

**DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE COMIDA PARA MASCOTAS,
PROGRAMABLE Y CONTROLADO REMOTAMENTE**

**JOHN DAVID LEÓN QUENGUAN
DANIEL RUEDA ALMARIO**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2013**

**DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE COMIDA PARA MASCOTAS,
PROGRAMABLE Y CONTROLADO REMOTAMENTE**

**JOHN DAVID LEÓN QUENGUAN
DANIEL RUEDA ALMARIO**

**Proyecto de grado para optar el título de:
Ingeniero Electrónico**

**DIRECTOR:
ING. EVAL BLADIMIR BACCA CORTÉS, PhD.**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2013**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Los abajo firmantes evaluadores del proyecto de grado "DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE COMIDA PARA MASCOTAS, PROGRAMABLE Y CONTROLADO REMOTAMENTE" certifican que el trabajo realizado por JOHN DAVID LEÓN QUENGUAN y DANIEL RUEDA ALMARIO para optar por el título de Ingeniero Electrónico ha sido aprobado.

Jurados:

Ing. Andrés Restrepo PhD.

Ing. Breyner Posso M.Sc

Director:

Ing. Eval Bladimir Bacca Cortés, PhD.

AGRADECIMIENTOS

Gracias principalmente a Dios por la sabiduría y la dirección que nos ha dado a través de Su Santo Espíritu. A mi madre María por su amor abnegado y su servicio desinteresado, ¡Gracias mamá! Agradezco a mi padre John Jairo por el apoyo y la confianza que me ha brindado todo este tiempo. A mi hermano John Marvin por su comprensión y paciencia. A mi novia Yuly por su compañía y sus oportunas palabras de aliento. A nuestro director, el profe Bladimir, por su amable disposición y orientación tanto a nivel académico como personal. A mi compañero de tesis Daniel por su excelente trabajo y su espíritu de compañerismo. Y en general a toda mi familia académica, sanguínea y espiritual porque su compañía y oraciones han sido muy importantes para mí. Sin su ayuda no hubiera podido hacer de este sueño una realidad.

J. David

Gracias a Dios por ser mi guía y darme fortaleza para realizar las metas que tengo en mi vida. A mi madre Claude por darme amor, cuidados, y estar pendiente de mí siempre. A mi padre Orlando que siempre apoyó mis decisiones dando lo mejor posible para cumplir mis proyectos. A mi hermanito David que siempre está pendiente de mí. A mis compañeros de pregrado (Jhon Camacho, Edward Ortega, Elber Castillo, Carmen Cifuentes, Juana Fernández, Stevenson Rodríguez, Leonardo Cardona, Diego Vallejo) con los que compartí buenos y malos momentos y me ayudaron a cumplir mis metas. Al ingeniero Fabio Noguera por ser mi guía en mis primeros semestres. A mi compañero de tesis J. David por su excelente trabajo y dedicación en el proyecto. A nuestro director, el PhD. Bladimir, por su disposición, paciencia y orientación en este trabajo. También a todas las personas que han estado presentes en mi formación académica y personal.

Daniel

Tabla de contenido

Resumen	1
Abstract.....	2
1. Capítulo I. Alcance del Proyecto	3
1.1. Introducción	3
1.2. Planteamiento del Problema	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. Solución Propuesta.....	4
1.5. Estructura del Documento	5
2. Capítulo II. Estado del Arte y Marco Teórico	6
2.1. Introducción	6
2.2. Marco Teórico	6
2.2.1. Dosificación de Alimento para Perros	6
2.2.2. Mecanismos de Dosificación.....	7
2.2.3. Tanque de Almacenamiento.....	9
2.2.4. Comunicación GSM.....	9
2.2.5. Tecnología GPRS	9
2.2.6. Ingeniería de Software.....	9
2.3. Estado del Arte: Características de Fabricación Comerciales	10
2.4. Marco Legal.....	14
2.5. Observaciones Finales	15
3. Capítulo III. Diseño del Dispensador Automático de Comida para Mascotas	16
3.1. Introducción	16
3.2. Diagrama General.....	16
3.3. Diseño Mecánico del Sistema Dosificador	17
3.3.1. Requerimientos Mecánicos Preliminares	17
3.3.2. Estructura Física	17
3.3.3. Material de Fabricación: El Acrílico.....	19
3.4. Diseño Electrónico del Sistema Dosificador.....	19
3.4.1. Estructura General del Hardware.....	19
3.4.2. Módulo de Control FYP	20
3.4.3. Módulo de Sensores	21
3.4.4. Módulo de Actuadores.....	23
3.4.5. Módulo de Comunicación.....	24
3.4.6. Fuente y Reguladores de Energía	26
3.5. Diseño del Firmware del Sistema	26
3.5.1. Análisis de requerimientos: Funcionales y No Funcionales	26
3.5.2. Modelo Conceptual	28
3.5.3. Diagrama General de Flujo	28
3.6. Diseño de la Aplicación Móvil	32
3.6.1. Análisis de Requerimientos: Funcionales y No Funcionales.....	33
3.6.2. Modelo Conceptual	34

3.6.3. Diagrama de Clases.....	35
3.7. Conclusiones	38
4. Capítulo IV. Pruebas y Resultados	39
4.1. Introducción	39
4.2. Interfaz Local de Usuario	39
4.2.1. Opción Configuraciones.....	40
4.2.2. Opción Menú	43
4.3. Aplicación Android.....	47
4.3.1. Opción Acceso al Usuario	48
4.3.2. Menú de Usuario	52
4.4. Modo Operativo FYP	58
4.5. Parametrización del Sistema de Medición del alimento servido	61
4.5.1. Regresión Lineal para la Lectura de la Celda de Carga.....	61
4.5.2. Activación del Motor y Gramaje Dispensado.....	62
4.6. Pruebas de Consumo Energético	62
4.7. Costos de Fabricación del Prototipo Dispensador.....	63
4.8. Observaciones Finales	63
5. Capítulo V. Conclusiones	65
5.1. Conclusiones	65
5.2. Trabajos Futuros.....	66
6. Anexos	68
6.1. Manual de Usuario.....	68
6.2. Dosis Recomendadas	68
6.3. Diseño Mecánico: Ingeniería de detalle	68
6.4. Acrílico v.s. Vidrio y Plástico	69
6.4.1. ¿Qué ventajas tiene el acrílico con respecto al vidrio?	69
6.4.2. ¿Qué ventajas tiene el acrílico con respecto al policarbonato?	69
6.5. Características Técnicas de los Componentes Electrónicos	69
6.6. Diseños PCB	69
6.7. Ingeniería de software: Firmware y App.....	69
6.8. Distribución de Pines del Microcontrolador.....	69
6.9. Parametrización de la Celda de Carga	70
Bibliografía	71

Índice de Tablas

Tabla 2-1. Dispensadores comerciales más comunes y sus características	11
Tabla 3-1. Diseño Mecánico: Piezas del Dispensador.....	18
Tabla 3-2. Requerimientos Funcionales del Firmware.....	27
Tabla 3-3. Requerimientos No funcionales del Firmware.....	27
Tabla 3-4. Formato SMS: Aviso de Inicialización	32
Tabla 3-5. Formato SMS: Opción Supervisar.....	32
Tabla 3-6. Formato SMS: Datos a Supervisar	32
Tabla 3-7. Formato SMS: Opción Programar.....	33
Tabla 3-8. Formato SMS: Confirmación de Programación	33
Tabla 3-9. Formato SMS: Opción Alarmas	33
Tabla 3-10. Formato SMS: Alerta Nivel	33
Tabla 3-11. Requerimientos Funcionales de la App	34
Tabla 3-12. Requerimientos No funcionales de la App	34
Tabla 4-1. Pruebas Funcionales: Interfaz Local - Configuraciones.....	41
Tabla 4-2. Pruebas Funcionales: Interfaz Local - Menú.....	43
Tabla 4-3. Pruebas Funcionales: App Android – Acceso de Usuario	48
Tabla 4-4. Pruebas Funcionales: App Android – Menú de Usuario	52
Tabla 4-5. Pruebas Funcionales: Modo Operativo FYP	58
Tabla 4-6. Relación Gramos - Voltaje de la Celda de Carga.....	61
Tabla 4-7. Costos de Fabricación.....	63
Tabla 6-1. Distribución de Pines del Microcontrolador	69

Lista de Figuras

Figura 1-1. Diagrama General: Solución Propuesta.....	4
Figura 2-1. Mecanismo de Tornillo sin fin (a) (ALNICOLSA, 2014)	7
Figura 2-2. Mecanismo de Tornillo sin fin (b) (Torres, 2012).....	7
Figura 2-3. Mecanismo de Compuerta Rotativa(a) (Consuegra M. & González D., 2011)	8
Figura 2-4. Mecanismo de Compuerta Rotativa (b) (Torres, 2012)	8
Figura 2-5. Mecanismo de Banda Rodante (a) (Ministerio del Medio Ambiente, 2000)	8
Figura 2-6. Mecanismo de Banda Rodante (b) (Torres, 2012)	8
Figura 3-1. Diagrama General FYP.....	16
Figura 3-2. Esquema General del Hardware.....	20
Figura 3-3. Circuito Controlador FYP	21
Figura 3-4. Circuito para sensar el Nivel de la Tolva	22
Figura 3-5. Circuito de la Celda de Carga	23
Figura 3-6. Circuito del Motor DC CJC RC 380	23
Figura 3-7. Circuito del Moto-vibrador	24
Figura 3-8. Circuito de las Alarmas Locales	24
Figura 3-9. Módulo de comunicación GPRS M95	25
Figura 3-10. Circuito del Módulo de Comunicación GPRS M95	25
Figura 3-11.Regulador de Voltaje	26
Figura 3-12. Diagrama Conceptual Firmware	28
Figura 3-13. Diagrama General de Flujo.....	28
Figura 3-14. Diagrama de Flujo de la Tarea 1	29
Figura 3-15. Diagrama de Flujo de la Tarea 2	29
Figura 3-16. Diagrama de Flujo de la Tarea 3	30
Figura 3-17. Diagrama de Flujo de la Tarea 4	30
Figura 3-18. Diagrama de Flujo de la Tarea 5	31
Figura 3-19. Diagrama de Flujo de la Tarea 6	32
Figura 3-20. Modelo Conceptual App	35
Figura 3-21. Diagrama de Navegación de la App	36
Figura 3-22. Diagrama de Clases de la App	37
Figura 4-1. Navegación de la Interfaz local de Usuario	40
Figura 4-2. Teclado Interfaz Local	40
Figura 4-3. Navegación de la Interfaz de la Aplicación Android.....	48
Figura 4-4. Linealización de la Celda de Carga	61
Figura 4-5. Relación entre la Activación del Motor y Gramaje Dispensado.....	62
Figura 6-1. Esquema de Directorios del CD.....	68

RESUMEN

El presente documento es el libro del trabajo de grado titulado: "Dispensador automático de comida para mascotas, programable y controlado remotamente" para optar por el título de ingeniero electrónico de la universidad del Valle. El dispensador prototipo se referencia con el nombre de "Feed Your Pet" (Alimenta a tu mascota), el cual es abreviado con las siglas "FYP".

En el documento se muestra de forma detallada el desarrollo del proyecto que consiste en: el diseño y la fabricación de un dispensador electrónico de comida para perros y gatos, que puede ser programado y monitoreado de manera local y remota. Se presenta además el procedimiento realizado de ingeniería de software para el desarrollo del firmware del sistema y la aplicación Android a través de los cuales el usuario interactúa con el dispensador.

La estructura mecánica del sistema dosificador se acopla a la parte electrónica que permite realizar el funcionamiento automático del FYP. El firmware del sistema es implementado en un microcontrolador ATmega644.

La interfaz local de usuario presenta las siguientes opciones de funcionamiento: Configuración y menú de usuario. En la primera el usuario puede realizar la configuración de hora, fecha y número celular destino. En la opción menú, puede visualizar en una pantalla LCD la hora, la fecha y el valor de los parámetros: nivel y comida servida; además puede programar hasta tres horarios para servir el alimento a la mascota en las dosis que especifique y habilitar las alarmas: "alerta por nivel bajo" en el tanque de almacenamiento y "llamado al perrito" cuando se cumplan los horarios programados con la dosificación de alimento correspondiente al tipo de mascota que tenga.

La interfaz de usuario remota es implementada en un dispositivo móvil con sistema operativo Android. Para acceder al menú de la aplicación, el usuario debe ingresar unos datos de seguridad que pueden ser configurados. El menú de la App le ofrece al usuario las siguientes opciones: programar hasta tres horarios diferentes para servir el alimento en la cantidad que el usuario prefiera, habilitar la alarma de "alerta por nivel bajo" en el tanque de almacenamiento y supervisar el estado actual de las variables: nivel y comida servida. Estos datos son enviados al controlador del dispensador y son almacenados en la memoria del sistema. La comunicación entre el prototipo y la aplicación se realiza por medio de mensajes de texto, SMS. Una vez que en el dispensador es configurado el número de la tarjeta SIM del usuario, se envía un SMS cada vez que el FYP es inicializado. Esto le permitirá a la persona darse cuenta cuando el dispensador se ha reiniciado.

Se realizaron pruebas integración con cada módulo del dispensador para verificar el correcto funcionamiento de la dispensación automática y de la activación de las alarmas. Finalmente se realizaron los procesos de calibración para la lectura del valor del alimento dispensado. El primer procedimiento consistió en la linealización del sensor que mide la cantidad de alimento dispensado para establecer la relación entre el voltaje de salida del sensor y el peso en gramos. Se presenta en el proceso un error de lectura de ± 10 gramos. El segundo procedimiento se realizó para determinar la precisión en la dispensación de la comida. Se programaron algunas cantidades para ser dosificadas y establecer por medio de un método estadístico el error de dispensación. El FYP presenta un error de dosificación de ± 22 gramos.

ABSTRACT

This document presents our final project to obtain the Electronic Engineering degree. It is called "Automatic, Programmable and Remotely Controlled Pet Food Dispenser". This prototype is cited in this document as "Feed Your Pet" or FYP.

Over this document, the design and implementation of the automatic, programmable and remotely controlled pet food dispenser is shown. In addition, the software development process is also documented for both the development of the system firmware and the Android application.

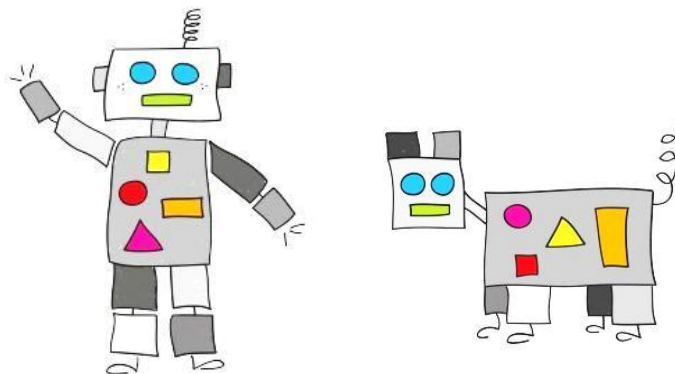
The doser mechanic structure is joined to electronics in order to guarantee the automatic operation of the FYP. The system firmware was implemented on ATMEGA644 microcontroller.

The local human-machine interface shows the following operational functionalities: system configuration and user menu. The former is used in order to configure time, date and number of cell phone to interact remotely. The main menu of the Android application shows the following options: programming up three different schedules to dispense the pet food, enabling the alarm warning about "low level of food" in the storing tank, and checking the current state of food level and served food. Any communication between the Android application and the local human-machine interface is stored in non-volatile memory. The communication between these two systems is performed by short messages text (SMS).

Once the FYP is configured it can start operations programming feeding schedules locally or remotely. In this work, several integration tests were performed. Also, it is reported all the calibration procedures in order to dispense accurately the pet food.

Integration tests were performed with each dispenser module to verify the correct operation of the automatic dispensing and activating alarms. Finally calibration processes for reading the value of food dispensed performed. The first method consisted of linearization of the sensor that measures the amount of food dispensed to establish the relationship between sensor output voltage and the weight in grams. A reading error of ± 10 grams occurs in the process. The second procedure was performed to determine the accuracy in dispensing food. Some amounts to be metered and set through a statistical approach the programmed dispensing error. The FYP has a dosing error ± 22 grams.

1. CAPÍTULO I. ALCANCE DEL PROYECTO



1.1. INTRODUCCIÓN

Colombia es un país donde un gran porcentaje de sus habitantes tienen alguna mascota en casa. Las mascotas adquieren un gran valor sentimental, manifestado tanto de parte del amo como del mismo animal. Las razones para adoptar un “nuevo integrante” en las familias son tan diversas como las clases de mascotas que se pueden tener dentro del hogar. Pero en su mayoría la gente prefiere como mascotas a los perros y gatos (Sánchez, 2013).

Durante el año 2012 la compañía Alemana de investigación de mercados GfK (Gesellschaft für Konsumforschung, Asociación para la Investigación del Consumidor), realizó un estudio en Colombia, donde afirmaba que el 29% de los hogares colombianos tienen una mascota. De esos, el 80% tienen como mascota un perro y en el resto de los hogares se presentan, en orden de preferencia, gatos, pájaros, peces y “otras” (Revista Dinero, 2014). Tomando como referencia Bogotá, capital del país, por cada 10 habitantes hay un perro y por cada 50 personas hay un gato (Portafolio.co, 2014), no todos con hogar. Ante el aumento del número de mascotas en la sociedad nace la necesidad de estimar los gastos aproximados que tendría que asumir un propietario a la hora de adquirir una mascota y velar por su bienestar durante toda su vida. Entre los gastos que se deben considerar están los de alimentación, servicios médicos, belleza, responsabilidad civil y gastos exequiales. Se presume que el propietario de un perro gastaría al sumar esos ítems 120 millones de pesos (Portafolio.co, 2014).

Además de los costos económicos asociados a las mascotas, los propietarios deben pensar en el tiempo y cuidado que deben invertir en ellas. Se recomienda dedicar a la mascota al menos 45 minutos por día (Estévez, 2005). Sin embargo, mucha gente deja a sus mascotas solas durante gran parte del día debido a que no pueden abandonar sus responsabilidades cotidianas y tampoco todos los establecimientos permiten el ingreso de animales, siendo un problema especialmente cuando la persona desea salir a vacacionar (ESTILO DE VIDA, 2014).

En este libro se va a abordar la problemática con respecto al cuidado en la alimentación de las mascotas. Y en las secciones de este capítulo se presenta: el planteamiento del problema, donde se explica la importancia de nutrir adecuadamente a las mascotas; el objetivo general y los objetivos específicos del trabajo, escritos de manera secuencial para la implementación de la solución propuesta; en dicha propuesta se especifican los hitos del proyecto y al final se presenta una sección que explica la estructura del documento para el desarrollo del mismo.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, las familias tienen una mascota porque ésta representa una parte de cariño y compañía en el hogar. Pero tener este nuevo integrante, representa una responsabilidad para el núcleo familiar que implica el no descuidarlo y satisfacer sus necesidades básicas. Pero para los dueños de una mascota puede representar un serio inconveniente el que necesite ser muy ordenado, atento y cumplido con los horarios de alimentación de ella. Sin embargo en este mundo moderno, donde todos tienen responsabilidades diarias, no se puede estar todo el tiempo a su lado para asegurar que su alimentación sea adecuada.

La mala nutrición en las mascotas puede generar enfermedades que afectan su metabolismo y el desarrollo de sus huesos y órganos a una temprana edad. Entre los efectos de la mala nutrición se destacan los siguientes: obesidad, problemas cardiovasculares, respiratorios,

sudoración, deficiencia en el desarrollo óseo, pérdida de peso, anemia, aumento en la orina, diarrea, descalcificación ósea -sobre todo en la columna del perro-, crecimiento acelerado del animal -que provoque malformaciones en sus articulaciones-, alergias, problemas respiratorios, vómito, gastritis, entre otros. (Portafolio.co, 2014) (Pinedo, 2014)

Así que en cuestión de la nutrición se deben garantizar las siguientes condiciones: que se administre en las proporciones adecuadas, que se provea en horarios regulares y asegurarse que el alimento contenga los nutrientes necesarios para el correcto desarrollo del animal. Además el dueño debe asegurarse siempre que su mascota realmente consuma el alimento que se le provee.

Adquirir una mascota es una gran responsabilidad y se debe pensar muy bien antes de tomar esa decisión (Estévez, 2005). Es una criatura que demanda tiempo y atención. Por lo tanto el amo debe administrar adecuadamente sus recursos para brindarle los cuidados correctos a su mascota sin descuidar las responsabilidades de la vida diaria.

1.3. OBJETIVOS

La primera parte de los objetivos específicos consiste en la recopilación y procesamiento de la información, seguidamente, en la etapa dos se procede al diseño mecánico y electrónico del dispensador, luego en la etapa tres se abarca el desarrollo software y finalmente en la cuarta etapa se documentan los resultados de las pruebas de funcionamiento.

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar un dispensador de comida para mascotas que sea automático, programable y controlado remotamente.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Realizar el estado del arte relacionado con la construcción de dispensadores/dosificadores de comida para mascotas automáticos, programables y controlables de manera remota.
2. Realizar las especificaciones del sistema y diseñar la estructura mecánica y el control electrónico del dispensador automático.
3. Desarrollar el firmware del sistema y la aplicación de control/supervisión remota considerando las especificaciones de operación, programación y comunicación.
4. Implementar y realizar pruebas funcionales del firmware del sistema y la aplicación de control/supervisión remota.
5. Especificación y realización de un protocolo de pruebas del sistema.

1.4. SOLUCIÓN PROPUESTA



Figura 1-1. Diagrama General: Solución Propuesta

La alternativa de solución que se propone en este proyecto y que se va a consignar en este documento se describe en la figura 1-1 y es la de un prototipo de dispensador de comida, electrónico y automático que se pueda tener en el hogar.

La estructura mecánica del prototipo está concebida para dosificar especialmente alimento para perros y gatos de pequeño y mediano tamaño. Contará con un tanque o tolva que pueda almacenar la comida adecuadamente durante un período de tiempo determinado y así evitar la variación continua en los tipos de alimento que puede llegar a afectar la salud del animal.

El firmware, que va a controlar el prototipo, se va a diseñar de manera que el usuario pueda: 1) programar localmente el dispensador de manera que suministre a la mascota la comida en las cantidades y en los horarios más convenientes y 2) habilitar las diversas alarmas asociadas a los parámetros de funcionamiento del sistema dosificador. Igualmente de manera local se podrán supervisar dichos parámetros: nivel actual del tanque y cantidad de comida servida actualmente en el plato.

Además el usuario podrá monitorear y controlar el dispensador de manera remota. Las características de funcionamiento del dosificador se podrán programar desde un dispositivo móvil a través del servicio de mensajes de texto simples o SMS (Short Message Service). Y también recibirá mensajes de texto de notificación que le permitirán supervisar el funcionamiento del prototipo. El usuario podrá llevar a cabo esta comunicación a través de la interfaz de una aplicación desarrollada en Android.

En resumen se presentan a continuación los resultados esperados:

1. Un dispensador prototipo de comida para perros y gatos automático y programable de manera remota.
2. Una aplicación en un dispositivo móvil que permita monitorear y controlar de manera remota el dispensador prototipo.
3. Un manual de usuario que explique el modo de operación del dosificador.

1.5. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El contenido del libro se desarrolla por capítulos. En cada capítulo se documentan las actividades realizadas en cada fase del desarrollo del proyecto. En este capítulo se describió el contexto de la problemática y su solución.

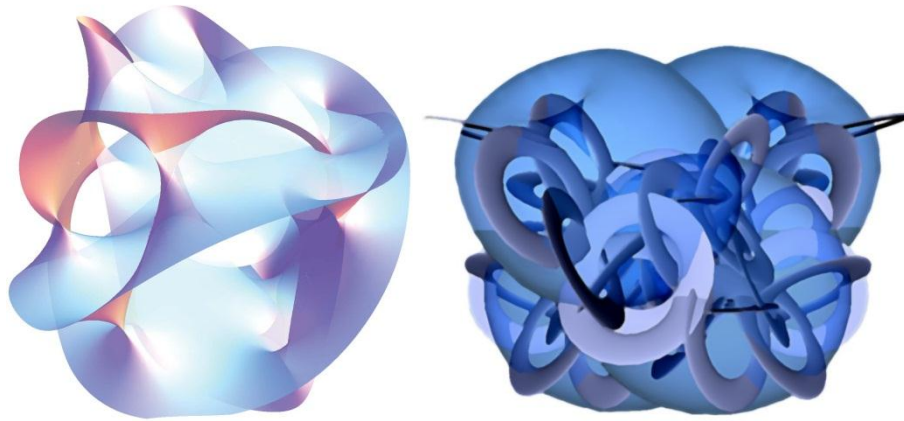
El capítulo dos abarca todo el contenido relacionado con el marco teórico, realizando la recopilación y el procesamiento de la información y se presenta el contenido que se considera útil para el proyecto.

En el capítulo tres se procede a la etapa del diseño del sistema dosificador. Los módulos de fabricación son: diseño mecánico y electrónico. Y los módulos de funcionamiento son: el firmware y la aplicación Android.

En el capítulo cuatro se especifica el protocolo que se va a utilizar para la realización de las pruebas de funcionamiento de todo el sistema dosificador acoplado y en el capítulo cinco se realizan las observaciones y conclusiones finales del proyecto.

En la sección de anexos se presenta el manual de usuario e información adicional correspondiente a los capítulos del libro.

2. CAPÍTULO II. ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO



2.1. INTRODUCCIÓN

En la construcción de dispensadores o dosificadores de alimentos para cualquier tipo de animal, se debe tener en cuenta aspectos determinantes como el tanque de almacenamiento y el sistema mecánico para el suministro de la comida. En la actualidad se han desarrollado varios trabajos y proyectos alrededor de esta temática en varias universidades en todo el mundo.

Como punto de partida se tienen presente las siguientes tesis: Diseño y construcción de un dosificador de Granos secos (Oviedo Navas, 2012), Diseño y construcción de un prototipo con Sistema SCADA aplicado al control del micro-clima y dosificación del producto almacenado en silos (Torres, 2012), Comedero Automatizado para Pollos de Engorde (Sarmiento & Vargas, 2014), Diseño, Modelamiento y Simulación de Máquina Dosificadora de Alimento Granulado para Animales (Pinto & Durán, 2006), Diseño Concurrente y Fabricación de un Dosificador Automático de Alimento para Mascotas (Consuegra M. & González D., 2011), Desarrollo de un sistema de Dosificación Automático de Alimento para Equinos (FRANCO, GALICIA, & OSTRIA, 2010), Intervención Remota a un espacio Domotizado para Mascotas (Isaza & Zapata, 2013).

Los trabajos mencionados anteriormente hacen énfasis en la explicación de las características de cada módulo que compone la estructura física de un dispensador. Aunque existe gran variedad de dosificadores de alimentos para todo tipo de animales domésticos y de campo, se deben tener en cuenta algunas recomendaciones generales, en su diseño y fabricación, en relación al tanque de almacenamiento y al sistema mecánico de dosificación que se vaya a escoger, de acuerdo a las necesidades específicas de cada situación. De igual manera dichos trabajos abordan el tema del diseño de los circuitos electrónicos y especifican los datos técnicos de algunos componentes.

