



Facultad de Ingeniería

Ingeniería Electrónica

Trabajo de Suficiencia Profesional

Desarrollo de un Dispensador Automático de agua potable para consumo animal en un Centro Veterinario de la localidad de San Borja, Lima

Jhair Freddy Sedano Granados

para optar por el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

Asesor: Mg. Eduardo Manuel Guardia Ramírez

Lima, Perú

Mayo del 2024

Desarrollo de un Dispensador Automático de agua potable para consumo animal en un Centro Veterinario de la localidad de San Borja, Lima

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	18%	2%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	6%
2	manglar.uninorte.edu.co Fuente de Internet	3%
3	1library.co Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	computerhoy.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

Dedicado a mi familia por inculcarme valores, reconozco que estos han sido fundamentales en la formación de la identidad actual que tengo, por su comprensión y educación, este logro se lo debo a ellos. Me han formado con ciertas reglas y libertades que al final me llevan a motivar siempre a alcanzar las metas.

AGRADECIMIENTO

A Dios en primer lugar por la fortaleza y ayuda que me brinda al culminar esta gran etapa de la vida y al Ing. José Torres Vega por la pertinencia de poder acudir a sus conocimientos, así como la paciencia en la guía del desarrollo de este informe.

INDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
LISTADO DE FIGURAS.....	6
LISTADO DE TABLAS.....	7
RESUMEN.....	8
CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.2. Definición del problema	9
1.2.1. Problema general	10
1.2.2. Problemas específicos.....	10
1.3. Objetivos	10
1.3.1. Objetivo general	10
1.3.2. Objetivos específicos.....	10
1.4. Justificación e importancia.....	11
1.5. Alcance y limitaciones	11
CAPITULO 2: MARCO TEORICO.....	13
2.1. Estado del arte	13
2.1.1. Antecedentes Nacionales	13
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	13
2.2. Fundamento teórico.....	18
2.3. Marco metodológico	19
2.3.1. Construcción de Hardware y Software.....	19
CAPITULO 3: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	22
3.1. Planeamiento del proyecto	22
3.1.1. Plan de gestión de tiempos.....	23
3.1.2. Plan de gestión de costos.....	23
3.1.3. Plan de Gestión de calidad.....	24
3.1.4. Plan de la gestión de los riesgos	24
3.1.5. Plan de administración de los Interesados (stakeholders)	26
3.1.6. Plan de adquisiciones del proyecto.....	28
3.2. Ejecución del proyecto.....	29
3.2.1. Diseño del Sistema de Comunicación	31
3.2.2. Desarrollo del Sistema de Control	39
3.2.3. Diseño de los componentes físicos del sistema.....	43
3.2.4. Diseño del sistema de suministro eléctrico y respaldo de energía	44

CAPITULO 4: RESULTADOS.....	48
4.1. Diseño experimental.....	48
4.1.1. Sensor de PH (Potencial de Hidrógeno)	48
4.1.2. Sensor TDP	50
4.1.3. Comunicación MQTT.....	52
4.1.4. Funcionamiento del Sistema de Control.....	52
4.1.5. Dispensación de agua	55
4.1.6. Respaldo de Energía	57
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES.....	61

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.1. Replendish Stainless Steel Gravity Dog Water	15
Figura 2.2. Petmate Fresh Flow II Dog & Cat Water Fountain.....	15
Figura 2.3. Representa los elementos clave de la IoT.....	16
Figura 2.4. Diagrama de flujo para la ejecución del sistema	20
Figura 3.1. Cámara para una Raspberry Pi.....	34
Figura 3.2. Diseño Arquitectónico del Sistema de Comunicación	36
Figura 3.3. (a) Modelo de registro del animal. (b) Modelo de la pantalla que se comunica con el dispensador.....	37
Figura 3.4. (a) Modelo en la pantalla de visualización del nivel de agua.	38
(b) Modelo en la pantalla de visualización para video.	38
Figura 3.5. Modelo de pantalla para que se realice el cambio de agua.	38
Figura 3.6. Esquema del programa de control	41
Figura 3.7. Sensor de nivel ultrasónico	42
Figura 3.8. Servomotor Tower Pro MG946R	42
Figura 3.9. Válvula reguladora	43
Figura 3.10. Forma del envase para el agua.....	44
Figura 3.11. Diagrama de conexión del Sistema de Comunicación.....	45
Figura 3.12. Diagrama de conexión eléctrica del Sistema de Control	46
Figura 4.1. Función de sensor pH (pH VS Voltaje).....	48
Figura 4.2. Función de sensor TDS (Voltaje vs ppm)	51
Figura 4.3. Mensajes MQTT en el broker del Servidor de Comunicaciones	52
<i>Figura 4.4.</i> Información vista en el monitor sobre el nivel disponible en el IDE de Arduino	53
Figura 4.5. Prueba de nivel de agua en el plato y desagüe	55
Figura 4.6. Porcentaje de dispensaciones de agua realizadas	56
Figura 4.7. Tiempo estimado por la UPS.....	57

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1. Dispensadores del mercado.....	15
Tabla 2.2. Comparación entre Raspberry Pi 4 y Raspberry Pi 3 Model B+.	17
Tabla 2.3. Resumen de aportes relevantes y aporte propio	21
Tabla 3.1. Diagrama de PERT	23
Tabla 3.2. Presupuestos	23
Tabla 3.3. Plataforma de Software.....	34
Tabla 3.4. Cantidad de pines requeridos para el controlador	40
Tabla 3.5. Los principales atributos de un Arduino Mega 2560	40
Tabla 3.6. Cantidad máxima de voltaje y corriente consumida por los dispositivos del prototipo.....	47

RESUMEN

En la actualidad, se reconoce que el Internet de las Cosas, denominado como IoT, es una tecnología ampliamente empleada en diversos ámbitos y usos. Por ejemplo, su aplicación se extiende a la industria, incluyendo usos médicos, así como soluciones domésticas que emplean conexiones de sensores para la monitorización de distintas variables.

Así mismo, en nuestro entorno actual, la gente busca alternativas que faciliten el cuidado de los animales, lo que está impulsando la demanda de enfoques creativos para su cuidado. Esto llevó al desarrollo de un dispensador que, cuando se utiliza junto con la tecnología IoT, ayuda a los animales a mantenerse hidratados y, lo que es más importante, puede ayudarles a ser independientes, es decir, el animal podrá tener agua potable de forma automática de tal manera que ya no requiera de una administración de agua manual, esto llevado al entorno de una clínica veterinaria.

Este proyecto se desarrolla utilizando la Raspberry Pi, una placa de microordenador económica y de tamaño comparable al de una tarjeta de crédito. Esta placa ejecuta el sistema operativo Raspbian, basado en Linux. La Raspberry Pi se encargará de dispensar agua potable para el consumo del animal. Además, se empleará para instalar la aplicación y establecer la comunicación entre el dispensador y un servidor al que se envía la información sobre el consumo de agua. Para el control del sistema, también se utilizará Arduino, un microcontrolador de código abierto. Arduino gestionará los sensores y actuadores necesarios para medir variables y llevar a cabo las tareas correspondientes.

Además, se integra una fuente de energía adicional y una cámara de video. Gracias a esta inclusión, el usuario puede supervisar y controlar el sistema de forma remota mediante un dispositivo móvil y acceso a Internet, proporcionando comodidad y seguridad adicionales.

CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Introducción

En esta sección se agrupa y analiza las ideas fundamentales, como la planificación para la elaboración de este informe. También se presenta el alcance y los objetivos del proyecto, que abarca una descripción exhaustiva del sistema y su operatividad.

Los conocimientos discutidos en los siguientes subapartados serán beneficiosos para el desarrollo del dispensador en una clínica veterinaria. Estos subapartados cubren temas como los diferentes métodos de dispensación de agua para el consumo animal, y temas en donde automatizar el dispositivo implica el uso de sensores, actuadores, controladores, la tecnología del Internet de las Cosas, los sistemas de respaldo de energía, entre otros aspectos.

