lo

sostenga y además este ubicada la antena del transmisor RFID donde se registra el perro; ya que la antena del transmisor RFID debe estar en el lugar justo para que pueda recibir la señal fácilmente y no recoja interferencia o ruidos del resto de los sensores implementados.

Para unificar el proceso del módulo de reconocimiento RFID, se establece un diagrama en bloques donde se encuentran los detalles vistos con los módulos anteriores, como lo son las entradas, perturbaciones y salidas que interceden al módulo en estudio, asimismo es de gran ayuda el diagrama de la figura 3.17 para evidenciar y establecer funciones que solo corresponden a este módulo.

Figura 3.17: Diagrama en Bloque: Módulo de reconocimiento RFID



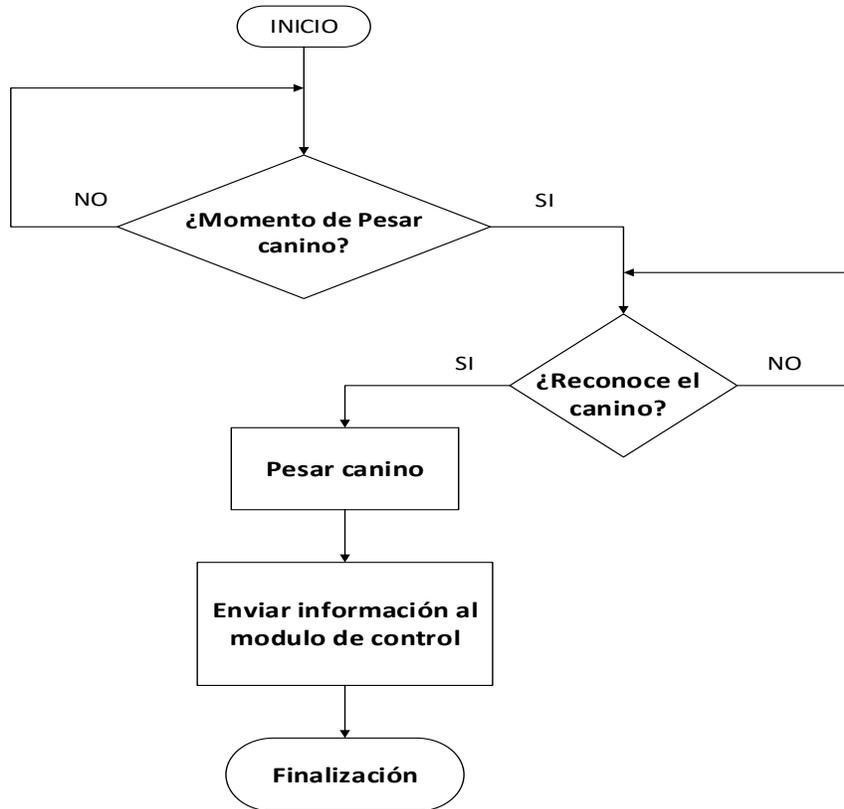
Fuente: Elaboración Propia.

3.6.4. Diseño Del Módulo De Peso Del Canino (Max-50Kg)

El alimentador canino automático a implementar, a diferencia de muchos, toma en cuenta el peso corporal o masa de la mascota, además lo compara con una base de datos según su edad y raza, para así poder determinar si el canino se encuentra entre los rangos de peso normales. Por esta razón el módulo de peso del canino es considerado como uno de los más innovadores a diseñar y desarrollar para este prototipo alimentador, pero a diferencia del módulo dosificador, donde también es necesario realizar el censo de peso, se utiliza una celda de carga de mayor rango en kilogramos, en este caso, para caninos de razas pequeñas se considera que una celda de carga con rango de censado de 0 a 50kg, es perfecto para el módulo de peso del canino. A continuación, se propone el diagrama de flujo para este módulo donde se establece de forma clara y concisa el proceso que el módulo de peso del canino de lleva a cabo; con la lógica de control que conlleva al cumplimiento de las tareas a desarrollar.

El proceso que realiza el módulo de peso del canino, inicia estableciendo si es el día de tomar la medida del pesaje del perro o si debe esperar; en caso de haber llegado al día establecido envía una señal al sistema y éste esperara a que el módulo de reconocimiento detecte la presencia del canino, y es entonces cuando el alimentador toma la medida del peso y envía esta información al módulo de control, este proceso se debe repetir periódicamente. De esta forma terminan las tareas propuestas para que desarrollara este módulo.

Figura 3.18: Diagrama de Flujo Del Módulo De Peso Del Canino

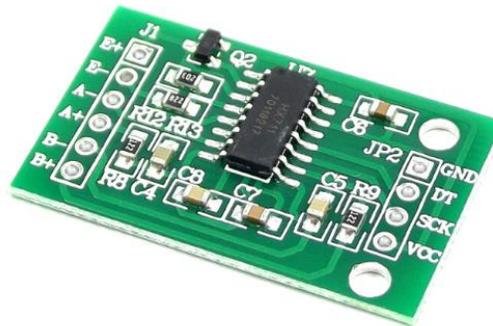


Fuente: Elaboración Propia.

A similitud de la celda de carga utilizada en el módulo dosificador de la figura 3.10 del presente capítulo, quien interpreta las señales eléctricas recibidas por la celda de carga es el transmisor HX711 (véase en figura 3.19), el cual actúa como interfaz entre la celda y el microcontrolador, permitiendo leer el peso de manera sencilla gracias a que internamente se encarga de la lectura del puente de wheatstone formado por la celda de carga, convirtiendo la lectura analógica a digital con su conversor A/D interno de 24 bits [44], este transmisor es muy

utilizado en la industria, puesto que su versatilidad es factible con gran número de celdas de cargas disponibles en el mercado.

Figura 3.19: Transmisor de Celda de carga HX711



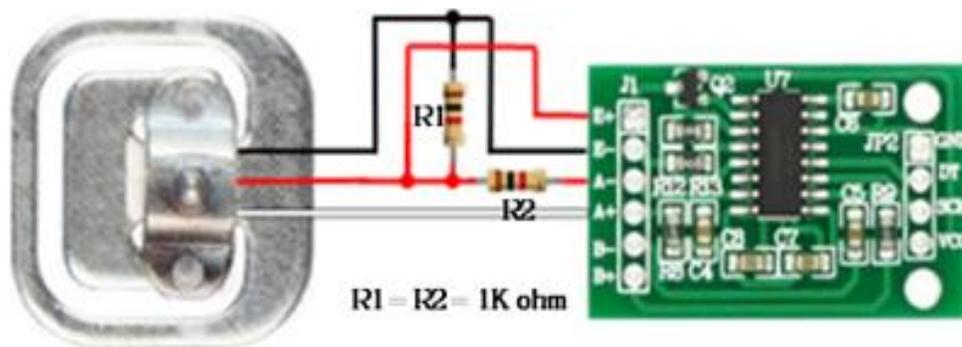
Fuente: Tomado de [44].

La gran diferencia de la celda de carga del módulo dosificador de la figura 3.10, con la implementada en el módulo del peso del canino de la figura 3.20, es su estructura física, puesto que, en el módulo de peso del canino, el rango de censado aumenta, y llega hasta 50kg, encontrando en el mercado celdas de carga con diseños estructurales más robustos, comprendiendo así una lógica proporcional a su forma inconstante. Si cambia la estructura, cambia la base donde es censado el peso del canino, es por esto que se diseñó el espacio donde será censado el peso del canino mediante materiales convencionales y muy prácticos, como una bandeja tipo charola, la cual es propicia para que el canino permanezca de pie mientras come de su alimento y a la vez su peso sea tomado mediante la celda de carga de 50Kg, que es implementada en la base de la charola que luego de su montaje se establecerá como una plataforma que hace

las veces de bascula; en el próximo capítulo muestra el desarrollo de la implementación del módulo.

La celda de carga de 50kg de rango de censado, solo tiene 3 cables de salida y para el que transmisor HX - 711 pueda hacer uso de su lectura analógica, se propone la inclusión del puente de wheaststone, con el objetivo de obtener el cuarto cable mediante la unión de dos resistencias de 1K ohm cada una dirigidas a tierra y positivo del transmisor HX - 711, para que de esta manera pueda encajar los cuatro hilos al transmisor formando un puente de wheaststone y permitiendo una lectura propicia para poder ser leída digitalmente gracias a la interfaz implementada hacia al microcontrolador. Lo anterior se observa en la figura 3.20.

Figura 3.20: Celda de carga de 50kg con puente de wheaststone



Fuente: Tomado de [45].

Teniendo definido el proceso y las tareas de los sensores a implementar, se procede a construir el diagrama en bloques formulado para el módulo de peso del canino, donde de igual forma que en los módulos descritos anteriormente, conoceremos sus entradas, perturbaciones, salidas e interacciones con otros

módulos en relación con el mismo y así lograr una interpretación completa de lo diseñado.

Figura 3.21: Diagrama En Bloques Del Módulo De Peso del Canino



Fuente: Elaboración Propia.

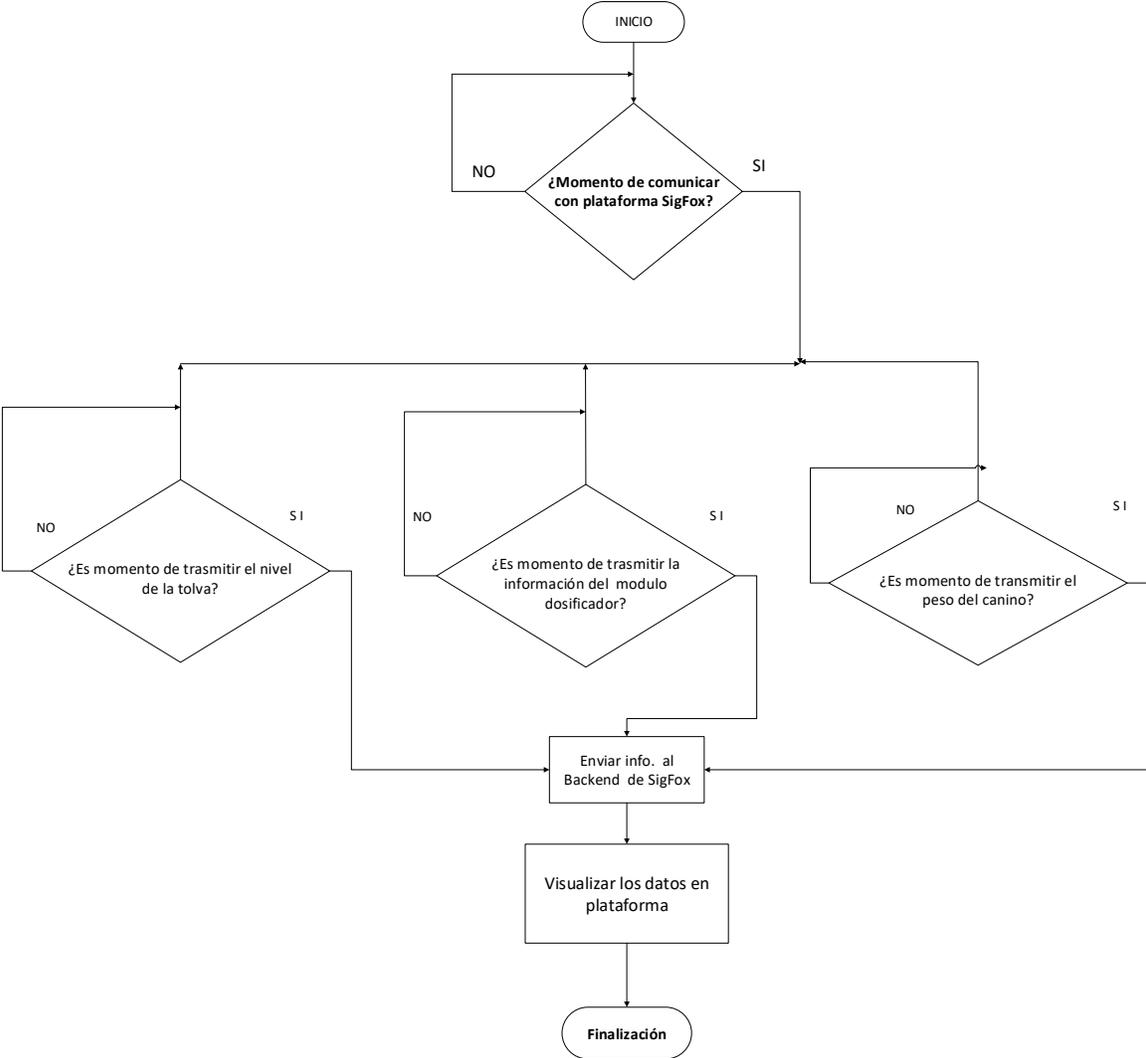
3.6.5. Diseño Del Módulo De Transmisión SigFox

En la sección 3.5.6, se determina que este módulo de transmisión SIGFOX es el encargado de recibir desde el módulo de control la información del peso del canino, la cantidad de alimento consumido por el mismo y el nivel de alimento almacenado en la tolva; además, como su nombre lo indica, su función es transmitir por medio de la red *SigFox* de nuestro alcance, para visualizar los datos recibidos mediante una aplicación móvil informativa. La ventaja de contar con esta tecnología es que el municipio de Popayán, Cauca, ha sido uno de los pioneros del territorio colombiano en acoger esta cobertura, gracias a la intención de la empresa *PHASXI SOLUTIONS* [46] en promover el internet de las cosas, término

que manejaremos muy a menudo en adelante en el documento y es de innovar ver un alimentador canino enlazado a la red SigFox; en seguida conoceremos más sobre esta nueva red que hace dar vida a las cosas que nos rodean diariamente.

Es en el íntegro desarrollo de los dispositivos electrónicos y las comunicaciones en la sociedad actual, que surgen nuevas tecnologías, en este caso el internet de las cosas, el cual llega para abarcar una extensa gama de servicios y establecer nuevas tendencias respecto a la labor que desempeñan productos o aparatos que se manejan en la cotidianidad, en otros términos su principal finalidad es conectar el máximo de objetos que nos rodean, entre ellos y con nosotros; pero acoplados a la red de redes que se denomina internet, en donde ambas se conjugan para llegar a crear el internet de las cosas, es en este punto que se encuentra a él alimentador canino automático desempeñar el papel de objeto y por ende estar conectado al internet, para de esta manera poder visualizar a distancia lo que consume el canino además de anunciar del último censo del peso del mismo; en seguida en la figura 3.22 se incluye el diagrama de flujo del módulo de transmisión SigFox.

Figura 3.22: Diagrama de Flujo Del Módulo De Transmisión SigFox



Fuente: Elaboración Propia.