En este capítulo se explican algunos conceptos citados de las tesis descritas anteriormente, haciendo énfasis en conceptos mecánicos de funcionamiento.

Las secciones en que se divide el capítulo son: estado del arte, donde se definen los conceptos más relevantes de las ramas del conocimiento que se involucran en el proyecto; características de fabricación, se presenta un resumen con las características de los comederos o dispensadores de comida para perros y gatos que se ofrecen en el mercado actualmente; el marco legal relacionado con los requerimientos para el almacenamiento, distribución, transporte y comercialización de alimentos; y al final del capítulo se realizan las observaciones finales que son las conclusiones obtenidas de la información registrada como punto de partida para la fabricación del dispensador prototipo.

2.2. MARCO TEÓRICO

Los conceptos que se deben manejar tanto para la fabricación como para el uso del dispensador automático se describen a lo largo de las siguientes subsecciones:

2.2.1. Dosificación de Alimento para Perros

La cantidad y la frecuencia en la comida varían dependiendo de las características de cada tipo de perro: edad, tamaño, actividades específicas, etc. En general un perro adulto, a partir

de los 8 a 12 meses, debe comer 2 o 3 veces al día, y en perros de gran tamaño hasta 4 (Estévez, 2005). Se debe buscar el tipo de comida que contenga los nutrientes necesarios para la raza de perro o gato que tiene. Se recomienda consultar al veterinario para conocer las necesidades específicas de cada mascota y recomendaciones particulares de cada caso.

En general se hacen las siguientes recomendaciones (Consuegra M. & González D., 2011):

- Utilizar las instrucciones del paquete alimenticio como un método práctico para determinar qué cantidad de comida debe ingerir cada perro. En general los fabricantes y distribuidores recomiendan las cantidades de acuerdo al peso de su mascota (Purina Dog Chow, 2015) y en la sección 6.2 de los anexos se muestra un resumen con las tablas de las dosis de recomendadas de las principales marcas de fabricantes de comida para perros en Colombia.
- La mascota debe disponer, en todo momento, de agua fresca colocada en un recipiente limpio. El organismo del perro necesita agua para todas sus funciones: digestión, excreción, transporte de alimentos, formación de tejido, y ayudar a regular la temperatura del cuerpo. En época de calor los perros que son alojados afuera deben tener agua fresca a su disposición durante todo el día. El agua debe cambiarse con tanta frecuencia como sea posible para mantenerla limpia y fresca.

2.2.2. Mecanismos de Dosificación

Los dosificadores son dispositivos utilizados para regular el despacho de un producto en las diferentes etapas de un proceso. Están compuestos por servomotores, motores eléctricos, electroimanes, cilindros neumáticos y/o reguladores electrónicos.

Existen diversas clases de dosificadores que se clasifican de acuerdo al modo de servicio y a la naturaleza de la sustancia a manipular. Y dentro de la categoría de dosificadores volumétricos de sólidos secos, existen al menos tres tipos de mecanismo de dosificación:

2.2.2.1. Dosificadores de Tornillo

Las figuras 2-1 y 2-2 representan esquemas sencillos de un dosificador, donde el elemento principal es un tornillo sin fin situado en la parte inferior de la tolva de alimentación y que libera un volumen determinado de producto en cada vuelta.

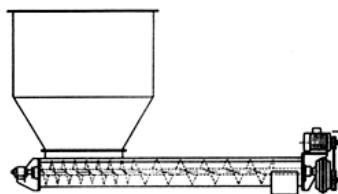


Figura 2-1. Mecanismo de Tornillo sin fin (a) (ALNICOLSA, 2014)

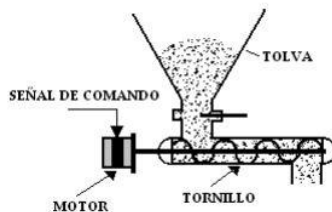


Figura 2-2. Mecanismo de Tornillo sin fin (b) (Torres, 2012)

El requerimiento en la dosificación de la sustancia es directamente proporcional a la velocidad del motor. A su vez la velocidad del motor es controlada mediante un sistema de reducción de velocidad, con engranes o bandas, o mediante un variador de velocidad. (Torres, 2012)

Este mecanismo puede estar en funcionamiento en el tiempo de manera continua o intermitente. Este es el más utilizado por su implementación simple y porque se adapta a la naturaleza de casi cualquier producto, pero no es el más preciso en la dosificación.

2.2.2.2. Dosificadores de compuerta Rotativa

Las figuras 2-3 y 2-4 representan esquemas sencillos de un dosificador, donde el elemento principal es la compuerta rotativa. La compuerta rotativa es de construcción simple y robusta, pero de menos precisión que el mecanismo de tornillo sin fin.



Figura 2-3. Mecanismo de Compuerta Rotativa(a) (Consuegra M. & González D., 2011)

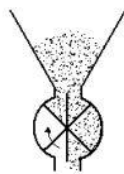


Figura 2-4. Mecanismo de Compuerta Rotativa (b) (Torres, 2012)

Con el movimiento de la compuerta se puede controlar el despacho del producto. Del mismo modo, la compuerta es accionada con un motor cuya velocidad debe ser controlada externamente. (Torres, 2012)

Posee características funcionales similares al mecanismo de tornillo sin fin. La precisión en la dosificación depende del tamaño de las poleas de las hélices de la compuerta. Su diseño mecánico es más simple y se reduce el contacto directo con el alimento.

2.2.2.3. Dosificadores de Banda o Tapiz Rodante

Las figuras 2-5 y 2-6 representan los esquemas de un dosificador de banda o tapiz rodante. El principio de funcionamiento está determinado por dos parámetros: la velocidad de la banda y el mecanismo de salida de la tolva.

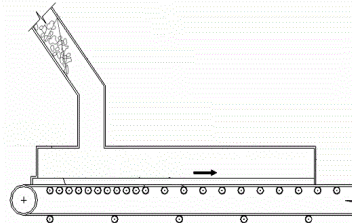


Figura 2-5. Mecanismo de Banda Rodante (a) (Ministerio del Medio Ambiente, 2000)

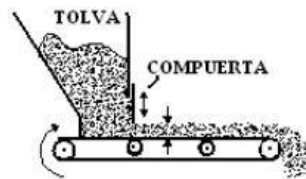


Figura 2-6. Mecanismo de Banda Rodante (b) (Torres, 2012)

Parámetro 1: Variación de la velocidad. Se realiza mediante el control de velocidad en un motor. Esto es, mediante un sistema de engranes o con un variador de velocidad electrónico.

Parámetro 2: Salida de la tolva. Modificando la cantidad de producto que pasa por la banda se puede controlar la dosificación del producto. Esto es mediante la regulación de la compuerta a la salida de la tolva. (Torres, 2012)

Este tipo de dosificador puede presentar inconvenientes con sólidos demasiado grandes ya que puede generar problemas de estancamiento.

2.2.3. Tanque de Almacenamiento

El alimento almacenado cae por gravedad al mecanismo de dosificación y este se debe adaptar a su tamaño, densidad y peso (Pinto & Durán, 2006). Pero más importante que la forma es el material de construcción. Los materiales más utilizados para la fabricación de contenedores de alimentos son: el plástico (Castillo, 2014), Poliestireno y acero inoxidable (Oviedo Navas, 2012), acrílico (Panacril, 2014), vidrio y cerámica (Madrid Salud, 2011), entre otros. A la hora de elegir el material para la construcción del tanque o tolva, se debe garantizar que sea resistente al peso que se quiere implementar y que cumpla con los requerimientos generales (Castillo, 2014) para los envases de almacenamiento de alimentos:

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

2.2.4. Comunicación GSM

GSM, o Sistema Global para las telecomunicaciones móviles es un sistema estándar completamente definido, usado para la comunicación entre teléfonos móviles basada en la tecnología digital. Lo que permite, al ser digital, que cualquier usuario pueda conectarse a través del teléfono a su PC personal, permitiéndole interactuar por *e-mail*, *fax*, *acceder a Internet*, y *un acceso seguro a redes LAN o Intranet*. También existe la posibilidad de envío de texto corto entre terminales (SMS). Es considerado un estándar de segunda generación (2G) debido a su velocidad y características, es el estándar más extendido del mundo, el 82% de los terminales mundiales lo usa, 3.000 millones de usuarios en 212 países distintos, predominando en Europa, Asia, América del Sur y Oceanía, y con una gran extensión en Norteamérica (ingeniatric, 2011).

2.2.5. Tecnología GPRS

El estándar GPRS (General Packet Radio Service) es una evolución del estándar GSM y es por eso que en algunos casos se denomina GSM++ (o GSM 2+). Dado que es un estándar de telefonía de segunda generación que permite una transición hacia la tercera generación (3G), el estándar GPRS por lo general se clasifica como 2.5G.

GPRS extiende la arquitectura del estándar GSM para permitir la transferencia de datos del paquete con una tasa de datos teóricos de alrededor de 171,2 Kbits/s (hasta 114 Kbits/s en la práctica). Gracias a su modo de transferencia en paquetes, las transmisiones de datos sólo usan la red cuando es necesario. Por lo tanto, el estándar GPRS permite que el usuario reciba facturas por volumen de datos en lugar de la duración de la conexión, lo que significa especialmente que el usuario puede permanecer conectado sin costo adicional.

Para el transporte de voz, el estándar GPRS emplea la arquitectura de red GSM y provee acceso a la red de datos (especialmente Internet) por medio del protocolo IP o del protocolo X.25. GPRS admite características nuevas que no están disponibles en el estándar GSM y que se pueden clasificar en los siguientes tipos de servicios:

- Servicio de punto a punto (PTP): es la capacidad de conectarse en modo cliente-servidor a un equipo en una red IP.
- Servicio de punto a multipunto (PTMP): constituye la capacidad de enviar paquetes a un grupo de destinatarios (Multidifusión).
- Servicio de mensajes cortos (SMS).

La tecnología GSM/GPRS es la que se va a utilizar para la comunicación remota entre el usuario y el dispensador, a través de la aplicación Android del dispositivo móvil y un módulo GPRS que se comunica a través del puerto serial con el controlador del sistema dosificador.

2.2.6. Ingeniería de Software

La Ingeniería del Software es el estudio de los principios y metodologías para el desarrollo y mantenimiento de sistemas de software. La Ingeniería del Software consiste en la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación

(funcionamiento) y mantenimiento del software; es decir, la aplicación de ingeniería al software (IEEE, 1993).

La definición de IEEE describe la ingeniería del software como un enfoque sistemático cubriendo los aspectos del desarrollo, operación y mantenimiento. Este enfoque es disciplinado y cuantificable.

La ingeniería de software requiere llevar a cabo etapas como las siguientes (INTECO, 2009):

Análisis de requisitos: Extraer los requisitos de un producto software es la primera etapa para crearlo. Mientras que los clientes piensan que ellos saben lo que el software tiene que hacer, se requiere habilidad y experiencia en la ingeniería del software para reconocer requisitos incompletos, ambiguos o contradictorios. El resultado del análisis de requisitos con el cliente se plasma en el documento Especificación de Requisitos. Asimismo, se define un diagrama de entidad/relación, en el que se plasman las principales entidades que participarán en el desarrollo de software. La captura, análisis y especificación de requisitos (incluso pruebas de ellos), es una parte crucial; de esta etapa depende en gran medida el logro de los objetivos finales.

Especificación: Es la tarea de escribir detalladamente el software a ser desarrollado, en una forma matemáticamente rigurosa.

Diseño y arquitectura: Se refiere a determinar cómo funcionará el software de forma general sin entrar en detalles. Consisten en incorporar consideraciones de la implementación tecnológica, como el hardware, la red, etc. Se definen los casos de uso para cubrir las funciones que realizará el sistema, y se transformarán las entidades definidas en el análisis de requisitos en clases de diseño, obteniendo un modelo cercano a la programación orientada a objetos.

Programación: Reducir un diseño a código puede ser la parte más obvia del trabajo de ingeniería del software, pero no necesariamente es la que demanda mayor trabajo ni la más complicada. La complejidad y la duración de esta etapa está íntimamente relacionada al o a los lenguajes de programación utilizados, así como al diseño previamente realizado.

Prueba: Consiste en comprobar que el software realice correctamente las tareas indicadas en la especificación del problema. Una técnica de prueba es probar por separado cada módulo del software y luego probarlo de forma integral, para así llegar al objetivo.

Mantenimiento: Mantener y mejorar el software para solventar errores descubiertos y tratar con nuevos requisitos.




2.3. ESTADO DEL ARTE: CARACTERÍSTICAS DE FABRICACIÓN COMERCIALES





En la actualidad existen, a nivel comercial, diversos tipos de dispensadores de comida para perros y gatos. A continuación, en la tabla 2-1 se presentan diez (10) tipos de dispensadores de comida y de agua para perros, llamados también comederos para mascotas. Estos comederos son de diferentes fabricantes y sus diseños son los que más se pueden encontrar en el mercado actualmente. Ofrecen diversas alternativas de diseño y funcionamiento dependiendo de la necesidad de cada mascota y del gusto de los usuarios.





Se analizan las características generales de cada uno de ellos para determinar si, comercialmente, existe algún modelo de dispensador con las características que se van a plantear en el presente trabajo.

Las características de los comederos que se tienen en cuenta para el análisis son: tipo de comida que pueden almacenar, nivel de automatización, razas que puede atender, mecanismo de dosificación, sensor de cantidad, capacidad máxima de almacenamiento, conectividad y fuente de alimentación.

Tabla 2-1. Dispensadores comerciales más comunes y sus características

Dispositivo comercial	Tipo Comida	Nivel Automatización	Razas	Mecanismo	Sensor de cantidad	Capacidad Almacenamiento	Conectividad	Fuente Alimentación
 (PET-MARK, 2014)	Agua	No programable	Todas	Por presión atmosférica	No aplica	2 Litros	No	No aplica
 (AM-MASCOTAS, 2014a)	Agua	No programable	Todas	Gravedad	No aplica	3.3 Litros	No	No aplica
 (AM-MASCOTAS, 2014b)	Agua	No programable	Todas	Botella Inclinación manual	No aplica	500 mL	No	No aplica

Dispositivo comercial	Tipo Comida	Nivel Automatización	Razas	Mecanismo	Sensor de cantidad	Capacidad Almacenamiento	Conectividad	Fuente Alimentación
 (Petmate, 2014b)	Sólida seca	No programable	Todas	Por gravedad	No aplica	1Kg	No	No aplica
 (AM-MASCOTAS, 2014d)	Sólida seca	No programable	Todas	Compuerta Manual	No aplica	2Kg	No	No aplica
 (Petmate, 2014a)	Sólida seca	Volumen/Desde 1/4 hasta 2 tazas. Tiempo/3 horarios por día. Pantalla LCD	Todas	Compuerta por Motor	No	2.25Kg a 4.5Kg	No	3 Pilas alcalinas D / 6 meses
 (Petmate, 2014c)	Sólida seca	No programable	Todas	Compuerta Rotativa Manual	No aplica	5 Kg	No	No aplica

Dispositivo comercial	Tipo Comida	Nivel Automatización	Razas	Mecanismo	Sensor de cantidad	Capacidad Almacenamiento	Conectividad	Fuente Alimentación
 (AM-MASCOTAS, 2014c)	Sólida Seca y Húmeda	No programable	Todas	Porciones Divididas	No aplica	4Kg	No	No aplica
 (PetSafe, 2014a)	Sólida Seca y Húmeda	Tiempo/Hasta 48 Horas	Todas	2 Platos. Tapar/Destapar	No	340mL x 2	No	Batería AA /12 meses
 (TRIXIE, 2014)	Sólida Seca y Húmeda	Tiempo/Hasta 4 días x horas. Pantalla LCD	Pequeñas	Plato con tapa rodante	No	4 porciones de 400mL	No	4 Pilas alcalinas C / 1 año
 (PetSafe, 2014b)	Agua y Sólida Seca y Húmeda	Tiempo/5 horarios por día. Pantalla LCD	Todas	Plato Rodante con tapa Fija	No	5 porciones de 230g	No	4 Pilas alcalinas D

Se realiza el análisis de la tabla 2-1 y con base en eso se plantean en el capítulo siguiente las características físicas y los requerimientos de funcionamiento del dispensador. La concepción de dicho sistema dosificador debe ser innovadora y que pueda contar con diversos modos de operación que difieran de los comederos comerciales actuales.

1. Los comederos son fabricados para suministrar agua, alimento sólido en "croquetas" y alimentos húmedos. Pueden ser empleados tanto para perros como para gatos.
2. Los dispensadores se pueden clasificar en tres clases: sencillos, mecánicos y automáticos:
 - 2.1 En los *comederos sencillos* el amo deja servido la cantidad de alimento que prefiera y espera que su mascota se acerque para comer en cualquier momento. No hay ningún tipo de control de realimentación ni dosificación.
 - 2.2 Los *comederos mecánicos* están compuestos solamente por sistemas mecánicos que permiten suministrar el alimento de manera continua en la medida que el perro lo vaya consumiendo.
 - 2.3 Son *comederos automáticos* aquellos que ofrecen la opción de proveer una porción específica de alimento en los horarios escogidos por el usuario. Manejan intervalos de tiempo limitados, máximo hasta 4 días, con algunas restricciones.
3. Los dosificadores, en general, no especifican las razas de perros apropiadas para cada uno. El usuario, conociendo de antemano las características de la mascota, escoge las porciones adecuadas en el dispensador que mejor se ajuste a su necesidad.
4. El mecanismo de dosificación, para agua y comida, más común es por gravedad, con diversas formas de apertura para el suministro de comida. El sistema de apertura que permite realizar un mejor control son aquellos que restringen la salida de alimento.
5. Ninguno de los dosificadores realiza un control electrónico sobre la cantidad de alimento suministrado.
6. La mayoría de los dispensadores almacenan el agua y la comida en tolvas de plástico. La cantidad máxima de agua que se puede almacenar es 3.3 Litros. La mayor cantidad de alimento que se puede almacenar es de 5Kg.
7. La automatización de los dispensadores es relativamente sencilla y no presentan ningún tipo de control. Solo se pueden programar localmente y no de manera remota. Es decir no hay conectividad.
8. Los dosificadores o dispensadores que no son meramente mecánicos funcionan con baterías de DC.

El trabajo está enmarcado en una combinación de las clases de comedero mecánico y automático. Con un sistema dosificador mecánico fabricado con base en una banda transportadora que suministra el alimento que cae por efecto de la gravedad y que permita realizar un control en la cantidad de alimento que se suministra. Además se añade la opción de la conectividad, esto es la comunicación remota del usuario con el dispensador a través de mensajes de texto.

2.4. MARCO LEGAL

Para el almacenamiento de alimentos, en este caso de comida para perros y gatos, el acrílico cumple con los requisitos que se reglamentan en el Régimen Legal de Bogotá en el decreto 3075 de 1997 Nivel Nacional (Alcaldía de Bogotá, 1991) en relación con las operaciones y condiciones de almacenamiento, distribución, transporte y comercialización.

Se debe evitar: la contaminación y alteración del alimento; la proliferación de microorganismos indeseables en él; y el deterioro o daño del envase o embalaje (ibíd. Capítulo VIII, Artículo 30). Y para las operaciones de almacenamientos, los fabricantes de comida para perros deberán cumplir también con las siguientes condiciones (ibíd. Capítulo VIII, Artículo 31):

- ✓ El almacenamiento de los insumos y productos terminados se realizará de manera que se minimice su deterioro y se eviten aquellas condiciones que puedan afectar la higiene, funcionalidad e integridad de los mismos. Además se deberán identificar claramente para conocer su procedencia, calidad y tiempo de vida.

- ✓ En los sitios o lugares destinados al almacenamiento de materias primas, envases y productos terminados no podrán realizarse actividades diferentes a estas.
- ✓ El almacenamiento de los alimentos devueltos a la empresa por fecha de vencimiento caducidad deberá realizarse en un área o depósito exclusivo para tal fin; se llevará un libro de registro en el cual consigne la fecha y la cantidad de producto devuelto, las salidas parciales y su destino final. Estos registros estarán a disposición de la autoridad sanitaria competente.

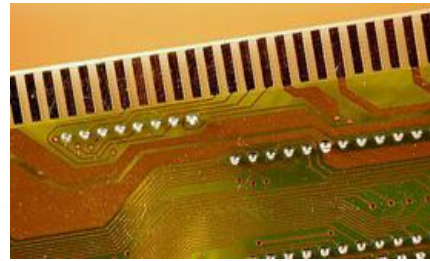
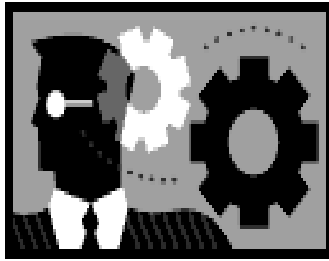
2.5. OBSERVACIONES FINALES

La concepción del sistema del prototipo dispensador debe ser innovadora y que pueda contar con modos de operación que difieran de los comederos comerciales actuales.

La comunicación remota aplica los principios establecidos en la tecnología GSM/GPRS y le permite al usuario controlar y supervisar el comedero. De esta manera se le ofrece al usuario opciones con las que los demás dispensadores no cuentan.

Los principios para el desarrollo de software se deben implementar tanto para la aplicación remota como para el firmware que va a controlar el sistema.

3. CAPÍTULO III. DISEÑO DEL DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE COMIDA PARA MASCOTAS



3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se documenta las fases de diseño de: la estructura mecánica (sección 3.3), los circuitos electrónicos (sección 3.4), el firmware (sección 3.5) y la aplicación Android (sección 3.6) para el dispositivo móvil; que son los módulos requeridos para el desarrollo del prototipo dispensador que se va a llamar "Feed Your Pet". Para hacer referencia a este prototipo, más adelante en este libro, se van a utilizar las siglas "FYP".

En la parte mecánica, se definen la capacidad nominal del tanque o tolva de almacenamiento del alimento, el sistema de dosificación mecánico y la ingeniería de detalle de la estructura. En la parte electrónica, se definen los componentes y diseños esquemáticos de la estructura general del hardware con sus módulos de sensores, actuadores y de comunicación. Para la parte del firmware y de la aplicación para el dispositivo móvil se desarrollan todas las etapas de la ingeniería de software y se definen la plataforma y los protocolos de comunicación que se va a implementar.

De manera general se van a describir los módulos que se van a diseñar, para explicar el funcionamiento general del FYP (sección 3.2) y al final del capítulo se redactan las conclusiones sobre el diseño y funcionamiento de los módulos por separado.

3.2. DIAGRAMA GENERAL

A continuación se presenta el diagrama general del dispensador FYP, en la figura 3-1, y se procede con la descripción de la secuencia del funcionamiento del sistema completo.



Figura 3-1. Diagrama General FYP

El usuario interactúa de manera remota con el FYP a través de una aplicación en un dispositivo móvil con sistema operativo Android. La App envía un SMS (mensaje de texto corto) con un formato determinado, dependiendo de la opción seleccionada por el usuario y llega al dispensador a través de un módulo GPRS.

El núcleo del sistema procesa la información ingresada, tanto local como remotamente, y responde por medio de un SMS a la App y/o se activan las salidas de los circuitos de control dependiendo la opción que haya escogido el usuario. Los circuitos electrónicos están acoplados a las estructuras mecánicas: motores, alarmas y tolva de almacenamiento. Esto conforma el firmware del sistema.

El mecanismo dosificador se activa para servir la comida al perro y se activa el circuito de alarmas para llamar al perro una vez se haya servido la cantidad especificada por el usuario. En cualquier momento se pueden supervisar las variables de operación que son: nivel de almacenamiento en el tanque y cantidad de comida servida en el plato.

En las siguientes secciones de este capítulo se van a describir estas etapas y los requerimientos para el modo de operación escritos en dichas secciones se formularon con base en las conclusiones obtenidas de la tabla 2-1, para hacer del comedero FYP un prototipo innovador que pueda ofrecer al usuario alternativas de funcionamientos diferentes y más amigables que las que presentan los dispositivos dispensadores de comida para perros en la actualidad.

3.3. DISEÑO MECÁNICO DEL SISTEMA DOSIFICADOR

En las siguientes subsecciones se desarrolla el diseño mecánico dividido en tres partes: especificación de los requerimientos básicos, descripción de las piezas que componen la estructura física y descripción de las características del material de fabricación.

3.3.1. Requerimientos Mecánicos Preliminares

Se definen los requerimientos de diseño que debe cumplir el prototipo FYP en la parte mecánica:

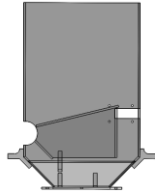
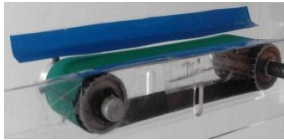
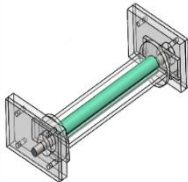
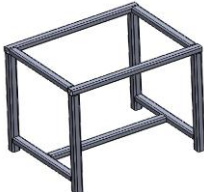
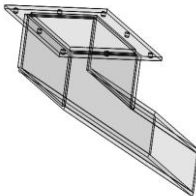
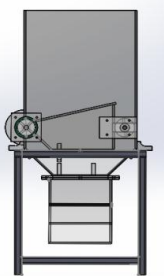
1. Dosificar comida seca para perros en forma de “croquetas”. Ya que, de las personas que tienen mascotas en Colombia, el 80% prefieren los perros. (Revista Dinero, 2014)
2. En general, todas las razas de perros se pueden beneficiar del comedero. Cada usuario conoce de antemano las características y necesidades de sus mascotas y con base en eso programa la dosis necesaria. Se recomiendan las dosis que presentan los fabricantes de comida para perros. (Ver Anexos, sección 6.2) (Ver sección 2.2.1)
3. El mecanismo de dispensación funciona con base en una banda transportadora accionada por un motor DC acoplado a una caja reductora que aumenta su fuerza mecánica; en la sección 3.4 del presente capítulo se ampliará más sobre el tema relacionado al funcionamiento del motor. De los mecanismos de dosificación, el de la banda permite ajustar la precisión para dosificar las porciones servidas mediante un sistema de engranes (Consuegra M. & González D., 2011). Además su implementación es sencilla y no tiene problema de estancamiento debido a que las croquetas del alimento para mascotas nos son sólidos demasiado grandes. Y para garantizar que el alimento llegue a la salida de la estructura y caiga por gravedad, se debe activar en simultáneo un vibrador ubicado en la base de la tolva contenedora.
4. El alimento está contenido en una tolva fabricada con acrílico transparente (ver sección 3.3.3) para poder determinar de forma visual el nivel del tanque; con capacidad de almacenar aproximadamente 8 Kg de comida. El alimento cae por gravedad y es dosificado mediante el mecanismo descrito en el *numeral 3*. En promedio un perro de tamaño mediano en edad adulta consume 1.2Kg por semana (unos 170g diarios) (Remenyi, 2014), esto significa que la mascota tendrá comida durante casi 7 semanas aproximadamente. Se recomienda leer el *numeral 2* para ampliar la información con respecto a las dosis que se deben suministrar a las mascotas.
5. Debe contar con un mecanismo alterno en el mismo sistema que permita suministrar el alimento en forma manual.