1.2. Definición del problema

En la sociedad que vivimos, se observa un considerable crecimiento en la cantidad de animales que reciben atención en las clínicas veterinarias, lo que conlleva mayores responsabilidades relacionadas con su cuidado. No obstante, las exigencias diarias en el funcionamiento de la clínica a menudo dificultan garantizar una hidratación adecuada para los animales. En consecuencia, se busca reducir el uso manual de administración en el consumo de agua del animal, como medida de una menor intervención humana hacia su cuidado dentro de una clínica veterinaria.

La creación de un sistema eficaz, fiable y económico puede resultar sumamente beneficioso tanto para el cuidado en una clínica veterinaria como para las organizaciones dedicadas a la protección animal, las cuales se esfuerzan por garantizar el bienestar de los animales.

1.2.1. Problema general

¿Cómo un dispensador automático de agua potable para consumo animal puede ser desarrollado en un centro veterinario de la localidad de San Borja?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Se puede agrupar e interconectar al servidor IoT las estadísticas generadas del consumo de agua animal en una clínica veterinaria?
- ¿Es posible desarrollar un sistema de control, infraestructura física y un sistema con fuente de suministro eléctrico que provea de un respaldo de energía para un centro veterinario?
- ¿Como se pretende establecer el diseño de la comunicación entre el servidor de comunicaciones, la app móvil y la Raspberry Pi 4 Model B en un centro veterinario?
- ¿Como se diseña una aplicación para el dispositivo móvil y como se implementa la red WLAN local para controlar y monitorear de forma remota el dispensador?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un dispensador de agua potable para consumo animal en un centro veterinario de la localidad de San Borja, Lima.

1.3.2. Objetivos específicos

- Generar estadísticas de consumo de agua animal en una clínica veterinaria con el fin de agrupar e interconectar al servidor IoT.
- Controlar y monitorear el dispensador con el uso de una app móvil e implementación de una red WLAN local.

- Desarrollar una estructura que comunique el servidor de comunicaciones, la app móvil y la Raspberry Pi 4 Model B.
- Desarrollar la estructura física del dispositivo, con un reservorio de agua potable con entrada de agua manual y automática.
- Desarrollar un sistema para poder controlar el dispensador, un sistema de suministro eléctrico que provea de un respaldo de energía.

1.4. Justificación e importancia

Este apartado justifica que la causa del gran aumento de animales en la sociedad y que lleva a que cada día se requiere mayor atención en una clínica veterinaria, se busca orientar y vincular un dispensador de agua automático de agua como un producto ergonómico y fácil de usar dentro de la clínica, en este efecto, el informe sirve para validar y certificar el uso del microordenador Raspberry Pi 4 Model B en el sistema de comunicación como el dispositivo más óptimo para esta función, así mismo generar una solución a costo accesible.

A la luz de la situación actual, este trabajo cobra una importancia fundamental en el sector social ya que apoya al incentivo de la Ley 30407 “La normativa de Protección y atentado contra el Bienestar Animal” que se lanza el 8 de enero del 2016 por el Ministerio del Interior.

1.5. Alcance y limitaciones

El alcance del presente informe, busca trabajar con sistemas, redes y circuitos ya establecidas en la ciudad de Lima, preferiblemente con licencias que corresponden a una GPL (en español, Licencia Publica General), que como su nombre indica son de licencia libre empleadas en el ámbito del software libre con la intención de proponer una solución económica viable.

Como limitación del informe, se tiene que el sistema no podrá guardar datos estadísticos en caso de alguna desconexión que perjudique el acceso a internet por algún motivo ajeno al usuario, de igual forma, tampoco se puede garantizar que le agua expuesta sea potable ya que va depender de factores ambientales y otros factores externos.

CAPITULO 2: MARCO TEORICO

2.1. Estado del arte

En este apartado se lleva a cabo una investigación exhaustiva donde se habla sobre el uso de un dispensador automático de otros casos de éxito enfocados en distintos campos.

2.1.1. Antecedentes Nacionales

No se tienen estudios nacionales, este es una de las razones que motivan a realizar este informe.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

- **Calidad del Agua:**

“El consumir agua desempeña el acto más crucial en la supervivencia de todos los seres que existen. Por ello, es imperativo asegurarse de que el agua que se mantiene en reserva para su dispensación es apta para el consumo. Para asegurar que estos criterios son adecuados, para establecer un estándar estricto que defina que el agua sea de calidad y sea apto para consumir, se implementa un sistema de medición basado en el agua y sus parámetros de conductividad, pH (ácido o alcalino) y su turbidez, donde se van a proceder a integrar en una Raspberry Pi. La estructura del sistema propuesto posibilita la ejecución de parámetros a medir manera remota y en tiempo actual, accesible en plataformas de páginas web, que amplía las posibilidades de aplicación en distintos escenarios.” (Aguirre de la Hoz, 2018)

- **Sensor de nivel**

Un dispositivo electrónico conocido como sensor de nivel se encarga de medir que tanto nivel se tiene de una sustancia o líquido en su interior como algún tazón u otro tipo de recipiente. Se logran diferenciar dos tipos de sensores, los que son continuos y los que son discretos. Un sensor de

nivel discretos determina la altura a un nivel predeterminado. El sensor de nivel continuo en cambio, mide el nivel en todo el rango designado en lugar de un solo valor; el nivel se indica mediante una salida analógica. (Aguirre de la Hoz, 2018)

- **Operabilidad y automatización:**

“En otro enfoque, de alguna forma en nuestra vida diaria andamos casi siempre conectados con dispositivos de uso domestico a la vida diaria, por esto se genera una concurrencia hacia el Internet de las cosas. Aunque el término "Internet de las cosas" (IoT) tiene muchas definiciones, puede resumirse como la comunicación entre aparatos de una red local, como un hogar. Esto permitiría que objetos cotidianos como ordenadores y teléfonos móviles también se comunicaran entre sí. Puede tratarse de sistemas relacionados con el cuidado de mascotas, ya sea porque es necesario dejarlas en casa durante unos días o porque no hay tiempo suficiente para reponer constantemente la comida o agua de acuerdo con la rutina de la mascota, garantizando una hidratación y/o nutrición suficiente.” (Aguirre de la Hoz, 2018).

- **Sistemas de suministro eléctrico y reserva de energía.**

“Tanto la placa Raspberry Pi como el Arduino y los circuitos que están en el prototipo se alimentan a través de una corriente continua (DC) que proporciona diversos valores de corrientes y voltajes. Para localizar una fuente que pueda alimentar los circuitos del prototipo, es necesario tener en cuenta su consumo de corriente continua.” (Aguilar & Hinojosa, 2019)



- **Tecnología del Dispensador de agua:**

“Dado el papel significativo que los animales tienen en la vida de cada individuo, hay muchas formas de darles mejor protección y cuidados, como utilizar la tecnología o designar zonas en las que se encarguen de

ello. Dicho esto, es fundamental conocer los productos disponibles en el mercado, así como la forma de dosificación del agua adecuada.” (Aguirre de la Hoz, 2018)

Algunos de los tipos de dispensadores de agua más relevantes del mercado figuran en la Tabla 2.1. Los dispensadores también se presentan en dos variedades: no eléctricos y electrónicos.

Tabla 2.1. Dispensadores del mercado.