Para que sea posible la conectividad con el internet de las cosas es necesario hacer una selección, acerca de las tecnologías existentes que brindan la cobertura de red en este campo, por lo que se hace preciso conocer tres de los principales desarrolladores que brindan la conectividad con el internet de las cosas y así escoger la adecuada, además se describe cada una de ellas y se presentan las razones por las cuales se decide seleccionar el desarrollador y operador líder mundial SigFox.

3.6.5.1. Selección de desarrollador del internet de las cosas

3.6.5.1.1. LoraWan:

LoRaWAN™ es una red de área extensa (LPWAN), es decir redes de baja potencia y largo alcance inalámbrico destinado a la red operada en una red regional, nacional o mundial. LoRaWAN se dirige a los requisitos clave de Internet de las cosas tales como los servicios de comunicación bidireccional, de movilidad y localización seguras. La especificación LoRaWAN ofrece interoperabilidad sin fisuras entre las cosas inteligentes sin necesidad de instalaciones locales complejas y devuelve la libertad al usuario, desarrollador y a las empresas que permitan el despliegue del Internet de las cosas, actualmente SEMTECH es la que se encarga de promover la fabricación de módulos para aplicarlos en operadores de redes móviles en diversos países como las francesas Bouygues y Orange, la holandesa KPN, la belga Proximus y la suiza Swisscom; por lo que depende de pasar por un operador de telefonía y no modifican el mapa competitivo al añadir una solución complementaria a su portafolio [47].

La Alianza LoRa tiene una estrategia diferente, estrictamente porque la especificación que rige cómo se gestiona la red es relativamente abierta. Puede descargar las especificaciones y unirse a LoRa Alliance, y cualquier fabricante de

hardware o gateway puede construir un módulo o gateway que cumpla con las especificaciones de LoRa. La cuestión es que la única compañía que fabrica la radiofrecuencia para LoRa es SEMTECH (ya han anunciado licencias a otros fabricantes de silicio en el futuro, pero SEMTECH es la única opción en este momento.) Así que mientras el ecosistema en sí está abierto, tienen una puerta cerrada, lo que delimita la compatibilidad en el hardware con los demás fabricantes [48].

LoRaWAN examina una mayor cantidad de espectro que SigFox y por lo tanto obtiene más interferencia. Sin embargo, debido a que está buscando un tipo de comunicación muy específico, el aumento de ruido por motivo de un mayor ancho de banda del receptor se mitiga por las ganancias de codificación. Los presupuestos de enlaces prácticos son casi los mismos para SigFox y LoRaWAN.

Se analizaron las ventajas y desventajas del desarrollador LoraWAN para la implementación del alimentador canino automático, dejando claro que es una buena opción, pero que debido a su compatibilidad de hardware y al despliegue de la cobertura de red en Latinoamérica, más exactamente en Colombia, no es factible utilizarla puesto que solo se ha proyectado una conexión en el año 2019 para gran parte de Latinoamérica, se calcula que en un 60% tendría acceso a LoraWAN [49], quedando descartada para aplicarla al alimentador canino automático actualmente.

3.6.5.1.2. Neul:

En septiembre de 2014, Neul fue adquirida por HUAWEI un gran desarrollador y se convierte en una subsidiaria de propiedad total. Neul y HUAWEI están trabajando conjuntamente en tecnología innovadora que al igual que LoraWAN permite la reutilización de los activos operadores de redes móviles para apuntar

aplicaciones de ultra-baja cobertura profunda de potencia del internet de las cosas entre ellas el reconocido operador móvil británico Vodafone [50].

En octubre de 2015, Huawei nombra Henk Koopmans como nuevo CEO de Neul, formado en la carrera de los Países Bajos, Henk ha estado estrechamente entrelazado con el desarrollo de nuevas tecnologías para las comunicaciones inalámbricas, redes celulares y la televisión digital. Henk es cliente-centrado y muy bien considerado como un innovador estratégico, lo que le hace ideal para llevar la tecnología Neul al éxito del mercado y hacer de Huawei el socio de elección para soluciones del internet de las cosas. “En la trayectoria laboral de Henk incluye la vicepresidencia de ventas y marketing de la consultora de Tecnología Symbionics, jefe de inversiones estratégicas en la Agencia de Desarrollo de Inglaterra (EEDA) y el director de marketing de PlextekLtd”. Es considerado un gran mentor y tiene la objetividad de sobresalir con Neul, especialmente en Europa y en ciudades o áreas urbanas moderadas, pues su rango de alcance es de 10km, rango inferior comparado con LoraWAN y SigFox [51].

El sistema Neul se basa en el chip Icen1, que se comunica utilizando el radio espacial en blanco para acceder al espectro UHF de alta calidad, ahora disponible debido a la transición de televisión analógica a digital. “La tecnología de las comunicaciones se llama Weightless, que es una nueva tecnología de red inalámbrica de área amplia diseñada para el internet de las cosas que compite en gran medida contra las soluciones GPRS, 3G, CDMA y LTE WAN existentes”. Las velocidades de datos pueden ser de unos pocos bits por segundo hasta 100kbps sobre el mismo enlace único; Y los dispositivos pueden consumir tan poco como 20 a 30mA de las baterías 2xAA, significando una duración de 10 a 15 años en el campo [52].

Neul es considerado el desarrollador del internet de las cosas que brinda la mayor velocidad de transferencia al resto de desarrolladores, pero es inversamente

proporcional a la distancia en donde se realice la conectividad entre las cosas y el usuario, como bien se mencionó anteriormente su alcance radial llega hasta el rango de 10 km; además sus principales clientes se encuentran en Europa y es allí donde desarrollan su principales proyectos, como en la ciudad de Cambridge en Inglaterra, dejando claro que en Latinoamérica aún no se cuenta con los sistemas desarrollados por Neul para el internet de las cosas y por consiguiente No Aplica para la implementación del alimentador canino automático del presente documento.

3.6.5.1.3. SigFox:

SIGFOX es una start-up francesa creada en 2009 en Toulouse. Se trata de un operador de telecomunicación del internet de las cosas, especializado en M2M (Machine to Machine). Su tecnología permite conectar dispositivos a bajo costo, con un largo alcance y un bajo consumo de potencia; sus soluciones se aplican a numerosas áreas claves (agricultura, transporte, seguridad, agua, eficiencia energética, salud, entre otros). Hoy en día, la tecnología SigFox está presente en 30 países. En América Latina, su tecnología ya llegó en Brasil, México y ahora en Colombia. En Colombia, SigFox ha iniciado una colaboración con un aliado local, la empresa Phaxsi Solutions que se ha convertido en su representante exclusivo en el país y también con la empresa WND, su socio en el despliegue de su red en América Latina. Phaxsi Solutions se ha unido a WND, el socio *SigFox* fundado en 2015 para desplegar la red en toda Latinoamérica, trayendo la conectividad del internet de las cosas a Colombia. Los socios han declarado que las 10 principales áreas urbanas del país, lo que representa más del 50 por ciento de la población, tendrán cobertura a mediados de 2017; El crecimiento de la red global de Sigfox proporciona una conectividad sencilla, segura, energéticamente eficiente y económica para millones de objetos que envían pequeños mensajes a la nube, y que conforman la gran mayoría de los casos de utilización del IoT.

"Colombia, nuestro tercer despliegue nacional en Latinoamérica este año, es claramente una parte clave de nuestra misión de desarrollar rápidamente el ecosistema del internet de las cosas en esta región", afirmó en 2015 Chris Bataillard, fundador de WND; "Estamos ansiosos por desarrollarlo en Colombia con Phaxsi, quien tiene una sólida combinación estratégica de experiencia en diseño, despliegue y optimización de redes celulares, y el espíritu empresarial necesario para entregar rápidamente los muchos beneficios del internet de las cosas a la gente en Colombia. Vemos también mucha sinergia en términos de aplicaciones, hardware y ecosistema en toda la región donde está Colombia, México y Brasil" [53].

Rodolphe Baronnet-Frugès, vicepresidente ejecutivo de redes y operadores en SigFox, explica que la solución de conectividad económica y segura de SigFox, ayudará a superar las barreras de infraestructuras y costes para la adopción del internet de las cosas en Colombia. Además, el ecosistema global de aliados SigFox, como los son fabricantes de componentes y dispositivos y desarrolladores e integradores de las tecnologías de la información, ayudará al crecimiento acelerado del ecosistema del internet de las cosas en Colombia.

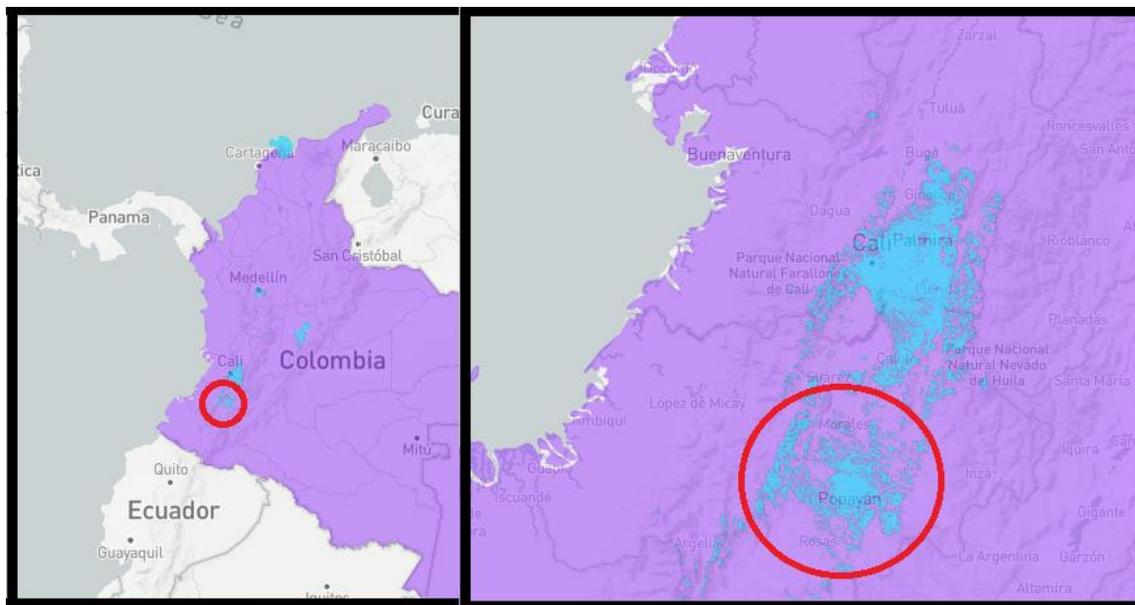
"Colombia es un entorno muy propicio para una rápida adopción del internet de las cosas, porque tanto los grupos públicos como privados reconocen el papel clave que el IoT puede desempeñar en la creación de nuevas empresas, mejora de eficiencia y nuevos servicios para los ciudadanos", explicó. " SigFox trabajará con WND y Phaxsi Solutions para construir rápidamente el ecosistema local de fabricantes de hardware, desarrolladores de soluciones, nuevas empresas y otros para que rápidamente los colombianos perciban estos beneficios. Como hemos demostrado en todos los países donde opera nuestra red, SIGFOX hace posible lo que antes no era posible" [54].

Para la implementación del prototipo alimentador canino automático del presente documento, SigFox es la mejor opción sin lugar a duda, ya que para inicios del año 2017 la cobertura de red en el territorio colombiano ha crecido, específicamente en 6 puntos estratégicos como los son: Barranquilla, el Eje Cafetero, Medellín, Bogotá, Cali y Popayán, donde se están desarrollando diversas aplicaciones y usos al internet de las cosas (IoT) de la mano de Phaxsi Solutions, quien específicamente, instala antenas en torres (como una compañía de telefonía celular), ofreciendo el servicio de comercialización de hardware que permita la transmisión de datos de dispositivos como sensores de aparcamiento o medidores de consumo de servicios públicos domiciliarios como el agua o el fluido de energía eléctrica, adicionalmente cuenta con una de sus sedes principales en el municipio de Popayán para guiar el proceso de conectividad a la red de cobertura con el internet de las cosas.

Esta tecnología es adecuada para cualquier aplicación que necesite enviar ráfagas de datos pequeñas e infrecuentes; cosas como sistemas básicos de alarma, monitoreo de localización y medición sencilla son ejemplos de sistemas unidireccionales que pueden tener sentido para esta red. En estas aplicaciones se incluye el prototipo alimentador canino automático para enlazarlo a la cobertura de red al internet de las cosas, obteniendo así una comunicación en forma de notificaciones del estado del alimentador a través de la aplicación móvil informativa.

La cobertura de la red del internet de las cosas ha llegado a América latina en el mejor momento, pues la mayoría de países son considerados en vía de desarrollo, surgiendo aplicaciones que crecen de manera exponencial para diferentes campos de acción, como el mejoramiento del tránsito vehicular en las ciudades, en la domótica, entre otros campos que benefician a una sociedad [54]. A continuación, se detalla en la figura 3.23, mediante un mapa mundial donde se encuentra todos los puntos de acceso a internet de las cosas que en el año 2017 cuentan con la

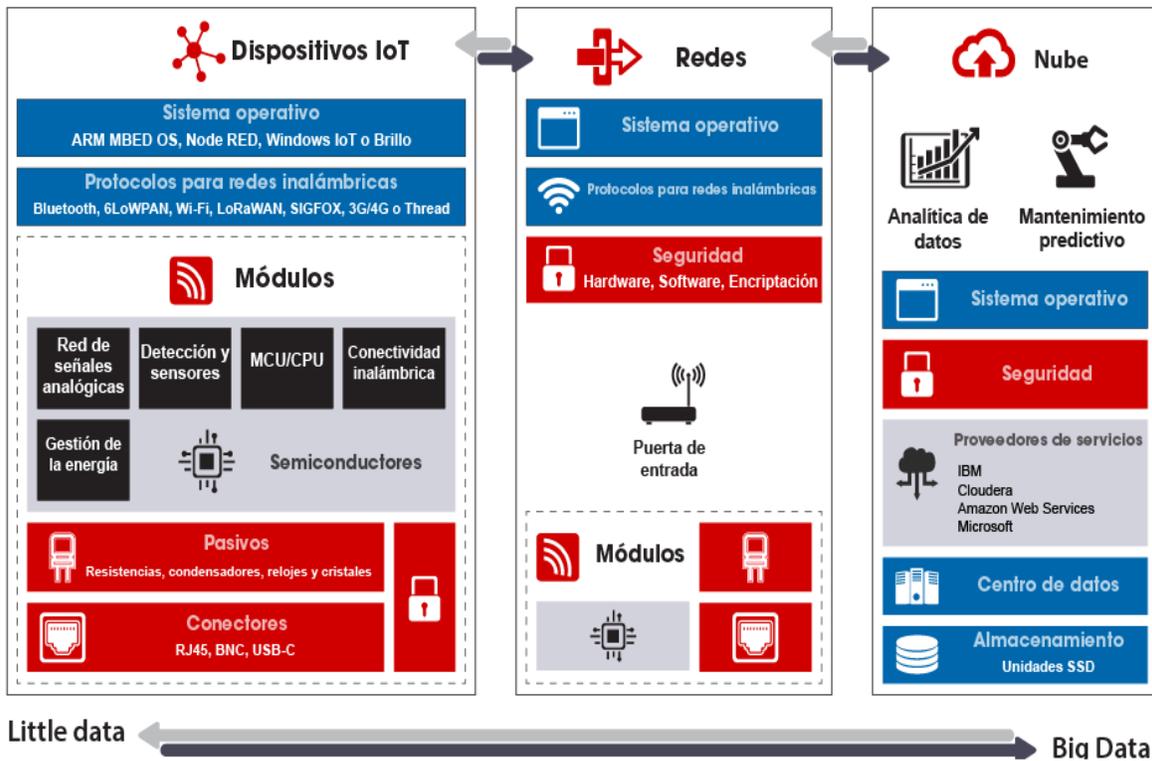
Figura 3.24: Cobertura detallada del territorio Popayán, Cauca, Colombia



Fuente: Tomado de [55].