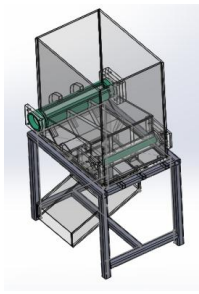
3.3.2. Estructura Física

En la tabla 3-1 se presenta el plano de las partes mecánicas que conforman el dispensador con sus características más relevantes: material de construcción, breve descripción de funcionamiento y las dimensiones.

Cada pieza se acopla para la construcción de la estructura final que va a darle forma al comedero automático FYP. En el *Anexo 6.2* se presenta el diagrama de las piezas con ingeniería de detalle.

Tabla 3-1. Diseño Mecánico: Piezas del Dispensador

Pieza	Material de Construcción	Descripción	Dimensiones
 <p>Tolva</p>	Acrílico	Está constituida fundamentalmente por 4 placas de acrílico de 5 mm de espesor	Alto: 417 [mm] Ancho: 330 [mm] Profundidad: 215[mm]
 <p>Banda Transportadora</p>	Caucho	Mecanismo de regulación del paso del alimento de la tolva a la zona de depósito. El sistema está acoplado al tren motriz movido por el motor DC y la caja reductora	Diámetro: 1.18" [in] (30mm) Longitud: 130 [mm] Ancho: 35 [mm]
 <p>Compuerta Manual</p>	Aluminio	Formado por un par de placas fijas a un eje roscado el cual se hace girar a través una manivela.	Longitud: 245 [mm]
 <p>Soporte</p>	Acero A36 o Balzo	Estructura construida con un tubo de 3/4" in sobre la cual va suspendido el conjunto de piezas acrílicas	Alto: 330 [mm] Ancho: 350 [mm] Profundidad: 265[mm]
 <p>Vertedero</p>	Acrílico	Canaliza el alimento dosificado por las compuertas al plato de la mascota	Alto: 186 [mm] Ancho: 207 [mm] Profundidad: 168 [mm]
 <p>Vista Frontal</p>	Dispositivo en Acrílico Base en acero inoxidable o balzo	Estructura mecánica compuesta por las piezas descritas. Vista frontal del dispensador completo	Alto: 747 [mm] Ancho: 350 [mm] Profundidad: 265[mm]

 <p>Vista Isométrica</p>	<p>Dispositivo en Acrílico</p> <p>Base en acero inoxidable o balzo</p>	<p>Estructura mecánica compuesta por las piezas descritas.</p> <p>Vista isométrica del dispensador completo</p>	<p>Alto: 747 [mm]</p> <p>Ancho: 350 [mm]</p> <p>Profundidad: 265[mm]</p>
---	--	---	--

3.3.3. Material de Fabricación: El Acrílico

En su mayoría las piezas se van a construir con acrílico, debido a que este material cumple con los requerimientos para el almacenamiento de alimentos. A continuación se mencionan sus propiedades más importantes (Panacril, 2014):

Fácil de Trabajar: Es un material noble, fácil de trabajar, moldeable por calentamiento y es de peso liviano, solo la mitad del peso del vidrio y 43% del peso del aluminio.

Resistencia a la intemperie: El acrílico puede ser expuesto a la lluvia y luz solar sin perder sus propiedades físicas ya que cuenta con excelente tolerancia a los rigores de la intemperie y la radiación ultra violeta.

Claridad: Se mantiene claro con el tiempo a diferencia del policarbonato o los acetatos que se tornan amarillos y además posee una transparencia 5% mayor que el vidrio común. Además el acrílico es un excelente transmisor de luz, su transmisión luminosa es de 92%.

Buena Resistencia al impacto: Es un material mucho mas regido que los plásticos comunes y su resistencia al impacto le ofrece la seguridad que no le da el vidrio.

Propiedad aislante: El acrílico tiene la particularidad de aislar el calor y el ruido. Una lámina acrílica de ¼" de espesor puede aislar el ruido tanto como una pared de concreto.

Reciclable: El acrílico puede colocarse en cualquier lugar ya que es muy duradero, puede ser convertido nuevamente en materia prima aunque presente menor calidad.

Adicionalmente, el Acrílico compite también en cuanto a aplicaciones con otros plásticos como el policarbonato (PC) o el Poliestireno (PS), pero indudablemente el acrílico en cuanto a resistencia a la intemperie, transparencia y resistencia al rayado, es el mejor de los plásticos transparentes (*Para ver la comparación entre el acrílico y el vidrio ver Anexos, sección 6.4*).

3.4. DISEÑO ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DOSIFICADOR

En las siguientes subsecciones se desarrolla el diseño electrónico dividido en cuatro módulos: controlador, sensores, actuadores y comunicación GPRS.

3.4.1. Estructura General del Hardware

La figura 3-2 presenta el esquema general del hardware del dispensador FYP. En el diagrama de bloques se pueden visualizar los cuatro módulos que componen el control electrónico del sistema dosificador.

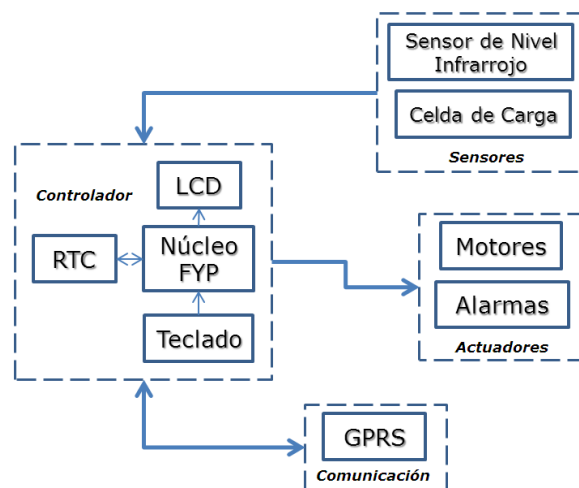


Figura 3-2. Esquema General del Hardware

El controlador contiene el núcleo del FYP que es el encargado de manejar la interfaz local de usuario con los periféricos asociados a ella, pantalla LCD, reloj en tiempo real (RTC) y teclado; procesar la información local, proveniente de los sensores y los actuadores, y los datos remotos provenientes del módulo de comunicación GPRS. El módulo de sensores está conformado por: ocho pares de sensores infrarrojos que van a estar ubicados dentro de la tolva de almacenamiento para determinar el nivel de la comida y por una celda de carga que va a estar ubicada debajo del plato en el que se sirve la comida a la mascota para monitorear la cantidad de comida, en gramos, dosificada en cualquier momento. Los actuadores son: dos motores DC, uno acoplado al sistema dosificador de la banda transportadora y otro un moto-vibrador que permitirá zarandear la base de la tova para evitar que la comida quede estancada; y el otro actuador son las alarmas del sistema que van a dar aviso de dos acontecimientos: cuando el nivel del tanque disminuya de un umbral determinado y cuando la comida este servida en la cantidad y en el horario establecidos por el usuario. El módulo de comunicación usa la tecnología GSM/GPRS para transmitir mensajes de texto entre la aplicación móvil y el dispensador.

A continuación se definen los requerimientos preliminares de diseño que debe cumplir el prototipo FYP en la parte electrónica:

1. Visualizar los parámetros de funcionamiento principales del sistema: nivel del contenedor y peso dosificado. El nivel del tanque debe ser sensado por medio de barreras infrarrojas (CIRCUITOS ELECTRONICOS, 2014), debido a la sencilla implementación tanto del circuito de control como de su ubicación dentro del dispensador. Las porciones dispensadas se pueden supervisar y verificar mediante una celda de carga, ubicada debajo del plato donde cae el alimento, con capacidad por fabricación de soportar hasta 5Kg. Esta celda es comercial y además se puede encontrar en la mayoría de las balanzas digitales del mercado actual (APINGER, 2014).
2. El circuito de control del dosificador se conecta a un módulo GPRS (Kioskea, 2015) que se puede controlar por medio de comandos AT, especiales para la comunicación GSM (ingeniatric, 2011), enviados de manera serial. El módulo GPRS permite realizar una comunicación remota con el usuario por medio del servicio de mensajes de texto cortos, SMS, para teléfonos móviles.
3. La fuente de poder del comedero dosificador es un adaptador de 12 Vdc que se conecta a la línea de energía de la red eléctrica (120Vac / 60 Hz). En caso de que se interrumpa el fluido de la red eléctrica, el dispensador cuenta con un mecanismo que permite suministrar el alimento de forma manual.
4. Cuenta con dos alarmas locales relacionadas a los parámetros descritos en el numeral 1.

3.4.2. Módulo de Control FYP

Está compuesto por un reloj de tiempo real (*Real Time Clock, RTC*), un teclado matricial 4x4, una pantalla LCD de 2x16 caracteres y el núcleo del sistema que contiene el firmware. El núcleo de procesamiento es un microcontrolador ATmega 644 (ATmel, 2012).

En la estructura del software el framework que se empleó fue el del modelo FreeRTOS en el sistema embebido del microcontrolador. FreeRTOS es un micro kernel de tiempo real que permite ejecutar las diferentes tareas del firmware en paralelo; las tareas se van a definir en detalle en la sección 3.5.3 de este capítulo.

La descripción de las características técnicas principales de los componentes electrónicos de este módulo se encuentra en los anexos, sección 6.5. Las referencias de los componentes principales se escriben a continuación:

- Microcontrolador ATmega 644 (ATmel, 2012).
- Pantalla LCD 2x16 HD44780U (HITACHI, 2012).
- El RTC es un circuito integrado DS1307 (DALLAS Semiconductor, 2015).
- Teclado matricial 4x4

La figura 3-3 muestra el diagrama esquemático del circuito correspondiente al módulo de control del FYP.

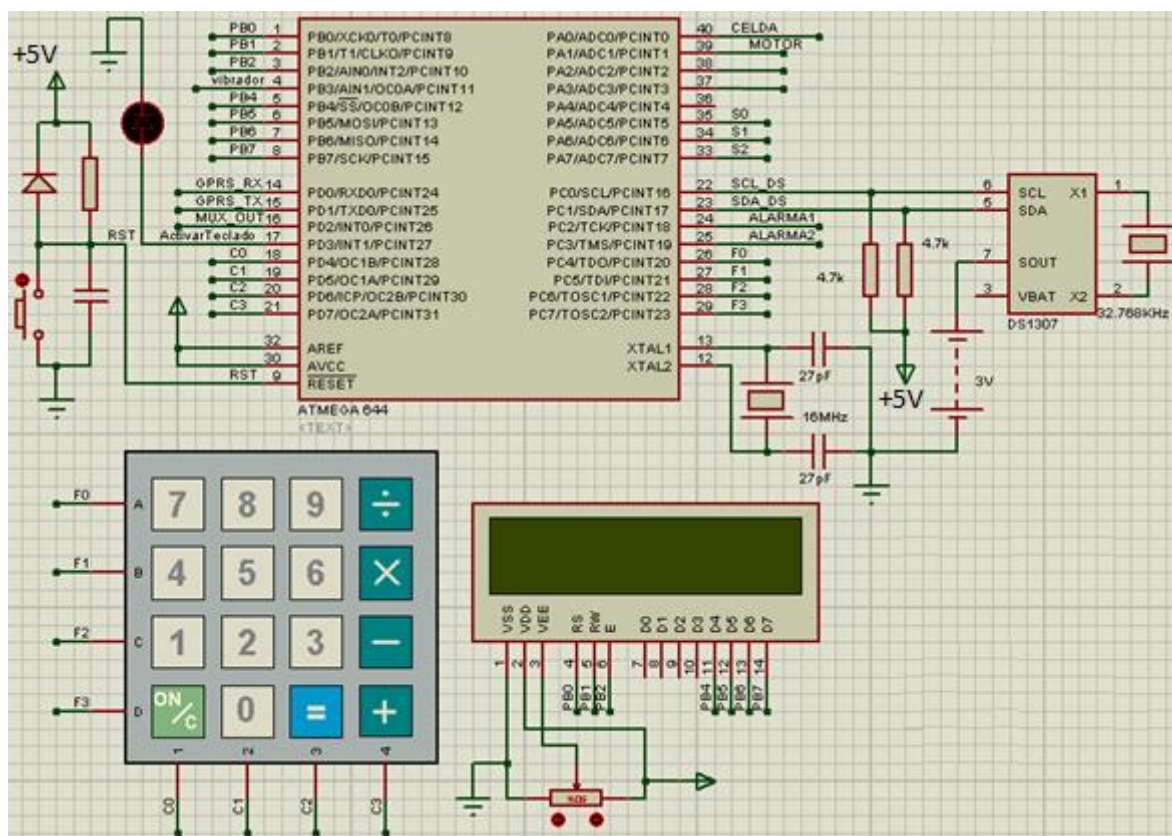


Figura 3-3. Circuito Controlador FYP

El microcontrolador como CPU o núcleo del sistema dosificador tiene conexión con todos los módulos del hardware en sus puertos de entrada y salida y opera a una velocidad de 16MHz. El circuito del controlador está alimentado a 5Vdc.

Por medio del teclado el usuario puede interactuar localmente con el dispensador a través de la interfaz que se proyecta en la pantalla LCD. El potenciómetro conectado a la LCD sirve para ajustar el contraste. La comunicación con el RTC es bidireccional a través de un bus de dos hilos, que permite al usuario obtener y/o ajustar la hora del sistema.

El pin PD3 es la señal de realimentación de la interfaz hombre-máquina y se activa cada vez que el usuario presione alguno de los botones del teclado y sea leído por el microcontrolador.

3.4.3. Módulo de Sensores

Las variables que necesitan ser controladas principalmente son: nivel actual del tanque contenedor y cantidad de comida servida. A continuación en la figura 3-4 se muestra el circuito para el control del nivel.

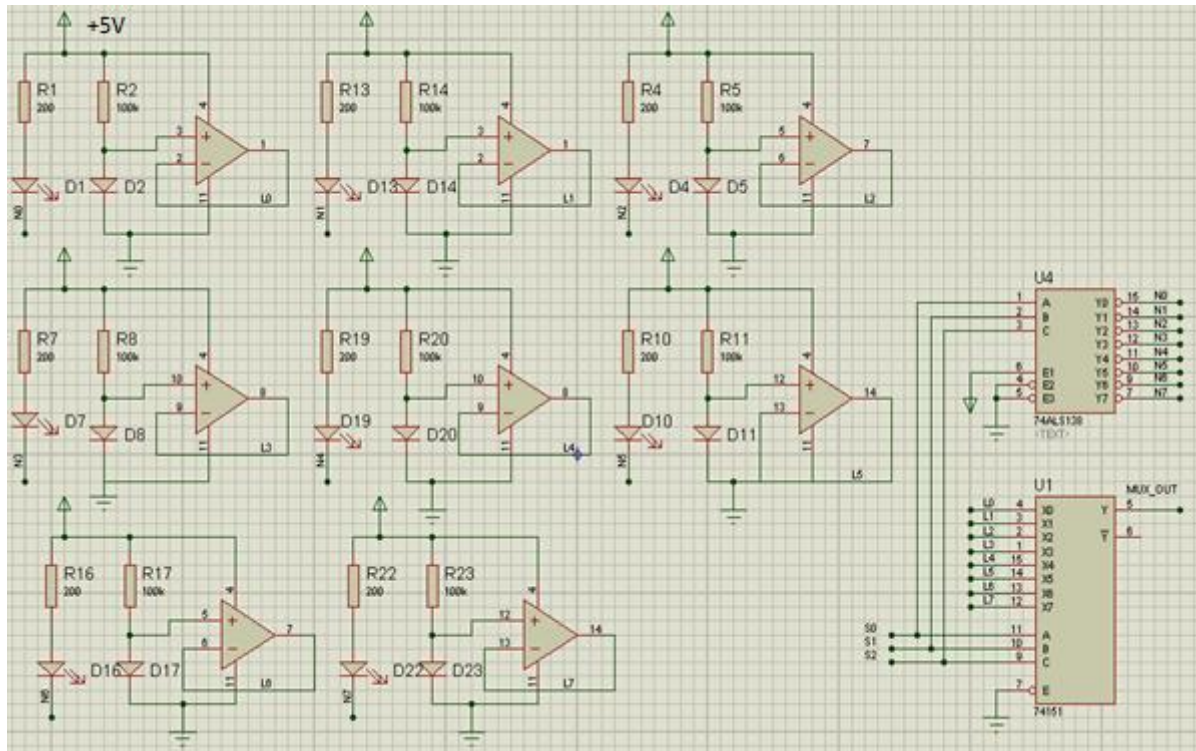


Figura 3-4. Circuito para sensar el Nivel de la Tolva

Para supervisar el nivel se utilizan 8 pares de sensores infrarrojos. Cada par, emisor-receptor, se va a colocar a una altura determinada. Cuando el alimento interrumpe la barrera infrarroja la señal de salida del multiplexor 74LS151 envía un cero o nivel bajo al microcontrolador al pin PD2. Las señales S0, S1 y S2 están conectadas a los pines PA5, PA6 y PA7 respectivamente. El 74LS138 es un decodificador 3/8 que permite encender los diodos emisores solo en el momento en que el programa del microcontrolador o firmware del sistema active su nivel correspondiente durante un tiempo y registre la lectura de cada señal.

El módulo de los sensores infrarrojos está conectado a una fuente de 5Vdc con la misma referencia de 0V del módulo del controlador. La descripción de las características técnicas de los componentes de este módulo se encuentra en los anexos, sección 6.5. Las referencias son:

- Amplificador Operacional LM324 (ComponentsIndia.com, 2015).
- Sensores infrarrojos (CIRCUITOS ELECTRONICOS, 2014).
- Multiplexor 74xx151 (Texas Instruments, 1972).
- Decodificador 74xx138 (FAIRCHILD SEMICONDUCTOR, 2000).

La figura 3-5 muestra el esquema del circuito para sensar el peso del alimento servido en el plato. La descripción de las características técnicas principales de los componentes electrónicos de este módulo se encuentra en los anexos, sección 6.5. Las referencias de los componentes principales se escriben a continuación:

- Celda de carga (APINGER, 2014).
- Amplificador de instrumentación INA128 (Texas Instruments, 2005).

La celda es alimentada con una fuente de +5 Vdc referenciados al mismo nodo de 0V del controlador. La salida se conecta al amplificador de instrumentación que tiene configurada una ganancia aproximada de 1000. La fórmula para calcular la ganancia se encuentra en la hoja de datos referenciada en la sección de anexos. La resistencia R_G que determina el valor de la ganancia se ajusta en $47\Omega \pm 5\%$.

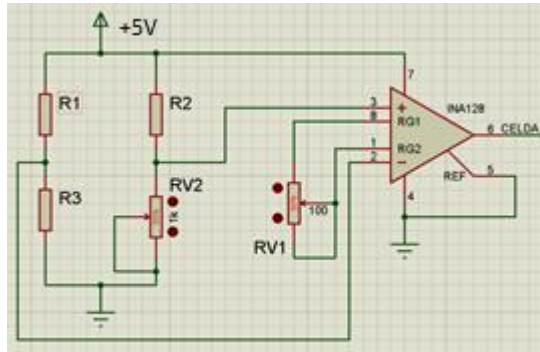


Figura 3-5. Circuito de la Celda de Carga

La salida del amplificador se identifica con el nombre "CELDA" y se conecta al pin PA0 que es el canal cero del ADC del microcontrolador.

3.4.4. Módulo de Actuadores

El módulo de los actuadores está conformado por los motores y las alarmas. Las figuras 3-6 y 3-7 muestran los circuitos de control para el motor DC y para el moto-vibrador, respectivamente.

El motor DC se conecta a una fuente de poder de +12 Vdc. La señal de control "MOTOR", está conectada al pin PA1 del microcontrolador. La señal es activada por el firmware cuando se cumpla el horario programado y permite la activación del motor para dosificar la comida ya que está acoplado a la banda transportadora mediante un juego de engranes o piñones llamado caja reductora.

El motor se detiene en el momento en que se haya servido en el plato la cantidad de comida especificada por el usuario en la programación local o remota del dispensador.

La descripción de las características técnicas principales de los componentes electrónicos de este módulo se encuentra en los anexos, sección 6.5. Las referencias de los componentes principales se escriben a continuación:

- Motor DC de referencia CJC RC 380 motor (CJC Electric, 2015).
- Transistores en conexión Darlington TIP 110 (FAIRCHILD SEMICONDUCTOR, 2008).
- Diodos semiconductores 1N4104

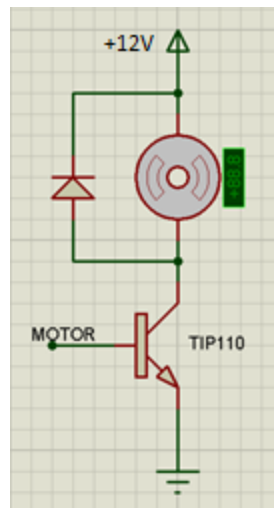


Figura 3-6. Circuito del Motor DC CJC RC 380

El moto-vibrador es un motor DC que puede estar conectado a +5 o +12 Vdc dependiendo de la fuerza de las vibraciones. La señal del microcontrolador que permite su activación está conectada en el pin PB3 y será activada de manera simultánea y con el motor DC de la banda. Cuando este último se desactive también lo hará el vibrador. El diodo de rueda libre se coloca en paralelo como protección cuando el motor se desactive.

El moto-vibrador se va a instalar en la parte inferior de la tolva y su movimiento evitará que la comida quede atascada en la salida del mecanismo de dosificación.

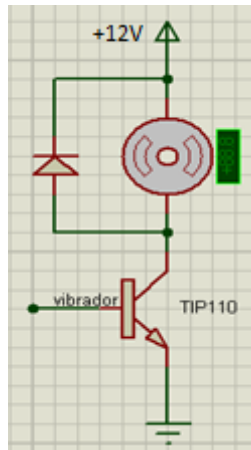


Figura 3-7. Circuito del Moto-vibrador

Seguidamente en la figura 3-8 se muestra el circuito de las dos alarmas locales con las que cuenta el sistema. La alarma 1 es el aviso de alerta de nivel bajo en el tanque de almacenamiento de la comida. La alarma dos es para realizar el llamado a la mascota una vez esté lista la comida en el plato. Las dos alarmas están conectadas a +5 Vdc y se pueden habilitar y deshabilitar por separado desde la interfaz local de usuario.

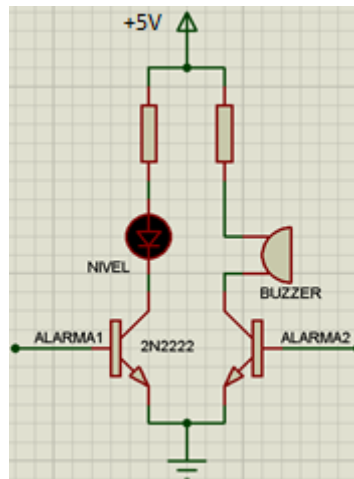


Figura 3-8. Circuito de las Alarmas Locales

Alarma 1: La señal de la alarma 1 está conectada al pin PC2. Se activa en el momento en que el nivel de la tolva sea inferior a un nivel umbral definido por el usuario, que por defecto tendrá el valor del 10% de la capacidad total del contenedor. Un LED comenzará a prender y a apagar intermitentemente indicando que es hora de llenar el tanque nuevamente.

Alarma 2: La señal de la alarma 2 está conectada al pin PC3. Se activa en el momento en que la comida es servida en la dosis y en el horario programados por el usuario. En ese momento una bocina comenzará a sonar de manera intermitente para llamar la atención de la mascota y que ésta se acerque a comer.

3.4.5. Módulo de Comunicación

Para la comunicación se va a utilizar una tarjeta de desarrollo con el módulo GPRS M95 de la compañía Quectel (Quectel, 2012). En la figura 3-9 se presenta la tarjeta de desarrollo y la antena necesaria para la comunicación GSM/GPRS (Sigma Electrónica Ltda, 2012).



Figura 3-9. Módulo de comunicación GPRS M95

Es un modem de comunicación GSM/GPRS para la comunicación remota. Permite realizar llamadas y el servicio de envío de mensajes de texto (SMS). El módulo GPRS Quectel M95 se comunica de manera serial con el microcontrolador a través de los pines 14 y 15, RXD0 y TXD0 respectivamente. Viene con el adaptador para insertar una tarjeta SIM de cualquier operador y con la conexión lista para colocar la antenna. La comunicación con el M95 se realiza por medio de comandos AT. La descripción de las características técnicas principales de los componentes electrónicos de este módulo se encuentra en los anexos, sección 6.5.

La tarjeta se debe conectar a una fuente de alimentación de 4.1V. La figura 3-10 muestra los circuitos electrónicos que se deben a implementar para su manejo. Los pines de referencia GND y AGND están conectados internamente en la tarjeta.

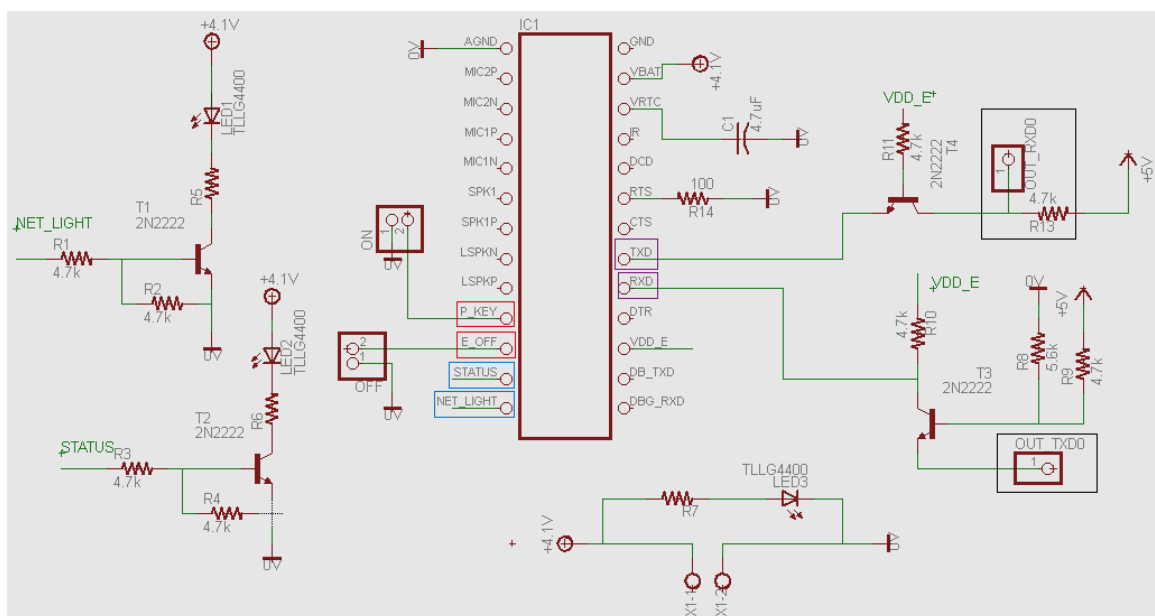


Figura 3-10. Circuito del Módulo de Comunicación GPRS M95

El pin "Power Key" (P_KEY) permite accionar el normal encendido y apagado de la tarjeta de desarrollo. Se debe conectar un pulsador de P_KEY a GND (0V) y dejarlo sostenido durante dos segundos para prender o apagar el módulo GPRS. El pin "Emergencia OFF" (E_OFF) recibe la señal de apagado de emergencia para desactivar el circuito. Entre este pin y GND se conecta también un pulsador y presionarlo durante dos segundos. Ambas señales son activo bajo. Los pines "Status" y "Net Light" son salidas que se activan para indicar el estado del circuito. Cuando se realiza el normal encendido del circuito se enciende el piloto asociado a Status. Una vez se establece el led, se activa de manera intermitente el piloto asociado a Net Light. Los dos quedan funcionando hasta que se apague el circuito.