Dispensador de agua	Descripción	
<p>Funcionamiento sin electricidad:</p> <p>El dispensador de agua "Stainless Steel Replendish Waterer" de Petmate</p>	<p>Garantiza un suministro continuo de agua durante todo el día.</p>	 <p>Figura 2.1. Replendish Stainless Steel Gravity Dog Water</p>
<p>Funcionamiento Eléctrico:</p> <p><i>Fresh Flow II Fountain</i> de Petmate</p>	<p>Se trata de una fuente purificadora de flujo continuo, así como un tobogán de agua que no salpica y que satisface al animal. Debe estar conectada a una fuente de energía</p>	 <p>Figura 2.2. Petmate Fresh Flow II Dog & Cat Water Fountain</p>

- **Definición de IoT**

La comunidad de la Internet de las cosas no se pone de acuerdo sobre una definición única del concepto. Lo que une a estas definiciones, sin embargo, es que mientras que Internet se definió primero en términos de datos creados por cosas, actualmente se define en términos de datos hechos por cosas. Es posible que la mejor definición sea: “Una red integra con acceso a internet para la conexión de dispositivos inteligentes, capacidad de autoorganización, intercambio datos, recursos e información, como también para responder y actuar ante acontecimientos y cambios del entorno.” (Aguilar & Hinojosa, 2019)

Basándose en la Figura 2.3, identifica tres componentes fundamentales en una solución fundamentada en IoT.



Figura 2.3. Representa los elementos clave de la IoT

Es necesario medir las características o estados de los objetos físicos.

Dispositivos como sensores, actuadores y controladores permiten la comunicación con objetos del mundo real.

- **Comparativa entre Raspberry Pi 3 vs Raspberry Pi 4, mejoras en el más reciente modelo**

“El microcomputador Raspberry Pi, es un producto de la Fundación Raspberry Pi, es un ordenador de alto rendimiento y que cuesta poco, que tiene como objetivo hacer que la creación digital y la informática sean accesibles para todos. La Raspberry Pi Foundation ha creado múltiples iteraciones de la placa Raspberry Pi, con mejoras en atributos de

hardware como el procesador y los periféricos, incorporando servicios adicionales como conexión a internet inalámbrica, un puerto HDMI2, un puerto Ethernet y pines adicionales.” (Delgado, 2020)

En la Tabla 2.2 que sigue a continuación, se presenta un cuadro comparativo de la versión Raspberry Pi 3 Model B+ donde se tienen registros de proyectos realizados y el modelo Raspberry Pi 4 que se pretende establecer como una mejora en el hardware por sus características que influye en el desempeño y mejora de potencia que busca beneficiar al resto de características del dispensador.

Tabla 2.2. Comparación entre Raspberry Pi 4 y Raspberry Pi 3 Model B+.

	Raspberry Pi 4	Raspberry Pi 3 Model B+
Procesador	Quad Core Cortex A-72 1,5 GHz	Quad Core Cortex A-53 1,4 GHz
Memoria RAM	1, 2, 4 GB LPDDR4	1 GB LPDDR2
USB	2 x USB 2.0 2 x USB 3.0	4 x USB 2.0
Alimentación	USB Tipo-C	Micro USB
HDMI	2 x Micro HDMI	HDMI
Ethernet	Gigabit sin limitaciones	Gigabit hasta 300 Mbps
Wi-Fi	2,4 / 5 GHz	2,4 / 5 GHz
Bluetooth	5.0	4.2

Síntesis: En esta sección se abordó fuentes de información consultadas, aportes identificados de proyectos relacionados y finalmente registro de resultados que se reportan como obtenidos. Se explicó el funcionamiento y las características, detallando la contribución específica de cada aspecto.

2.2. Fundamento teórico

- **Funcionamiento del Sensor de PH (Potencial de Hidrógeno)**

El dispositivo empleado para medir que tan alcalino o ácido es una solución, también llamado pH de la solución. Este valor numérico se registra en una escala que varía de 0 a 14.

Este valor proporciona información cuantitativa sobre la concentración de un ácido o solución que, desde la perspectiva de la concentración de los iones de hidrógeno, el pH de una solución guarda una relación directa con la proporción entre las concentraciones de sus iones hidroxilo $[OH^-]$ e iones hidrógeno $[H^+]$. La sustancia es ácida si la concentración de H^+ es superior a la de OH^- ; el valor de pH tiene que ser inferior a 7. Una solución se considera básica si su concentración de OH^- supera a la de H^+ , lo que da lugar a un valor de pH superior a 7. La sustancia tiene un pH de 7 y es neutra si los niveles de H^+ y OH^- son iguales. Hay iones hidrógeno e hidroxilo libres en las bases y los ácidos, respectivamente. Cuando se cumplen determinadas circunstancias, la proporción de iones hidrógeno e hidroxilo en una disolución permanece constante, y ambos pueden calcularse siempre que se conozca el valor del otro.

Los distintos minerales del agua no pueden distinguirse entre sí. El medidor de TDS calcula una medición general de la conductividad basándose en la cantidad total de minerales disueltos en el agua. Por lo tanto, las concentraciones de minerales tales como el calcio, el potasio y el magnesio en el agua no pueden ser determinadas de manera exacta.

- **Funcionamiento del Sensor TDP**

El lector de TDS mide la conductividad del agua en función de su conductividad. Para medirla se utilizan partes por millón, o PPM.

Cuando un medidor de TDS se introduce en agua completamente destilada, el resultado será "0" o una cifra muy pequeña si se detecta alguna presencia mínima de minerales en el agua, ya que el H₂O puro o el agua destilada no conducen la electricidad. Los minerales que conducen la electricidad están formados por electrones con carga. Para decirlo brevemente, el agua que tiene más minerales conduce más la electricidad que el agua que no los tiene.

Dado que el lector de TDS mide la conductividad general, no puede identificar que tan contaminada esta. Se requiere un análisis exhaustivo del agua para detectar la contaminación. Por ello, hemos restringido el uso de nuestra lata filtrante a las redes de agua potable que cumplen las normas de la OMS.

2.3. Marco metodológico

2.3.1. Construcción de Hardware y Software

En primer lugar, dividir el hardware en distintos sistemas, uno para la medición y otro para el actuador, resultó ser un paso esencial para cumplir los objetivos, alcance y los requisitos del proyecto. Los sensores constituyen el sistema de medición, encargado de monitorear y controlar continuamente el estado de los tanques y evaluar la calidad del agua. Por su parte, el sistema actuador, que permitirá que los depósitos estén siempre en condiciones ideales, estará compuesto por bombas, electroválvulas y relés.

Por otro lado, el diagrama de flujo que se presenta en la Figura 2.6 proporciona un resumen de cómo funciona el código que controla el sistema.