El proceso de transmisión del internet de las cosas con relación al módulo de SigFox que hace parte del prototipo Alimentador canino automático del presente documento, es aislado al proceso principal para alimentar al canino, puesto que los módulos descritos anteriormente en el capítulo 3, son participes activos del proceso de alimentación canina. El objetivo de la comunicación del módulo de transmisión SigFox y el alimentador canino es reflejar algunas variables del alimentador, varias veces al día mediante mensajes de notificación que el usuario puede acceder. A continuación, en la figura 3.25, se puede observar el diagrama en bloque general del proceso de transmisión del internet de las cosas hacia los operadores que manejan la red, como lo es SigFox.

Figura 3.25: Diagrama en bloques general del proceso de transmisión del IoT



Fuente: Tomado de [56].

En cuanto al hardware a utilizar para poder cumplir con la transmisión, la empresa Phasxi Solutions hace eco en apoyar nuevas aplicaciones a la tecnología y cobertura de red SigFox, por lo tanto, brinda un chip desarrollado por la compañía Sur Coreana Wisol llamado el SFM10R4, que es un módulo miniaturizado (13,0 x 20,0 x 2,21 mm), el cual tiene una MCU⁸ integrada, así como un transceptor de RF

⁸ MCU: Multipoint control unit. Por sus siglas en inglés, Unidad de Control Multipunto o microcontrolador.

integrado y soporta UART para comunicación externa con el fin de poder personalizarlo según sea su aplicación [57]. Este chip puede ser soldado en montaje superficial o en una baquelita de prueba para su implementación; en seguida se observa en la figura 3.26 el chip utilizado y descrito anteriormente:

Figura 3.26: Chip WISOL SFM10R4



Fuente: Tomado de [57].

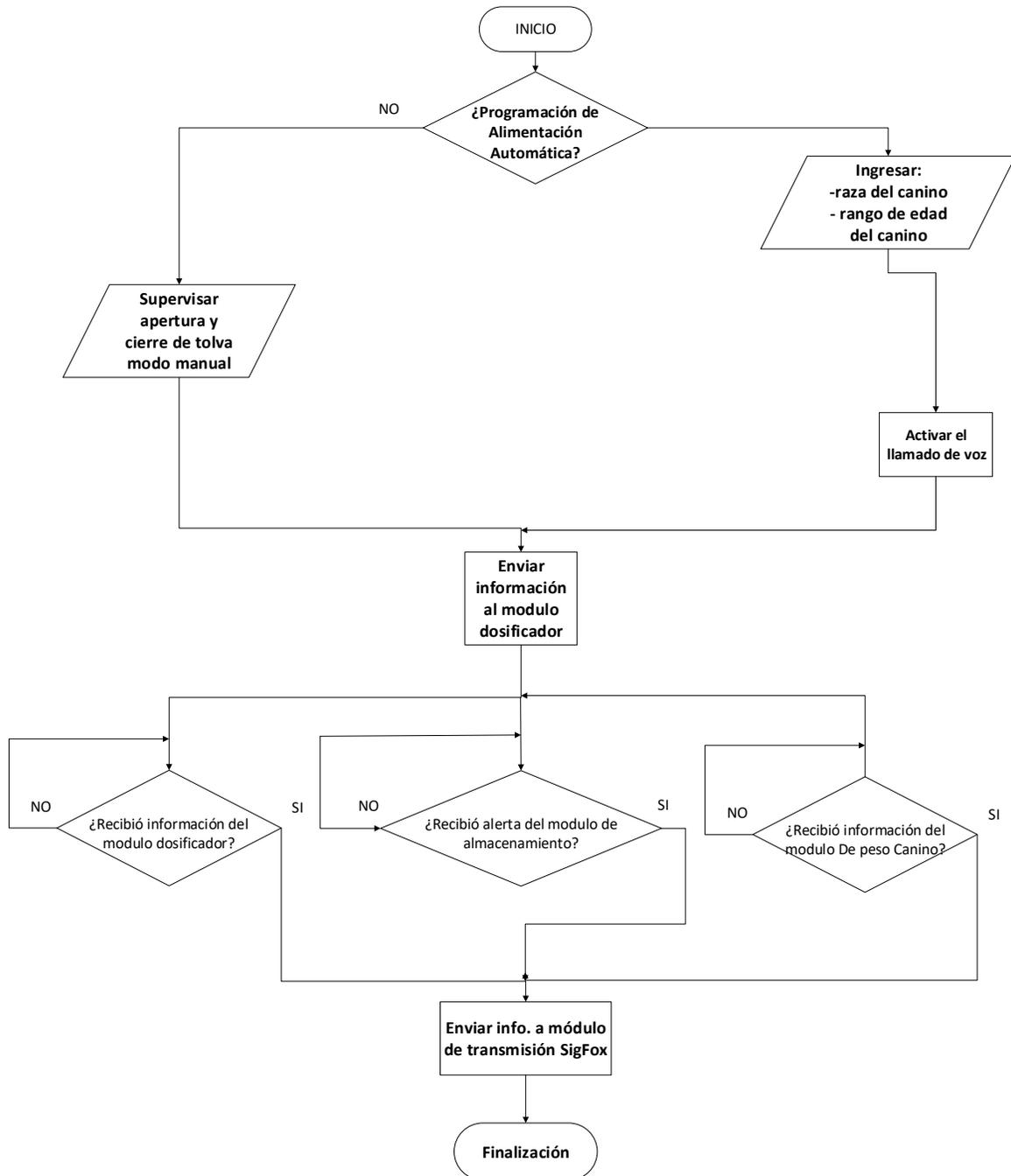
3.6.6. Diseño Del Módulo De Control

En la sección 3.5.5 del presente capítulo, se establece y delimita las tareas que debe desarrollar el módulo de control del alimentador; es en este módulo del alimentador canino donde se lleva a cabo la comunicación entre los diferentes módulos que componen el prototipo, además es el único que tiene acceso a los diferentes datos e información generada por cada uno de los módulos anteriormente estudiados. En esta sección no se llevan a cabo tareas tan específicas como servir, reconocer, pesar ni censar, pero sin duda alguna de estas

tareas no se podrían llevar a cabo sin el módulo de control; es por esta razón que el módulo de control es quizá el más importante a desarrollar para el prototipo.

El proceso del módulo de control comienza preguntando si el usuario desea programar la alimentación de su canino de forma manual o automática, si resuelve optar por la segunda opción debe proporcionar al sistema los datos necesarios para la programación; estos son: edad y raza del canino; con la información proporcionada, el sistema define el número y tamaño de las raciones. En seguida el sistema envía la orden para que el módulo de peso del perro tome la medida en el momento en el que el sensor de reconocimiento ubique al canino sobre la bandeja de pesaje y regrese el dato al módulo de control para ser enviado y visualizado en la plataforma SigFox. Periódicamente a lo largo del día el módulo de control recibirá del módulo dosificador la información del consumo de alimento y lo enviará al módulo de transmisión para que estos datos sean visualizados en la plataforma móvil informativa. A continuación, en la figura 3.27 se observa el diagrama de flujo que establece de forma concreta y clara la lógica que el módulo de control debe seguir para llevar a cabo las tareas propuestas.

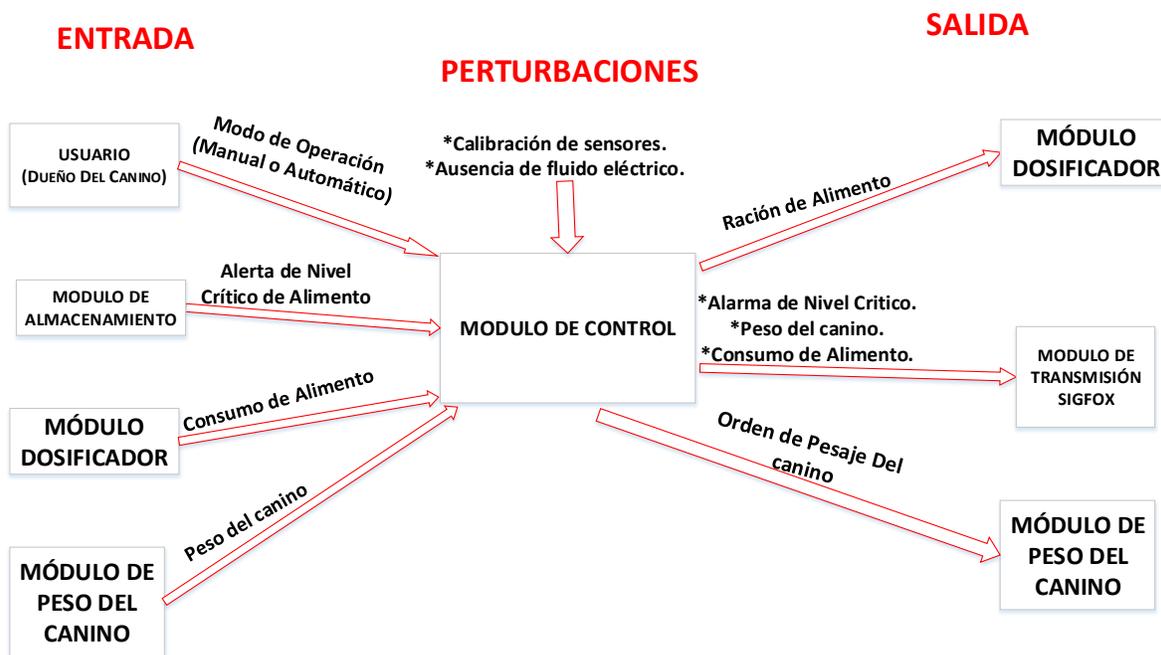
Figura 3.27: Diagrama de Flujo Del Módulo De Control



Fuente: Elaboración Propia.

Analizando la información que interviene en el proceso que realiza el módulo de control, se realiza un diagrama en bloques el cual expone los datos de entrada, perturbaciones que pueden afectar el sistema, los datos de salida generados por éste y las interacciones que tiene con otros módulos; teniendo esta información clara el desarrollo e implementación del prototipo se realiza de forma más fácil y evita cometer errores tanto en el diseño, programación e implementación del prototipo de alimentador automático. A continuación, se encuentra en la figura 3.28 en diagrama de bloques propuesto.

Figura 3.28: Diagrama en bloques del módulo de control



Fuente: Elaboración Propia.

Habiendo establecido las tareas y el proceso que debe realizar el alimentador y especialmente el módulo de control, se pueden apreciar los requerimientos mínimos con que debe cumplir el elemento o controlador que va a controlar y coordinar los demás módulos; en el momento de la elección se debe tener en cuenta tanto la disponibilidad para adquirirlo como el valor y la oferta del dispositivo en el mercado, además de la facilidad en la programación, montaje y acople con los circuitos.

3.6.6.1. Selección de controlador

3.6.6.1.1. Raspberry Pi:

El Raspberry Pi es un micro ordenador o una placa de computadora SBC de bajo costo, desarrollada en el Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi, con la intención de fomentar el aprendizaje e implementación de la computación, programación y colocarla al alcance de todos [58].

En esencia, el Raspberry Pi es una placa de un tamaño de 10cm x 6cm (cercano al de una tarjeta de crédito), que posee un micro procesador ARM con potencia de hasta 1GHz, integrado en un chip Broadcom BCM2835. Además, cuenta con 512MB de memoria RAM, un procesador gráfico Videocore IV, todo lo necesario para poder ejecutar programas básicos, navegar por internet y por supuesto programar. Todo ello equivale en la práctica a un ordenador con unas capacidades gráficas similares a la XBOX de Microsoft y con la posibilidad de reproducir vídeo en 1080p [58]; todos estos privilegios en una placa con dimensiones de 8.5 por 5.3 centímetros.

Para trabajar con un Raspberry Pi se requiere almacenamiento que en este caso específico debe ser una tarjeta de memoria SD o microSD, los puertos tienen una

limitación de corriente, por lo que si se quiere conectar un disco duro u otro dispositivo habrá que hacerlo a través de un hub USB⁹ con alimentación [59]. En su parte inferior cuenta con un lector de tarjetas SD y microSD para algunos de los modelos, lo que abarata enormemente su precio y da la posibilidad de instalar un sistema operativo en una tarjeta de memoria de 4 GB o más.

En la placa se encuentra además una salida de vídeo y audio a través de un conector HDMI, con lo que se consigue conectar la tarjeta tanto a televisores como a monitores que cuenten con dicha conexión, en cuanto a vídeo se refiere, también cuenta con una salida de vídeo compuesto y una salida de audio a través de un minijack¹⁰. Posee una conexión ethernet 10/100 para poder tener internet vía cable, si bien es cierto que podría hacer falta una conexión Wi-Fi, gracias a los dos puertos USB se puede suplir dicha carencia con un adaptador Wi-Fi si es necesario, además de poder conectar teclado y mouse. En cuanto a su precio una vez establecido sus características, entre las versiones recientes y las primeras versiones que salieron en el mercado oscilan entre \$280.000 y \$170.000 que en el territorio colombiano ya son de fácil adquisición puesto que es considerado como el ordenador más económico del mercado [59].

3.6.6.1.2. Arduino:

Arduino es una plataforma física computacional de hardware libre, basada en una sencilla placa con entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo, está diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios, por ejemplo; puede utilizarse en el desarrollo de objetos

⁹ Hub USB: adaptador con el cual extender la cantidad de puertos USB.

¹⁰ conector de audio utilizado en numerosos dispositivos para la transmisión de sonido y formato adaptador RCA MINIJACK.

interactivos autónomos, conectarse a dispositivos o a un PC a través del puerto serie utilizando variedad de lenguajes [60]. Adicionalmente se puede interactuar tanto con el hardware como con el software.