Para la comunicación serial los pines TXD y RXD se conectan respectivamente a los pines RXD0 y TXD0 del microcontrolador, por medio de un circuito de acople de transistores. Esto se hace para acoplar el voltaje de trabajo del GPRS que es de 4.1V, activado en el pin VDD_E, con el del microcontrolador que es de 5V.

Finalmente se conecta un piloto en la alimentación para indicar que el circuito esta energizado y que se puede proceder a realizar el encendido de la tarjeta.

3.4.6. Fuente y Reguladores de Energía

El dispensador FYP está conectado a una fuente de energía eléctrica conmutada que es la encargada de suministrar la energía requerida por el sistema. La fuente principal del dispensador es de 12V/8A. Para energizar los módulos controlador, alarmas y sensores -que funcionan a 5V- y el módulo de comunicaciones -que funciona a 4.1V- se implementó el circuito descrito en la figura 3-11.

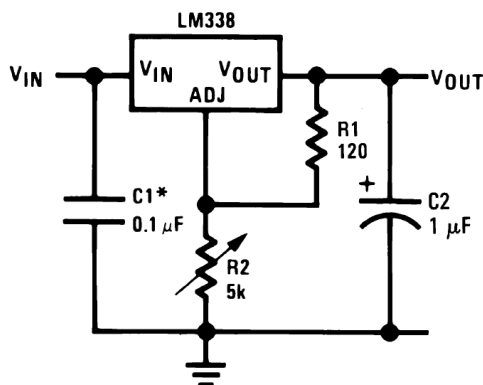


Figura 3-11.Regulador de Voltaje

La resistencia variable R2 permite ajustar el voltaje en el valor deseado. La descripción de las características técnicas principales del regulador LM338 (National Semiconductor, 1999) se encuentra en los anexos, sección 6.5. Las referencias de los componentes principales se escriben a continuación

3.5. DISEÑO DEL FIRMWARE DEL SISTEMA

Las etapas del proceso de ingeniería de software que se desarrollaron para el diseño del firmware del sistema son las siguientes (Larman, 2002):

- Descripción del modelo del proyecto
- Análisis de requerimientos: funcionales y no funcionales
- Definición del modelo conceptual
- Casos de uso real
- Diseño de diagrama de secuencias
- Diagrama de flujo

En las secciones 3.5.1, 3.5.2 y 3.5.3 se presentan las etapas de: análisis de requerimientos, diagrama o modelo conceptual y diagrama de flujo respectivamente. Las demás, se especifican en los anexos, sección 6.7.

Se describen a continuación los requerimientos preliminares que se deben cumplir:

1. Permitirle al usuario configurar los parámetros de funcionamiento del microcontrolador: hora, fecha y número celular.
2. Se requiere del sistema que pueda ofrecer al usuario horarios flexibles para programar la dosificación del alimento en las porciones que quiera y que se puedan extender por un prolongado espacio de tiempo. Hasta 3 horarios por día se permitirán programar y se repetirán por tiempo indefinido o hasta que el usuario re programe.
3. Establecer una comunicación serial con el módulo GPRS que funciona como la "puerta de enlace" del sistema para la conectividad con el dispositivo móvil, a través de mensajes de texto.
4. Controlar la activación de las alertas tanto a nivel local como remoto de acuerdo con la configuración que se le permite establecer al usuario del FYP.
5. Monitorear las variables de funcionamiento más importante del sistema: nivel y cantidad de comida servida.


3.5.1. Análisis de requerimientos: Funcionales y No Funcionales

Las partes involucradas son: el amo y su mascota. El amo podrá mejorar la nutrición de su mascota con el uso del dosificador automático de comida para perros dentro del hogar, durante el tiempo que no está presente para cuidar a su mascota. El comedero se debe

poder instalar en el ambiente doméstico de la mascota y debe estar ubicado en un lugar donde haya una buena calidad de la señal telefónica para dispositivos móviles.

En las tablas 3-2 y 3-3 se describen los requerimientos funcionales y no funcionales del firmware. La columna "Categoría" califica los requerimientos como "Esenciales" (E) u "Opcionales" (O) para el modo operativo del dispensador. Después de compilar el firmware en el software Atmel Studio 6.2, se obtuvieron los valores de memoria que requiere el sistema registrados en la tabla 3-3. El control, programación y supervisión se realiza mediante una interfaz local de usuario, la cual presenta un menú con las diferentes opciones que ofrece el dispensador FYP.


Tabla 3-2. Requerimientos Funcionales del Firmware

 Universidad del Valle	Universidad del Valle Feed Your Pet – Firmware	Rev.: 000
Título: ESPECIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS FUNCIONALES PARA EL DISPENSADOR AUTOMÁTICO		Documento : ERF-001
		Página : 1 de 1

REVISIÓN HISTÓRICA			
Rev.	Descripción del Cambio	Autor	Fecha
001	Construcción del documento	John León, Daniel Rueda	17 octubre 2014
002	Correcciones	John León, Daniel Rueda	16 Abril 2015
003	Revisión	Bladimir Bacca	22 Mayo 2015

Ref. #	Funciones	Categoría
1.0	Firmware para microcontrolador ATmega 644	
1.1	Configurar los parámetros del sistema: Hora, fecha y número celular	E
1.2	Ingresar los parámetros de programación para los horarios de dosificación	E
1.3	Habilitar y deshabilitar las alarmas: alerta de nivel y llamado del perrito	E
1.4	Capacidad de medir la cantidad/nivel de alimento almacenado en la tolva	E
1.5	Capacidad de medir la cantidad de alimento servido en el plato	E
1.6	Responder de manera local a los mensajes de texto enviados desde la aplicación móvil y recibidos en el dosificador por medio del módulo GPRS	E
1.7	Emitir las notificaciones enviadas a través del GPRS al dispositivo móvil	E
1.8	Ejecutar la programación de dosificación del alimento con su alarma	E

Tabla 3-3. Requerimientos No funcionales del Firmware

 Universidad del Valle	Universidad del Valle Feed Your Pet – Firmware	Rev.: 000
Título: REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES PARA EL DISPENSADOR		Documento : ERNF-001
		Página : 1 de 1

REVISIÓN HISTÓRICA			
Rev.	Descripción del Cambio	Autor	Fecha
001	Construcción del documento	John León, Daniel Rueda	17 octubre 2014
002	Correcciones	John León, Daniel Rueda	16 Abril 2015
003	Revisión	Bladimir Bacca	

Ref. #	Descripción	Categoría
1.0	Firmware	
1.1	El microcontrolador se programa con lenguaje C	E
1.2	La plataforma de programación utilizada es Atmel Studio 6.0	E
1.3	El desarrollo se realizará usando el micro-kernel FreeRTOS	
2.0	Hardware	
2.1	Se necesitan disponibles 32 Kbytes de memoria para programa	E
2.2	Se necesitan disponibles 2.4 Kbyte de RAM	E
2.3	Se necesitan disponibles 44 Bytes de EEPROM	E
2.4	Monitor serial para la comunicación remota con el dispositivo móvil a través del GPRS	E

3.5.2. Modelo Conceptual

La figura 3-12 ilustra el diagrama del modelo conceptual del firmware del controlador. El modelo conceptual representa gráficamente la interacción entre los usuarios y la relación entre los conceptos de funcionamiento.

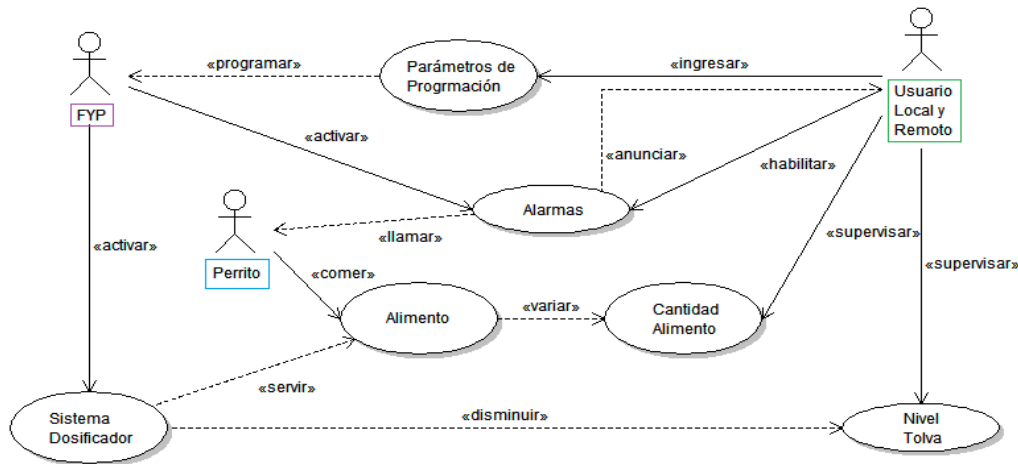


Figura 3-12. Diagrama Conceptual Firmware

El funcionamiento básico descrito en el diagrama conceptual se explica a continuación. El usuario debe ingresar los parámetros de programación y realizar la configuración de habilitación de las alarmas. Los parámetros se guardan en la memoria de la CPU del FYP.

El Dispensador FYP activa el sistema dosificador y las alarmas de acuerdo a las configuraciones que le fueron programadas. Las alarmas llaman al perrito cuando el alimento es servido y anuncian al usuario de los eventos en el FYP.

El alimento servido en el plato aumenta cuando se activa el sistema dosificador y disminuye cuando el perrito come. Esta variación en la cantidad del alimento servido es supervisada por el usuario. De igual manera cuando se activa el sistema dosificador disminuye el nivel de alimento almacenado en la tolva, dicho nivel puede también ser supervisado por el usuario. La supervisión sirve como realimentación al usuario para el control del funcionamiento del dispensador y de la correcta alimentación de la mascota.

3.5.3. Diagrama General de Flujo

El Algoritmo general del funcionamiento firmware se muestra en el diagrama de flujo de la figura 3-13. Las tareas: Celda de Carga, Control Nivel, DS1307, Motor, menú FYP y GPRS serial dan cumplimiento a los requerimientos de diseño y se ejecutan de manera concurrente.



Figura 3-13. Diagrama General de Flujo

Las tareas dan cumplimiento a los requerimientos de la siguiente manera: La configuración y visualización de la fecha, hora y número celular se realiza por medio de las tareas "DS1307" y "Menú FYP". La programación de los horarios de alimentación, la configuración de las

alarmas y la visualización de las variables nivel y comida servida, tanto de manera local como remota, la realizan las tareas "Menú FYP" y "GPRS Serial" respectivamente. Para medir la cantidad de alimento servido en el plato de la mascota y el nivel de comida en el tanque se implementaron, en ese orden, las tareas "Celda de Carga" y "Control Nivel". De igual manera, la tarea "Control Nivel" es la encargada de activar la alarma de alerta, debidamente configurada, local y remotamente. La tarea "GPRS Serial" se ocupa de leer, almacenar y procesar la información que contiene los mensajes de texto que envía la App y de enviar las respuestas del sistema. La tarea "Motor" es la responsable de ejecutar la programación de los horarios de dosificación del alimento y activar la alarma de llamado a la mascota, si ha sido habilitada.

El firmware del sistema se inicializa, antes de que las tareas se empiecen a ejecutar, y se activan las condiciones iniciales para el funcionamiento del sistema. Se describen a continuación los algoritmos de cada una de las tareas con sus respectivos diagramas de flujo.

3.5.3.1. Tarea 1: Sensor comida servida en el Plato

Esto se realiza mediante una celda de carga. Las señales eléctricas necesarias para realizar esto se describen en la sección 3.4.3 del Diseño Electrónico. La figura 3-14 describe el algoritmo de la tarea 1.

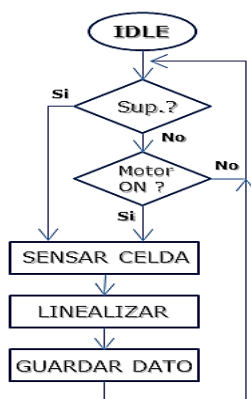


Figura 3-14. Diagrama de Flujo de la Tarea 1

La tarea está a la espera de que se cumpla alguna de las dos condiciones: 1) que el usuario, desde la interfaz, haga la solicitud para supervisar la cantidad de comida o 2) que el motor DC se active, lo que significa que el dispensador está sirviendo comida. En ese momento se activa el ADC del microcontrolador para realizar la lectura del voltaje que está entregando la celda. Se realiza luego una conversión lineal para dar el valor equivalente en gramos de dicho voltaje y se guarda el dato obtenido en la variable asignada. Este dato es el que utilizan las demás tareas como se va a explicar más adelante.

3.5.3.2. Tarea 2: Control de Nivel del Tanque Contenedor

Esta tarea se realiza por medio del control de los sensores infrarrojos ubicados dentro de la tolva que almacena el alimento de la mascota; las señales eléctricas necesarias para realizar esto se describen en la sección 3.4.3. La figura 3-15 muestra su diagrama de flujo.

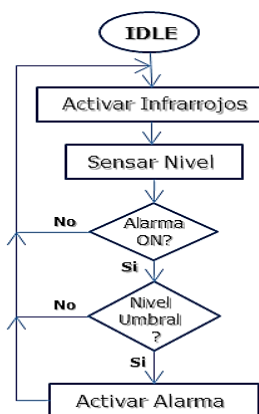


Figura 3-15. Diagrama de Flujo de la Tarea 2

La tarea activa la barrera infrarroja de cada nivel de manera secuencial y realiza la lectura de cada uno para determinar el nivel actual. Este dato es almacenado en una variable específica para poder ser utilizado por las otras tareas. Después de realizar el sensado, se revisa si el usuario ha habilitado la alarma relacionada al nivel; luego se realiza la comparación del dato obtenido con el nivel de umbral configurado por el usuario, y si la lectura es menor o igual al umbral se enciende la alarma.

3.5.3.3. Tarea 3: Lectura del RTC

Esta tarea se realiza por medio de la comunicación I2C que se establece entre el microcontrolador y el reloj de tiempo real, DS1307. El proceso secuencial que se lleva a cabo se describe en la figura 3-16.

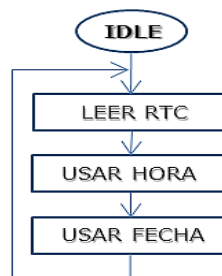


Figura 3-16. Diagrama de Flujo de la Tarea 3

La tarea emplea un bus bidireccional de dos cables, puertos SCL y SDA en el microcontrolador, para realizar la lectura de los datos almacenados en la memoria del RTC. Posteriormente esos datos se organizan en dos arreglos: Hora y Fecha. Dicha información puede ser utilizada por las demás tareas.

3.5.3.4. Tarea 4: Activación del Mecanismo de Dosificación

Esta tarea se realiza por medio del control del motor DC que permite el accionamiento de la banda transportadora que se usa para la dosificación del alimento. El diagrama de flujo de esta tarea se muestra en la figura 3-17.

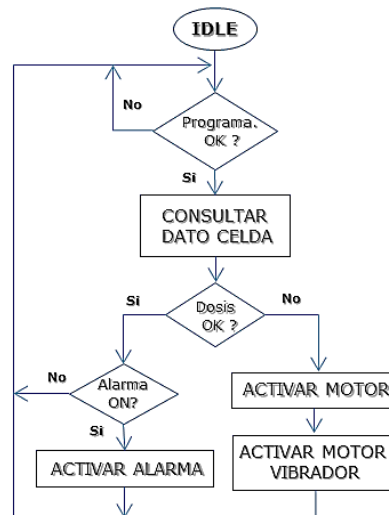


Figura 3-17. Diagrama de Flujo de la Tarea 4

La tarea está a la espera de que llegue el momento de iniciar la dosificación de acuerdo a los horarios programados por el usuario. Cuando estos horarios se cumplen, la tarea consulta el dato sensado y almacenado por la tarea 1 para determinar la cantidad de comida que contiene el plato en ese momento. Luego realiza la comparación entre ese dato y la dosis que programó que el usuario. Si hace falta, el motor DC comienza a girar y se activa el moto-vibrador. Se consulta nuevamente la cantidad de comida en el plato y se repite el proceso. Cuando la dosificación está completa, se verifica si la alarma de llamado al perrito está habilitada y posteriormente se activa durante un minuto aproximadamente. Finalmente la tarea regresa al principio a la espera de que se cumpla nuevamente alguno de los horarios programados.

3.5.3.5. Tarea 5: Interfaz de Usuario FYP

Esta tarea es la encargada de mostrar, en la pantalla LCD, las opciones que presenta el FYP. Cuando se inicializa se muestra un mensaje de inicio en la pantalla con dos opciones: 1) Configuraciones y 2) Menú FYP. El usuario puede navegar por la interfaz por medio del teclado. Su diagrama de flujo es el de la figura 3-18.

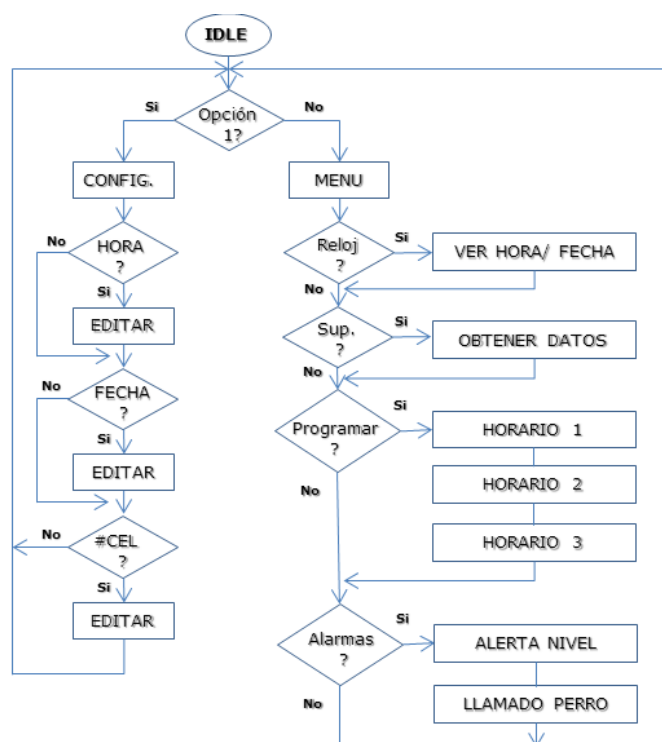


Figura 3-18. Diagrama de Flujo de la Tarea 5

Al escoger la opción 1 el usuario podrá configurar los siguientes parámetros: 1) *La Hora del sistema*, el usuario podrá modificar la hora almacenada en el RTC; 2) *La fecha*, al igual que la hora el usuario podrá modificar la fecha que se muestra en pantalla; y 3) *El número del celular registrado*, el usuario podrá cambiar el destino de los mensajes de texto que envía el FYP en el manejo remoto del prototipo.

Al escoger la opción 2 el usuario podrá ingresar al menú y tendrá las siguientes alternativas: 1) *Reloj*, en pantalla se visualiza la hora y fecha configuradas en el FYP; 2) *Supervisar*, en pantalla se visualiza el nivel actual de la tolva y la cantidad, en gramos, de comida servida en el plato; 3) *Programar*, el usuario podrá ingresar hasta 3 horarios en los cuales quiere que se sirva la comida, además en cada horario puede escoger la dosis que prefiera, teniendo en cuenta que la máxima carga programada para en el sensor de peso es hasta 1Kg; y 4) *Alarmas*, las alarmas de nivel y de llamado al perro se pueden habilitar y deshabilitar. La máxima dosificación es de 1Kg de acuerdo a las dosis recomendadas para las mascotas en la sección 2.2.1 (PEDIGREE®, 2015).

3.5.3.6. Tarea 6: Comunicación GPRS

Esta tarea es la encargada de la comunicación con la aplicación en dispositivo móvil para efectuar el control remoto. Recibe y envía los mensajes de textos que se almacenan en el módulo GPRS. La figura 3-19 presenta el diagrama de flujo de esta tarea.

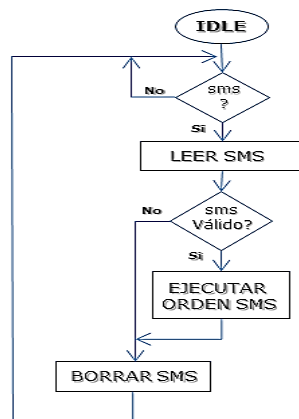


Figura 3-19. Diagrama de Flujo de la Tarea 6

El algoritmo de funcionamiento es el siguiente: la tarea está todo el tiempo pendiente a la espera que se anuncie la llegada de un SMS. Luego se encarga de leerlo y guardarlo para procesarlo posteriormente. Se verifica si el SMS tiene uno de los formatos válidos que se van a definir más adelante. Luego ejecuta la orden de acuerdo a los datos que contenga el SMS.

3.6. DISEÑO DE LA APLICACIÓN MÓVIL

Las etapas de diseño para el desarrollo de software de la aplicación Android son las mismas que se mencionaron en la sección 3.5. En las secciones 3.6.1, 3.6.2 y 3.6.3 se presentan las etapas de: análisis de requerimientos, diagrama o modelo conceptual y diagrama de clases respectivamente. Las demás, se especifican en los anexos, sección 6.7.

Se describen a continuación los requerimientos preliminares que debe cumplir la App:

1. Ser implementada en el sistema operativo Android instalado en el dispositivo móvil, desde la versión 2.1 hasta la versión 4.4. Que sea la interfaz de usuario y le permita interactuar con el comedero automático.
2. Después que el usuario haya registrado el número celular, se enviará un SMS cada vez que el FYP sea reiniciado. La tabla 3-4 describe el formato del SMS.

Tabla 3-4. Formato SMS: Aviso de Inicialización

Remitente:	Número celular
Hora:	HH:MM:SS
Fecha:	DÍA/MES/AÑO
Texto:	El Dispensador FYP se ha inicializado

3. Cuando se escoge la opción supervisar, se envía un SMS con el formato de la tabla 3-5:

Tabla 3-5. Formato SMS: Opción Supervisar

Remitente:	Número celular
Hora:	HH:MM:SS
Fecha:	DÍA/MES/AÑO
Texto:	Opción: Supervisar

El FYP recibe el mensaje y realiza el procesamiento para enviar el SMS con la respuesta a la solicitud. Su formato se presenta a continuación en la tabla 3-6:

Tabla 3-6. Formato SMS: Datos a Supervisar

Remitente:	Número celular
Hora:	HH:MM:SS
Fecha:	DÍA/MES/AÑO
Texto:	Opción: Supervisar
	Nivel: XXX %
	Cant.: XXXX gramos

4. Cuando el usuario escoge la opción programar en la App e ingresa los parámetros correspondientes, se envía un SMS con el siguiente formato de la tabla 3-7:

Tabla 3-7. Formato SMS: Opción Programar

Remitente:	Número celular
Hora:	HH:MM:SS
Fecha:	DÍA/MES/AÑO
Texto:	Opción: Programar ON/OFF Hora1: HH:MM:A/P Cant.: X gramos ON/OFF Hora2: HH:MM:A/P Cant.: X gramos ON/OFF Hora3: HH:MM:A/P Cant.: X gramos

El FYP recibe el mensaje, almacena en memoria los parámetros registrados y procede a enviar un SMS de confirmación con el formato descrito en la tabla 3-8:

Tabla 3-8. Formato SMS: Confirmación de Programación

Remitente:	Número celular
Hora:	HH:MM:SS
Fecha:	DÍA/MES/AÑO
Texto:	El dispensador FYP ha sido programado correctamente

5. Cuando el usuario escoge la opción alarmas en la App y realiza las configuraciones correspondientes, se envía un SMS con el formato presentado en la tabla 3-9:

Tabla 3-9. Formato SMS: Opción Alarmas

Remitente:	Número celular
Hora:	HH:MM:SS
Fecha:	DÍA/MES/AÑO
Texto:	Opción: Alarmas Nivel: Habilitar/Deshabilitar; XX % Llamado perrito: Habilitar/Deshabilitar

El FYP recibe el mensaje y guarda las configuraciones realizadas. Cuando se activa la alarma de nivel, se envía un SMS de alerta con el formato descrito en la tabla 3-10:

Tabla 3-10. Formato SMS: Alerta Nivel

Remitente:	Número celular
Hora:	HH:MM:SS
Fecha:	DÍA/MES/AÑO
Texto:	!!!Alerta!!! Nivel del tanque menor al XX %

3.6.1. Análisis de Requerimientos: Funcionales y No Funcionales


Las partes involucradas son: el amo y su mascota. Desde una aplicación instalada en un dispositivo móvil el usuario podrá tener acceso a las opciones de funcionamiento del FYP. Para realizar el control de manera remota el dispensador debe estar ubicado en un lugar donde haya una buena calidad de la señal telefónica para dispositivos móviles.

La aplicación se va a desarrollar en la plataforma libre de Android y el usuario deberá tener instalada desde la versión 2.0 en adelante. Además el dispositivo debe tener disponibles 5.20 MB de memoria disponible para almacenar la aplicación y una capacidad de memoria RAM o

de procesamiento en el dispositivo móvil de 256 MB para que la aplicación se pueda ejecutar de una manera óptima.


En las tablas 3-11 y 3-12 se describen detalladamente los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación. El control, programación y supervisión del dispensador, se realiza mediante una interfaz de usuario.

Tabla 3-11. Requerimientos Funcionales de la App

	Universidad del Valle Feed Your Pet – Android		Rev.: 000
Título: REQUERIMIENTOS FUNCIONALES		Documento : ERF-001	Página : 1 de 1
REVISIÓN HISTÓRICA			
Rev.	Descripción del Cambio	Autor	Fecha
001	Construcción del documento	John León, Daniel Rueda	17 octubre 2014
002	Correcciones	John León, Daniel Rueda	16 Abril 2015
003	Revisión	Bladimir Bacca	

Ref. #	Funciones	Categoría
1.0	Permite el manejo de usuario remoto	E
1.1	Habilitar alarmas	E
1.2	Notificar la activación de las alarmas	E
1.3	Permite la programación, para dosificar el alimento en horarios deseados	E
1.4	Realiza la supervisión de las variables asociadas al sistema.	E
1.5	Enviar y recibir datos por medio de mensajes de texto	E

Tabla 3-12. Requerimientos No funcionales de la App

 Universidad del Valle	Universidad del Valle Feed Your Pet – Android		Rev.: 000
Título: REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES		Documento : ERNF-001	Página : 1 de 1
REVISIÓN HISTÓRICA			
Rev.	Descripción del Cambio	Autor	Fecha
001	Construcción del documento	John León, Daniel Rueda	17 octubre 2014
002	Correcciones	John León, Daniel Rueda	16 Abril 2015
003	Revisión	Bladimir Bacca	
Ref. #	Descripción	Categoría	
1.0	Firmware		
1.1	El dispositivo móvil se programa en Java Eclipse	E	
2.0	Hardware		
2.1	Se necesitan disponibles 5.20 Mbytes de memoria disponibles	E	
2.2	Se necesitan una RAM de mínimo 256 Mbytes	E	

3.6.2. Modelo Conceptual

La figura 3-20 ilustra el diagrama del modelo conceptual para el uso de la aplicación Android. Representa de manera gráfica la secuencia lógica de interacción entre los usuarios y la relación entre los conceptos de funcionamiento.