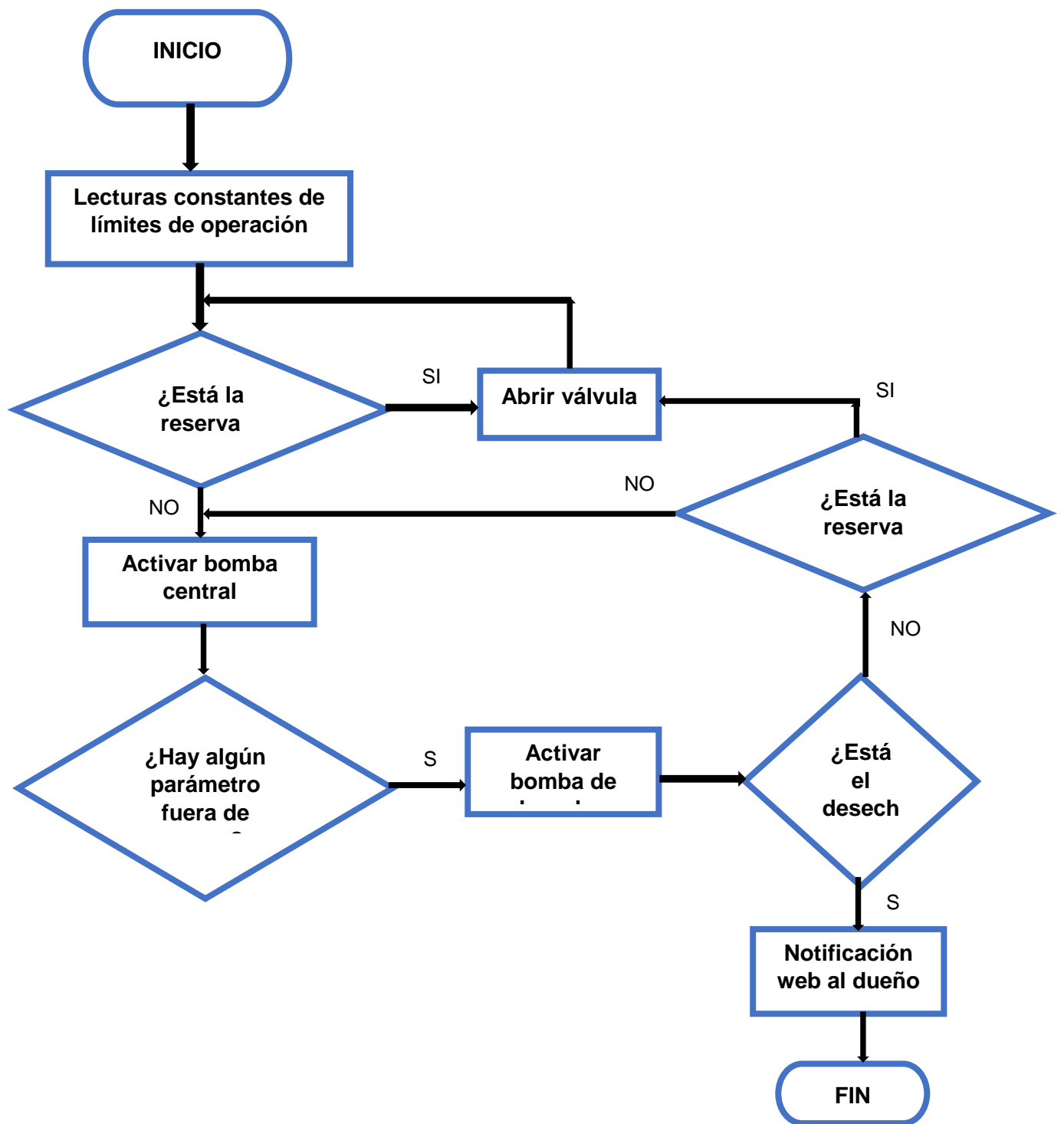


Figura 2.4. Diagrama de flujo para la ejecución del sistema

En la siguiente tabla 2.3, se muestran los aportes más relevantes de la revisión bibliográfica que también incluye el aporte propio del informa

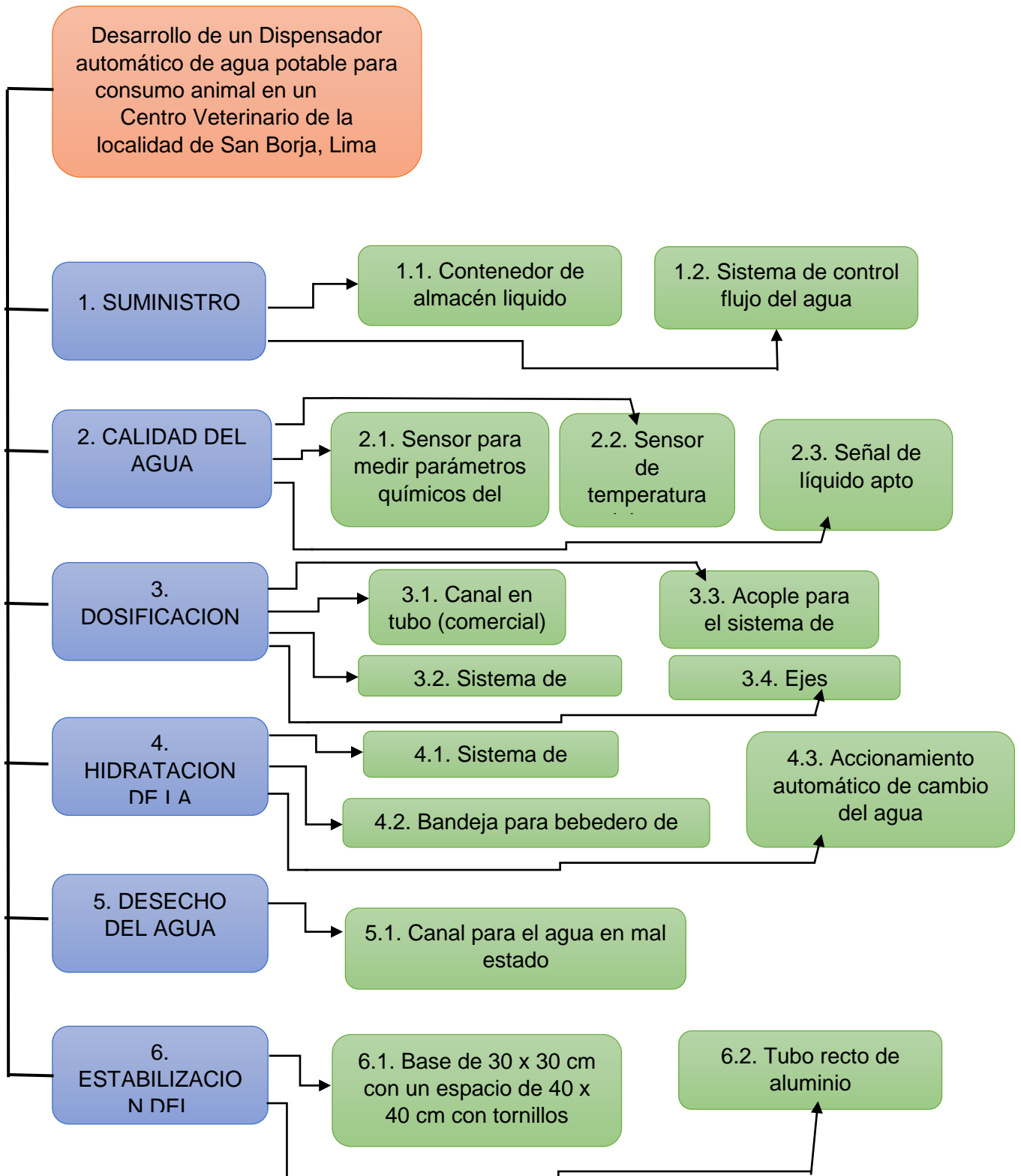
Tabla 2.3. Resumen de aportes relevantes y aporte propio

Autor	Aguirre, Randy; García Valentina & Sandoval, Eduardo	Hinojosa, Ricardo	Uruchi, Nelson
Tema	Dispensador autónomo de agua para mascotas con aplicación móvil para su administración y monitoreo	Desarrollo de un prototipo para dispensar alimento y agua para mascotas con tecnología IoT monitoreado y controlado a través de un dispositivo móvil	Diseño e implementación de una red de dispensadores automáticos de agua, basada en internet de las cosas, para el análisis de venta de agua por parte de la división de purificación de agua del grupo Gundlach.
Objetivo	Diseñar y construir un dispensador autónomo de agua para mascotas, integrado a una aplicación móvil para su administración y supervisión de manera remota.	Desarrollo de un prototipo para dispensar alimento y agua para mascotas con tecnología IoT	Diseñar e implementar una red de dispensadores automáticos de agua, basada en IoT, para el análisis de consumo de agua
Aporte significativo	Parámetros de calidad que permiten que el agua sea apta para el consumo	Plataforma de hardware Raspberry Pi que permite la comunicación entre el dispensador y un dispositivo móvil	Diseño de un sistema de control de un dispensador de agua
Metodología	Método científico inductivo, enfoque cuantitativo	Método científico inductivo, enfoque cuantitativo	Método científico inductivo, enfoque cuantitativo
Línea de tendencia	Se utiliza un método científico inductivo, con un enfoque cuantitativo ya que nos basamos en observar de hechos particulares o conocimientos para tomar como un punto de partida.		
Aporte propio	Comparar, evaluar, y validar el uso del hardware Raspberry 4 Pi para brindar una mejora característica en el sistema de comunicación del dispensador para que se pueda lograr un trabajo más eficiente por su velocidad de operación en comparación del Raspberry 3 Pi Model B.		