Sirve para controlar un elemento o bien para leer la información de una fuente, y convertirla en una acción. Esta tarjeta proporciona un software consistente en un entorno de desarrollo (IDE) que implementa el lenguaje de programación de arduino (puede ser descargado de forma gratuita) y el bootloader¹¹ ejecutado en la placa. La principal característica del software de programación y del lenguaje de programación es su sencillez y facilidad de uso.

El Hardware de Arduino es básicamente una placa con un microcontrolador (circuito integrado programable), capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto por varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica cada uno. Entre las tarjetas arduino más utilizadas se tienen la ARDUINO UNO y la ARDUINO MEGA [60].

El Arduino Mega está basado en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 pines de entradas/salidas digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas análogas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16 Mhz, conexión USB, jack de alimentación, conector ICSP y botón de reset. Incorpora todo lo necesario para que el microcontrolador trabaje; simplemente se conecta al PC por medio de un cable USB o con una fuente de alimentación externa, esta nueva versión de Arduino Mega 2560 adicionalmente a todas las características de su sucesor, el Arduino Mega ahora utiliza un microcontrolador ATmega8U2 en vez del chip FTDI. Esto permite mayores velocidades de transmisión por su puerto USB y no requiere drivers para Linux o

¹¹ Es el gestor de arranque del dispositivo, es decir, el primer programa que se ejecuta en el procesador cuando se enciende y se encarga de cargar el sistema operativo.

MAC (archivo inf es necesario para Windows), además ahora cuenta con la capacidad de ser reconocido por el PC como un teclado, mouse, joystick, etc. El precio es este alrededor de \$80.000 y se puede adquirir en cualquier tienda electrónica; el Arduino Mega es compatible con la mayoría de los shields diseñados para Arduino Duemilanove, diecimila o UNO [60]. A continuación, en la tabla 3-7 se observan las principales características de esta tarjeta:

TABLA 3-7:

Características: Arduino mega
Microcontrolador ATmega2560.
Voltaje de entrada: 7-12V.
40 pines digitales de Entrada/Salida
14 pines de salida PWM.
16 entradas análogas.
256k de memoria flash.
Velocidad del reloj de 16Mhz

Fuente: Tomado de [61].

3.6.6.2. Diferencias entre Arduino y Raspberry Pi

Desde hace tiempo han irrumpido en el mercado distintas soluciones de placas PC también llamadas “Single Board Computer” (SBC), entre ellas resalta Raspberry Pi, pero existe la creencia popular de que Arduino es una Raspberry Pi pero con menos capacidades. Obviamente si se comparan los valores de memoria RAM, frecuencia de CPU y capacidad de almacenamiento, se puede creer que así es,

pero se trata de dos placas con funcionalidades diferentes. Las diferencias principales son: el Número de entradas y salidas disponibles y sus capacidades de corriente y voltaje. A continuación, se establecen las ventajas y desventajas de cada una de ellas con el fin de decidir cual se ajusta más a los requerimientos del prototipo de alimentador canino.

Haciendo una analogía, Arduino es un Autómata programable y Raspberry Pi es un Ordenador, Estas diferencias se deben a que Arduino tiene un microcontrolador (MCU) y Raspberry Pi tiene un microprocesador. Un microcontrolador es un Hardware optimizado no para capacidad de cálculo sino para interactuar con el exterior, con sensores y actuadores. A continuación, se observa en la tabla 3-8 la comparación entre las dos tarjetas, donde las diferencias se hacen aún más evidentes:

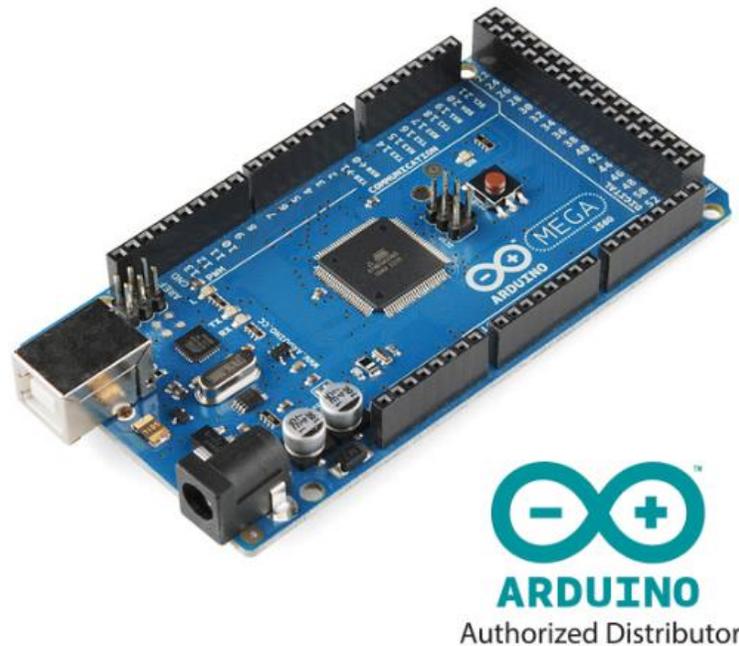
Tabla 3-8: Comparación

ARDUINO	RASPBERRY PI
Microcontrolador ATMEGA 2560	Microprocesador ARM1176JZF-S a 700 MHz - 256/512 MB de RAM
No tiene sistema operativo	Sistema operativo propio: Raspbian
Necesita Shield para acceso a internet	Puerto de comunicación ethernet
Se usa para prototipos electrónicos y robóticos	Se usa para el desarrollo y soluciones informáticas
Puerto de salida USB y 19 pines GPIO	Salidas: USB, HDMI, RCA, audio 3.5 mm, 40 pines GPIO
Velocidad de 16 MHz	Velocidad de 700 MHz
Se creó pensando en la educación electrónica	Se creó pensando en la educación informática

Fuente: Tomado de [62] y [63].

A la hora de elegir una u otra tarjeta para hacer un proyecto, se debe usar cada una en la tarea que mejor desempeña. Por ejemplo, para Arduino se deja la recolección de datos, supervisión del entorno, envío de alarmas, accionar motores, etc. Y para una Raspberry pi o un ordenador, el tratamiento de los datos recogidos, la interfaz gráfica de usuario, envío de correos, etc. Según las características anteriormente establecidas para el caso de desarrollo del prototipo de alimentador canino automático la tarjeta que más se ajusta a las necesidades de éste es la tarjeta Arduino mega (véase en figura 3.29), ya que en resumidas cuentas se puede decir que Raspberry Pi es una computadora funcional y arduino es un microcontrolador programable.

Figura 3.29: Arduino Mega 2560



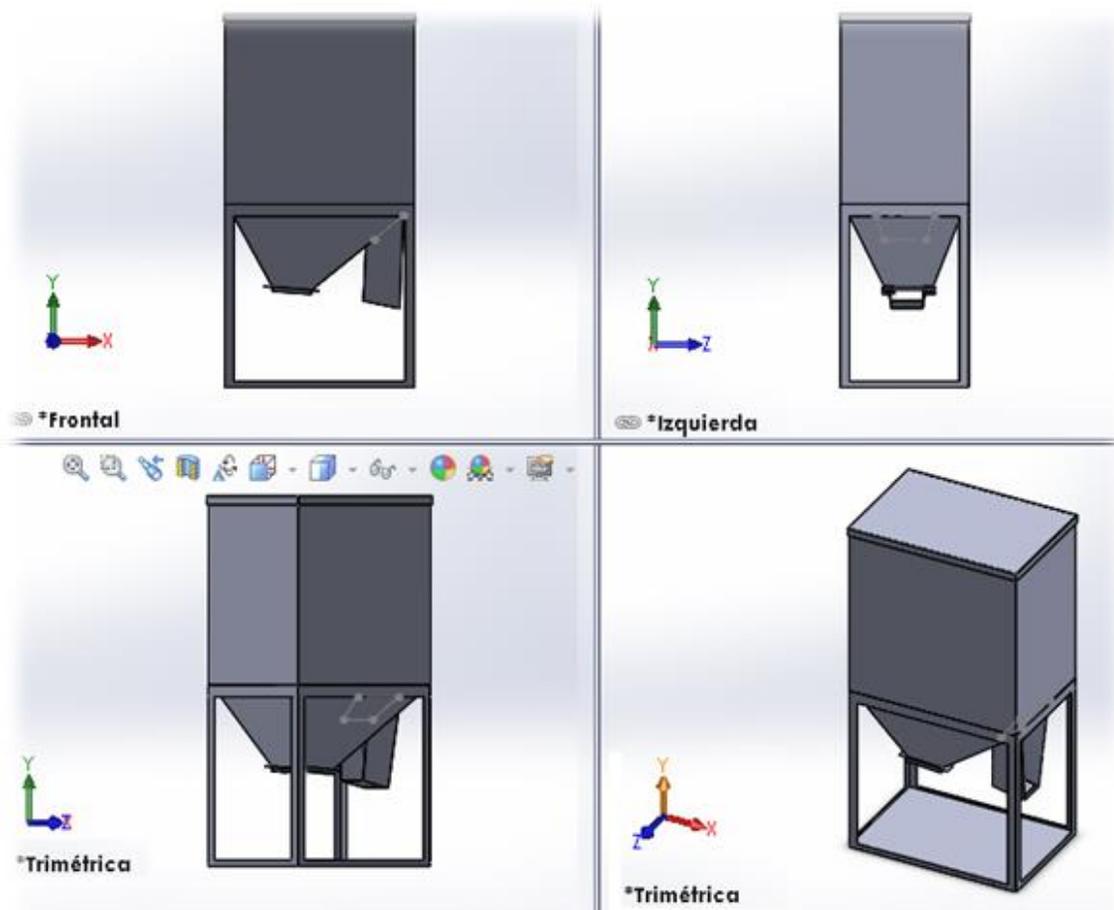
Fuente: Arduino.cc

Una vez habiendo estudiado los elementos que podrían desempeñar las tareas establecidas en el capítulo uno y teniendo claras las características físicas, de programación e instalación de cada uno de ellos se procedió a elegir los elementos que mejor desempeñaran las tareas anteriormente instauradas. Habiendo dado este paso se puede proceder a la implementación de cada uno de los módulos que componen el prototipo de alimentador canino automático y es precisamente lo que se puede observar en el capítulo cuatro; se describe la forma de implementación y se explica cómo se desarrolla cada módulo.

4. DESARROLLO DE LA IMPLEMENTACIÓN

En el presente capítulo se procede a la implementación del prototipo de alimentador canino automático; esto se llevará a cabo implementando cada uno de los módulos mencionados y estudiados a fondo en los capítulos anteriores, donde se establecen sus componentes, así como los sensores y actuadores a utilizar, para realizar las actividades que componen el alimentador canino enlazado a la red del internet de las cosas con SigFox. Luego se describen los puntos a tener en cuenta para la implementación de cada uno de los elementos de los diferentes módulos y cambios estructurales, a continuación, veremos en software CAD el montaje estructural donde todo se empieza a implementar:

NOMBRE: Estructura General	
Autores: Félix Manrique Gabriela Palacio	Descripción Estructura general del alimentador canino donde se situan todos los sensores y actuadores con tarjeta de control.
Fecha: 16/11/2016	Software: SolidWorks 2015 versión de prueba.



4.1 DISPOSICIÓN DE LA ESTRUCTURA

En el momento de la construcción de la estructura en acero inoxidable surgen varios problemas con el montaje y funcionamiento de ésta, lo que obliga a realizar varias modificaciones al diseño inicial; entre las reformas más relevantes están:

4.1.1. Base En Acero Inoxidable:

En un comienzo la base de la estructura se hace en lámina de acero inoxidable, pero se observa que la estabilidad es poca, y teniendo en cuenta que este

alimentador será usado por un canino el cual puede desestabilizarlo fácilmente, se decide realizar una modificación con el fin de corregir esta desventaja. Es por esto que se fabrica nuevamente la base de la estructura en lámina en acero inoxidable pero esta vez se utiliza la lámina con un mayor calibre que el anterior, al realizar las pruebas se percibe una notable mejoría en la estabilidad de la estructura, aunque aún no es suficientemente confiable, por lo que se decide fabricar una tercera base pero en esta ocasión se realiza en ángulo de hierro, aprovechando esta modificación se aumenta la altura de la estructura, ya que anteriormente por el poco espacio que hay entre la tolva y la base de la estructura metálica se han tenido inconvenientes en el momento de implementar el sensor de peso del alimento y el plato. Esta nueva estructura se somete a pruebas teniendo un resultado satisfactorio y consecuentemente queda solucionado el problema de estabilidad del alimentador canino.

4.1.2. Posición Del Tornillo Sin Fin

Inicialmente el tornillo se instala en el centro de la tapa que se ubica en la salida de la tolva, pero en las pruebas se observa que él obstaculiza la salida del alimento y se hace necesaria una reubicarlo. Es por esta razón que el tornillo se corre y se fija a un lado de la tapa, teniendo en cuenta de que no vuelva a haber interferencia con la salida del alimento. En pruebas posteriores a la modificación el comportamiento de la compuerta y salida del alimento tiene una notable mejoría.

4.1.3. Salida De La Tolva

En un comienzo se diseña un disco giratorio para regular la salida del grano de la tolva de almacenamiento, pero cuando se realizan las pruebas se hacen evidentes las fallas en este sistema; primero el grano hace que el disco no gire libremente y

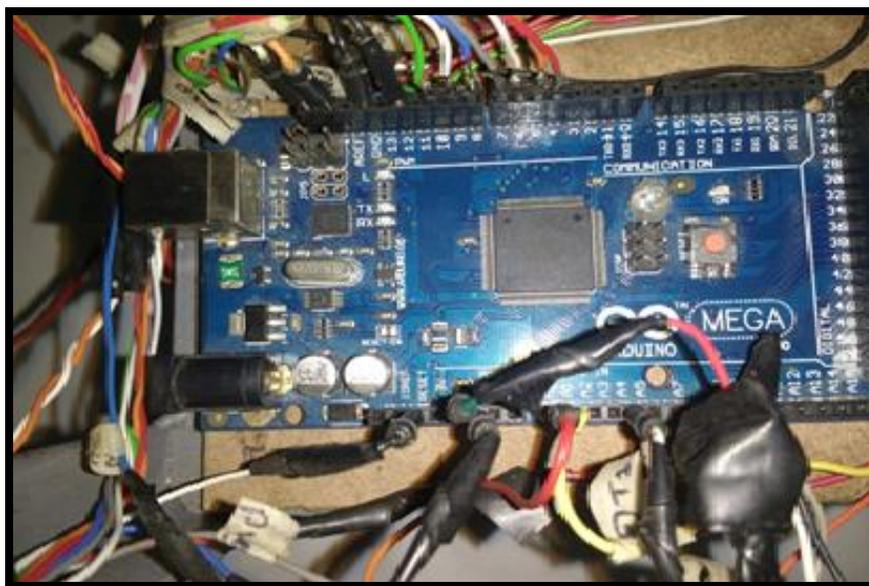
se trabe, y segundo, cuando logra superar el obstáculo el disco parte el grano de alimento quedando éste en pequeños trozos y polvo. Por lo que en consecuencia se hace necesario un cambio en el sistema de salida de la tolva.