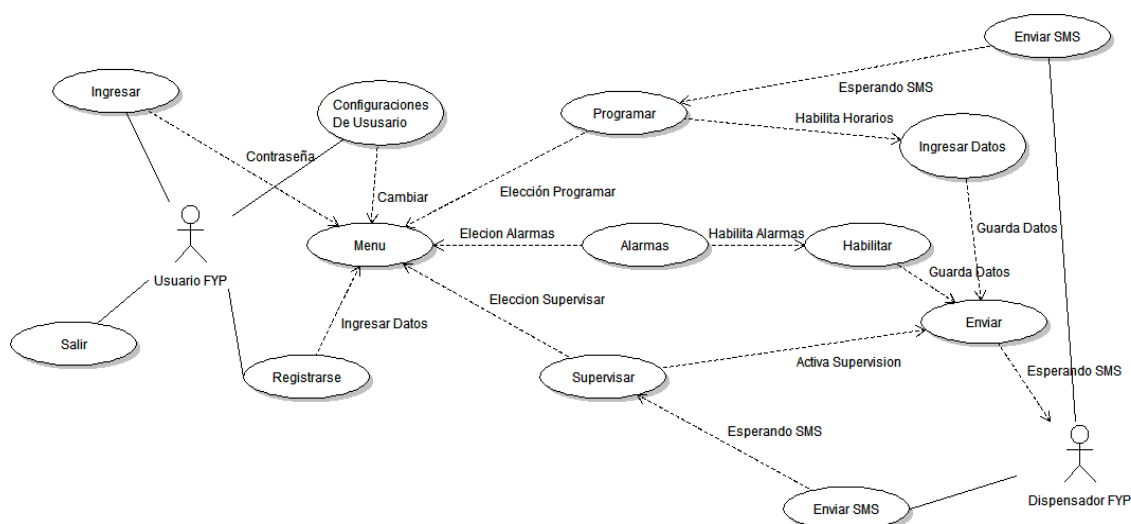


Figura 3-20. Modelo Conceptual App

El funcionamiento básico descrito en el diagrama conceptual se explica a continuación. El usuario entra a la App en el dispositivo móvil y para ingresar al menú principal debe introducir la clave; y se pueden dar tres situaciones: ingresar clave primera vez, cambiar clave o ingresar la clave ya establecida. Dentro de la aplicación puede escoger la opción “Salir” para cerrar la App en el dispositivo de control remoto.

El menú principal tiene las siguientes opciones: Supervisar, Programar y Alarmas. Cuando el usuario selecciona la opción de “Supervisión Remota” la App envía un SMS con un formato predefinido para visualizar las variables del sistema. La opción “Programar” permite al usuario ingresar los parámetros de programación que se envían en un SMS según el formato establecido. Y en la opción “Alarmas” se puede realizar la configuración de habilitación de las alarmas. Los parámetros enviados se guardan en la memoria de la CPU.

Los mensajes enviados por la App los recibe el Dispensador FYP (Feed Your Peet) y este responde según el caso con un SMS que la App recibe y procesa según la opción escogida. De esa manera se realiza el control: programación y supervisión del comedero automático FYP.

3.6.3. Diagrama de Clases

En la figura 3-21 se muestra el diagrama de navegación de la aplicación Android. La utilización de las herramientas de la App se explica con detalle en las pruebas de funcionamiento documentadas en la sección 4.3.

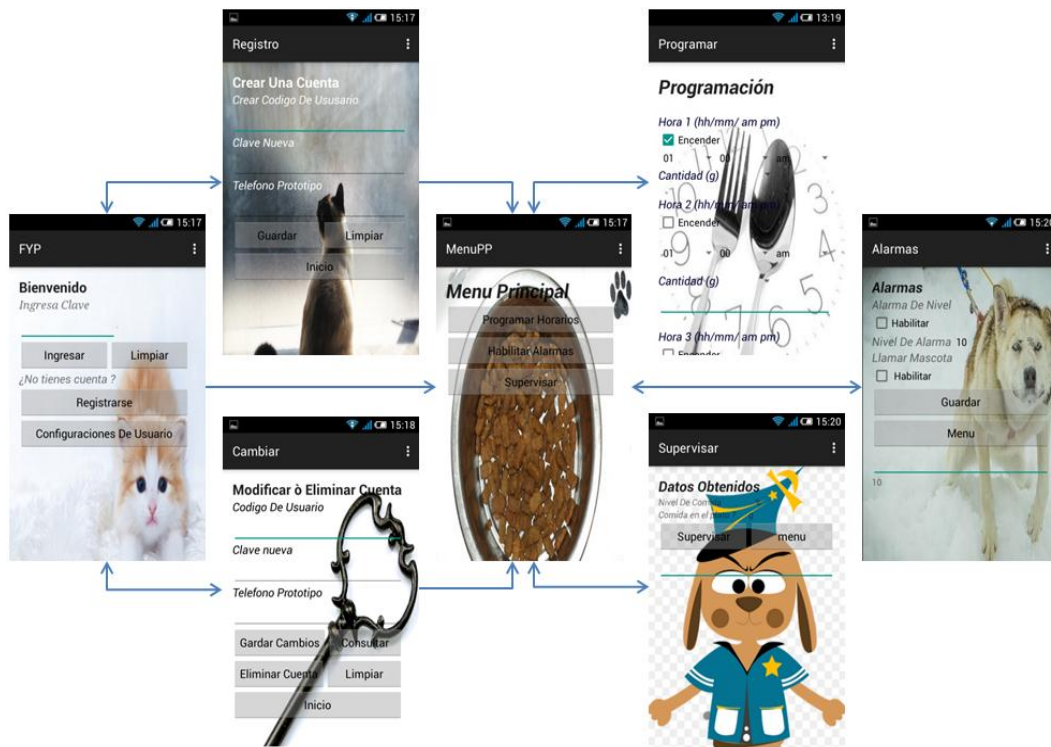


Figura 3-21. Diagrama de Navegación de la App

En la figura 3-22 se presenta el diagrama de clases del programa de la aplicación Android. Las clases que componen el software son: Inicio, Menú Principal, Cambiar, Registro, Programar, Alarmas, Supervisar, SMS Receiver y Admin SQLite Open Helper.

En el diagrama se puede visualizar la interacción o relación entre las clases que involucran el sistema. La relación entre las clases puede ser de varios tipos: asociativas, de herencia y de uso. De la misma manera, se definen los métodos del sistema que permiten la ejecución de las diferentes herramientas de usuario que ofrece la App. A continuación se mencionan los métodos más importantes:

- **View:** Asocia eventos o acciones a los elementos de la interfaz como los botones, campos de texto, entre otros. Estos eventos permiten la ejecución de las tareas de la App.
- **Bundle Saved Instance States:** Permite que la aplicación se siga ejecutando y no se destruya el proceso cuando se interrumpe por otra función en el móvil y así poder luego retornar al último estado en que se encontraba la App. Por ejemplo cuando se rota la pantalla, ingresa una llamada, etc. Los datos que utiliza la App son almacenados en una memoria volátil del dispositivo móvil.
- **AdapterView parent, view int position, lon id:** Permite la visualización y selección de datos de una lista de opciones llamado spinner.
- **SQLite Database:** Crea una base de datos interna en el celular. En este caso se utiliza para almacenar los parámetros de registro de usuario para la seguridad de acceso.

servida en el plato. La App espera la respuesta y los datos se visualizan en pantalla. Para leer el SMS se crea la clase SMS Receiver y se proporciona otro permiso en AndroidManifest.xml para esta opción.

Nota: Las clases programar horarios, habilitar alarmas y supervisar pueden volver al menú principal.

3.7. CONCLUSIONES

El proceso de diseño del FYP se clasificó en 4 etapas: diseño mecánico, diseño electrónico, diseño del firmware y diseño de la aplicación móvil en Android.

La estructura física y sistema mecánico del FYP se compone de: la estructura de soporte, el tanque o tolva que puede almacenar hasta 8Kg y el sistema dosificador de la banda transportadora. Dicha estructura se puede adaptar al espacio doméstico de la mascota, sus materiales de construcción son livianos y es de fácil ensamble para que el usuario lo pueda transportar, mover, limpiar o cambiar de manera cómoda y sencilla.

Por su parte, el componente electrónico o hardware del sistema está dividido en 4 módulos: controlador, sensores, actuadores y comunicación. Los circuitos que componen cada módulo están ubicados en un lugar de fácil acceso para realizar reparaciones, mantenimiento, limpieza o mejoras al sistema. Se presenta en la tabla 6-1 de la sección 6.8 de los anexos, un resumen de la distribución de pines del microcontrolador. Además se pueden encontrar los diseños PCB de cada uno de los circuitos descritos en este capítulo y que se implementaron en las plaquetas finales, en los anexos, sección 6.6. Dichos diseños se realizaron con la herramienta software Eagle, versión 6.4.0.

El firmware del sistema trabaja a una velocidad de 16MHz. Su estructura está en el marco del "FreeRTOS" que permite la ejecución en paralelo de las seis tareas que dan cumplimiento a los requerimientos del FYP: visualizar la hora y la fecha; visualizar las variables: nivel y cantidad de comida servida; configurar los tres horarios de dosificación permitidos por el FYP y habilitar las alarmas con las que dispone el sistema, alerta por nivel bajo en la tolva y llamado a comer al perro.

La interfaz gráfica de la App le ofrece al usuario buena usabilidad, es de fácil navegación y con ilustraciones que hacen sencillo el control y configuración del modo de operación del FYP. Se adapta al tamaño de las pantallas de los diversos dispositivos donde sea instalada. El número asociado al prototipo se puede almacenar en la memoria del dispositivo móvil desde la aplicación y de esa manera los mensajes son enviados de manera automática. El control serial del módulo GPRS se realiza por medio de comandos AT relacionados con el manejo de mensajes de texto.

4. CAPÍTULO IV. PRUEBAS Y RESULTADOS



4.1. INTRODUCCIÓN

FYP es un dispensador prototipo de comida para mascotas que puede ser programado y monitoreado por el usuario de manera local y remota. La interfaz local se maneja a través de un teclado matricial 4x4 y se presenta la GUI en una pantalla LCD con 2 líneas de 16 caracteres. Localmente, se ofrece al usuario dos alternativas: realizar las configuraciones del sistema y la opción menú de funcionamiento. La aplicación Android es una interfaz que presenta buena usabilidad para el usuario y de poca carga de procesamiento. Es la encargada del control a distancia y presenta igualmente dos alternativas generales: configuraciones de seguridad y menú de usuario.

En las subsecciones de este capítulo se describen los modos de operación que se pueden ejecutar en el dispensador prototipo desde la interfaz local y desde la aplicación en el dispositivo móvil que programa el FYP de manera remota. Se detalla el proceso que debe seguir el usuario para las configuraciones y el funcionamiento del FYP y los resultados que se obtienen en cada caso.

En este capítulo se registran las diferentes pruebas funcionales realizadas al FYP empleando las dos interfaces de usuario. La aplicación guarda sus datos de configuración en la memoria del dispositivo móvil y se almacenan en la memoria del sistema FYP cuando se realiza la comunicación GPRS. El microcontrolador del FYP procesa la información y la ejecuta.

4.2. INTERFAZ LOCAL DE USUARIO

La figura 4-1 muestra las alternativas que ofrece la interfaz local de usuario. Se despliega cada pantalla de las opciones del modo de operación del FYP y las flechas indican el sentido de navegación en la interfaz hombre-máquina.

La pantalla de inicio es la primera que se muestra de izquierda a derecha. Cuando se inicializa el dispensador se muestra en la pantalla LCD, en la primera línea: 1) el título del dispensador "FYP", 2) el nivel actual del tanque y 3) la hora actual configurada. En la segunda línea se muestran las dos opciones de usuario: 1) Configuraciones y 2) Menú.

En la sección de "Configuraciones" el usuario puede: 1) configurar la hora, 2) configurar la fecha, 3) configurar el número celular de la tarjeta SIM del dispositivo móvil y 4) visualizar en pantalla el número actual de destino para la comunicación con el FYP.

Para definir el modo de operación, el usuario ingresa a la sección "Menú" y tiene acceso a las siguientes opciones: 1) Reloj, visualización hora y fecha; 2) Supervisar, sensar el valor del nivel del tanque y de comida servida y visualizarlos en pantalla; 3) Programar, definir los horarios para la dosificación del alimento y 4) Alarmas, habilitar las alarmas: alerta nivel y llamado perrito.

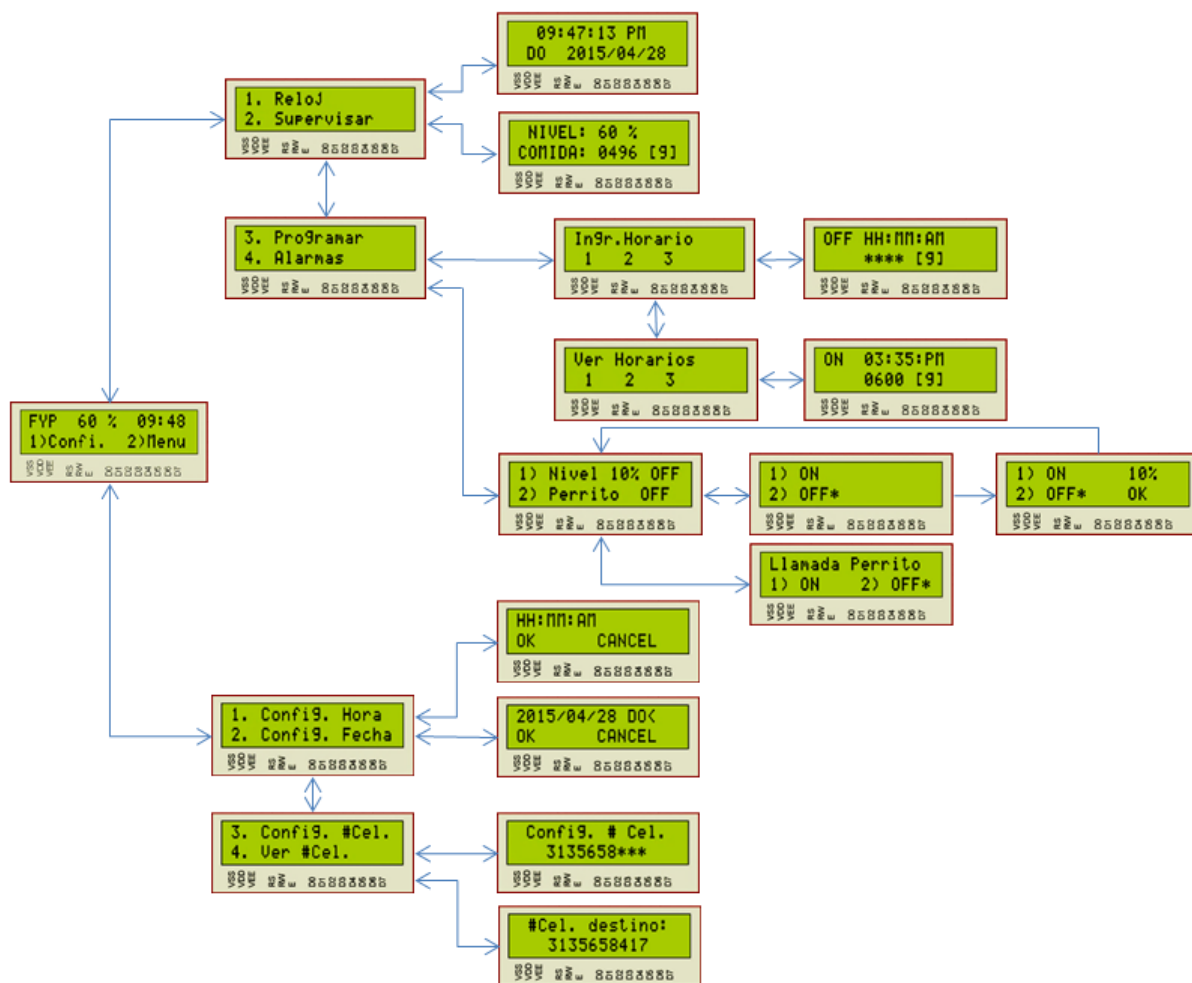


Figura 4-1. Navegación de la Interfaz local de Usuario

La figura 4-2 muestra el teclado de navegación de usuario. Las teclas "OK" y "CANCEL" se utilizan para confirmar las configuraciones que realiza el usuario. Las teclas "número" sirven para editar las opciones de funcionamiento que ofrece el FYP. En orden de arriba a abajo, las "flechas" reciben los nombres: "subir", "bajar", "adelante" y "atrás"; ellas le permiten al usuario desplazarse por la interfaz. Cada vez que se presiona una tecla, se activa la señal de realimentación de usuario y se enciende un LED que indica que el FYP detectó que se presionó la tecla.

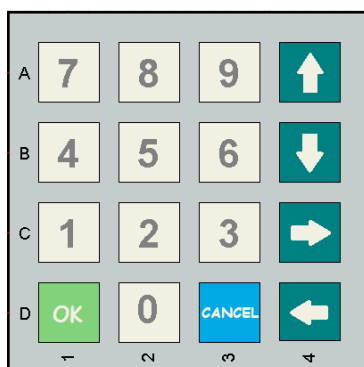

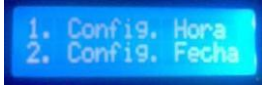





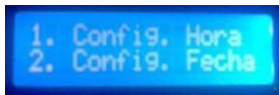


Figura 4-2. Teclado Interfaz Local


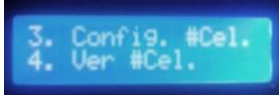



4.2.1. Opción Configuraciones

Se presiona la tecla "1" cuando el FYP muestra la pantalla inicio y se despliega las utilidades de la opción "Configuraciones". En la tabla 4-1 se registra las pruebas funcionales realizadas para cada ítem de esta sección: configurar la hora y la fecha del sistema e ingresar y visualizar el número de la tarjeta SIM del dispositivo móvil de la App.

Tabla 4-1. Pruebas Funcionales: Interfaz Local - Configuraciones

PRUEBA DE INTEGRACIÓN – INTERFAZ LOCAL: CONFIGURACIONES	
Requerimientos: <ul style="list-style-type: none"> • Inicializar el FYP. • Presionar la tecla para ingresar a la opción "Configuraciones". • Mostrar las herramientas de esta sección: configurar hora, fecha, número celular de usuario y visualizar el número destino. • Permitir la digitación de los parámetros asociados a cada ítem de esta sección. • Permitir modificaciones futuras. • Permitir cancelar la operación actual en caso de ser necesario. • El operador de telefonía celular debe ser válido en Colombia. • Permitir conectar y desconectar el módulo de comunicaciones GPRS del hardware del sistema. 	
Tipo de Prueba	Integración
Hardware Requerido	Dispensador FYP
Software Requerido	Firmware FYP e Interfaz local
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento del RTC, la memoria no volátil y las herramientas del firmware del FYP relacionadas con este módulo, las cuales están disponibles en la interfaz de local de usuario en la sección de configuraciones.
Configuración de la Hora del Sistema FYP	
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento del RTC y configurar la hora para inicializar el modo operativo FYP.
Datos de la Prueba	El RTC se configura con el formato 12 horas. Se configura la hora editando cada dígito en el campo que la interfaz vaya indicando. En su campo, la tecla "subir" cambia a modo "PM" y la tecla "bajar" cambia a modo "AM".
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desde configuraciones, ingresar a "Configurar Hora" presionando la tecla "1". 2. Teclear el número en el campo que la interfaz vaya indicando y esperar que la interfaz continúe al siguiente campo. 3. Al final presionar la tecla subir o bajar para seleccionar "AM" o "PM" 4. Presionar la tecla "OK" para guardar los cambios. 5. Presionar la tecla "CANCEL" en cualquier momento para salir de la configuración de la hora sin guardar los cambios, conservando los datos configurados anteriormente, si se realizó alguno.
Resultado Esperado	<ol style="list-style-type: none"> 1. El firmware debe guardar, en la memoria del RTC, los datos ingresados para ser visualizados posteriormente 2. La interfaz debe regresar a la pantalla anterior, Configuraciones.
Resultado Obtenido	<p>Prueba exitosa. A continuación se presentan las capturas de pantalla correspondientes a la prueba. El orden es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pantalla Inicio (a) • Pantalla Configuraciones (b) • Digitación de los campos para configurar la hora. Se observa el avance que la interfaz va indicando (c), (d) <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">a.</div>  </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">b.</div>  </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">c.</div>  </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">d.</div>  </div>
Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> • Para regresar a la pantalla inicio debe presionar la flecha "atrás". • FYP sólo acepta el formato 12 horas, rechaza el dato erróneo que se quiera ingresar y se queda "esperando" un dato válido. • Los datos del RTC se almacenan en su memoria RAM interna. Los datos se actualizan, cuando se suspende el fluido eléctrico al dispensador, gracias a la pila de 3V que tiene una durabilidad de 5 años aproximadamente. Se recomienda cambiar la pila mientras el FYP este encendido, de lo contrario se debe configurar de nuevo la hora y la fecha.

Configuración de la Fecha del Sistema FYP	
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento del RTC y configurar la fecha para inicializar el modo operativo del FYP.
Datos de la Prueba	El RTC se configura con el formato AÑO/MES/DÍA. Se configura la fecha editando cada dígito en el campo que la interfaz vaya indicando. En su campo, el día de la semana se puede editar usando las teclas "subir" y "bajar" hasta llegar al día que se quiera seleccionar.
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desde la opción configuraciones, ingresar a "Configurar Fecha" con la tecla "2". 2. Teclear el número en el campo que la interfaz vaya indicando y esperar que la interfaz continúe al siguiente campo. 3. Al final presionar la tecla "subir" o "bajar" para seleccionar el día de la semana. 4. Presionar la tecla "OK" para guardar los cambios. 5. Presionar la tecla "CANCEL" en cualquier momento para salir de la configuración de la fecha sin guardar los cambios, conservando los datos configurados anteriormente, si se realizó alguno.
Resultado Esperado	<ol style="list-style-type: none"> 1. El firmware debe guardar, en la memoria del RTC, los datos ingresados para ser visualizados posteriormente. 2. La interfaz debe regresar a la pantalla anterior, Configuraciones.
Resultado Obtenido	<p>Prueba exitosa. A continuación se presentan las capturas de pantalla correspondientes a la prueba. El orden es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pantalla inicio (a) • Pantalla Configuraciones (b) • Digitación de los campos para configurar la fecha. Se observa el avance que la interfaz va indicando (c), (d) <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">a.</div>  </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">b.</div>  </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">c.</div>  </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">d.</div>  </div>
Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> • Para regresar a la pantalla inicio, desde configuraciones, debe presionar la flecha "atrás". • FYP sólo acepta el formato mencionado, rechaza el dato erróneo que se quiera ingresar y se queda "esperando" un dato válido. • En cualquier momento puede presionar la tecla "CANCEL" para salir sin guardar los cambios realizados y regresar a la pantalla anterior (figura b). • Los datos del RTC se almacenan en su memoria interna. Los datos se actualizan gracias a la pila de 3V con durabilidad de 5 años. Se recomienda cambiarla mientras el FYP este encendido; si no se debe configurar de nuevo la hora y la fecha.
Configuración y Visualización del Número de la Tarjeta SIM del Dispositivo Móvil	
Objetivo	Configurar, almacenar en la memoria no volátil del sistema y visualizar en la pantalla LCD el número celular de usuario, que sería el destino de los SMS enviados desde el prototipo a través del módulo GPRS.
Datos de la Prueba	El número del móvil consta de 10 dígitos y debe estar registrado en una compañía telefónica válida en Colombia. Se configura el número editando cada dígito en el campo que la interfaz vaya indicando. El sistema por defecto comienza siempre con el número "3".
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desde la opción configuraciones presionar la flecha "bajar" para pasar a la siguiente pantalla de esta opción. 2. Ingresar a "Configurar # Celular" presionando la tecla "3". 3. Teclear el número en el campo que la interfaz vaya indicando y esperar que la interfaz continúe al siguiente campo. 4. Presionar la tecla "OK" para guardar los cambios y regresar a la pantalla anterior. 5. Presionar la tecla "CANCEL" en cualquier momento para salir de la configuración del # celular sin guardar los cambios, conservando los datos configurados anteriormente, si se realizó alguno y regresar a la pantalla anterior. 6. Ingresar a "Ver # Celular" presionando la tecla "4". 7. Presionar la tecla "atrás" para regresar a la pantalla anterior.




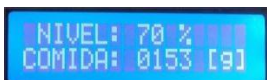
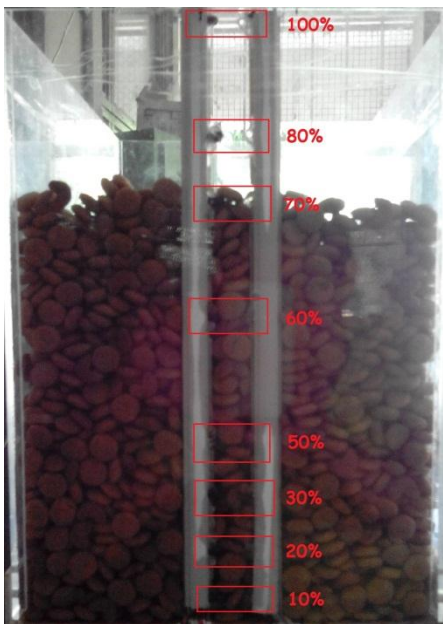
Resultado Esperado	<ol style="list-style-type: none"> 1. El firmware debe guardar, en la memoria del FYP, los datos ingresados para ser visualizados posteriormente. 2. La interfaz debe regresar a la pantalla anterior, la segunda de Configuraciones.
Resultado Obtenido	<p>Prueba exitosa. A continuación se presentan las capturas de pantalla correspondientes a la prueba. El orden es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pantalla inicio (a) • Segunda pantalla de Configuraciones (b) • Digitación de los campos para configurar el número celular. Se observa el avance que la interfaz va indicando (c), (d) • Pantalla para visualizar el número configurado (e) <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 5px;">a. </div> <div style="margin-bottom: 5px;">b. </div> <div style="margin-bottom: 5px;">c. </div> <div style="margin-bottom: 5px;">d. </div> <div style="margin-bottom: 5px;">e. </div> </div>
Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> • Para regresar a la primera pantalla de configuraciones debe presionar la tecla "subir". • Para regresar a la pantalla inicio, desde cualquiera de las dos pantallas de configuraciones, debe presionar la flecha "atrás". • FYP sólo acepta el formato mencionado, rechaza el dato erróneo que se quiera ingresar y se queda "esperando" un dato válido. • El programa almacena los datos configurados en la memoria no volátil del sistema y cada vez que el FYP se inicialice se cargan los datos configurados previamente. • En cualquier momento puede presionar la tecla "CANCEL" para salir de la configuración sin guardar los cambios realizados y regresar a la pantalla anterior (figura b).