CAPITULO 3: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

3.1. Planeamiento del proyecto

- EDT orientada a productos entregables – área física:



3.1.1. Plan de gestión de tiempos

A continuación, se muestra el Diagrama PERT, se describe cómo se planificará, ejecutará y controlará las actividades y recursos relacionados con el tiempo en un proyecto.

Tabla 3.1. Diagrama de PERT

	Precedente	Actividad	Tiempo de Ejecución
A		Constitución legal de Persona Jurídica	7 días
B		Instalación de oficina	7 días
C		Instalaciones de redes y cableado	4 días
D	B, C	Tramite de licencia de funcionamiento	4 días
E	B, C	Reclutamiento y selección	15 días
F	E	Inducción y capacitación de personal	2 días
G	E	Útiles de oficina en general	2 días
H	E	Impresión de folletería y publicidad	2 días
I	E	Preproducción de Dispensador	5 días
J	I	Muestra final de dispensador	2 días
K	J	Producción de dispensadores	45 días
L	K	Inicio de plan MKT redes	3 días
M	K	Inicio de entrega de dispensadores	3 días

3.1.2. Plan de gestión de costos

Presupuesto de productos entregables – área física

Tabla 3.2. Presupuestos

	Costo (S/.)
Suministro	160
Calidad del agua	190
Dosificación	280
Hidratación de la mascota	160
Desecho del agua	50
Estabilización del dispensador	45
Mano de Obra	650
Alquiler para lugar de trabajos	500
TOTAL	2035

3.1.3. Plan de Gestión de calidad

Se utiliza estas tácticas para conectar con proveedores que posean la certificación ISO con el fin de proteger sus operaciones. Las empresas que se conviertan en nuestros socios comerciales poseen la certificación ISO 9001:2008, lo que les permite mejorar de forma continua los procedimientos sistemáticos en gestión de calidad. Esto aumenta la confiabilidad de sus operaciones comerciales y nos ayuda a cumplir con las demandas de los posibles clientes. En el certificado ISO 9001:2008 del sistema global de gestión de calidad ofrece una manera de demostrar el nivel de compromiso en la que se encuentra organizado con brindar calidad y en poder satisfacer al cliente.

3.1.4. Plan de la gestión de los riesgos

Se busca el desarrollo de una estrategia de gestión de riesgos para el proyecto de construcción de un dispensador automático de agua potable para consumo animal en una clínica veterinaria de San Borja, Lima. Esta idea es particularmente esencial porque Perú se encuentra entre las naciones con menos sistemas dispensadores de agua, y allí se está empezando a fomentar la instalación de estos sistemas en un esfuerzo por cerrar la brecha entre la ayuda automática y la humana para nuestras mascotas. Se utilizaron las técnicas recomendadas en la Guía PMBoK del Project Management Institute (PMI), que proporciona pautas para establecer un plan estructurado de gestión de riesgos. En este caso, la estrategia de gestión de riesgos creada para esta IP utilizó enfoques tradicionales para identificar todos los riesgos encontrados en el sistema actual antes de definir los parámetros de un estudio de gestión de riesgos que pudiera utilizarse para otros procesos de tipo similar.

Los pasos o procedimientos para gestionar los riesgos asociados a cada tipo de evento se detallan en los siguientes párrafos. La metodología prevista es una evaluación cualitativa y cuantitativa de los peligros identificados. Además, se

crea un plan de acción para hacer frente a los peligros identificados en el sistema. Aunque para elaborar los planes de respuesta sólo se analizaron los riesgos categorizados como de alto riesgo, se facilita aquí la lista de peligros detectados porque las condiciones del proyecto están sujetas a cambios a medida que éste avanza.

A continuación, se describe posibles afecciones a este proyecto:

- Entre las afecciones externas que a nuestro sistema se tiene riesgos en eventos naturales tenemos la mala ubicación para el dispensador automático de agua que podría verse afectado de forma constante y no poder tener el funcionar adecuado del sistema; también si es que este se instala en algún lugar externo a la clínica veterinaria y sin ningún techo se vería afectado la contaminación del agua debido a las lluvias, desechos del ambiente y aumento de temperatura del agua si es que está expuesto demasiado tiempo al sol por la temperatura ambiental. Una solución viable ante estos posibles eventos es que se prepare una guía o manual interactivo enfocado al instalador donde se brinde las pautas sobre dónde y cómo instalar el sistema y qué medidas tomar para que no se vea afectado por estos valores externos descritos inicialmente.
- Este siguiente viene a ser un riesgo tecnológico, y cabe resaltar ya que puede ser irreparable e irreversible a nuestro sistema dispensador automático pues podría haber fallas eléctricas del sistema, así también, si nuestro sistema no está en un lugar estable y conectado al tomacorriente de forma fija o con cables enredados, se podría dañar el sistema de control perteneciente, esto puede ocasionar graves daños a las mascotas o personal que trabaja. Una solución posible podría ser la de agregar a la guía o manual interactivo dirigido al encargado del lugar donde se especifique la recomendación de contar con una fuente de alimentación que va ayudar a convertir la energía eléctrica en un tipo

de energía adecuado para el funcionar de nuestro sistema sin dañar ningún componente del mismo, esto va ayudar a prevenir posibles accidentes.

- Este riesgo a tener en cuenta podría causar excesos en el presupuesto. Si es que el sistema es inestable, si no se encuentra en lugar fijo, si esta siempre en constante movimiento, estos causarían accidentes físicos al propio sistema, así como daños externos como los que puede ocurrir hacia los infantes o niños menores lo cual se puede prevenir mediante una solución que implica implementar un soporte fijo y una barrera que permita que el niño no pueda ocasionar daños mediante juegos que son característicos a esa temprana edad, esto lleva a que el sistema se encuentre en ópticas condiciones y poder operar de manera debida.
- Otro riesgo no menos importante que podría causar excesos en el presupuesto previsto, sería del sistema interno un recalentamiento dentro de este que podría afectar a largo plazo al funcionamiento, la solución podría ser que a el sistema de enfriamiento interno que se tiene, contar con programaciones de mantenimiento en plazo de 6 meses para prevención y conservación del mismo.

3.1.5. Plan de administración de los Interesados (stakeholders)

En esta estrategia de gestión de los interesados también se utiliza el enfoque recomendado en la Guía PMBoK (PMI).

Abarca los pasos necesarios para reconocer a individuos, grupos u entidades relacionadas que podrían verse afectados por el proyecto o que podrían influir en él. También implica evaluar las expectativas y repercusiones de los interesados para el proyecto, así como el desarrollo del plan de gestión adecuados para su participación en las decisiones y la implementación del mismo. Además de resolver problemas y gestionar conflictos, se concentra en

mantener una comunicación constante para comprender sus necesidades y expectativas. Uno de los principales objetivos del proyecto debe ser controlar la satisfacción de las partes interesadas. En los siguientes párrafos se muestran los stakeholders de mayor a menos importancia del presente proyecto:

- El principal interesado vendría a ser la persona o compañía que va a invertir en el proyecto para que este se haga posible y pueda operar con todos los requerimientos, su función sería remunerativa ya que este se ofrecerá a su dirigente para que estos evalúen si resulta un proyecto factible y que va a traer grandes beneficios a la localidad.
- Otros interesados son los posibles socios a futuro una vez que el proyecto se haga realidad, van a ser los que evaluarán si es que puede ser factible en su localidad.
- Uno de los interesados más importantes sería la persona encargada de instalar el dispositivo en la veterinaria ya que sería el que último a cargo de validar que el sistema se dejó en óptimas condiciones y su función es la de mediador al comunicar que todo es correcto.
- Otro interesado sería el propio personal del centro veterinario ya que sería la persona encargada de comunicar a las áreas de soporte si surge algún imprevisto con el sistema, ya sea fallas de fábrica o por daños de agentes externos.
- Otro sería el grupo de limpieza ya que estos estarán casi todos los días circulando y haciendo su respectiva labor en el predio y por consiguiente cerca del lugar donde el dispensador está instalado, al no tener esta experiencia en dispositivos sería los responsables de comunicar si el sistema tuvo algún daño físico por algún daño externo.