4.2. DISPOSICIÓN DEL HARDWARE

4.2.1. Tarjeta de control

La tarjeta de control Arduino MEGA 2560, se debe ubicar a una distancia prudente tanto del motor que va a dar movimiento a la compuerta de la tolva, como del puente H, que se usa para frenar o invertir el giro del motor; esto con la intención de evitar las interferencias electromagnéticas que generan estos últimos dos elementos que aunque sean bajas pueden afectar la tarjeta de control lo cual sería muy delicado ya que ésta es la que realiza las diversas tareas y se encarga de la parte lógica del sistema. También en el momento de elegir la ubicación se debe tener en cuenta la disposición del cableado ya que esta tarjeta debe recibir los datos provenientes de los diferentes sensores, la LCD y la comunicación con todos los módulos del alimentador de manera que se debe buscar el sitio más adecuado para que las entradas y salidas sean dispuestas de forma asequible y fácil de conectar como se muestra en la figura 4.1 en seguida:

Figura 4.1: Arduino Mega Montada en Prototipo



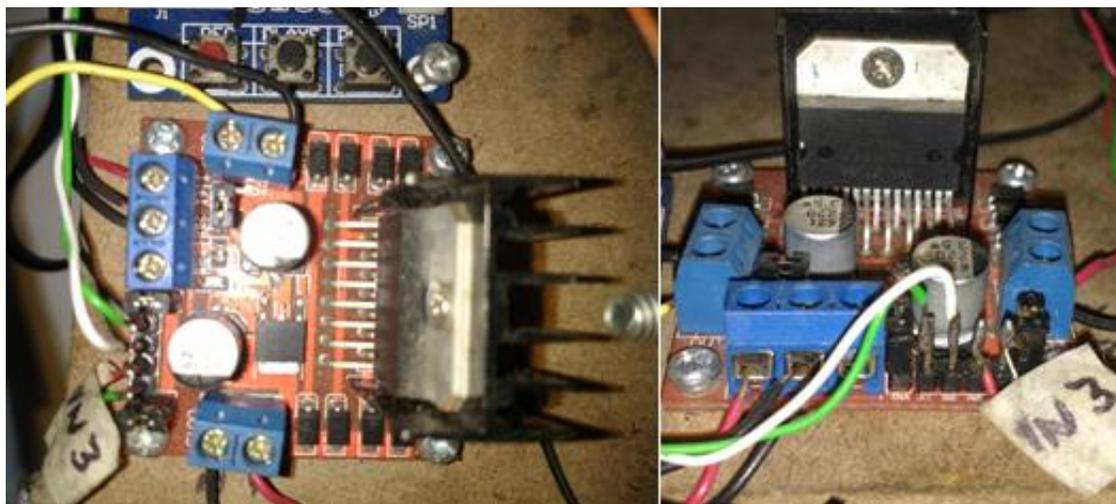
Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Puente H (driver de control - giro motor)

El puente H L298, se ubica cerca del motor que se encarga de abrir y cerrar la compuerta de la tolva de almacenamiento, con el fin de facilitar las conexiones entre éstos. Se debe tener en cuenta que, además, es necesaria una fuente de potencia independiente, ya que por medio de ésta se pondrá en funcionamiento el motor, esta fuente debe quedar cerca para que al realizar el cableado de la alimentación sea más fácil. Este driver de control se debe ubicar alejado de los demás dispositivos para evitar que la señal electromagnética que éste genera afecte a los demás a su alrededor, va conectado a los dos motores a utilizar, una fuente externa de 12V para la alimentación de los motores mencionados, además

de su conexión a dos pines digitales de la arduino Mega para el control de los mismos como se muestra a continuación en la figura 4.2.

Figura 4.2: Puente H Montado en Prototipo

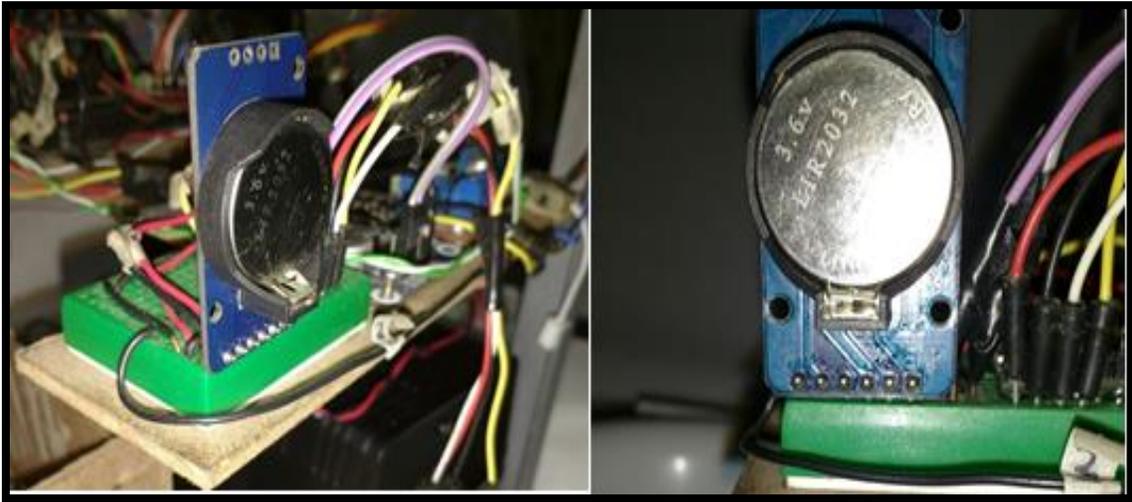


Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Modulo Reloj

El sistema del reloj DS3231 es utilizado como contador para ejecutar la hora de la ración a servir, se puede ubicar junto al ADC HX711 que es un conversor analógico digital, ya que ambos dispositivos trabajan a bajos voltajes y en consecuencia hacen que el uno no tenga una notable interferencia de señal con el otro. Se debe situar alejado del puente H y del motor (*Véase en fig. 4.3*), ya que para que éste tenga un buen desempeño es necesario que sea alimentado con una fuente externa y consecuentemente estos elementos si afectarían de forma notable al reloj, además van conectados los pines únicos SCL (Serial Clock) y SDA (Serial Data), de la arduino Mega para su comunicación eficaz.

Figura 4.3: Módulo DS3231 implementado en Prototipo



Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Módulo De Peso Del Canino

Para la implementación del módulo de peso del canino se utilizan dos bandejas plásticas; una que sirve como soporte al sensor y la otra como plataforma para sostener el canino mientras se pesa y/o consume el alimento. Para la instalación del sensor de peso se utiliza una de las bandejas la cual debe ir ubicada debajo de la otra que sirve de soporte al perro, a la primera se le atornilla el sensor el cual debe estar cableado hasta el adc HX711 para la transformación de los datos.

Para la calibración del sensor se conecta, digita y se compila un código de calibración sugerido por el datasheet del fabricante de la celda de carga, quien además afirma que para cada celda de carga es necesario realizar el mismo procedimiento. Una vez listo y programado el sensor para calibración se excita el

sensor con un peso previamente conocido, y se hace uso de la ecuación (1) con la intención de hallar la escala particular de este sensor:

$$escala = \frac{valor}{peso} \quad (1)$$

Dónde:

- Valor: es el promedio de los datos arrojados por el sensor sin calibrar cuando es estimulado por un peso.
- Peso: es la medida de peso conocida con que se estimula el sensor.

El dato obtenido anteriormente se reemplaza en el código principal del módulo de peso del perro el cual también es sugerido por el fabricante.

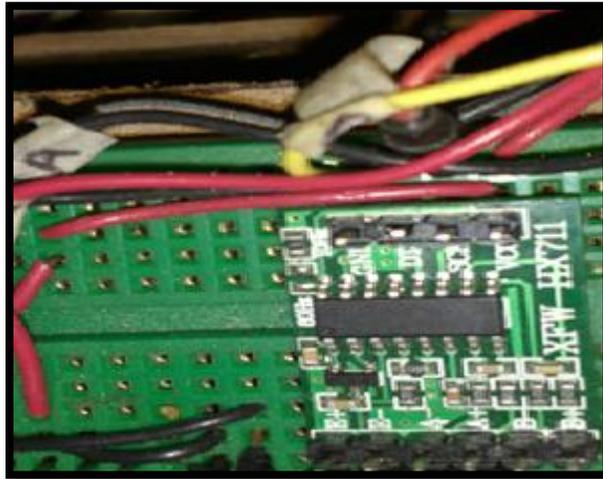
4.2.5. Módulo Transmisor ADC HX711

El módulo ADC HX711 es un conversor de señal análoga a digital, este elemento se debe localizar cerca a la base de madera (Véase en fig. 4.4), teniendo en cuenta de que tenga fácil acceso a la celda de carga ya que se deben implementar conexiones entre ellos. Este dispositivo es el encargado de recibir la señal por separado proveniente tanto de la celda de carga del módulo dosificador como la de la celda de carga del módulo de peso del canino, para adaptarla y posteriormente enviarla a la tarjeta de control para ser procesada.

En el momento de elegir el sitio para las ubicaciones se debe tener en cuenta que queden lejos del motor y del puente H para que de esta forma evitar el ruido electromagnético generado por ambos dispositivos y que podrían afectar el

desempeño del módulo ADC HX711. Va conectado a la alimentación de 5v y además a dos pines analógicos de la arduino Mega cada uno.

Figura 4.4: Módulo Adc HX711 Implementado en Prototipo



Fuente: Elaboración propia.

4.2.6. Sensor Ultrasónico HC-SR04 Para Nivel De Alimento

Este sensor ultrasónico se ubica en la tolva que almacena el alimento, más exactamente en la parte superior derecha aproximadamente a un centímetro hacia abajo para que no interfiera en el momento de posicionar la tapa del alimentador, el sensor se coloca apuntando directamente hacia la boquilla de la tolva, donde está instalada la compuerta de salida del alimentador; ya que se considera que éste es el sitio adecuado para medir el nivel crítico del grano el cual genera la señal que enciende la alarma de aviso, cuando el alimento llegue a éste nivel.

La instalación del sensor de nivel ultrasónico HC-SR04 se construye una base en acrílico con el objetivo de aislar este dispositivo de las paredes de la tolva metálica (Véase en Fig. 4.5), esta base es acoplada en uno de los lados con el propósito de sujetar el sensor, para esto se hace necesario realizar una pequeña perforación en uno de los lados de la tolva, posteriormente se debe sellar para así evitar el ingreso de plagas al lugar de almacenaje del alimento y permita su hermeticidad. Su conexión es simple con la alimentación de 5V, además de dos pines digitales hacia la tarjeta de control para su procesamiento de señal. Para la calibración del sensor de nivel se tiene en cuenta la siguiente tabla, la cual fue generada de unas pruebas realizadas antes de implementarlo por competo con los demás sensores.

Tabla 4-1: Caracterización de sensor HC-SR04

Distancia (cm)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Voltaje (Volt)	0.039	0.047	0.054	0.062	0.066	0.079	0.088	0.097	0.104	0.110	0.126	0.137

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4.5: Montaje de sensor de ultrasonido HC-SR04



Fuente: Elaboración propia.

4.2.7. Módulo De Potencia

El circuito de potencia, se compone de una fuente regulada de voltaje, para el caso se regula en 12V DC; se alimenta con 120 V AC y se ubica en la parte inferior del alimentador, lo más alejado posible de los demás dispositivos; ya que éste maneja corrientes elevadas y un mayor voltaje, comparándolo con el resto de los circuitos implementados en el prototipo y consecuentemente genera un ruido electromagnético que puede interferir en las demás señales y elementos eléctricos

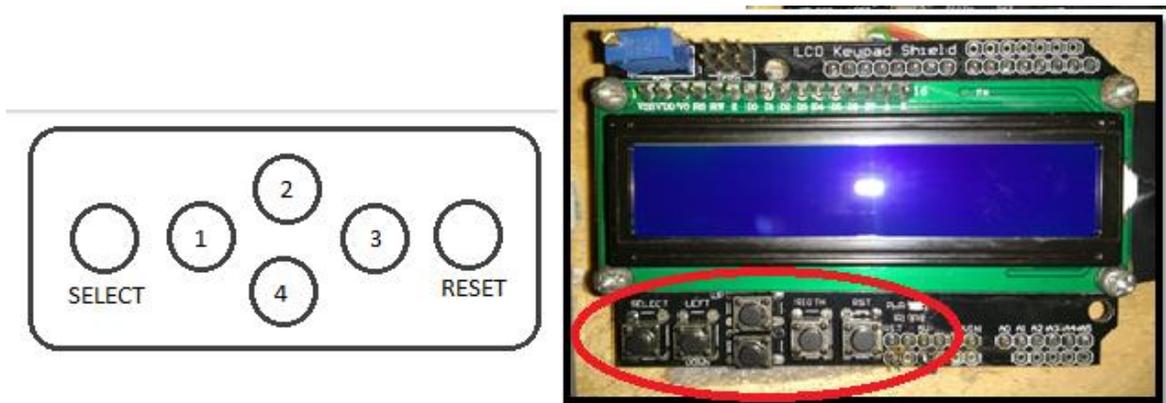
afectando el desempeño de los mismos, su principal función es dar alimentación a los motores DC que manejan 12V, por lo que funciona como una fuente externa.

4.2.8. Módulo liquid crystal display LCD keypad shield

El LCD Keypad Shield se ha desarrollado para la placa Arduino, proporciona una interfaz fácil de usar que permite al usuario navegar por el menú implementado para la alimentación del canino haciendo selecciones; consta de una pantalla LCD de 1602 de retroiluminación blanca y azul. Posee integrado un teclado con el propósito de facilitar la comunicación entre el usuario final y el prototipo de alimentador automático, este teclado está compuesto por 5 pulsadores que se encuentran en la parte inferior de la pantalla de cristal líquido, seleccionar, arriba, derecha, abajo y a la izquierda o en su defecto como se indique en el manual de usuario. Para guardar los pines digitales I/O, la interfaz de teclado utiliza sólo un canal ADC.