4.2.2. Opción Menú


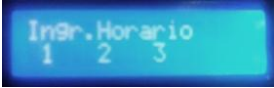
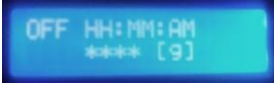

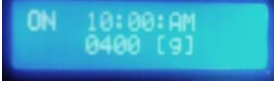


Se presiona la tecla "2" cuando el FYP muestra la pantalla inicio y se despliega las utilidades de la opción "Menú". En la tabla 4-2 se registra las pruebas funcionales realizadas para cada ítem de esta sección. Las pruebas realizadas consisten en: visualizar en la pantalla LCD local los valores del RTC, realizar las pruebas de lectura de los sensores del nivel del tanque y de la cantidad de comida servida actualmente en el plato y visualizar los valores registrados, ingresar y visualizar parámetros para los horarios de programación de dosificación del alimento y habilitar las alarmas del sistema: alerta nivel y llamado perrito.

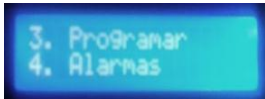





Tabla 4-2. Pruebas Funcionales: Interfaz Local - Menú

PRUEBA DE INTEGRACIÓN – INTERFAZ LOCAL: MENÚ	
Requerimientos:	<ul style="list-style-type: none"> • Inicializar el FYP. • Presionar la tecla para ingresar a la opción "Menú". • Mostrar las opciones de esta sección: Reloj, Supervisar, Programar y Alarmas. • Permitir ingresar los parámetros asociados a la programación de los horarios de dosificación y a la configuración de las alarmas. • Acoplar los sensores y actuadores con la estructura mecánica del dispensador. • Permitir cancelar la operación actual en caso de ser necesario. • El operador de telefonía celular debe ser válido en Colombia. • Permitir conectar y desconectar el módulo de comunicaciones GPRS del hardware del sistema.
Tipo de Prueba	Integración
Hardware Requerido	Dispensador FYP

Software Requerido	Firmware FYP e Interfaz local
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento de todas las opciones del modo de operación del sistema dosificador, acoplando la parte mecánica y electrónica del FYP relacionadas con este módulo, las cuales están disponibles en la interfaz de local de usuario en la sección de Menú.
Visualizar Hora, Fecha y Variables del Sistema	
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento del RTC y los sensores encargados de monitorear los parámetros: nivel del tanque y cantidad de comida servida en el plato.
Datos de la Prueba	El RTC está energizado y dispone de un cristal de 32.768 KHz. Se acoplan los sensores infrarrojos dentro del tanque. Se acopla la celda de carga debajo del plato para medir la cantidad de comida que se dosifica. La capacidad máxima que resiste la celda por fabricación es de 5 Kg. Pero la capacidad máxima que permite el FYP es de 1Kg.
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> Desde la opción Menú, ingresar a "Reloj" presionando la tecla "1" para visualizar la fecha y la hora. Presionar la tecla "atrás" para regresar a la pantalla anterior, Menú de Usuario. Desde la opción Menú, ingresar a "Supervisar" presionando la tecla "2" para monitorear el valor actual de los sensores de las variables: nivel de comida en el tanque y cantidad de alimento servido. Presionar la tecla "atrás" para regresar a la pantalla anterior, Menú de Usuario.
Resultado Esperado	<ol style="list-style-type: none"> Se debe realizar una correcta navegación por la interfaz de usuario mostrando cada pantalla a la que se accede. Se debe mostrar en pantalla el valor obtenido por los sensores.
Resultado Obtenido	<p>Prueba exitosa. A continuación se presentan las capturas de pantalla correspondientes a la prueba. El orden es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pantalla inicio y pantalla Menú (a), (b) Visualizar hora y fecha obtenidos del RTC (c) Visualizar el valor de las variables sensadas (d) Tanque de almacenamiento del FYP con el valor del nivel sensado: 70% (e) Plato de comida con el valor sensado: 153 gramos de alimento servido (f) <p>a. </p> <p>b. </p> <p>c. </p> <p>d. </p> <p>e. </p>

	 <p>f.</p>
Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> • Para regresar a la pantalla inicio, desde el menú, debe presionar la flecha "atrás". • El nivel del tanque se dividió en 9 niveles: 0%, 10%, 20%, 30%, 50%, 60%, 70%, 80% y 100%. • Se configura en el firmware que la capacidad máxima de la celda sea de 1Kg. Si se sobrepasa este valor se puede presentar fallas en el sistema, llegando incluso a daños físicos en los componentes.
Programar Horarios de Dosificación	
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento del FYP para almacenar los parámetros de programación en la memoria del sistema y visualizarlos posteriormente en la pantalla local.
Datos de la Prueba	<p>Los horarios se ingresan con el formato 12 horas del RTC.</p> <p>Se pueden programar dosis de comida máximo hasta de 1 Kg.</p> <p>La cantidad (en gramos) a dosificar permitidas son: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000.</p> <p>Se ingresan los parámetros de programación editando cada dígito en el campo que la interfaz vaya indicando.</p> <p>El usuario dispone de hasta 3 horarios para programar.</p>
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desde la opción menú presionar la flecha "bajar" para pasar a la siguiente pantalla de esta opción 2. Ingresar a "Programar" presionando la tecla "3". 3. En la pantalla "Ingresar Horario" seleccione el horario que desea configurar (Horario 1, 2 o 3). 4. Pasa a la pantalla correspondiente al horario seleccionado. 5. Con la flecha "subir" cambia el horario a estado "ON" y con la flecha "bajar" regresa al estado "OFF", que es el estado inicial. 6. Si selecciona el estado "OFF" presione la tecla "OK" para deshabilitar el horario. La interfaz vuelve a la pantalla anterior. 7. Si selecciona el estado "ON" presione la flecha "adelante" para editar el siguiente campo. 8. Ingrese la hora de activación del dispensador FYP para la dosificación del alimento en formato 12 horas. 9. En su campo, la tecla "subir" cambia a "PM" y la tecla "bajar" cambia a "AM". Luego se presiona la tecla "adelante" para avanzar al siguiente campo. 10. Para ingresar la cantidad de alimento que se quiere dosificar se edita el primer dígito, que puede ser "1" o "0" porque la cantidad máxima que se puede dosificar son 1000 gramos (1Kg). 11. La interfaz avanza al siguiente dígito y se queda esperando que ingrese un dato válido, dependiendo del valor del dígito anterior. 12. FYP completa el valor de la dosificación colocando ceros (0) en las cifras siguientes. 13. El usuario debe presionar la tecla "OK" para guardar los datos y regresar a la pantalla anterior, "Ingresar Horario". 14. Se repiten los pasos 3 al 13 para cada uno de los tres horarios. 15. Presionar la tecla "bajar" para pasar a la pantalla "Ver Horarios". 16. En la pantalla "Ver Horarios" seleccione el horario que desea visualizar (1, 2 o 3). 17. La interfaz le muestra en pantalla los parámetros programados en el horario seleccionado. 18. Presionar la tecla "atrás" para regresar a la pantalla anterior, "Ver Horarios". 19. Repetir los pasos 17 y 18 para visualizar los demás horarios programados. 20. Dentro de la opción "Programar" puede pasar de la pantalla "Ingresar Horario" a la pantalla "Ver Horarios" y viceversa, presionando las teclas "subir" y "bajar"
Resultado Esperado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se debe realizar una correcta navegación por la interfaz de usuario mostrando cada pantalla a la que se accede. 2. Guardar correctamente en la memoria del sistema los parámetros programados. 3. Se debe mostrar en pantalla los horarios programados.

Resultado Obtenido	<p>Prueba exitosa. A continuación se presentan las capturas de pantalla correspondientes a la prueba. El orden es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Segunda pantalla Menú de usuario (a) • Pantalla "Ingresar Horario" (b) • Pantalla ingresando programación (c), (d), (e) • Pantalla "Ver Horarios" (f) • Visualizar los horarios programados (g) <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">a.</div>  </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">b.</div>  </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">c.</div>  </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">d.</div>  </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">e.</div>  </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">f.</div>  </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">g.</div>  </div>
Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> • La capacidad máxima que resiste la celda por fabricación es de 5 Kg. Pero se programa el firmware para que la capacidad de la celda sea 1Kg. Si se sobrepasa se presentarán fallas en el sistema, y pueden causar daños físicos en los componentes. • Se puede realizar la programación de manera local o remota, pero el usuario tiene máximo tres horarios disponibles para programar. • FYP sólo acepta el formato mencionado, rechaza el dato erróneo que se quiera ingresar y se queda "esperando" un dato válido. • El programa almacena los datos configurados en la memoria no volátil del sistema y cada vez que el FYP se inicialice se cargan los datos configurados previamente. • En cualquier momento puede presionar la tecla "CANCEL" para salir de la configuración sin guardar los cambios realizados y regresar a la pantalla anterior. • Para pasar de una pantalla a la otra en la opción Menú debe presionar las teclas "subir" y "bajar". • Presionar la tecla "atrás" desde cualquier pantalla del Menú de usuario para regresar a la pantalla inicio.
Habilitar Alarmas	
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento del FYP para configurar las alarmas del sistema y almacenar los datos de configuración.
Datos de la Prueba	Las alarmas se pueden habilitar de manera independiente. Para la alerta nivel se debe seleccionar un nivel umbral. La alarma de nivel se activa de manera local y envía una notificación al dispositivo móvil, si se encuentra habilitada. El llamado al perrito se activa solo de manera local.
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desde la opción menú presionar la flecha "bajar" para pasar a la siguiente pantalla de la opción menú. 2. Ingresar a la pantalla "Alarmas" presionando la tecla "4". 3. Presionar la tecla "1" para seleccionar la alarma de nivel. 4. Presionar la tecla "1" para habilitar, "2" para deshabilitar o "atrás" para no hacer modificaciones y regresar a la pantalla anterior. 5. Si escoge la opción 2, se deshabilita la alarma, guarda la configuración y regresa a la pantalla anterior, "Alarmas". 6. Si escoge la opción 1, aparece una nueva pantalla para seleccionar el nivel umbral. Presionar las flechas "subir" y "bajar" para escoger el umbral. 7. Presionar la tecla "OK" para guardar los cambios o "CANCEL" para no guardarlos y regresar en ambos casos a la pantalla anterior. 8. Desde la pantalla "Alarmas", Presionar la tecla "2" para entrar a la pantalla de la alarma "Llamado Perrito".

	<p>9. Presionar la tecla "1" para habilitar, "2" para deshabilitar o "atrás" para no hacer modificaciones y regresar a la pantalla anterior.</p> <p>10. La interfaz guarda los datos configurados y regresa a la pantalla "Alarmas".</p> <p>11. Presionar la tecla "atrás" para regresar a la pantalla anterior, Menú de Usuario.</p>
Resultado Esperado	<p>1. Se debe realizar una correcta navegación por la interfaz de usuario mostrando cada pantalla a la que se accede.</p> <p>2. Se debe mostrar en pantalla las configuraciones realizadas.</p>
Resultado Obtenido	<p>Prueba exitosa. A continuación se presentan las capturas de pantalla correspondientes a la prueba. El orden es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Segunda pantalla del Menú de usuario (a) • Pantalla "Alarmas" (b) • Pantalla "Alerta Nivel" (c), (d) • Pantalla "Llamado Perrito" (e) • Pantalla "Alarmas" visualizando las configuraciones realizadas (f) <p>a. </p> <p>b. </p> <p>c. </p> <p>d. </p> <p>e. </p> <p>f. </p>
Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> • Para pasar de una pantalla a otra en el Menú debe usar las teclas "subir" y "bajar". • Presionar la tecla "atrás" desde cualquiera de las dos pantallas del Menú de usuario para regresar a la pantalla inicio. • Las opciones para el nivel umbral que ofrece FYP son: 0%, 10%, 20%, 30% y 50%. • El nivel del tanque se dividió en 9 niveles: 0%, 10%, 20%, 30%, 50%, 60%, 70%, 80% y 100%. • En las pantallas de cada una, el '*' indica cuál es el estado actual de la alarma (ON/OFF). • Con la alerta nivel de local se envía un SMS al dispositivo móvil. • El programa almacena los datos configurados en la memoria no volátil del sistema y cada vez que el FYP se inicialice se cargan los datos configurados previamente.

4.3. APLICACIÓN ANDROID

La figura 4-3 muestra las alternativas que ofrece la interfaz de usuario de la aplicación Android. Se despliega cada pantalla de las opciones del modo de operación del FYP y las flechas indican el sentido de navegación.

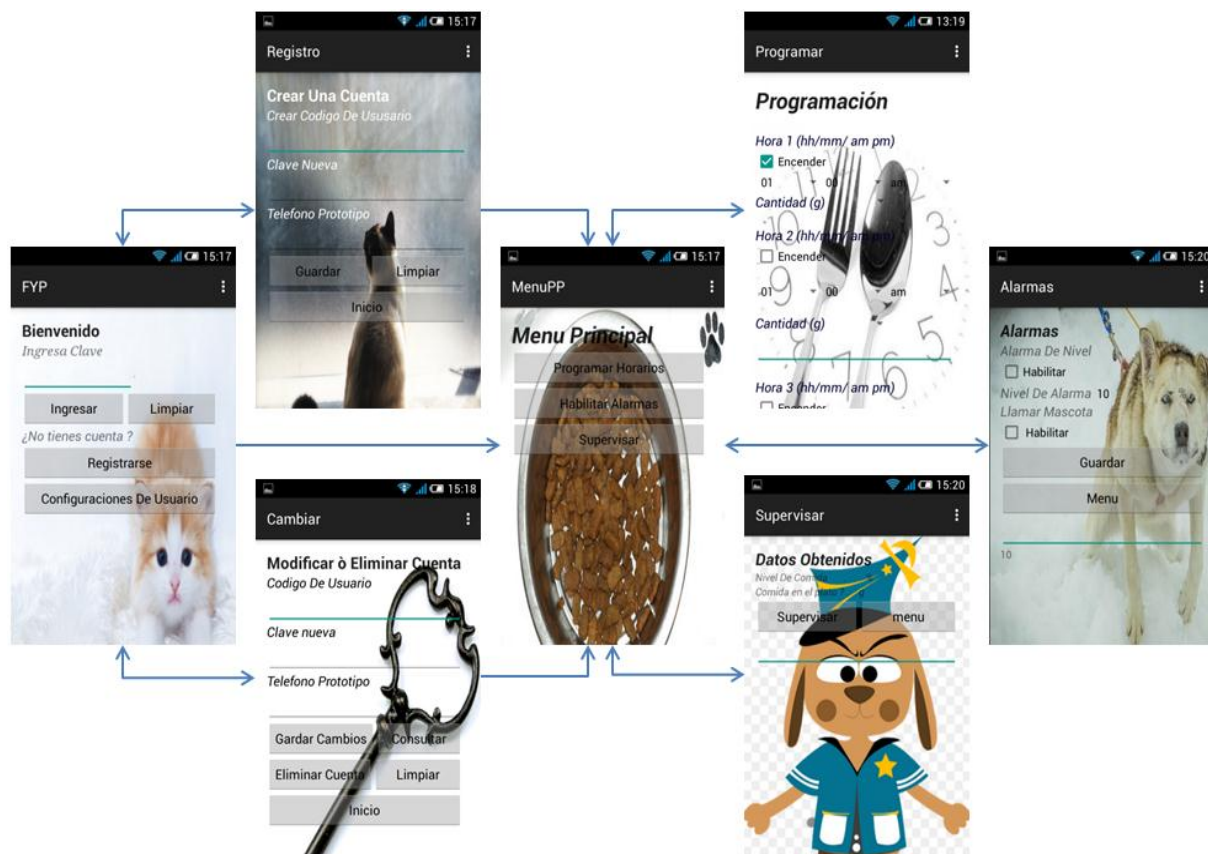


Figura 4-3. Navegación de la Interfaz de la Aplicación Android

La pantalla de inicio es la primera que se muestra de izquierda a derecha. Cuando se inicializa el dispensador se muestran las opciones de seguridad de acceso del usuario, que son: 1) Ingresar clave de usuario antiguo, 2) Registrarse por primera vez y/o crear una cuenta nueva y 3) Configuraciones de usuario para modificar los datos ingresados previamente.




Después de la seguridad de acceso el usuario tiene puede establecer una comunicación con el dispensador FYP. La aplicación le ofrece las siguientes herramientas: 1) Programar Horarios, máximo tres horarios de dosificación; 2) Habilitar Alarmas, alerta nivel y llamado perrito; y 3) Supervisar, visualizar en la App el valor actual de las variables: nivel del tanque y cantidad de comida servida.




4.3.1. Opción Acceso al Usuario


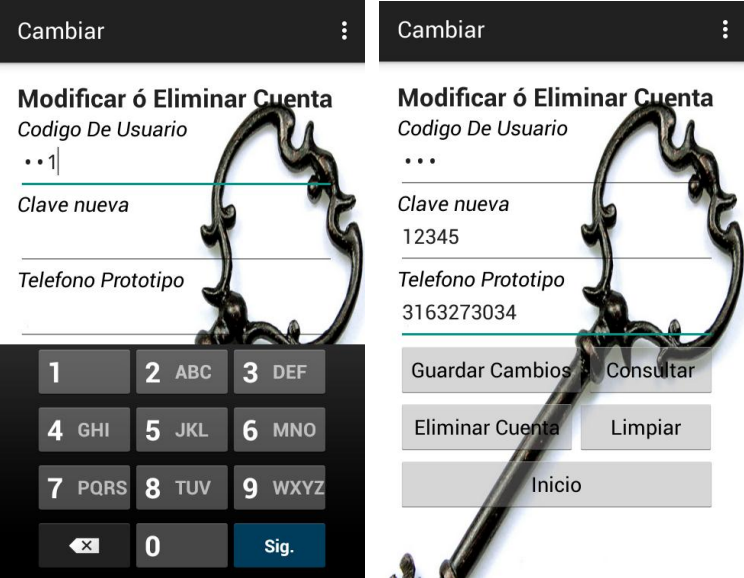
La App ofrece una seguridad para el acceso del usuario al menú de funcionamiento que ofrece el prototipo dispensador. Para ingresar a la aplicación se debe crear una cuenta de usuario e ingresar los datos requeridos por la aplicación: código de usuario, clave y número de teléfono del FYP. Las pruebas realizadas en esta sección consisten en crear una cuenta de usuario en el dispositivo móvil para ingresar a la App, realizar modificaciones a los parámetros ingresados e ingresar a la App para comprobar la navegación por las pantallas de seguridad de acceso al usuario. Los pasos que se deben seguir para ingresar, crear una cuenta nueva y para modificar la información registrada se documentan en la tabla 4-3 de las pruebas funcionales realizadas para la App.

Tabla 4-3. Pruebas Funcionales: App Android – Acceso de Usuario

PRUEBA DE INTEGRACIÓN – APLICACIÓN ANDROID: ACCESO DE USUARIO	
Requerimientos: <ul style="list-style-type: none"> • Instalar la App FYP. • Sistema operativo Android en el dispositivo móvil. • Habilitar una tarjeta SIM para el FYP. • Tarjeta SIM instalada en el módulo de comunicaciones del FYP. • Ubicar el móvil y el prototipo en un lugar donde haya cobertura de la señal de telefonía celular. 	
Tipo de Prueba	Integración

Hardware Requerido	Dispensador FYP
Software Requerido	Firmware FYP y App Android
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento de la App en el registro, identificación y configuración de los parámetros de seguridad de acceso que el usuario le proporciona para ingresar al menú del modo operativo del FYP.
Registrarse por Primera Vez	
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento de la App para registrar los datos de seguridad de acceso del usuario cuando ingresa por primera vez.
Datos de la Prueba	Crear una clave de usuario. Crear un código de usuario. Ingresar número de celular de la tarjeta SIM del FYP.
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a Registrarse 2. Introducir código de usuario 3. Crear clave 4. Ingresar número de la tarjeta SIM del prototipo 5. Guardar
Resultado Esperado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Crear el código de usuario para acceder a los datos. 2. Se debe mostrar en pantalla las configuraciones realizadas
Resultado Obtenido	<p>Prueba exitosa. A continuación se presentan las capturas de pantalla correspondientes a la prueba. El orden es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pantalla inicio (a) • Pantalla con los parámetros ingresados (b) <div>  <p>a.</p> </div> <div>  <p>b.</p> </div> <div>  </div>
Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> • El botón limpiar borra todos los campos. • El botón "Guardar" almacena los datos en la memoria del móvil e ingresa a la pantalla menú principal. • El botón "Inicio" regresa a la pantalla anterior sin guardar los cambios.

Identificación de Usuario (Ingresar)	
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento de la base de datos de la App para la identificación y permiso de acceso al usuario.
Datos de la Prueba	Ingresar clave configurada
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Escribir en su campo la clave de usuario 2. Presionar el botón "Ingresar"
Resultado Esperado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Que la App reconozca los datos de la base de datos. 2. Ingresar a la pantalla de menú de usuario.
Resultado Obtenido	<p>Prueba exitosa. A continuación se presentan las capturas de pantalla correspondientes a la prueba. El orden es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pantalla inicio (a) • Pantalla menú de usuario (b) • Pantalla inicio si se registra una clave incorrecta (c) <div>  <p>a.</p>  <p>b.</p>  <p>c.</p> </div>
Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> • El botón "Limpiar" borra todos los datos del campo.

Configuraciones de Usuario	
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento de la App para visualizar y modificar los datos de seguridad de acceso ingresados por el usuario.
Datos de la Prueba	Crear una clave de usuario. Crear un código de usuario. Ingresar número de celular de la tarjeta SIM del FYP.
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a Configuraciones de Usuario 2. Introducir código de usuario 3. Presionar el botón "Consultar" 4. Realizar modificaciones (opcional) 5. "Guardar Cambios" o "Eliminar Cuenta"
Resultado Esperado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Consultar, modificar o eliminar la cuenta. 2. Se debe realizar una correcta navegación por la interfaz de usuario.
Resultado Obtenido	<p>Prueba exitosa. A continuación se presentan las capturas de pantalla correspondientes a la prueba. El orden es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pantalla inicio (a) • Pantalla de "Configuraciones de Usuario" (b) <div>  <p>a.</p> <div>  <p>b.</p> </div> </div>
Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> • El botón "Inicio" regresa a la pantalla anterior sin guardar los cambios. • El botón "Guardar Cambios" le permite al usuario ingresar a la pantalla "Menú". • El botón "Eliminar Cuenta" borra la cuenta y los datos de todos los campos.

4.3.2. Menú de Usuario

Después de configurar los datos de seguridad de acceso, el usuario ingresa a la pantalla "Menú Principal". La App le permite al usuario ingresar a las herramientas que ofrece el FYP, Programar Horarios, Habilitar Alarmas y Supervisar. Las pruebas realizadas en esta sección consisten en: mostrar y utilizar las opciones de la App para programar los horarios de dispensación de la comida para la mascota, realizar la configuración de las alarmas de manera remota y realizar la solicitud a través de la App al FYP para sensar los valores del nivel de la tolva y cantidad de comida servida en el plato. En la realización de las pruebas se verifica también las pantallas de navegación de la interfaz de usuario que ofrecen un manejo de buena usabilidad al cliente. En la tabla 4-4 se registra las pruebas funcionales realizadas para cada ítem de esta sección.

Tabla 4-4. Pruebas Funcionales: App Android – Menú de Usuario

PRUEBA DE INTEGRACIÓN – APLICACIÓN ANDROID: MENÚ DE USUARIO	
Requerimientos: <ul style="list-style-type: none"> • Inicializar el prototipo FYP. • Instalar la App FYP. • Sistema operativo Android en el dispositivo móvil. • Habilitar una tarjeta SIM para el FYP. • Tarjeta SIM instalada en el módulo de comunicaciones del FYP. • Inicializar el módulo de comunicaciones GPRS. • Ubicar el móvil y el prototipo en un lugar donde haya cobertura de la señal de telefonía celular. 	
Tipo de Prueba	Integración
Hardware Requerido	Dispensador FYP
Software Requerido	Firmware FYP y App Android
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento de las herramientas del Menú Principal de la App relacionadas al modo de operación del dispensador FYP: Programar Horarios, Habilitar Alarmas y Supervisar.
Programar Horarios de Dosificación	
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento de la App en la programación de los horarios de dosificación del FYP de manera remota.
Datos de la Prueba	Los horarios se ingresan con el formato 12 horas. Se pueden programar dosis de comida máximo hasta de 1 Kg. El usuario dispone de hasta 3 horarios para programar.
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encender Horario 1. 2. Seleccionar la hora. 3. Seleccionar los minutos. 4. Seleccionar modo AM/PM. 5. Seleccionar la cantidad de alimento en gramos. 6. Repetir los pasos 1 a 5 para programar los demás horarios. 7. Presionar el botón "Guardar" para enviar los datos al FYP.
Resultado Esperado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Enviar un SMS con los datos ingresados en el formato definido. 2. Almacenar y programar el dispensador FYP con los datos enviados. 3. Recibir en la App un SMS de confirmación de programación del FYP.
Resultado Obtenido	Prueba exitosa. A continuación se presentan las capturas de pantalla y del FYP correspondientes a la prueba. El orden es el siguiente: <ul style="list-style-type: none"> • Pantalla "Programar Horarios" (a) • Mensaje enviado por el móvil al FYP y mensaje recibido en el dispositivo móvil (b) • Horarios 1, 2 y 3 programados en el FYP (c) (d) (e) • Pantalla "Programar Horarios" cuando recibe el SMS de confirmación (f)

Programar

Programación

Hora 1 (hh/mm/ am pm)

☒ Encender

01 00 am

Cantidad (g)

10

Hora 2 (hh/mm/ am pm)

☐ Encender

01 00 am

Cantidad (g)

10

Hora 3 (hh/mm/ am pm)

☐ Encender

01 00 am

Cantidad (g)

10

Guardar

Menu

Programa

00

01

02

03

04

05

06

07

08

09

10

11

12

13

14

15

Hora 2 (hh/mm/ am pm)

☒ Encender

01 00 am

Cantidad (g)

10

Hora 3 (hh/mm/ am pm)

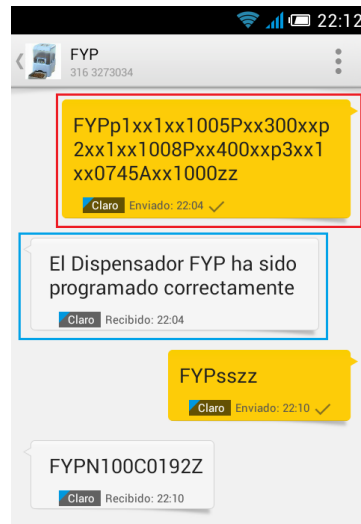
☒ Encender

01 00 am

Cantidad (g)

10

a.



b.