3.1.6. Plan de adquisiciones del proyecto.

Para este plan de adquisiciones, de igual manera se utiliza el enfoque recomendado en la Guía PMBoK (PMI).

Los procedimientos para obtener los bienes, servicios o productos necesarios fuera del equipo del proyecto para completar la tarea se incluyen en este plan de adquisiciones del proyecto. La empresa puede ser el vendedor o el comprador del producto.

Para gestionar los contratos o solicitudes de compra generadas por los miembros autorizados del equipo, como para administrar los contratos emitidos por organizaciones externas (el comprador) que adquiere el proyecto a organizaciones ejecutoras (el vendedor), el equipo del proyecto debe seguir ciertos procesos relacionados con la gestión de contratos y el control de cambios.

Este procedimiento implica decidir si comprar, qué comprar y cuánto comprar, además de cómo y cuándo hacerlo.

Sabido esto en los siguientes párrafos se detallan los ya mencionados:

- Ante la opción de querer llevar un orden en el presente proyecto, se pretende contar con un área de finanzas para tener un mejor control de las compras y adquisidores que se van a necesitar para poder desarrollar este proyecto y así gestionar mejor las facturas de compra antes de adquirir los productos y servicios necesarios, se utiliza un documento comercial reconocido como negociable, que puede ser convertido en efectivo.
- Se prevé tener la lista comparativa de los productos (sensores y sistemas físicos) a comprar y evaluar cual será el mejor y a un costo accesible para el proyecto, esto va permitir poder hacer un proceso de selección de cuáles son los mejores vendedores, eso mediante un documento de cotizaciones de proveedores.

- Con respecto a mano de obra se busca realizar mediante un contrato que establece un compromiso legal en el cual una persona se compromete con otra a llevar a cabo una obra material específica. Estos documentos van ayudar a proceder de forma confiable con el proyecto, esto con el fin de obtener mejores rendimientos de personal y tener una lista de backoffice enlistada para posibles mejoras.

3.2. Ejecución del proyecto

Recolección de datos

Cuando se logre tener el prototipo dispensador, se va realizar un cuestionario demográfico para recabar información sobre la mascota, como su edad, sexo, alimentación y consumo de agua. A continuación, se utiliza el cuestionario System Usability Scale (SUS) para evaluar la usabilidad general del sistema.

También se pide a los representantes de los centros veterinarios que respondieran a cinco preguntas abiertas.

- ¿Cree que una clínica veterinaria puede beneficiarse de tener un dispensador de agua?
- ¿Cree que falta algún componente en el dispensador de agua?
- ¿Cree que cualquier mascota puede beneficiarse del uso de un dispensador automático de agua?
- ¿Aconsejaría a otras clínicas que utilizaran este dispensador?
- ¿Qué tipo de agua desea que dispense este prototipo?

Estrategia digital para en proyecto de inversión

La meta es establecer la expectativa de una marca para comunicar los beneficios del desarrollo de un dispensador automático de agua potable para consumo animal en una clínica veterinaria. Las acciones a seguir son:

- Mediante la plataforma de Facebook, se pretende establecer la página de seguidores del dispensador automático de agua, ya instalado, para presentar el sistema y proporcionar información sobre la salud y cuidado de los animales en la clínica veterinaria. Se busca fomentar una amplia interacción con diversos clientes para aumentar el número de seguidores.
- Se implementará un sitio web dedicado al dispensador automático, donde se incluirá un número de teléfono celular para la venta de pedidos directamente al público y a los distribuidores. A través de la página web, se recopilarán datos de registro para la interacción prevista con el público, donde se enviará un correo electrónico a cada visitante. Este correo electrónico será enviado de manera automática y también se ofrecerá la opción de redirigir a WhatsApp para consultas adicionales, con el fin de generar conciencia sobre el proyecto y su funcionalidad.
- La aplicación Instagram se emplea con el propósito de aumentar el conocimiento entre el público joven.
- Se llevará a cabo publicidad digital en los sitios web principales que son frecuentados por el público.
- En Google, se busca posicionar la marca utilizando palabras clave relacionadas con agua, agua saludable y salud de tu mascota, mejorar la salud de tu mascota, saludable, salud animal, hidratación, hidratación animal, veterinaria, clínica veterinaria, cuidados en una veterinaria, equilibrio, mejorar salud, dispensador de agua, peso ideal animal y otras palabras clave que estén surgiendo como tendencias relacionadas con dispensadores de agua
- Se pretende que la marca aparezca en videos relacionados con la salud animal o centros veterinarios en YouTube como secciones prioritarias de inversión.

- Se tiene la expectativa de establecer un contrato anual con influencers de YouTube del medio. Se planea organizar un evento especial para ellos, con el fin de mantener su compromiso con la marca y presentar el plan del proyecto.

Solución tecnológica

Los tres diseños que componen el sistema del proyecto (la estructura física, el sistema de control, el respaldo de energía y los diseños del sistema de comunicación) son los temas principales de este capítulo. Estos diseños conforman el prototipo del proyecto. Se plantean los requisitos previos generales que se enumeran a continuación:

- El sistema debe dispensar alimentos y agua automáticamente.
- Se requiere una aplicación móvil para la configuración y seguimiento del dispensador.
- Se debe utilizar Internet para controlar remotamente el sistema.
- El vídeo debe enviarse desde el sistema a la aplicación móvil.
- El usuario debe poder personalizar cuánta comida requiere su mascota del sistema.
- El sistema necesita una fuente de alimentación de respaldo.

3.2.1. Diseño del Sistema de Comunicación

En fundamento, el sistema de comunicación se compone de un sistema de software distribuido que utilizan recursos computacionales en todos los sistemas informáticos implicados en el proyecto. Estos sistemas informáticos son el Raspberry Pi 4 del dispensador, el servidor de comunicaciones y la aplicación móvil, tal como se menciona la

subsección 1.2.1. Los diferentes programas independientes o archivos de configuración definen el sistema de software.

El diseño del sistema de comunicación se basa en la plataforma de software y en los requisitos detallados para sistema como puntos de entrada. La definición de las entradas formará la base para el diseño real del software; el diseño arquitectónico del software, la configuración de las capas de interfaz, la estructura de las capas de procesamiento de datos y el establecimiento de las capas de almacenamiento son ejemplos de tareas de diseño. Los esquemas o representaciones visuales, son los resultados finales de las labores de diseño, son los que formarán la base para el proceso de implementación.

La técnica Kanban se emplea en procesos de implementación y diseño sistema. El desarrollo ágil o liviano es la ideología detrás de la metodología Kanban, que prioriza la felicidad del usuario, así como, la rápida entrega de software, equipos reducidos, metodologías de desarrollo adaptables y la búsqueda de una simplicidad general en el proceso de desarrollo.

Para la aplicación móvil se utilizará un teléfono inteligente existente con las siguientes características:

- Modelo: Samsung Galaxy A32 5G
- Procesador: Octa-Core Dual 2.0 Ghz
- 1.7 GHz
- 8 GB de memoria RAM
- 128 GB memoria interna

El servidor de comunicaciones será una computadora de fácil acceso, con las siguientes especificaciones:

Procesador Intel Core I5 2.4 GHz de 64 bits

- 8 GB de memoria RAM
- 240 GB de capacidad de disco rígido

La elección se ha inclinado hacia la última versión disponible en el mercado para el desarrollo del proyecto, la Raspberry Pi 4, para facilitar y tener una interacción entre la app móvil y el dispensador. Sus características más importantes son las siguientes:

- Procesador Broadcom BCM2711B0, quad-core Cortex-A72 1,5Ghz
- 1 GB / 2 GB / 4 GB LPDDR4 SDRAM
- Tarjeta de red inalámbrica Wi-Fi 2,4GHz / 5GHz Bluetooth 5.0
- Voltaje de alimentación: 5 V
- Consumo de corriente: 950 mA sin periféricos

Sin embargo, el módulo de cámara integrado de Raspberry Pi grabará el vídeo y se conectará a la tarjeta directamente mediante la interfaz Camera Serial Interface (CSI).