Por medio de este módulo se pueden conocer y elegir las diferentes opciones para la programación de alimentación ya sea manual o automática. Teniendo en cuenta que el usuario dueño del canino debe poder acceder al teclado y a la pantalla fácilmente, se hace indispensable ubicar de forma estratégica el módulo para comodidad de él, es entonces por esta razón que se decide localizarlo en la parte frontal y a media altura del alimentador, también se debe tener en cuenta que este dispositivo es el que lleva más cables de entrada y de salida a la tarjeta de control, por lo tanto lo mejor es instalarlas relativamente cerca la una de la otra. Para la instalación de este módulo es mejor tener en cuenta que se debe posicionar el elemento sobre una base de madera para que de esta forma se pueda evitar futuros cortos en los instrumentos (*Véase Fig. 4.6*).

Figura 4.6: Montaje de la LCD en Prototipo



Fuente: Elaboración propia.

4.2.9. Motor Apertura de Tolva

El motor que se utiliza para abrir y cerrar la tolva de almacenamiento del alimento, junto con su eje que va soldado y ubicado justamente en la compuerta, la cual tiene la capacidad de dejar que el alimento caiga libremente o por el contrario contenerlo dentro de la tolva. Para la instalación de este motor es necesario contar con una abrazadera la cual debe estar soldada a la estructura del alimentador (Véase Fig. 4.7), esto se hace con la finalidad de que el motor quede bien ajustado y pueda trabajar de forma adecuada, también se debe tener en cuenta que quede el espacio suficiente para que las conexiones del motor hacia el puente H se puedan realizar fácilmente. Es primordial que este motor quede lo más alejado posible de los diferentes sistemas y dispositivos; ya que él es alimentado con una fuente de 12 V DC lo que genera un ruido electromagnético que puede afectar a los elementos a su alrededor de forma notable.

Figura 4.7: Montaje de Motor de Puerta dosificadora (Apertura Tolva) en Prototipo



Fuente: Elaboración propia.

4.2.10. Motor apertura de puerta de acceso al plato

La puerta de acceso al plato como se mencionó en el capítulo tres, va enlazada al motor DC situado a una media altura en el lado opuesto donde va ubicada la LCD, es decir, al lado derecho del alimentador, atornillado justo en un borde de la columna de la base de la estructura (*Véase Fig. 4.8*); es el encargado de accionar la puerta mediante la inclusión del puente H L298 y la señal suministrada por el módulo RFID RDM 6300, quien identifica al canino por medio del tag presente en su collar y dará acceso al plato donde se encuentra el alimento suministrado por la tolva.

Figura 4.8: Montaje de Motor de Puerta de acceso al plato de alimento



Fuente: Elaboración propia.

4.2.11. Modulo para el llamado de la voz

En la implementación del módulo ISD-1820 para la grabación y reproducción del llamado de voz se realizan las conexiones según el datasheet, y se realiza el pregrabado de llamado de voz para que, segundos después de servir el alimento, se reproduzca la grabación de llamado de voz, el cual puede tener una duración de máximo 10 s, de esta forma el canino se acostumbrará que cada vez que sea la hora de la ración, el llamado de voz estará allí presente.

Se realiza una prueba para corroborar el buen funcionamiento del módulo de grabación y reproducción de la voz, es en este momento cuando se hace notoria

la consecuencia de la baja potencia del parlante del módulo ISD-1820, pues el sonido que reproduce es de muy bajo alcance. Se toma entonces la decisión de cambiar el parlante, por uno de una mayor potencia, siendo así, se reemplaza el altavoz del módulo con potencia 0.5 W por un altavoz de 1.5 W. Se vuelven a realizar pruebas y a pesar del notorio cambio en el nivel de sonido el resultado es aun el mismo, el rango de alcance de éste sigue siendo muy deficiente, en consecuencia, se dispone a un segundo cambio de parlante, por uno de una potencia aun mayor, entonces se prueba con uno de 2.5 W, el resultado es mejor pero el nivel de sonido sigue siendo un poco bajo por lo que se opta por dejar ambos parlantes en funcionamiento, se realizan pruebas y se considera que esta potencia es suficiente para que el reproductor de voz cumpla su objetivo.

Para establecer la ubicación del módulo para la grabación y reproducción de la voz, se busca que quede cerca del reloj externo ya que la voz es reproducida teniendo en cuenta la hora de alimentación, también debe quedar cerca de la tarjeta Arduino con el fin de facilitar las diferentes conexiones entre estos tres elementos (Véase Fig. 4.9); para definir la ubicación del reproductor de voz se debe tener presente que éste sea un lugar que quede en la superficie del alimentador para que el sonido a reproducir se propague libremente.

Figura 4.9: Montaje de Módulo de llamado de Voz ISD-1820



Fuente: Elaboración propia.

4.2.12. Celda de carga 5Kg

Para la implementación de la celda de carga se diseña una base en madera, para sujetar el sensor a ésta, y posteriormente poder insertar el plato donde caerá el alimento. La ubicación de la celda está dada por el mismo diseño estructural del alimentador ya que ella necesariamente debe ubicarse debajo del plato, para que, al abrir la compuerta de la tolva de almacenamiento, caiga el alimento directamente en el plato. La salida de la tolva se encuentra dispuesta a un lado de la estructura de tal forma que deja un espacio libre entre la base de metal de la estructura y la base de madera la cual al poner el peso de la ración en ésta se va a desplazar ligeramente hacia abajo permitiendo así el censado del peso de la ración de alimento.

Adicionalmente se debe tener en cuenta que el sensor de celda de carga necesita ser ubicado en una base de madera que lo aisle de la base metálica del alimentador para que de esta forma se eviten posibles cortos entre los elementos o dispositivos hardware de esta forma se establece en una posición media entre el motor y la fuente de potencia (*Véase en fig. 4.10*). Su conexión es indirecta a la tarjeta de control Arduino Mega y directa con el módulo transmisor ADC HX711 el cual convierte su señal analógica para poder ser visualizada digitalmente y así permitir la calibración, mediante la ecuación (1) explicada en la implementación del módulo de peso del canino y así medir con precisión las raciones de alimento servidas.

Figura 4.10: Implementación Celda de carga 5Kg en Prototipo



Fuente: Elaboración propia.

Para la implementación del anterior cableado se etiqueta debidamente cada uno de los cables a utilizar (fuentes de voltaje, entradas, salidas, tierra, etc.) con el propósito de facilitar el mantenimiento correctivo o preventivo del sistema. Con la intención de evitar futuros inconvenientes, cada cable se deja debidamente aislado uno de otro.

4.2.13. Módulo RFID RDM6300

En el momento de definir el lugar para la ubicación y posterior implementación del módulo de reconocimiento con tecnología RFID se tiene en cuenta que éste quede lo suficientemente cerca de la tarjeta arduino con el fin de facilitar las conexiones entre estos dos elementos, y lo más lejos posible del circuito de potencia para evitar problemas e interferencias en el módulo de reconocimiento del canino. Para ubicar la antena de este módulo se construye una base en acrílico la cual se sitúa cerca al plato, fuera de la base metálica y lo más cerca al piso, esto con la intención de que cuando el canino se esté alimentando el collar con el TAG quede lo más cerca posible de la antena.

Se pone en funcionamiento el módulo con el objetivo de observar y evaluar el desempeño de éste, dando como resultado que 8 cm es el alcance máximo de reconocimiento del TAG y se hace evidente que existe un problema con la corta distancia que el alimentador necesita para poder identificarlo. Con la finalidad de corregir esta falla y darle mayor alcance al módulo se evalúan las diferentes opciones y se opta por cambiar la antena que originalmente compone el RDM6300 la cual tiene medidas de 3.4 cm de alto por 4.3 cm de ancho, por una más grande para que aumente el rango de reconocimiento.

La decisión de cambiar la antena conlleva a la necesidad de tener que fabricar una que se ajuste a los requerimientos del alimentador canino. La nueva antena se construye con cable de cobre esmaltado calibre 24, el cual es el mismo que se utiliza para la fabricación de las bobinas, este cable es enrollado para formar una nueva antena la cual tiene 5.7 cm de alto por 8.6 cm de ancho, se realiza la implementación e instalación de ésta y se evalúa el desempeño del módulo de reconocimiento, dando como resultado una distancia de alcance igual a la de la antena inicial; por lo que se decide utilizar la primera.

4.2.14. Módulo SigFox

Para la implementación del módulo Sigfox comenzamos con el montaje del chip WISOL SFM10R4 el cual viene sin ningún pin soldado tal cual se ve en la figura 3.26, entonces se procede a soldar los pines a utilizar, puesto que se enlaza en comunicación con Arduino a una alimentación de 3.3V y pines digitales para su comunicación Tx ~ Rx; para que sea posible, se procede a identificar cada uno de sus pines de transmisión para su debido intercambio de información.

Al disponer del datasheet del fabricante WISOL, el cual nos da idea de cómo tener acceso a la red del internet de las cosas mediante la incursión de comandos AT y además de la descripción de cada uno de los pines o puertos que disponen para la implementación de este módulo, se procede primero artesanalmente a armar el módulo Sigfox con el chip de Wisol SFM10R4; se necesitó de la base en baquelita, el alambre, la pasta para soldar , el estaño y el soldador o cautín, dos capacitores de 100 nF de código 104 cerámicos y uno de 10 uF de tipo tambor, una resistencia de 100K, 4 leds (opcional) , los puentes para facilitar las conexiones y los pines para prototipado , machos y hembras, a continuación, en la figura 4.11 se mostraran imágenes del proceso de implementación del módulo para poder transmitir desde la arduino MEGA 2560 hasta el módulo SigFox y de esta manera comenzar con las pruebas de envío de información.

Figura 4.11: Implementación Chip WISOL SFM10R4



Fuente: Elaboración propia.

Luego de haber implementado el módulo SigFox, procedemos a comprobar si quedaron en perfecto estado los puntos de soldadura efectuados anteriormente, derivando así la terminación del montaje observado en la fig. 4.12 con los elementos mencionados anteriormente para su funcionamiento mediante el datasheet del chip WISOL SFM10R4; Luego se debe ingresar en el “puerto serial” de arduino IDE una serie de comandos “AT”, muy utilizados en las tecnologías de las comunicaciones para el envío, recepción de datos y comprobación de los mismos. Lo principal en este paso fue comprobar el número de identificación (ID) y número único del chip WISOL SFM10R4 llamado PAC, esto con el fin de registrar el chip ante la red SigFox y tener acceso a ella.

En la figura 4.13, se muestra los números únicos para el debido registro obtenidos mediante la integración con arduino y los códigos AT por medio del monitor serial del programa de compilación de arduino.

Obtenido los números únicos de chip WISOL SFM10R4 mencionados anteriormente con el respectivo registro, por medio de la empresa PHAXSI SOLUTIONS, la cual es avalada por SigFox y habilita estos Chips para su debido funcionamiento. El registro no tiene mucha demora, máximo 2 días hábiles, para tener acceso a la plataforma mundial Sigfox, por lo que una vez activado el debido proceso de registro es cuestión de pruebas para poder transmitir a la gran red del internet de las cosas.

Una de las principales pruebas es recibir una cadena de datos en formato hexadecimal para poderla visualizar en la plataforma o “Backend de SigFox” el cual es el servicio que brinda SigFox donde se registran todos los datos transmitidos a la red del internet de las cosas y de esta manera dar vía libre al correcto funcionamiento del chip WISOL SFM10R4 implementado, enseguida en la figura 4.14 se observa la recepción de la información de datos enviados desde la arduino hacia la plataforma SigFox y comprobar una vez más el correcto funcionamiento.

Figura 4.14: Recepción de datos enviados desde Arduino IDE al Backend SigFox

Time	Delay (s)	Header	Data /Decoding	Location	Base station	RSSI (dBm)	SNR (dB)	Freq (MHz)	Rep	Callbacks
2017-05-20 16:47:58	1.1	0000	c0ffee		13E3	-131.00	12.10	920.7927	1	
2017-05-20 16:23:54	2.2	0000	c0ffee		13E3	-136.00	7.48	920.8361	1	

Fuente: backend.sigfox.com

Habiendo corroborado el correcto funcionamiento de envío y recepción de datos, se continua con la recepción de datos obtenidos de los sensores a conocer su estado, como lo son el sensor de celda de carga que va pesar el pato donde come el canino, y por último la señal de alerta del sensor de nivel ultrasónico implementado en la tolva del módulo de almacenamiento. Cuando se comprueba la recepción de datos de los sensores mencionados anteriormente, se procede a buscar la manera de visualizar los datos mediante una plataforma móvil informativa; esta aplicación como su nombre lo indica es de informar, puesto que es de comunicación unidireccional.

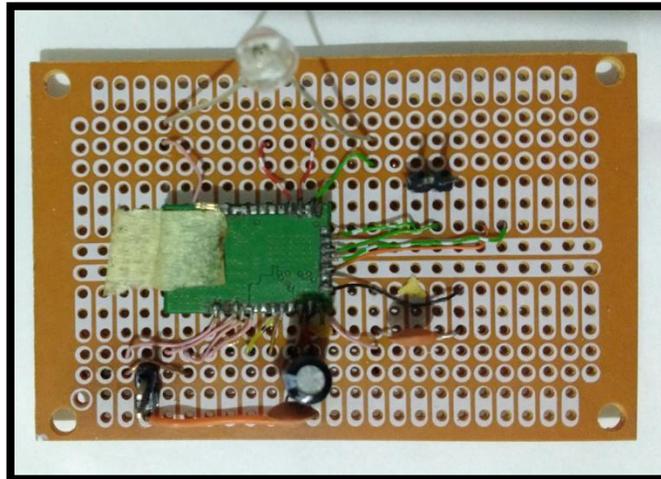
Durante el periodo de pruebas y requisitos establecidos, surge un problema en el hardware con el chip WISOL SFM10R4, un error de comunicación debido a la ruptura de algunos cables de comunicación internos, puesto que la soldadura aplicada no es la recomendada para esta clase de chips de montaje superficial. De esta forma, debido a la importancia del módulo SigFox, se vuelve a soldar en otra baquelita totalmente nueva todos los elementos indicados en el datasheet, para su correcto funcionamiento una vez más, pero desafortunadamente los pines a soldar de nuevo ya estaban desgastados y no soportaron una segunda implementación. En la figura 4.15 se puede observar la primera implementación que funciono pero que tuvo ruptura en unos de sus cables de comunicación de datos, mientras que en la figura 4.16 observamos la segunda implementación del mismo chip, pero con algunos de sus pines desgastados que no permiten la comunicación estable de la arduino al propio chip.