📎

😊

Escribir mensaje de texto

160/1

➤

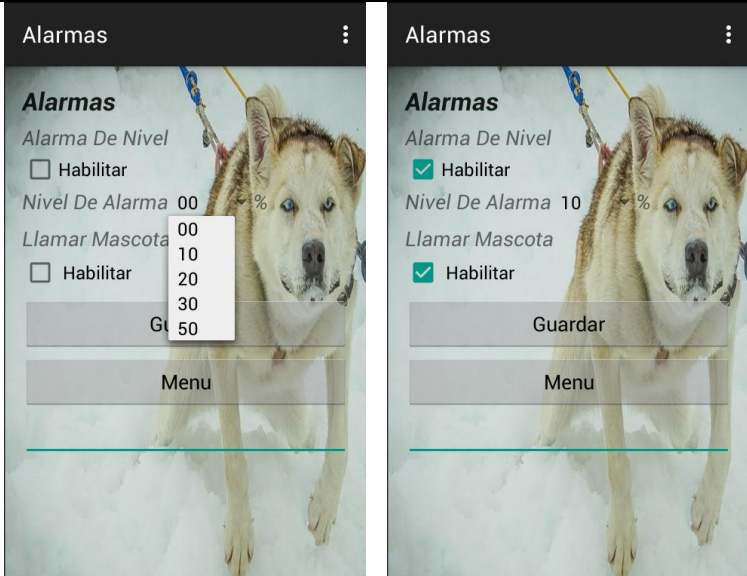
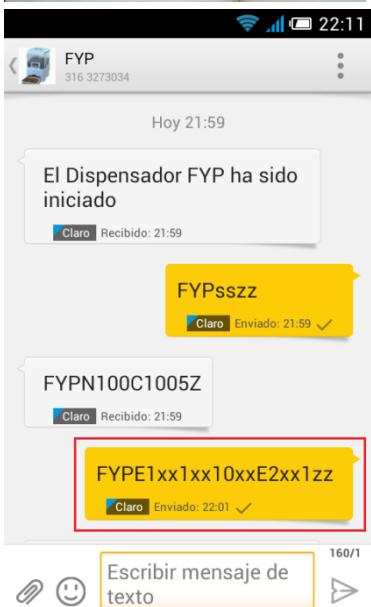

c.

d.

e.

53

	<div> <div>Programar</div> <div> <p>Hora 1 (hh/mm/ am pm)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Encender</p> <p>04 ▾ 06 ▾ am ▾</p> <p>Cantidad (g)</p> <p>Hora 2 (hh/mm/ am pm)</p> <p><input type="checkbox"/> Encender</p> <p>01 ▾ 00 ▾ am ▾</p> <p>Cantidad (g)</p> <p>Hora 3 (hh/mm/ am pm)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Encender</p> <p>08 ▾ 16 ▾ am ▾</p> <p>Cantidad (g)</p> <p>El dispensador FYP ha sido programado correctamente</p> <p>Guardar Menu</p> </div> </div> <div> <div>Programar</div> <div> <p>Hora 1 (hh/mm/ am pm)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Encender</p> <p>04 ▾ 06 ▾ am ▾</p> <p>Cantidad (g)</p> <p>Hora 2 (hh/mm/ am pm)</p> <p><input type="checkbox"/> Encender</p> <p>01 ▾ 00 ▾ am ▾</p> <p>Cantidad (g)</p> <p>Hora 3 (hh/mm/ am pm)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Encender</p> <p>08 ▾ 16 ▾ am ▾</p> <p>Cantidad (g)</p> <p>El dispensador FYP ha sido programado correctamente</p> <p>Guardar Menu</p> </div> </div>
Comentarios	<p>f.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presionar el botón "Menú" regresa a la pantalla del menú principal sin enviar los datos. • Los datos recibidos en el FYP son almacenados en la memoria no volátil del sistema, en el espacio de la memoria designado para las variables que se programan de manera local. • El mensaje recibido es el que se encuentra encerrado en el recuadro azul. • El mensaje enviado es el que se encuentra encerrado en el recuadro rojo. • El número de la SIM del FYP se encuentra registrado en la memoria del móvil.
Habilitar Alarmas	
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento de la App en la configuración de la alarmas del FYP de manera remota.
Datos de la Prueba	<p>Las alarmas se pueden habilitar de manera independiente.</p> <p>Para la alerta nivel se debe seleccionar un nivel umbral.</p> <p>La alarma de nivel se activa de manera local y envía una notificación al dispositivo móvil, si se encuentra habilitada.</p> <p>El llamado al perrito se activa solo de manera local.</p>
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Habilitar Alarma de Nivel. 2. Seleccionar el Nivel umbral de Alarma. 3. Habilitar la alarma "Llamar Mascota". 4. Guardar.
Resultado Esperado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Enviar un SMS con la configuración realizada en el formato definido. 2. Almacenar y programar el dispensador FYP con los datos enviados.
Resultado Obtenido	<p>Prueba exitosa. A continuación se presentan las capturas de pantalla correspondientes a la prueba. El orden es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pantalla "Alarmas" (a) • Mensaje enviado por el móvil al FYP (b) • Alarmas configuradas en el FYP (c)

	<p>a.</p>  <p>b.</p>  <p>c.</p> 
Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> • Presionar el botón “Menú” regresa a la pantalla del menú principal sin enviar los datos. • Los datos recibidos en el FYP son almacenados en la memoria no volátil del sistema, en el espacio de la memoria designado para las configuraciones que se realizan de manera local. • El mensaje enviado es el que se encuentra encerrado en el recuadro rojo.
Supervisar las Variables del Sistema	
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento de la App en la solicitud que hace al FYP para supervisar las variables: nivel del tanque y cantidad de comida servida, de manera remota.
Datos de la Prueba	Se acoplan los sensores infrarrojos dentro del tanque. Se acopla la celda de carga debajo del plato para medir la cantidad de comida que se dosifica. La capacidad máxima que resiste la celda por fabricación es de 5 Kg. Pero la capacidad máxima que permite el FYP es de 1Kg.
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a la opción “Supervisar”. 2. En la pantalla correspondiente presionar el botón “Supervisar”.
Resultado Esperado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Enviar un SMS con el formato definido. 2. Recibir el SMS proveniente del prototipo FYP con el valor de las variables en el formato definido. 3. Visualizar en la pantalla de la App el valor de las variables sensadas

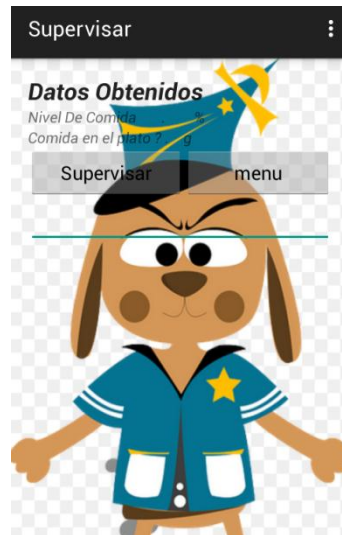
**Resultado
Obtenido**

Prueba exitosa. A continuación se presentan las capturas de pantalla correspondientes a la prueba. El orden es el siguiente:

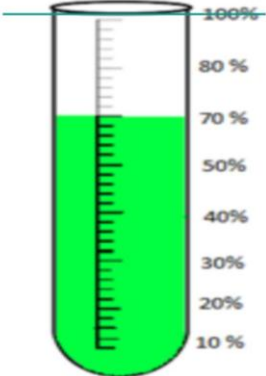
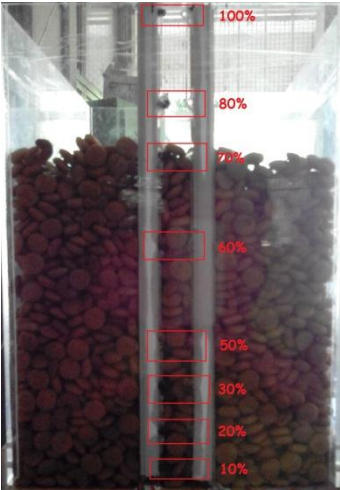


- Pantalla menú principal (a)
- Pantalla "Supervisar" (b)
- Pantalla "Supervisar" con los valores obtenidos por los sensores (c)
- Supervisión local (d)
- SMS enviado por la App y SMS recibido en el dispositivo móvil (e)



a.




b.

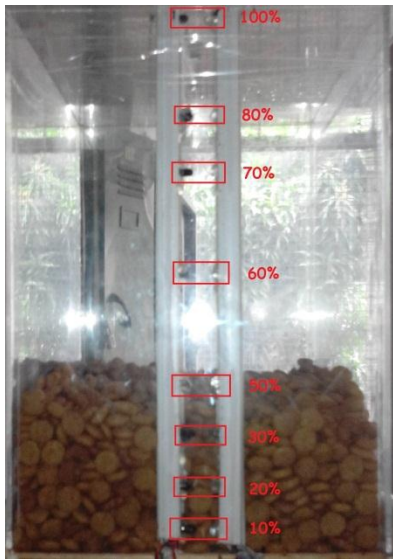
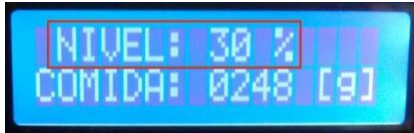
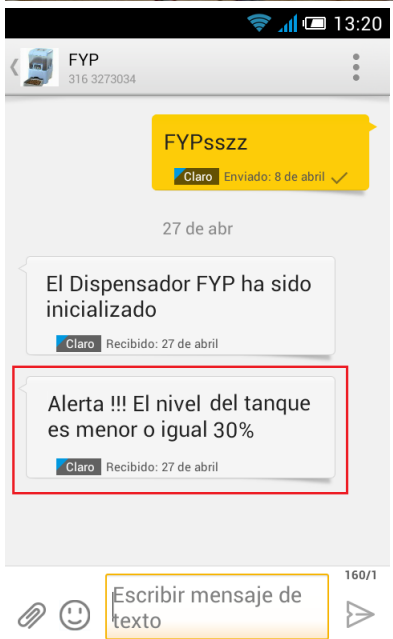
	<div><div>Supervisar</div><div><div>Datos Obtenidos</div><div>Nivel De Comida 70%</div><div>Comida en el plato ? 153g</div><div><div>Supervisar</div><div>menu</div></div></div><div></div></div> <p>c.</p> <div><div></div><div></div></div> <p>d.</p> <div></div> <p>e.</p> <div><div>Comentarios</div><div><ul style="list-style-type: none">• Presionar el botón "Menú" regresa a la pantalla anterior, menú principal.• El mensaje enviado es el que se encuentra encerrado en el recuadro rojo.• El mensaje recibido es el que se encuentra encerrado en el recuadro azul.• El número de la SIM del FYP se encuentra registrado en la memoria del móvil.</div></div>
--	--

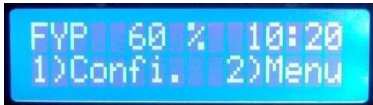



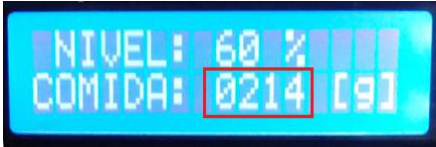
4.4. MODO OPERATIVO FYP

Una vez realizadas las configuraciones locales y remotas, el sistema del FYP espera para ejecutar su programación a medida que se vayan cumpliendo las condiciones definidas. El sistema responde de manera local y remota dependiendo de la configuración. Las pruebas realizadas consisten en: comprobar el envío del mensaje de texto de inicialización del FYP; generar las condiciones para verificar la activación de la alerta del nivel, de manera local y remota a través de un SMS de notificación; y establecer la relación entre el tiempo de activación del motor y el gramaje dispensado. En la tabla 4-5 se registra las pruebas funcionales realizadas en el modo operativo del FYP, es decir, debidamente configurado, programado los horarios y habilitado las alarmas.

Tabla 4-5. Pruebas Funcionales: Modo Operativo FYP

PRUEBA DE INTEGRACIÓN – MODO OPERATIVO FYP	
Requerimientos:	<ul style="list-style-type: none"> • Inicializar el FYP. • Realizar las configuraciones del sistema. • Ingresar los parámetros de configuración para la dosificación del alimento. • Habilitar las alarmas del FYP. • Disponer de comida en el tanque contenedor. • Tener saldo disponible para el envío de mensajes de texto • Encender el módulo GPRS e instalar la tarjeta SIM válida en Colombia.
Tipo de Prueba	Integración
Hardware Requerido	Dispensador FYP
Software Requerido	Firmware FYP y App Android
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento del dispensador FYP para que, una vez que sea configurado y programado, realice la dosificación del alimento y emita las alarmas de notificación de cada evento.
Envío SMS de Inicialización	
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento en el envío del mensaje de texto que anuncie al usuario que el FYP se ha reiniciado.
Datos de la Prueba	Configuración del número celular válido en Colombia: 313 565 8417
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar las configuraciones del sistema 2. Programar el FYP y habilitar las alarmas de manera local o remota. 3. Reiniciar el sistema del dispensador
Resultado Esperado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Envío del SMS de notificación al dispositivo móvil
Resultado Obtenido	<p>Prueba exitosa. A continuación se presenta la captura de pantalla del SMS correspondiente a la prueba.</p> 

Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> El mensaje recibido es el que se encuentra encerrado en el recuadro rojo. El número de la SIM del FYP se encuentra registrado en la memoria del móvil.
Activación de la Alarma de Nivel	
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento local de la alarma "Alerta nivel" y del envío del SMS correspondiente.
Datos de la Prueba	Configuración del número celular válido en Colombia: 313 565 8417 Nivel umbral del 30%
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> Realizar las configuraciones del sistema. Programar el FYP y habilitar la alarma de manera local o remota. Disminuir el nivel del alimento en el tanque contenedor hasta el 30% de su capacidad nominal.
Resultado Esperado	<ol style="list-style-type: none"> Activación local de la alarma de luz intermitente. Enviar notificación a través del módulo GPRS al dispositivo móvil
Resultado Obtenido	<p>Prueba exitosa. A continuación se presentan las capturas de pantalla y del FYP correspondientes a la prueba. El orden es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Nivel actual del tanque igual al 30% Pantalla del SMS de notificación de la alerta nivel correspondiente a la prueba (b) <p>a.</p>   <p>b.</p> 
Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> El mensaje recibido es el que se encuentra encerrado en el recuadro rojo. El número de la SIM del FYP se encuentra registrado en la memoria del móvil. El SMS se volverá a enviar cuando el nivel suba y baje de nuevo. Debe asegurarse que los sensores infrarrojos no están obstruidos.

Activación Sistema Dosificador	
Objetivo	Probar el correcto funcionamiento de activación del mecanismo dosificador, acoplado al control electrónico, cuando se cumplan los horarios programados y la activación local de la alarma correspondiente.
Datos de la Prueba	<p>Ingresar el o los horarios requeridos en el formato de 12 horas.</p> <p>Definir, en gramos, la cantidad de alimento que se va a dosificar a la mascota.</p>
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar las configuraciones del sistema. 2. Programar el FYP y habilitar las alarmas de manera local o remota. 3. Esperar el cumplimiento del horario programado.
Resultado Esperado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ejecutar la programación de dosificación del alimento. 2. Activar la alarma "Llamado Perrito".
Resultado Obtenido	<p>Prueba exitosa. A continuación se presentan las capturas de pantalla y del FYP correspondientes a la prueba. El orden es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hora actual del sistema FYP y Horario programado (a), (b) • Mecanismo de dosificación activado (c) • Plato con el alimento servido (d) <p>a. </p> <p>b. </p> <p>c. </p> <p>d.  </p>
Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> • La alarma es un "buzzer" que emite un sonido que llama la atención del perro cuando se cumple el horario programado y la comida está servida. • Máximo se puede dosificar 1 Kg de alimento. • El usuario escoge las porciones para la mascota de acuerdo a sus características y necesidades.

4.5. PARAMETRIZACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DEL ALIMENTO SERVIDO

La lectura del valor de la cantidad de alimento servido en el plato se realiza mediante la celda de carga. La lectura del sensor se utiliza para dos tareas principales: supervisar el estado actual en el menú de usuario y para activar/desactivar la dosificación realizada por el motor DC. En las siguientes secciones se va a describir el procedimiento realizado para determinar el valor de la variable y la respectiva incertidumbre de la medición.

4.5.1. Regresión Lineal para la Lectura de la Celda de Carga

La lectura de la cantidad de alimento en el plato se realiza a través del ADC en el microcontrolador y en el firmware se establece una relación entre el voltaje entregado por el circuito de la celda de carga (ver sección 3.4.3) y el peso del alimento en gramos. Para determinar esta relación se utilizaron unos patrones de peso de 30, 50, 100, 200, 300 y 500 gramos. Los patrones de medición se colocan en el plato del alimento y se registra el valor del voltaje de salida de la celda de carga. A continuación en la tabla 4-6 se registran los datos obtenidos en la medición.

Tabla 4-6. Relación Gramos - Voltaje de la Celda de Carga

GRAMOS	SALIDA [V]
0	0,484
50	0,543
100	0,588
150	0,652
200	0,698
300	0,793
400	0,901
500	1,011
600	1,11
700	1,207
800	1,308
900	1,41
1000	1,516

Por recomendación del fabricante (APINGER, 2014) el circuito de la celda es alimentado con una fuente de poder de 5V, por lo tanto el voltaje de saturación del circuito es de 2.5V. En la figura 4-4 se presenta la gráfica de los valores de la tabla 4-6.

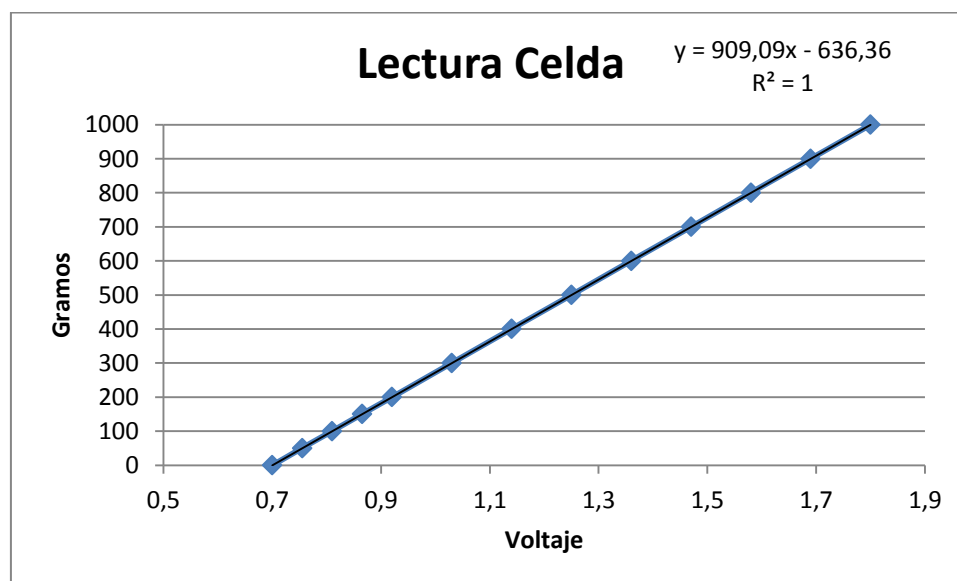


Figura 4-4. Linealización de la Celda de Carga

La relación entre el peso y el voltaje está dada por la regresión lineal simple de la figura 4-6, cuyo coeficiente de correlación es igual a 1, lo que significa que la aproximación lineal coincide perfectamente con los datos adquiridos, así que cuenta con una confiabilidad del 100%. El error en la lectura del voltaje de la celda está dado por la precisión del ADC del microcontrolador. El ADC realiza una conversión de 10 bits con un voltaje de referencia de 5V, por lo tanto el error en la lectura es de $\pm 4,88$ mV que equivalen aproximadamente a ± 10 gramos.

4.5.2. Activación del Motor y Gramaje Dispensado

La precisión de la dosificación programada depende de la sincronización de la tarea que activa el motor para la dispensación y la de lectura de la celda de carga. Se realiza un procedimiento estadístico que consiste en la dosificación repetitiva de cuatro (4) valores específicos para determinar el valor del error en la dispensación. Los resultados obtenidos se grafican en la figura 4-5.

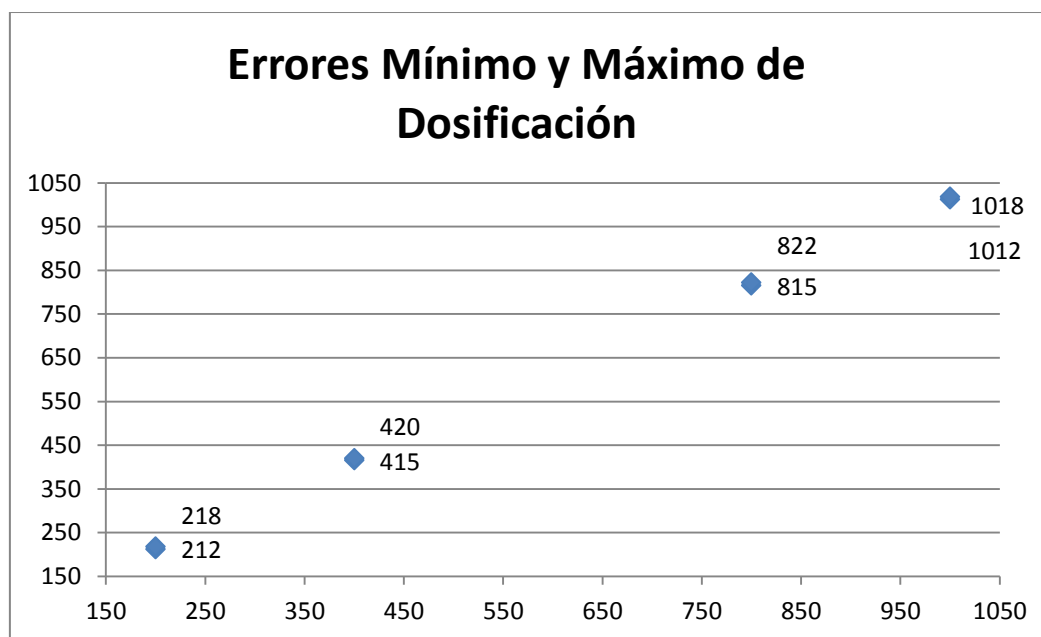


Figura 4-5. Relación entre la Activación del Motor y Gramaje Dispensado

Se realiza la prueba para cuatro valores con una repetitividad de 10 veces. La figura 4-5 muestra valores máximos y mínimos obtenidos de la dosificación del comedero FYP, en la sección 6.9 de los anexos se referencia el archivo de Excel para las gráficas 4-4 y 4-5. El error o incertidumbre de la dosificación se define con base en la diferencia mayor de dosificación de los datos obtenidos. Los resultados son los siguientes: el valor real de la dosificación para la programación de 200 [g] es de 200 ± 18 [g]; para 400 [g] es de 400 ± 420 [g]; para 800 [g] es de 800 ± 822 [g] y para 1000 [g] es de 1000 ± 1018 [g].

En general, para el FYP el valor máximo de error en comparación con el dato programado es de ± 22 [g]. Teniendo en cuenta el error de dosificación y de lectura se recomienda utilizar el dispensador FYP para perros medianos y grandes que consuman dosis de alimentación al menos tres veces por encima del error de dosificación.

4.6. PRUEBAS DE CONSUMO ENERGÉTICO

El dispensador FYP está conectado a una fuente de energía conmutada que es la encargada de suministrar la energía requerida por el sistema. La fuente principal del dispensador es de 12V/8^a y se conecta a la red del fluido eléctrico a de 120Vac/60Hz. Para determinar el consumo energético, se conecta la fuente al sistema y se pone en funcionamiento todas las opciones de modo operativo que presenta el FYP y se mide el valor de corriente de la carga equivalente al dispensador FYP. El valor obtenido es de 1.5 [A]. El módulo de actuadores consume aproximadamente 1A, el de comunicaciones consume 2A y el hardware de control junto consume 1A aproximadamente.

Por lo tanto se puede concluir que la potencia consumida por el sistema dispensador FYP es de 18 watts. Los picos de corriente, la conmutación a altas frecuencia de la fuente de alimentación eléctrica y los campos magnéticos generados por la circulación de corriente en

los conductores de cobre generan interferencias en el sistema que pueden producir fallas en el funcionamiento del dispensador FYP, por eso se propone en la sección 5.2 como parte de “Trabajos Futuros”, un estudio de los circuitos para reducir el consumo energético de algunos módulos que componen la parte del hardware.

4.7. COSTOS DE FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO DISPENSADOR

Para la fabricación del dispensador prototipo FYP se tienen en cuenta el tipo de los materiales, costos de proveedor y mano de obra. En la tabla 4-7 se registra el presupuesto para la construcción del prototipo.

Tabla 4-7. Costos de Fabricación

Producto	Costo en pesos
Estructura de Acrílico de 4mm	\$ 550.000
Soporte de madera para la estructura	\$ 50.000
Motores DC	\$ 40.000
Fabricación de los circuitos impresos	\$ 200.000
Módulo GPRS	\$ 70.000
Celda de carga	\$ 30.000
Componentes discretos	\$ 200.000
Plato para mascotas	\$ 12.000
10 Lb de Comida para perros	\$ 15.000
TOTAL	\$ 1.167.000

En total el dispensador FYP prototipo tiene un costo de \$1.167.000 y se registra el valor de los ítems más significativos. En la sección 5.2 como parte de “Trabajos Futuros”, se propone realizar un análisis de los materiales, proveedores y componentes electrónicos que se emplearon para la construcción del dispensador y buscar otras alternativas en el mercado que sean de menor costo y cumplan con los mismos requerimientos.

Con la reducción de costos se busca poder ingresar en el mercado de las mascotas con el dispensador FYP como un producto comercial y que su valor en el mercado pueda estar al alcance de la mayoría de los potenciales consumidores que son los dueños de las mascotas.

4.8. OBSERVACIONES FINALES

Para el correcto funcionamiento del comedero automático para mascotas se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones: distribuir uniformemente el alimento de la mascota dentro del tanque de almacenamiento para que los sensores infrarrojos la puedan detectar y evitar problemas de estancamiento a la salida del sistema dosificador.

Se debe asegurar que calidad de la señal telefónica que le llegue al módulo de comunicaciones del FYP sea buena y estable. El módulo GPRS puede presentar errores de funcionamiento cuando la antena no tiene una buena cobertura de la señal de telefonía correspondiente a la tarjeta SIM del dispositivo.

En la medición de la cantidad de alimento no se utiliza todo el rango del ADC del microcontrolador ya que el circuito de la celda de carga tiene un voltaje de saturación menor a 5V (2.5V) y con esto se genera una pérdida en la precisión de la lectura del valor del ADC. Sin embargo esta pérdida no es crítica para el correcto funcionamiento del FYP y se realiza para alargar el tiempo de vida de la celda de carga.

El error del ADC depende también de la precisión y estabilidad de la fuente del voltaje de referencia que debe ser igual a 5V. Nominalmente el error de la conversión del ADC es de 5mV aproximadamente, que equivale a un error de lectura de 10 [g].

La respuesta o velocidad del sistema en la dosificación del alimento depende de la configuración del firmware del FYP. La precisión se ve afectada por el tiempo que se le asigne la CPU del microcontrolador en el Free RTOS a la tarea que realiza la lectura de la celda de carga, que se debe sincronizar con la tarea de activación del motor.

La aplicación Android cuenta con unos botones de navegación independiente del dispositivo móvil en el que se haya instalado. Esto le permite al usuario acceder a las herramientas del menú que ofrece el FYP.

El plato de la mascota debe ser ubicado correctamente en un sitio en el que pueda quedar fijado para que el alimento sea introducido correctamente en su interior y evitar que se desperdicie el alimento.