La Fundación Raspberry Pi creó la Raspberry Pi Camera v2, una placa complementaria para sus placas de desarrollo (ver la Figura 3.1). Las características de este módulo de cámara son las siguientes:

- Tiene una lente fija con sensor de imagen Sony IMX2019 de 8 MPX
- Puede capturar imágenes de hasta 3280 x 2464 píxeles.
- Soporte para 720p a 60 fotogramas por minuto, 90 fotogramas por minuto y 1080p a 30 fotogramas por minuto para vídeos
- Medidas: 25 x 23 x 9 mm
- Consumo de energía: 250 mA

El primer insumo para el diseño de este sistema se determina una vez establecidos los componentes hardware a emplear.

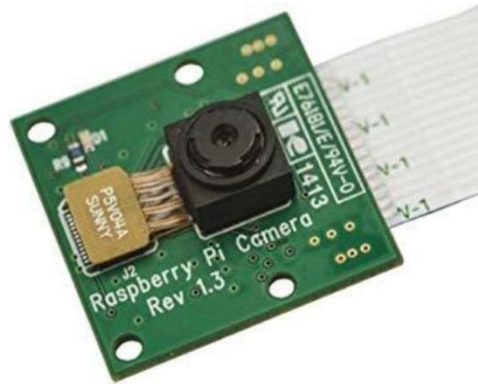


Figura 3.1. Cámara para una Raspberry Pi

Los tres sistemas informáticos involucrados la Raspberry Pi, la aplicación móvil y el servidor de comunicaciones son los que conforman la plataforma de software del Sistema de Comunicaciones, la cual se compila en la Tabla 3.1. La aplicación móvil se está desarrollando en la plataforma Android de la versión 11, lo cual es significativo porque está presente en aproximadamente el 62,6% de los dispositivos móviles.

Tabla 3.3. Plataforma de Software

APLICACIÓN MOVIL	
Sistema Operativo	Android 11
Versión de la plataforma de Android	11
Entorno de desarrollo	Android Studio 3.4.1
Lenguaje de Programación	Java
Versión JDK	8
RASPBERRY PI	
Sistema Operativo	Developer Preview 3
Versión del Kernel de Linux	4.14
Entorno de desarrollo	Python IDLE
Lenguaje de Programación	Python
Versión Python	3
Herramienta de acceso remoto	Dataplicity v0.4.29

Servidor de Video	M-JPEG Streamer v2.0
SERVIDOR DE COMUNICACIONES	
Sistema Operativo	Windows
Versión Windows	7 x64
Entorno de desarrollo	XAMPP 7.3.3
Lenguaje de programación	PHP 7.3.3
Sistema gestor de bases de datos	MariaDB 10.1.38 (MySQL)
Servidor Web	Apache 2.4.38
Broker MQTT	Mosquitto 1.5.8

Raspbian, el sistema operativo oficial de Raspberry Pi, se basa en la distribución de Linux llamada Debian. Por el contrario, M-JPEG Streamer es el programa que le permite transmitir vídeo desde Raspberry Pi ejecutando en el puerto 80 con un servidor web. Con la ayuda de Dataplicity, la aplicación móvil puede acceder al servicio web de vídeo a través de una URL específica asignada para tal fin..

El sistema operativo que se elige para la PC será Windows 7 x64. Además, el servidor de comunicaciones cuenta con una configuración que incluye una base de datos MySQL y el servidor web Apache, que se instala mediante protocolo XAMPP. Se define el uso del protocolo MQTT como intermediario de mensajes de código abierto al que también se le llama Mosquitto. Además, se determina el lenguaje de programación que se va utilizar para desarrollar el programa del proyecto. El paradigma orientado a objetos gobierna el funcionamiento de estos lenguajes de programación.

La arquitectura de software sugerida para el sistema de comunicación se muestra en la Figura 2.6. Se caracteriza por una colección de funciones de software organizadas en tres niveles: presentación, lógica empresarial y datos. Estos tres niveles de capa de software lógico están dispersos entre los

componentes informáticos involucrados en el proyecto que son la app móvil el servidor de comunicaciones y la Raspberry Pi.

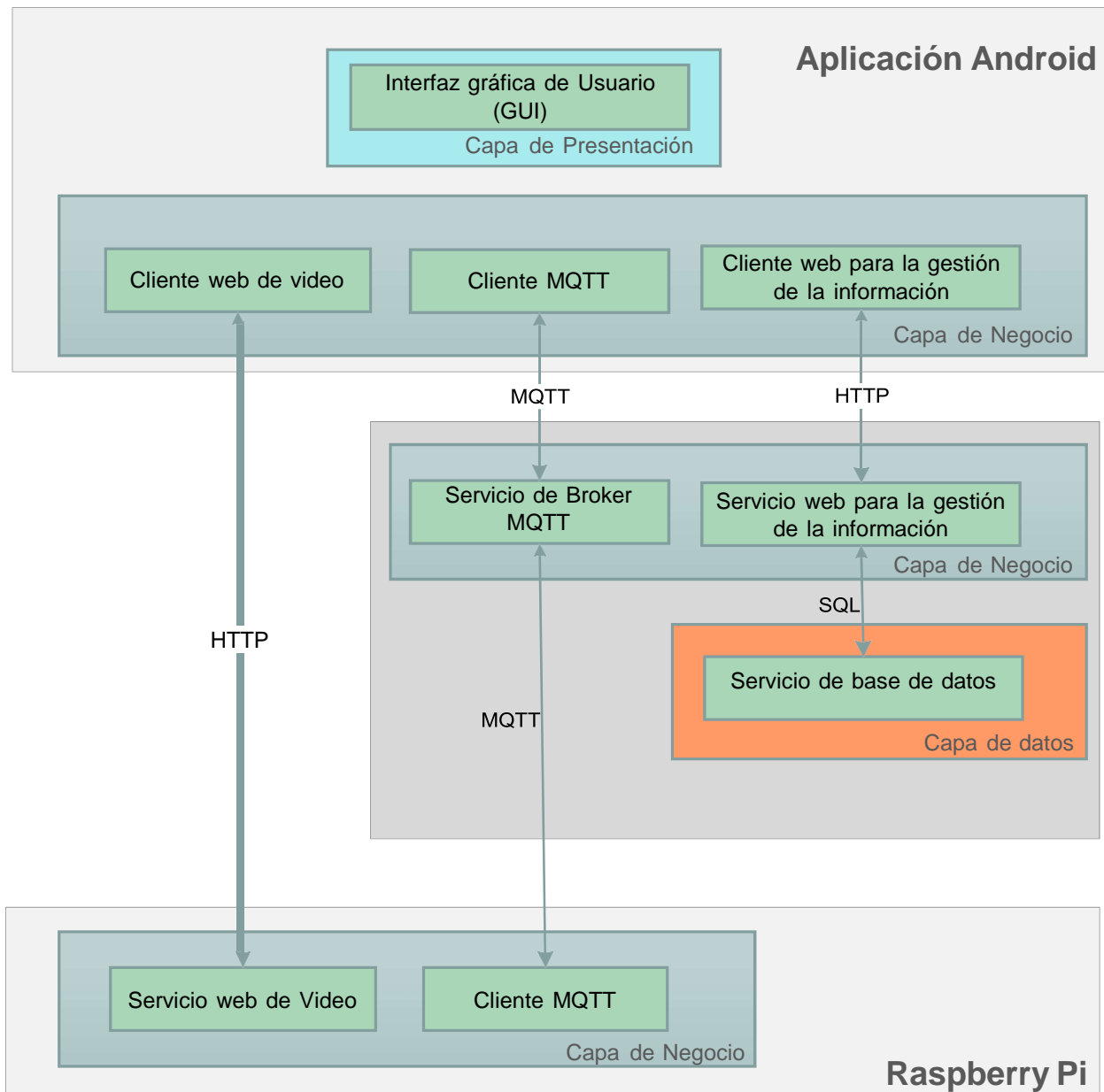


Figura 3.2. Diseño Arquitectónico del Sistema de Comunicación

Este informe se desarrolla con una aplicación móvil con el nombre Feedernet, cuya función principal es permitir a los usuarios alimentar a sus mascotas a distancia mediante Internet. A continuación, en la figura 3.3, se describen los modelos de la interfaz gráfica:



Figura 3.3. (a) Modelo de registro del animal. (b) Modelo de la pantalla que se comunica con el dispensador

Desde esta pantalla (panel izquierdo) El panel de navegación principal, que alberga las funciones de la aplicación móvil, está disponible para acceder. Las opciones incluidas en este panel son las siguientes:

Niveles. - esta opción le brinda acceso a la pantalla donde se puede visualizar los niveles del depósito y realizar ajustes si es necesario.