Figura 4.15: Baquelita de primera implementación del Chip de WISOL SFM10R4



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.16 Implementación en segunda baquelita del Chip de WISOL SFM10R4



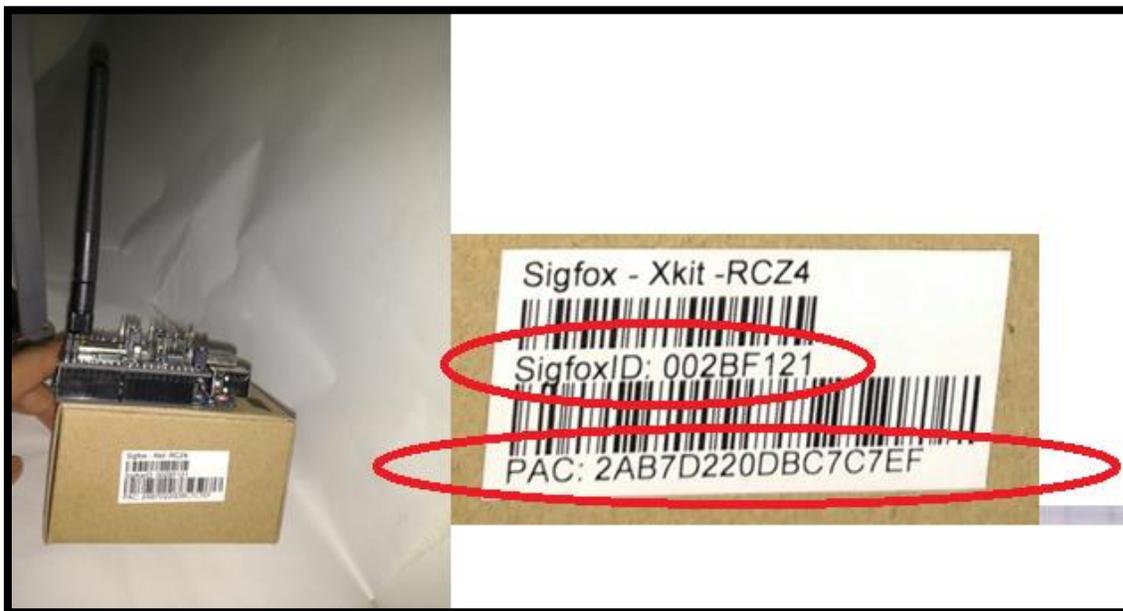
Fuente: Elaboración Propia.

En el mes de abril del año 2017, la empresa australiana THINXTRA¹², lanzo al mercado el primer Kit de desarrollo completo con SigFox listo para su implementación inmediata. Además, cuenta con el mismo chip SFM10R4 de WISOL estudiado anteriormente, lo que fue una gran opción a la hora de implementarlo al proyecto del presente documento. El kit es un shield integrado a una Arduino UNO R3 el cual hace la comunicación directa con este entorno, se puede observar en la figura SFM10R4; la principal ventaja con respecto a la implementación anterior es que el chip SFM10R4 de WISOL viene soldado en su pcb de montaje superficial, lo que garantiza una confiabilidad en su transferencia de datos y publicación en el backend de SigFox. Además, el Kit THINXTRA como su nombre lo indica, es un “KIT” que contiene varios sensores a su disposición para ser transferidos y publicados a la red del internet de las cosas igualmente de ser codificados para leerlos o visualizarlos en una plataforma móvil informativa.

Los pasos para ser utilizado son similares a los realizados con la implementación anterior, en cuanto al registro a la red SigFox y el uso de comandos AT para el envío del registro del sensor del peso de la ración servida y el sensor de nivel crítico establecido, aunque en el proceso de registro a la red SigFox es más sencillo, puesto que el kit viene en su caja contenedora con los números necesarios de registro (ID y PAC) como se muestra en la figura 4.17. Al comprobar estos números de registro se procede a la transmisión y publicación de los datos censados en el backend de SigFox de igual forma como se narró en la implementación anterior del chip de WISOL.

¹² **Thinextra:** Empresa que está construyendo redes nacionales de Internet de Cosas con conectividad Sigfox [67]

Figura 4.17: THINXTRA XKit en caja Contenedora con números únicos de registro (ID-PAC)



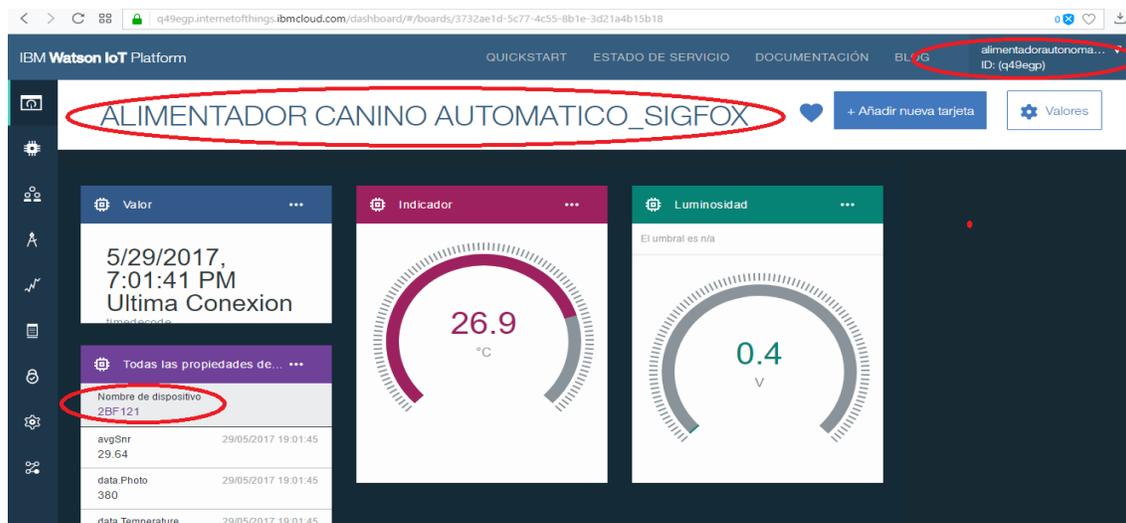
Fuente: <http://www.thinxtra.com/xkit/>

Posteriormente, la red de cobertura que ofrece la empresa PHAXSI SOLUTIONS, actualmente permite enviar máximo 140 mensajes diarios hacia el backend de SigFox, es decir 1 mensaje cada 10 minutos aproximadamente, con un tamaño de 12 Bytes, (0 – 4 – 8 - 12 Bytes) por mensaje, el cual es una cantidad y tamaño idóneo de mensajes para aplicarlo al alimentador canino automático implementado en el presente documento, puesto que el alimentador utiliza solamente 24 mensajes diarios, es decir, un mensaje cada 60 minutos y un tamaño máximo de 8 Bytes por mensaje.

Por último, la mejor forma de codificar los datos de envió por parte de los sensores establecidos para la lectura en el backend de SigFox, se hace mediante un servicio ofrecido gratuitamente por la empresa multinacional de tecnología IBM,

llamado BLUEMIX, el cual brinda la posibilidad de construir una aplicación para así generarla a una plataforma de asistencia y allí ver los datos de los sensores mediante graficas de líneas, de barras, diagrama de anillo, indicadores, reglas entre otras visualizaciones para los datos interpretados. A continuación, en la figura 4.18 se vislumbra la plataforma de asistencia para ser tomada en cuenta por el usuario dueño del canino.

Figura 4.18: Plataforma de asistencia IBM



Fuente: quickstart.internetofthings.ibmcloud.com

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El presente capítulo da a conocer las pruebas y resultados obtenidos del prototipo de alimentador canino implementado en el presente documento, mediante una serie de pruebas en su funcionamiento de modo manual y automático, donde se evidencia el comportamiento, según la cantidad a dosificar, eficiencia de los sensores y robustez del código compilado, basándose en el cumplimiento de los requerimientos mencionados en el capítulo 3.

5.1. Primera prueba:

Esta prueba se realiza sin canino presente, con la intención de observar y analizar el desempeño del alimentador sin ser perturbado por la mascota; eligiendo evaluar el alimentador en el modo automático, raza pug y opción 2; obteniendo como resultado el primer suministro de alimento a la hora indicada (09:00am) como está establecida en la opción 2. El segundo suministro (03:00pm), no se lleva a cabo ya que la ración está completa desde el anterior suministro de alimento. Cumpliendo así con el requerimiento establecido para este modo de operación.

5.2. Segunda prueba:

Esta prueba se realiza en las mismas condiciones que la anterior con la variante de que después del suministro de la primera ración (09:00am), se procede a retirar el alimento del plato de la comida para simular que el canino a comido toda la porción, esperando la hora de la segunda ración (03:00pm); se observa que el plato nuevamente es servido con la ración correspondiente. De esta forma se corrobora el buen desempeño del alimentador en el modo automático.

5.3. Tercera prueba:

En esta prueba se lleva a cabo con un canino de raza PUG de 6 meses, primero se decide qué tipo de configuración se va a elegir si manual o automática; en este caso se toma la decisión de programar la alimentación de manera automática, por lo que cuando se despliega el menú se elige esta opción, y posteriormente se decide que cantidad de raciones diarias se deben dar a la mascota. El alimentador ha sido configurado para que alimente al PUG tres veces al día con una ración de 90 g cada una; la primera es proporcionada de forma satisfactoria (07:00am), la segunda (01:00pm) y la tercera (08:00pm) son servidas de forma normal. Cada porción de alimento es medida en una pesa electrónica con el fin de ratificar el peso de la porción suministrada por el alimentador dando como resultado un error de +/- 9 gramos.

El resultado del día fue que el canino consumió la totalidad de la primera ración (07:00am) pero luego se observa que a pesar de que el canino lleva puesto el collar con el Tag de identificación, la señal que recibe la antena es leve lo que impide la apertura oportuna de la puerta que da acceso al plato del alimento, por desgracia el Pug no pudo consumir ni un gramo de la segunda ración, por lo que tuvo problemas para ingresar y validar el tag localizado en el collar para activar y abrir la puerta de acceso al plato. Es entonces que en la tercera ración (08:00pm), se comprueba nuevamente de que el alimentador no deposita alimento en el plato debido a que la anterior ración no fue consumida y se encuentra intacta; evitando desbordamiento de alimento. Por ultimo el sistema realiza la medición del peso del canino y esta información es desplegada en la plataforma móvil para información de su dueño.

5.4. Cuarta Prueba:

En la prueba numero 4 estando en marcha el modo manual, se observa que en ocasiones la compuerta de la tolva se traba con los granos de alimento por lo que se obstaculiza el libre flujo del mismo, causa que genere algo de discordia entre un canino hambriento y un alimentador obstruido. Este asunto se había presentado ocasionalmente durante el desarrollo de las pruebas en modo manual.

Como resultado en el modo manual se efectuó la prueba con un canino que no se encuentra registrado en ninguna de las razas localizadas en el modo automático, por esta razón se procedió a elegir el modo manual y servir a simple vista el alimento. Se debe recordar que en el modo manual no se tiene en cuenta el peso de la ración servida. El canino en el modo manual dispone de un collar con un tag para activar la puerta de acceso al plato de la comida logrando así su objetivo de acceder al alimento, este modo solo se encarga de abrir y cerrar la compuerta de la tolva para suministrar alimento al plato; este proceso requiere ser operado por el dueño del canino en el modo manual.

5.5. Quinta Prueba:

En esta prueba se verifica que las raciones desplegadas en el menú para las 3 razas seleccionadas al ejecutarse el modo automático sean las que realmente se sirven en el plato. Como bien se informa en el manual de usuario, el modo automático se conforma por la selección de una de las tres razas las cuales son, Pug, Chihuahua y French Poodle; cada una compuesta por 4 rangos de edad hasta llegar a la edad adulta. A continuación en la tabla 5-1 se encuentran los datos obtenidos en la prueba.

Tabla 5-1: Prueba de dosificación

PRUEBA DE DOSIFICACIÓN			
Edad en meses	Raza	ración recomendada	Raciones servidas por el alimentador
2 a 4 meses	Pug	50 g	44g – 52g – 57g
5 a 7 meses	Chihuahua	70 g	60g – 75g – 79g
8 a 11 meses	French Poodle	115 g	110g – 116g – 118g
Adulto	Pug	180 g	180g – 177g – 182g
Adulto	Chihuahua	130 g	129g – 133g – 135g
Adulto	French Poodle	150 g	147g – 150g – 153g

Fuente: Elaboración propia

5.6. Sexta Prueba:

En esta ocasión la prueba se realiza durante varios días, buscando de esta forma familiarizar al canino y observar su comportamiento con el alimentador. Primero se procede a la programación del alimentador en modo automático, se elige con el botón R2 la raza chihuahua y a su vez el rango de edad; que en este caso es adulto.

Para la primera ocasión el chihuahua se ve un poco nervioso y no logra hacer interacción entre el tag y la antena receptora RFID para dar acceso al plato de alimento, dificultando así el consumo de la ración servida previamente. A pesar de no haber comido por varias horas, el canino no logra aun adaptarse al alimentador, en consecuencia, genera inapetencia en el perro. Después de algunos intentos, el chihuahua logra acceder al plato del alimento y poco a poco se va familiarizado con el prototipo. Como resultado de estos días, se observa que a pesar de los nervios del chihuahua la adaptación de éste al alimentador es rápida y no genera problemas mayores ni afecta sus hábitos alimenticios.

5.7. Séptima Prueba:

En la transmisión de datos a la red global del internet de las cosas, mediante la alarma de nivel, el consumo de la última ración servida y el censo de peso del alimento se lleva a cabo de manera eficaz, puesto que la recepción en el backend de sigfox es estable para poder ser visualizada en la plataforma móvil informativa acerca de los sensores analizados previamente. Para terminar, estos datos recibidos por medio del módulo de transmisión SigFox son acompañados del registro de un sensor de temperatura quien dara la temperatura a la cual se encuentra el alimentador canino (Véase en figura 4.18). Este sensor se encuentra localizado en el Kit THINXTRA, además es el que posee el chip de WISOL quien se encarga del envió de datos a la plataforma móvil informativa SigFox como se explica en el capítulo 3.

5.8 Octava Prueba:

Finalmente se comprueba que los horarios de alimentación, cumplen con su ejecución de apertura de la puerta dosificadora en la hora indicada conocida en el menú del modo automático. Como resultado se obtiene una eficiencia de 100%, gracias a la intervención del reloj externo DS3231 implementado (Véase en figura 4.3). A continuación, en la tabla 5-2, se reflejan los resultados de la prueba de horarios para servir la ración:

Tabla 5-2: Prueba de horarios para servir ración

Horarios para servir ración			
Edad en meses	Raza	Hora de menú	Horarios servidos por el alimentador
2 a 4 meses	Pug	09:05am	09:05 – 09:05 – 09:05 (am)
5 a 7 meses	French P.	11:30am	11:30 – 11:30 – 11:30 (am)
8 a 11 meses	Chihuahua	02:15pm	02:15 – 02:15 – 02:15 (pm)
Adulto	Chihuauha	05:40pm	05:40 – 05:40 – 05:40 (pm)

Fuente: Elaboración propia

6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS A FUTURO

6.1 CONCLUSIONES

- Las raciones de los caninos aun cuando se toman en cuenta variables como la raza y la edad no son las ideales ya que ración depende directamente del cuadro nutricional del alimento suministrado al canino.
- El diseño estructural es muy importante para el correcto funcionamiento del alimentador canino, en especial, la compuerta dosificadora que tiene la importante tarea de aislar, contener y dar salida al grano de alimento contenido en la tolva.
- La tecnología SigFox es muy útil, a pesar de que en Colombia apenas se están implementando las redes y aun no existe cobertura en todo el territorio
- Para el montaje circuital al contar con poco espacio disponible para la ubicación de todos los elementos se hace inevitable que, si se quiere contar con motores, alternar señales, o módulos de transmisión se genere ruido que afecta el funcionamiento de diferentes dispositivos, por lo que se deben utilizar divisores de tensión para contrarrestar los efectos negativos del ruido generado.
- El prototipo de alimentador canino implementado es ideal para mascotas diabéticas, quienes tienen que recibir su comida a una hora determinada para compaginarlo con su tratamiento.