Antes de apagar el prototipo dispensador se debe desactivar manualmente el módulo de comunicaciones GPRS para evitar daños en el sistema de comunicación remota. Si el fluido eléctrico es suspendido, se debe activar manualmente el módulo GPRS para reactivar la comunicación por medio de SMS con la aplicación.

Para reducir el consumo de energía del dispensador se recomienda al usuario apagar de manera manual el módulo de comunicaciones GPRS cuando el usuario se encuentre en el hogar con su mascota.

5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES



5.1. CONCLUSIONES

El proyecto presentado en este documento llamado “dispensador automático de comida para mascotas programable y controlado remotamente” consiste en el desarrollo de un prototipo que pueda dosificar el alimento para mascotas de manera programada y que se pueda controlar a distancia desde un dispositivo móvil. El diseño del proyecto se dividió en cuatro (4) fases: mecánico, electrónico, firmware y software de la App para Android. El prototipo es referenciado con el nombre “Feed Your Pet” (FYP).

La estructura mecánica del FYP consta de un tanque de almacenamiento y un sistema dosificador. El tanque o tolva se fabricó en acrílico porque sus propiedades físicas cumplen con los requerimientos para el almacenamiento de comida y es un material liviano que permite el fácil transporte del usuario. El sistema dosificador funciona con base en un motor DC que regula la dosificación del alimento activando una banda transportadora mediante una relación mecánica entre piñones.

Acoplado a la estructura se encuentra el hardware del sistema que componen los circuitos electrónicos diseñados para el funcionamiento automático del FYP. El hardware está dividido en 4 módulos: Controlador, Sensores, Actuadores y Comunicación GPRS.

El módulo del controlador consta de un microcontrolador ATmega644, un sistema de reloj de tiempo real (RTC) y una interfaz local de usuario compuesta por un teclado matricial y una pantalla LCD. El controlador del FYP está conectado a todos los demás módulos. Los parámetros de configuración y programación ingresados por el usuario de manera local y remota son almacenados en la memoria EEPROM interna del microcontrolador. El RTC está conectado a un cristal de 32.768 KHz y a una pila de 3V que le permiten su funcionamiento y actualización de la hora en su RAM interna aun si el fluido eléctrico es interrumpido.

El módulo de los sensores está constituido por ocho (8) pares emisor-receptor de sensores infrarrojos y una celda de carga. Las barreras infrarrojas son colocadas en diferentes posiciones dentro del tanque para determinar el nivel o altura del alimento dentro del tanque. Los sensores infrarrojos son de baja potencia (<40mA) y son activados por el microcontrolador solo cuando se va a realizar la lectura de la variable nivel, para alargar la vida útil de los diodos emisores. La celda de carga es el transductor que permite realizar la lectura de la variable: cantidad de comida servida en el plato. La celda es ubicada debajo del plato donde cae la comida del dispensador. Tiene una capacidad de fabricación hasta de 5Kg, pero por programación se limita la dosificación del alimento en porciones de hasta 1Kg. La lectura de la celda en el microcontrolador tiene una precisión de ± 10 gramos. El consumo energético de la celda es bajo (<40mA) y es conectado a un voltaje de excitación de 5V.

Los actuadores del sistema son las alarmas del FYP y el motor del sistema dosificador. La alarma nivel permite de manera visual alertar al usuario sobre la ausencia de alimento en el tanque contenedor. La alarma de llamado al perrito emite un sonido que llama la atención de la mascota para que se acerque a comer. Y el motor DC se acopla al sistema mecánico de dosificación para servir la comida de manera automática en las dosis que el usuario define previamente. En la dosificación del alimento se tiene una incertidumbre de ± 22 [g] en relación al tiempo de activación del motor y la cantidad, en gramos, de comida dispensada.

El módulo de comunicaciones GPRS permite establecer la comunicación entre el dispensador prototipo y el dispositivo móvil del usuario a través de mensajes de texto SMS. Requiere un regulador de voltaje de potencia de 4.1V a 2A para su funcionamiento. Es controlado por comandos AT que se transmiten a través de la interfaz UART del microcontrolador. Tiene un adaptador para insertar una tarjeta SIM de cualquier telefonía y se le debe instalar una antena.

El diseño del software, tanto para el firmware como para la aplicación Android, se realizó de acuerdo a la metodología RUP (Proceso Unificado de Razonamiento) para el desarrollo de software, con base en el principio de diseño modular.

El Firmware del sistema se implementa en el microcontrolador y su funcionamiento es con base en seis (6) tareas que permiten el cumplimiento de los requerimientos del modo operativo del sistema FYP. El framework empleado en la estructura software es el FreeRTOS que permite la ejecución de las tareas de manera concurrente. Las variables de configuración del sistema son almacenadas en la memoria EEPROM del microcontrolador.

La aplicación que se instala en el dispositivo móvil del usuario se desarrolla en el sistema operativo libre de Android. La plataforma de programación que se utilizó fue Java Eclipse. Esta plataforma contiene muchas herramientas relacionadas al manejo de aplicaciones para dispositivos móviles. La comunicación por medio de SMS es muy sencilla porque los permisos que se deben activar son fáciles de implementar y no tienen ningún costo económico para el programador. Los datos de configuración de usuario son almacenados en una base de datos interna contenida en la memoria del móvil. La aplicación le permite al usuario acceder a las herramientas del prototipo FYP de manera remota.

5.2. TRABAJOS FUTUROS

El sistema mecánico, electrónico, firmware y la aplicación puede ser modificadas aumentando las opciones del modo operativo que ofrece el dispensador FYP. A continuación se enumeran algunas actualizaciones que se podrían realizar en trabajos futuros en relación al prototipo dispensador:

1. Investigar otros materiales de construcción para ofrecer variedad en el diseño del dispensador, dejar el plato de la mascota fijo a la estructura de soporte y que se adapte a los gustos de los usuarios y mascotas. Se puede analizar el diseño temático en la estructura en relación a objetos involucrados con las mascotas.
2. Re-diseñar algunos de los circuitos electrónicos para optimizar la potencia consumida por el sistema que es de 18 watts. Como ejemplo, el módulo GPRS y la conexión de la alimentación a la celda carga, para evitar que esté conectada todo el tiempo y solo activarla cuando sea requerida por el sistema; de esta manera se puede prolongar su vida útil.
3. Activar el modo "suspender" del módulo GPRS por medio de comandos AT para reducir el consumo de energía.
4. Mejorar el aislamiento en el hardware entre la parte de control (controlador y sensores) y la parte de potencia (Actuadores y GPRS) para evitar las fallas del sistema que puedan generar las interferencias y picos de corriente. Apantallar los cables para que no se conviertan en antenas. Y realizar una separación de los cables de control con los de potencia.
5. Añadir en el hardware: 1) una memoria externa de mayor capacidad para poder llevar registros de alimentación y consumo de energía. Memorias como SD o flash para que el usuario las pueda visualizar en un computador, en una interfaz que se podría diseñar. 2) Alarma de sobrepeso en el plato para evitar daños en la celda de carga.
6. Añadir un módulo que le permite al dispensador conectarse a una red, ya sea local o pública. Y así formar parte de una red domótica y poderse comunicar con otras funciones dentro del hogar que pueda requerir.
7. Agregar en la pantalla LCD animaciones para presentar mensajes de manera dinámica. Se puede analizar la opción de cambiar el tipo de pantalla para mejorar la usabilidad de la interfaz local de usuario.
8. Programar en el firmware del sistema la opción de programar los horarios por "n" días o en períodos de tiempo no continuos que se puedan adaptar a la situación particular de los usuarios.
9. Incluir en el firmware del sistema la opción de activar el motor con el fin de realizar alguna prueba que el usuario requiera o para realizar labores de mantenimiento.

10. Incluir en el sistema local del FYP una clave de usuario para añadir seguridad al dispensador y evitar que otras personas modifiquen las configuraciones realizadas por el usuario.
11. Configurar en el firmware y el hardware la opción de encender automáticamente el módulo de comunicaciones GPRS, verificar que el módulo de comunicaciones este encendido siempre y monitorear de manera local y remota el voltaje de entrada del módulo de comunicaciones GPRS, para evitar que esté por encima de 4.6V y por debajo de 3.9V. El ideal es que el voltaje de alimentación sea de 4.1V.
12. Añadir en la interfaz local y en la App Android la opción de consultar el saldo de la tarjeta SIM del prototipo para que no sea necesario extraerla y realizar la consulta desde un móvil.
13. Que el firmware pueda detectar el número origen del SMS y descartar aquellos que sean enviados por una fuente distinta al número registrado.
14. Sincronizar la App con el FYP para el intercambio de información y no sobrescribir o eliminar desde la App los parámetros configurados de manera local en las diferentes opciones que ofrece el FYP en el menú de usuario. De igual modo configurar en la aplicación móvil una base de datos que lleve el registro de las actividades realizadas por el usuario, del monitoreo de las variables, visualizar en la App el registro de las configuraciones y los parámetros programados y de la actividad en modo de operación del dispensador FYP.
15. Configurar el firmware para que siempre envíe respuestas de confirmación cuando la App le envíe cualquier mensaje de texto.
16. Reducir costos en componentes. Como ejemplo, reemplazar el amplificador operacional LM324 por transistores BJT que son de menor costo. Y realizar un estudio de mercadeo.
17. Profundizar en los estudios de usabilidad por medio de encuestas para medir el nivel de aceptación y aprendizaje de los usuarios del manejo de las interfaces local y remota.

6. ANEXOS

Adjunto a este documento se entrega un CD cuya estructura de directorios se presenta en la siguiente imagen:

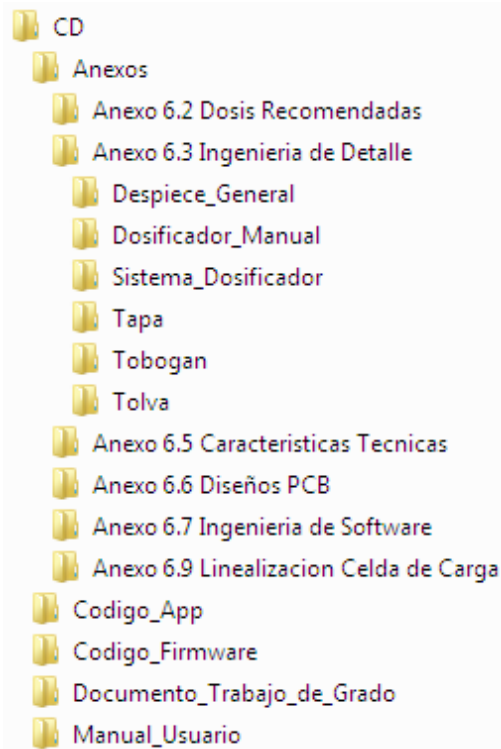


Figura 6-1. Esquema de Directorios del CD

En el directorio "Anexos" se encuentran otros subdirectorios que contienen todos los archivos relacionados a esta sección. En la carpeta "Código App" se adjunta los archivos que componen el código fuente de la aplicación Android. En "Código firmware" se encuentra el código fuente del programa del microcontrolador con todas sus librerías. En el directorio "Documento de Trabajo de Grado" se adjunta este documento en formato digital. Y en la carpeta "Manual de Usuario" se encuentra un archivo en formato pdf con todas las instrucciones de usuario.

6.1. MANUAL DE USUARIO

Se adjunta un archivo en formato pdf que contiene las recomendaciones pertinentes para el manejo, cuidado y modo de operación del dispensador FYP. Ver directorio "Manual de Usuario" en el directorio raíz.

6.2. DOSIS RECOMENDADAS

En el directorio "Anexos", en el subdirectorio "Anexo 6.2", se adjunta un documento que registra las recomendaciones que hacen algunos fabricantes de alimento para perros y gatos en relación a las cantidades que se deben suministrar a las mascotas de acuerdo a su tamaño y peso. Al final de ese documento se referencia la bibliografía consultada.

6.3. DISEÑO MECÁNICO: INGENIERÍA DE DETALLE

Los planos de las piezas fueron diseñados en el programa SolidWorks y exportados como imágenes a un documento pdf. En el directorio "Anexos", en el subdirectorio "Anexo 6.3", se encuentran los siguientes subdirectorios: "Despiece General", que presenta en resumen las piezas que conforman el FYP, "Dosificador Manual", "Sistema Dosificador", "Tapa", "Tobogán" y "Tolva", donde cada uno contiene la descripción con ingeniería de detalle de las partes que componen la estructura física y mecánica del dispensador. Además en cada subdirectorio se encuentra un video que muestra el modo de ensamble de cada pieza y los archivos de programa que se diseñaron en SolidWorks.

6.4. ACRÍLICO V.S. VIDRIO Y PLÁSTICO

6.4.1. ¿Qué ventajas tiene el acrílico con respecto al vidrio?

- ✓ Una lámina de acrílico del mismo espesor que una de vidrio tiene la mitad de peso.
- ✓ El acrílico es mucho más sencillo de maquinar que el vidrio. El maquinado del acrílico es similar al de la madera dura o al del metal blando.
- ✓ El acrílico es fácilmente termo formable, mientras que el vidrio no.
- ✓ El acrílico tiene una resistencia al impacto 6 veces mayor que el vidrio a igual espesor.
- ✓ El acrílico tiene una mayor transparencia y cristalinidad que el vidrio. Esta diferencia se hace más notoria al comparar espesores gruesos.
- ✓ El acrílico es mejor aislante térmico que el vidrio, y tiene una conductividad térmica 4 veces menor que este.
- ✓ Es más fácil reparar las rayaduras producidas en el acrílico que en el vidrio.

6.4.2. ¿Qué ventajas tiene el acrílico con respecto al policarbonato?

- ✓ El acrílico tiene mayor transparencia que el policarbonato.
- ✓ El acrílico es más fácil de limpiar que el policarbonato.
- ✓ El acrílico es más fácil de termo formar que el policarbonato.
- ✓ El acrílico tiene mayor resistencia a la intemperie que el policarbonato.
- ✓ El acrílico permite una gama de colores mayor que el policarbonato.
- ✓ El acrílico tiene un brillo de borde superior al del policarbonato.
- ✓ El acrílico es reciclable mientras que el policarbonato no.
- ✓ Las rayaduras producidas en la superficie del acrílico se pueden reparar mientras que en el policarbonato no.

6.5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS

En el directorio "Anexos", en el subdirectorio "Anexo 6.5", se adjunta un documento que describe las características eléctricas principales de los componentes electrónicos mencionados en orden en toda la sección 3.4: "Diseño Electrónico". Además al final del documento se referencia la bibliografía consultada.

6.6. DISEÑOS PCB

En el directorio "Anexos", en el subdirectorio "Anexo 6.6", se adjunta un documento listo con formato de impresión con los diseños PCB de los circuitos electrónicos implementados. Además se adjunta en el mismo subdirectorio un archivo comprimido que los contiene los archivos originales del diseño en el programa Eagle.

6.7. INGENIERÍA DE SOFTWARE: FIRMWARE Y APP

La documentación de desarrollo de ambos programas: Firmware y App se encuentra en el directorio "Anexos", en el subdirectorio "Anexo 6.7". Las etapas que se describen en ambos documentos son: descripción del modelo del proyecto, casos de uso real y diseño de diagramas de secuencias.

6.8. DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL MICROCONTROLADOR

Tabla 6-1. Distribución de Pines del Microcontrolador

# Pin	Nombre	Nombre Señal	Componente al que se Conecta	Módulo
1	PB0	PB0	Pantalla LCD	Controlador
2	PB1	PB1	Pantalla LCD	Controlador
3	PB2	PB2	Pantalla LCD	Controlador
5	PB4	PB4	Pantalla LCD	Controlador
6	PB5	PB5	Pantalla LCD	Controlador
7	PB6	PB6	Pantalla LCD	Controlador
8	PB7	PB7	Pantalla LCD	Controlador
17	PD3	Activar Teclado	LED	Controlador
18	PC4	C0	Teclado	Controlador
19	PC5	C1	Teclado	Controlador

20	PC6	C2	Teclado	Controlador
21	PC7	C3	Teclado	Controlador
26	PD4	F0	Teclado	Controlador
27	PD5	F1	Teclado	Controlador
28	PD6	F2	Teclado	Controlador
29	PD7	F3	Teclado	Controlador
22	PC0	SCL_DS	RTC - DS1307	Controlador
23	PC1	SDA_DS	RTC - DS1307	Controlador
16	PD2	MUX_OUT	MUX 74xx151	Sensores
33	PC7	S2	74xx138	Sensores
34	PC6	S1	74xx138	Sensores
35	PC5	S0	74xx138	Sensores
40	PA0	CELDA	INA 128	Sensores
24	PC2	ALARMA1	2N2222	Actuadores
25	PC3	ALARMA2	2N2222	Actuadores
4	PB3	vibrador	Moto-vibrador	Actuadores
39	PA1	MOTOR	Motor DC	Actuadores
38	PA2	--	--	--
37	PA3	POWER_KEY	GPRS	Comunicaciones
36	PA4	STATUS	GPRS	Comunicaciones
14	PD0	GPRS_RX	GPRS	Comunicaciones
15	PD1	GPRS_TX	GPRS	Comunicaciones
9	/RESET	RST	PULSADOR	--
12	XTAL2	--	CRISTAL 16 MHz	--
13	XTAL1	--	CRISTAL 16 MHz	--
30	AVCC	--	+5V	--
32	AREF	--	+5V	--
10	VCC	--	+5V	--
11	GND	--	0V	--
31	GND	--	0V	--

6.9. PARAMETRIZACIÓN DE LA CELDA DE CARGA

En el directorio "Anexos", en el subdirectorio "Anexo 6.9", se adjunta un archivo de Excel con el formato de las gráficas 4-4 y 4-5. El archivo contiene las tablas y el valor de las desviaciones estándar mencionadas en la sección 4.5.2.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Bogotá. Régimen Legal de Bogota, Decreto 3075 de 1997 (1991). Retrieved from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=3337>
- AM-MASCOTAS. (2014a). Bebedero dosificador con botellón. Retrieved September 9, 2014, from <http://www.ammascotas.com/productos-para-perros/comederos-perros/bebedero-dosificador-botellon-perros-gatos-detail>
- AM-MASCOTAS. (2014b). Bebedero dosificador portátil. Retrieved September 9, 2014, from <http://www.ammascotas.com/productos-para-perros/comederos-perros/bebedero-dosificador-portatil-perros-detail>
- AM-MASCOTAS. (2014c). Comedero antireflujo grande. Retrieved September 9, 2014, from <http://www.ammascotas.com/productos-para-perros/comederos-perros/comedero-antireflujo-grande-detail>
- AM-MASCOTAS. (2014d). Comedero dosificador de alimento. Retrieved September 9, 2014, from <http://www.ammascotas.com/productos-para-perros/comederos-perros/comedero-dosificador-alimentos-perros-gatos-detail>
- APINGER. (2014). CELDAS DE CARGA - AUTOMATIZACION Y PESAJE INDUSTRIAL GERARDO CAÑAVERAL S.A.S. Retrieved September 11, 2014, from <http://www.gerardocanaveral.com/productos/celdas-de-ca>
- ATmel. (2012). *ATmega 6444/V*. Retrieved from <http://www.atmel.com/devices/atmega644.aspx>
- Castillo, C. (2014). ENVASES PLÁSTICOS Y ALIMENTOS. Retrieved May 13, 2014, from http://www.alimentosysalud.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=177:envases-plasticos-y-alimentos&catid=2&Itemid=68
- CIRCUITOS ELECTRONICOS. (2014). Sensor de infrarrojos. Retrieved October 15, 2014, from <http://www.circuitoselectronicos.org/2010/05/sensor-de-infrarrojos-emisor-y-receptor.html>
- CJC Electric. (2015). Motor eléctrico DC 12V de alta velocidad - CJC RC 380. Retrieved May 22, 2015, from <http://cjcelectric.spanish.globalmarket.com/products/details/cjc-rc-380-motor-12v-high-speed-dc-electric-motor-1026802.html>
- ComponentsIndia.com. (2015). LM324 - ComponentsIndia.com. Retrieved April 15, 2015, from http://www.componentsindia.com/product.php?id_product=58
- Consuegra M., F. E., & González D., G. E. (2011). *Diseño concurrente y fabricación de un dosificador automático de alimento para mascotas*. Universidad Central de Venezuela, Caracas. Retrieved from <http://saber.ucv.ve/jspui/handle/123456789/614?mode=full>
- DALLAS Semiconductor. (2015). DS1307. Retrieved from <https://www.futurlec.com/ICDallas.shtml>
- Estévez, P. (2005). MANUAL BÁSICO PARA LA EDUCACIÓN DEL CACHORRO, p. 1-36.
- ESTILO DE VIDA. (2014). Qué hacer con las mascotas cuando hay vacaciones - Ciencia - ELTIEMPO.COM. *Periódico El Tiempo*. Retrieved from <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/que-hacer-con-las-mascotas-cuando-hay-vacaciones-/14967615>
- FAIRCHILD SEMICONDUCTOR. (2000). DM74LS138 • DM74LS139 Decoder / Demultiplexer.

- FAIRCHILD SEMICONDUCTOR. (2008). Tip110/tip111/tip112 NPN Epitaxial Silicon Darlington Transistor.
- FRANCO, G., GALICIA, J., & OSTRIA, D. (2010). *DESARROLLO DE UN SISTEMA DE DOSIFICACION AUTOMATICO DE ALIMENTOS PARA EQUINOS*. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, México D.F. Retrieved from <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/handle/123456789/9820>
- HITACHI. (2012). HD44780U (lcd-ii).
- ingeniatric. (2011). GSM (Sistema Global para las telecomunicaciones móviles). Retrieved April 10, 2015, from <http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/471-gsm-sistema-global-para-las-telecomunicaciones-m%C3%B3viles>
- INTECO. (2009). *Ingeniería Del Software : Metodologías Y Ciclos De Vida*. Retrieved from https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBsQFjAA&url=https://www.incibe.es/file/N85W1ZWfHifRgUc_oY8_Xg&ei=PIYnVc-RM4vosAWXnYH4CQ&usg=AFQjCNEEnl5-oTpq3s99afB4Lisq4tJ3w&sig2=l2ZEak1fXsXtrLb67nemxw&bvm=bv.90491159,d
- Isaza, C., & Zapata, P. (2013). *INTERVENCIÓN REMOTA A UN ESPACIO DOMOTIZADO PARA MASCOTAS*. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Envigado. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11190/329>
- Kioskea. (2015). Estándar GPRS (Servicio general de paquetes de radio). Retrieved April 10, 2015, from <http://es.kioskea.net/contents/680-estandar-gprs-servicio-general-de-paquetes-de-radio>
- Larman, C. (2002). *Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and the Unified Process*. (Prentice Hall, Ed.) (2nd ed.). Pearson Education. S.A, Prentice Hall.
- Madrid Salud. (2011). Materiales en contacto con los alimentos. Retrieved April 10, 2015, from http://www.madridsalud.es/temas/materiales_contacto_alimentos.php
- National Semiconductor. (1999). LM138 / LM338, (May 1998).
- Oviedo Navas, A. P. (2012). *Diseño y construcción de un dosificador de granos secos*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato. Retrieved from <http://hdl.handle.net/123456789/684>
- Panacril. (2014). Láminas Acrílicas. Retrieved November 19, 2014, from <http://www.panacril.com/>
- PEDIGREE®. (2015). Productos PEDIGREE®. Retrieved April 16, 2015, from <http://www.pedigree.com.co/index.php/productos-pedigree>
- PET-MARK. (2014). COMEDERO ACERO Y BEBEDERO AUTOMÁTICO. Retrieved September 9, 2014, from <http://tiendapetmark.com/esp/index/item/193/70/comedero-acero-y-bebedero-automatiko>
- Petmate. (2014a). infinity – programmable feeder | Petmate. Retrieved September 9, 2014, from <http://www.petmate.com/le-bistro-electronic-portion-control>
- Petmate. (2014b). pet cafe feeder | Petmate. Retrieved September 9, 2014, from <http://www.petmate.com/pet-cafe-feeder>

- Petmate. (2014c). portion right food dispenser | Petmate. Retrieved September 9, 2014, from <http://www.petmate.com/portion-right>
- PetSafe. (2014a). 2-Meal Pet Feeder | PetSafe. Retrieved September 9, 2014, from <http://intl.petsafe.net/intl/uk/products/health-wellness/feeders/2-meal-pet-feeder>
- PetSafe. (2014b). 5 Meal Pet Feeder | PetSafe. Retrieved September 9, 2014, from <http://intl.petsafe.net/intl/uk/products/health-wellness/feeders/5-meal-pet-feeder>
- Pinedo, C. (2014). Perros malnutridos: cuatro consecuencias para su salud. Retrieved April 29, 2014, from <http://www.consumer.es/web/es/mascotas/perros/alimentacion/2013/11/14/218363.php>
- Pinto, C., & Durán, H. (2006). *Diseño, Modelamiento y Simulación de Máquina Dosificadora de Alimento Granulado para Animales*. Universidad de La Salle, Bogotá D.C. Retrieved from <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16483/00781358.pdf?sequence=1>
- Portafolio.co. (2014). Las cifras más importantes alrededor del cuidado de una mascota. Retrieved April 21, 2014, from <http://www.portafolio.co/archivo/documento/CMS-7426367>
- Purina Dog Chow. (2015). PURINA® DOG CHOW® Colombia. Retrieved April 10, 2015, from <http://www.dogchow.com.co/home-page.aspx>
- Quectel. (2012). M95 Quectel Cellular Engine. Retrieved from http://www.sigmaelectronica.net/docs/M95_HD_V1.2.pdf
- Remenyi, R. L. (2014). Cuánto alimento darle a un perro en base a su peso | eHow en Español. Retrieved September 11, 2014, from http://www.ehowenespanol.com/cuanto-alimento-darle-perro-base-peso-manera_155612/
- Revista Dinero. (2014). En Colombia ¡Los prefieren perros! Retrieved April 21, 2014, from <http://www.dinero.com/pais/articulo/en-colombia-los-prefieren-perros/161464>
- Sánchez, T. A. (2013). En 6 años la población de perros y gatos se duplicó. *Periódico La Tarde*. Retrieved from <http://www.latarde.com/noticias/pereira/108768-en-6-anos-la-poblacion-de-perros-y-gatos-se-duplico>
- Sarmiento, M., & Vargas, I. (2014). *Comedero Automatizado para Pollos de Engorde*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
- Sigma Electrónica Ltda. (2012). TARJETA M95, Sigma Electrónica. Retrieved April 16, 2015, from <http://www.sigmaelectronica.net/tarjeta-p-1668.html>
- Texas Instruments. (1972). DATA SELECTOR / MULTIPLEXERS.
- Texas Instruments. (2005). Precision , Low Power INSTRUMENTATION AMPLIFIER. INA 128/129.
- Torres, E. M. G. (2012). *Diseño y construcción de un prototipo con Sistema SCADA aplicado al control del micro clima y dosificación del producto almacenado en silos*. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1902>

TRIXIE. (2014). Comedero autom. TX4 Plus,LCD,4x500 ml, ø 32 cm. Retrieved September 10, 2014, from <http://www.trixie.es/12134/es/Productos/24382/comedero-autom-tx4-pluslcd4x500-ml-32-cm.aspx>