6.2 TRABAJOS A FUTURO

- Se considera que para la dieta del canino es mejor realizar la base de datos teniendo en cuenta la marca del alimento y no la raza del canino.
- Según las pruebas se concluye que el llamado de voz no es muy útil; ya que al escuchar la caída del alimento en el plato el canino acude a él mucho antes de ser llamado.
- Se recomienda la implementación de un teclado numérico que permita mayor flexibilidad en la configuración de la dieta del canino.
- se recomienda la utilización de más sensores de peso en la bandeja de pesaje del canino, con el propósito de facilitar el montaje y mejorar la precisión de la medida.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Link Labs, «link-labs.com,» Link Labs, 12 Febrero 2015. [En línea]. Available: <https://www.link-labs.com/blog/what-is-sigfox>.
- [2] C. Pinedo, «consumer.es,» EROSKI, 17 Agosto 2015. [En línea]. Available: <http://www.consumer.es/web/es/mascotas/perros/alimentacion/2013/11/14/218363.php>.
- [3] Red F5 S.A.S., *Engineering Services*, Popayán: Findthecompany, 2012.
- [4] Definición.de, «definición.de,» WordPress, 21 Enero 2009. [En línea]. Available: <http://definicion.de/automatico/>.
- [5] Asociación Española de Domótica e Inmótica, «cedom.es,» Agencia de Social Media, 14 Febrero 2010. [En línea]. Available: <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica>.
- [6] DUIOPS, «duiops.net,» Duiops, 13 Octubre 1997. [En línea]. Available: <http://www.duiops.net/emailsc.htm>.
- [7] C. L. Castillo, «proz.com,» Tim-Town, 13 Octubre 2015. [En línea]. Available: http://www.proz.com/kudoz/english_to_spanish/telecommunications/5962952-low_power_wide_area_network_lpwan.html.
- [8] J. Triquet, «director-it.com,» BLOG, 10 Enero 2016. [En línea]. Available: <http://director-it.com/index.php/es/ssoluciones/comunicacion-entre-maquinas/202-%C2%BFcu%C3%A1l-es-la-diferencia-entre-sigfox-y-lora.html>.
- [9] UK Group Headquarters, «wirelesslogic.com,» Sitemap, 15 Marzo 2014. [En línea]. Available: <http://www.wirelesslogic.com/es/sigfox-lpwan/>.
- [10] Doggiedoor, «doggiedoor.com.mx,» Animal Planet, 11 Marzo 2015. [En línea]. Available: <http://www.doggiedoor.com.mx/alimentador-automatico-animal-planet-electronico.html>.
- [11] tiendanimal, «tiendanimal.es,» Guadalhorce, 18 Septiembre 2011. [En línea].

- Available: <http://www.tiendanimal.es/comedero-automatico-para-perros-gatos-p-1464.html>.
- [12] Tiendanimal, «[tiendanimal.es](http://www.tiendanimal.es),» TK-Pet, 30 Octubre 2015. [En línea]. Available: <http://www.tiendanimal.es/comedero-automatico-para-perros-gatos-tkpet-delidinner-p-12267.html>.
- [13] WonShang, «[aliexpress.com](https://es.aliexpress.com),» WS-PF21, 15 JULIO 2015. [En línea]. Available: https://es.aliexpress.com/store/product/Fashion-10-5L-Large-Capacity-Digital-Timer-Dog-Feeder-LCD-Display-Remote-Controlled-Automatic-Feeder/1178340_2038583374.html?spm=2114.04010208.3.204.PSjk5U&ws_ab_test=searchweb201556_8,searchweb201602_3_10017_10021_.
- [14] D. Marcos Otal y J. (. Acero Acero, *Desarrollo de un sistema de bajo costo para la alimentación de un perro*, Zaragoza, España: Universidad Zaragoza, 2014.
- [15] C. Isaza-Echavarría y P. A. Zapata-Álvarez, *Intervención remota a un espacio domotizado para mascotas*, Medellín: Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2014.
- [16] C. Naranjo y X. F. García Lasso, *Diseño y construcción de un modelo automático de comedero para perros adultos entre 8 (ocho) a 12 (doce) kg. de peso.*, Ecuador: SANGOLQUI, 2006.
- [17] F. E. Gutiérrez Jiménez, *Estudio de mercadeo para la viabilidad en la comercialización de dispensadores automatizados para alimentar perros en la ciudad de Bogotá D.C.*, Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2011.
- [18] D. Cando Garzon y C. V. E. Paúl, «Universidad de Israel,» 2016. [En línea]. Available: <http://190.11.245.244/handle/47000/1256>.
- [19] P. Zamora Zapata y D. Orozco, «Universidad Tecnológica de Pereira,» 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/5715>.
- [20] Ministerio de Salud y Protección Social, «Resolución Numero 000683 de

2012,» de *Resolución*, Bogotá, 2012.

- [21] P. D. L. R. d. Colombia, «Decreto 3075 de 1997,» de *Decreto*, Bogotá, 1997.
- [22] Dogsimatic, «perros.comederos-automaticos.com,» *Abc-creación digital*, 03 Septiembre 2007. [En línea]. Available: <http://perros.comederos-automaticos.com>.
- [23] PetSafe, «petsafe.net,» 12 Marzo 2010. [En línea]. Available: http://intl.petsafe.net/media/manuals/PF2-19-en-us-2_meal_feeder.pdf.
- [24] Qpets, «qpets.com,» 25 Junio 2015. [En línea]. Available: http://www.qpets.com/store/p2/Qpets_6_Meal_Timed_Automatic_Pet_Feeder_-_AF-108.html.
- [25] unicrom, «unicrom.com,» *Sayontan*, 10 12 2015. [En línea]. Available: <http://unicrom.com/familia-de-circuitos-integrados-ttl/>.
- [26] Bin Master, «binmaster.com,» *Garner Industries, Inc*, 12 Junio 2015. [En línea]. Available: <http://www.binmaster.com/es/products/info/54-rotary/2924-standard-rotary-level-indicator>.
- [27] AECO, «aecosensors.com,» 12 Mayo 2015. [En línea]. Available: http://www.aecosensors.com/files/IT/sfogliabile/Livello/Livello_Membrana/Sensori_Livello_Membrana/files/assets/basic-html/index.html#2.
- [28] Filsa, «ariston.es,» 20 Mayo 2012. [En línea]. Available: <https://www.ariston.es/portals/0/doc/FIL00045.pdf>.
- [29] *Sensorstecnic & semiconductors*, «sensorstecnic.net,» *Hosting Joomla Web Empresa*, 11 Febrero 2016. [En línea]. Available: <http://www.sensorstecnic.net/es/productos/category/105/sensores-y-transmisores/sensores-ultrasonicos>.
- [30] D. P. D. Diego, «alcabot.com,» 16 Marzo 2006. [En línea]. Available: <http://www.alcabot.com/alcabot/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>.
- [31] *Microsonic*, «microsonic.de,» 17 Abril 2015. [En línea]. Available:

- <http://www.microsonic.de/es/suporte/ultrasonic-tecnolog%C3%ADa/notas-sobre-instalaci%C3%B3n.htm>.
- [32] ElectroniLab Ingenieria y Diseño Electronico, «electronilab.co,» SSL, 03 Mayo 2015. [En línea]. Available: <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-distancia-de-ultrasonido-hc-sr04/>.
- [33] Resistividad, [En línea]. Available: <https://gabrielamorales.wordpress.com/sensores-resistivos/>.
- [34] Karola, «sensoreslograzzo.blogspot.com.co,» Blogger, 02 Febrero 2009. [En línea]. Available: <http://sensoreslograzzo.blogspot.com.co/2009/02/1-sensores-resistivos.html>.
- [35] Dpf Sensors, «guemisa.com,» Guemisa, 10 Septiembre 2014. [En línea]. Available: <http://www.guemisa.com/carga/docus/celulas%20de%20carga.pdf>.
- [36] D. O. J. A. V. Luis Carrión, «datalights.com.ec,» 14 Julio 2015. [En línea]. Available: http://www.datalights.com.ec/site2/images/stories/robotica/nap/nap_fsr.pdf.
- [37] Phidgets, «phidgets.com,» 04 Mayo 2014. [En línea]. Available: http://www.phidgets.com/documentation/Phidgets/3133_0_Datasheet.pdf.
- [38] Organizacion de Consumidores y Usuarios, «ocu.org,» OCU, 11 Marzo 2013. [En línea]. Available: <https://www.ocu.org/tecnologia/telefono/noticias/tecnologia-nfc>.
- [39] J. D. DÍAZ, «cincodias.com,» PRISA, 16 MARZO 2014. [En línea]. Available: http://cincodias.com/cincodias/2014/03/16/mwc/1394961502_316747.html.
- [40] Jaime, «maxmovil.com,» WordPress, 17 Octubre 2014. [En línea]. Available: <https://www.maxmovil.com/blog/actualidad/sabes-que-es-hotknot-y-el-nfc/>.
- [41] Mundo NFC, «mundonfc.wordpress.com,» wordpress, 02 Febrero 2012. [En línea]. Available: <https://mundonfc.wordpress.com/2012/02/08/diferencia-entre-nfc-y-rfid/>.
- [42] Electrónica, «telectronica.com,» Electrónica, 11 Mayo 2016. [En línea].

Available: <http://telectronica.com/cuales-son-las-principales-diferencias-entre-el-codigo-de-barras-y-rfid/>.

- [43] N. Benito Jiménez, «<http://e-archivo.uc3m.es>,» 06 Octubre 2015. [En línea]. Available: http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23818/TFG_Nuria_DeBenito_Jimenez.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [44] Avia Semiconductor, «cdn.sparkfun.com,» 11 Marzo 2015. [En línea]. Available: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf.
- [45] L3k, «l3k.com.br,» 05 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.l3k.com.br/arduino/como-ligar-uma-celula-de-carga-de-3-fios-ao-hx711>.
- [46] C. C. Campo, *Gerente General*, Popayán, Cauca, Colombia: phaxi-solutions.com/index.php/en/, 2015.
- [47] JeanTriquet_M2M, «director-it.com,» Blog, 17 Enero 2016. [En línea]. Available: <http://director-it.com/index.php/es/ssoluciones/comunicacion-entre-maquinas/202-¿cuál-es-la-diferencia-entre-sigfox-y-lora.html>.
- [48] Lora_Alliance, «lora-alliance.org,» Inventures, 13 Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://www.lora-alliance.org/For-Developers/LoRaWANDevelopers>.
- [49] Link Labs, «link-labs.com,» Semtech Corporation, 24 Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://www.link-labs.com/blog/what-is-lora>.
- [50] Neul, «neul.com,» Neul Ltd, 18 Agosto 2014. [En línea]. Available: <http://www.neul.com/neul/>.
- [51] UreaSon, «ureason.com,» UREASON - Disclaimer, 15 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://ureason.com/iiot-communication-readiness-need-know/>.
- [52] RS Components, «rs-online.com,» DesignSpark, 20 Abril 2015. [En línea]. Available: <https://www.rs-online.com/designspark/eleven-internet-of-things-iiot-protocols-you-need-to-know-about>.

- [53] Embajada de francia en Bogotá, «<https://co.ambafrance.org/>,» Republica de Francia, 07 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://co.ambafrance.org/SIGFOX-exhibe-en-Bogota-su-tecnologia-del-internet-de-las-cosas>.
- [54] T Y N Magazine, «tynmagazine.com,» T Y N Magazine, 29 Agosto 2016. [En línea]. Available: <http://www.tynmagazine.com/sigfox-lleva-su-red-iot-a-colombia/>.
- [55] SigFox, «sigfox.com,» Emakina, 13 01 2017. [En línea]. Available: <https://www.sigfox.com/en/coverage>.
- [56] RS, «<http://es.rs-online.com>,» Amidata S. A., 11 Marzo 2016. [En línea]. Available: <http://es.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=i/iot-internet-of-things>.
- [57] WISOL, «partners.sigfox.com,» SigFox, 15 Noviembre 2016. [En línea]. Available: <https://partners.sigfox.com/products/sfm10r2>.
- [58] The MagPi, «www.raspberrypi.org,» 30 Abril 2015. [En línea]. Available: https://www.raspberrypi.org/magpi-issues/Projects_Book_v1.pdf.
- [59] Raspberry Shop, «raspberrypi.org,» Raspberry Pi Foundation, 12 Febrero 2017. [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/hardware-raspberrypi.php>.
- [60] J. E. Crespo, «aprendiendoarduino.wordpress.com,» Wordpress, 07 Febrero 2017. [En línea]. Available: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/microcontroladores/>.
- [61] Arduino, «arduino.cl,» MCI electronics, 11 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>.
- [62] J. García, «leantec.es,» Leantec Robotics&Electronics, 15 Noviembre 2016. [En línea]. Available: http://www.leantec.es/blog/22_Diferencias-entre-Arduino-y-Raspberry-Pi.html.
- [63] B. Bourque, «digitaltrends.com,» Designtecnica Corporation, 09 Marzo 2015.

- [En línea]. Available: <https://www.digitaltrends.com/computing/arduino-vs-raspberry-pi/>.
- [64] Orlando, «Hetpro Herramientas tecnologicas profesionales,» FWB, 25 Abril 2014. [En línea]. Available: <http://hetpro-store.com/TUTORIALES/modulo-lector-rfid-rc522-rf-con-arduino/>. [Último acceso: 11 Agosto 2016].
- [65] J. M. Rodriguez, Interviewee, *Veterinario*. [Entrevista]. 17 Julio 2016.
- [66] M. A. P. Garcia, «books.google.es,» 14 Enero 2014. [En línea]. Available: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Fb5tBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=wheatstone+puente&ots=2CF-r1YWnV&sig=69KDb1iC7C8kPCuuCptj2KFqroU#v=onepage&q&f=false>.
- [67] Thinxtra, «thinextra.com,» Thinxtra, 17 Abril 2017. [En línea]. Available: <http://www.thinxtra.com/>.