Vídeo. - con esta función, se puede reproducir las imágenes capturadas por la cámara del dispensador

Recambio de agua. - brinda al propietario la capacidad de cambiar el agua del plato de su mascota.

La función de la Figura 3.4 (a) (b), se muestran los niveles de agua y también ilustra el diseño de la pantalla que permite visualizar el video. Esta pantalla le permite observar si su mascota está bebiendo agua que se dispenso.

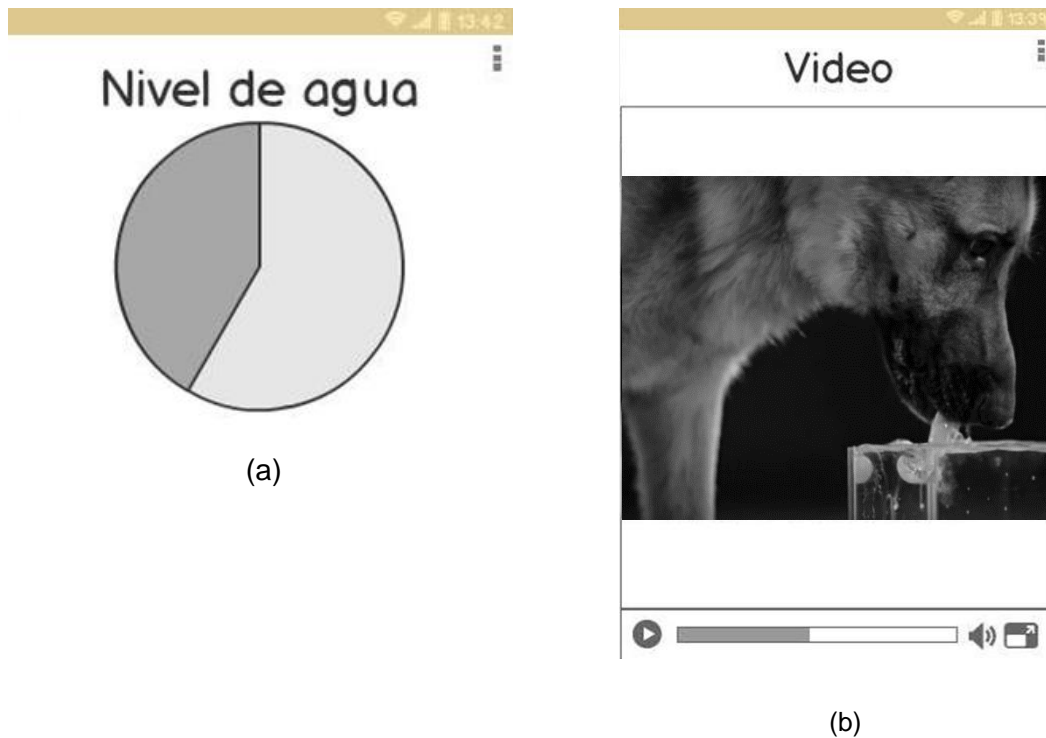


Figura 3.4. (a) Modelo en la pantalla de visualización del nivel de agua.
(b) Modelo en la pantalla de visualización para video.

En la Figura 3.5, se indica el modelo de la pantalla que permite al usuario un recambio de agua.

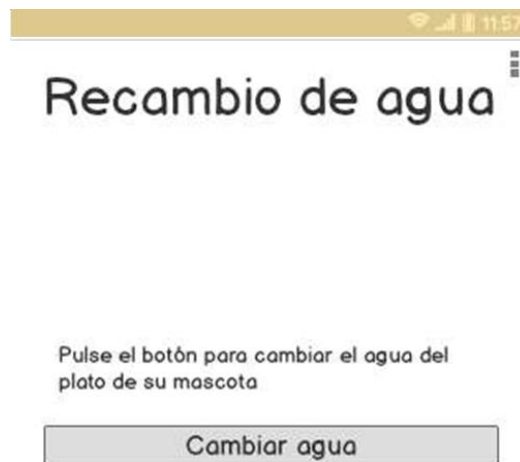


Figura 3.5. Modelo de pantalla para que se realice el cambio de agua.

El usuario podrá elegir el cambio de agua a través de la aplicación móvil utilizando la actividad de cambio de agua; El cliente MQTT luego publicará la indicación del tema relacionado en función de este evento. Posteriormente, el

broker será el responsable de transmitir los datos publicados al usuario MQTT por medio de la Raspberry Pi que integra el dispensador. El usuario del programa Raspberry Pi enviará la orden de cambio de agua al Sistema de Control para que se lleve a cabo.

3.2.2. Desarrollo del Sistema de Control

Además de entregar datos sobre sus embalses, el sistema está diseñado para dispensar agua. Por ello, uno de los criterios es que las instrucciones configuradas en la aplicación móvil deben ser recibidas por un controlador. El programa de control debe comprender la orden y utilizar los actuadores para ejecutarla una vez que las instrucciones estén listas.

Para medir los niveles de los embalses se necesitan sensores que puedan proporcionar información de forma discreta o continua sobre la cantidad de alimentos y agua. Para ello se necesitan estos componentes:

- Un sensor de nivel en el interior del reservorio
- Un sensor de nivel en el lado externo (en el plato)
- Una servoválvula
- Un sensor de corriente
- Estructura física interna y externa
- Un Controlador

Controlador

El dispositivo que se encarga de gestionar los sensores es el controlador y utiliza los actuadores para ejecutar los comandos. Según la Tabla 3.2, el sistema necesita los siguientes sensores y actuadores, cuyas funciones y características se describen en la sección siguiente. Estas especificaciones dictan que se va utilizar la versión de Arduino conocido como Arduino Mega 2560 como controlador, ya que dispone

de cualidades de software imprescindible para que todo el sistema funcione. La Tabla 3.3 proporciona un resumen de sus características clave.

Tabla 3.4. Cantidad de pines requeridos para el controlador

Cantidad de pines	Tipo	Uso
3	PWM	Servomotores
1	Analógica	Sensor de corriente
4	Digitales	Sensores Ultrasónicos
2	Digitales	Panel de Control
5	Digitales	Sensores Infrarrojos

TOTALES	3	PWM
	1	Analógica
	11	Digitales

Tabla 3.5. Los principales atributos de un Arduino Mega 2560

Característica	PIN
Voltaje de salida	5 V
Voltaje de entrada	5-7 V
Pines digitales I/O	54
Pines señal PWM	15
Pines entradaanalógicos	16
Corriente en los pines digitales	40 mA
Consumo de corriente	400 mA

De manera similar, la Raspberry Pi, que forma parte integral del Sistema de Comunicación permite que el controlador reciba comandos desde la aplicación

móvil. Los elementos que tienen como función realizar el control se observa en la Figura 3.6 serán coordinados por el programa del controlador.

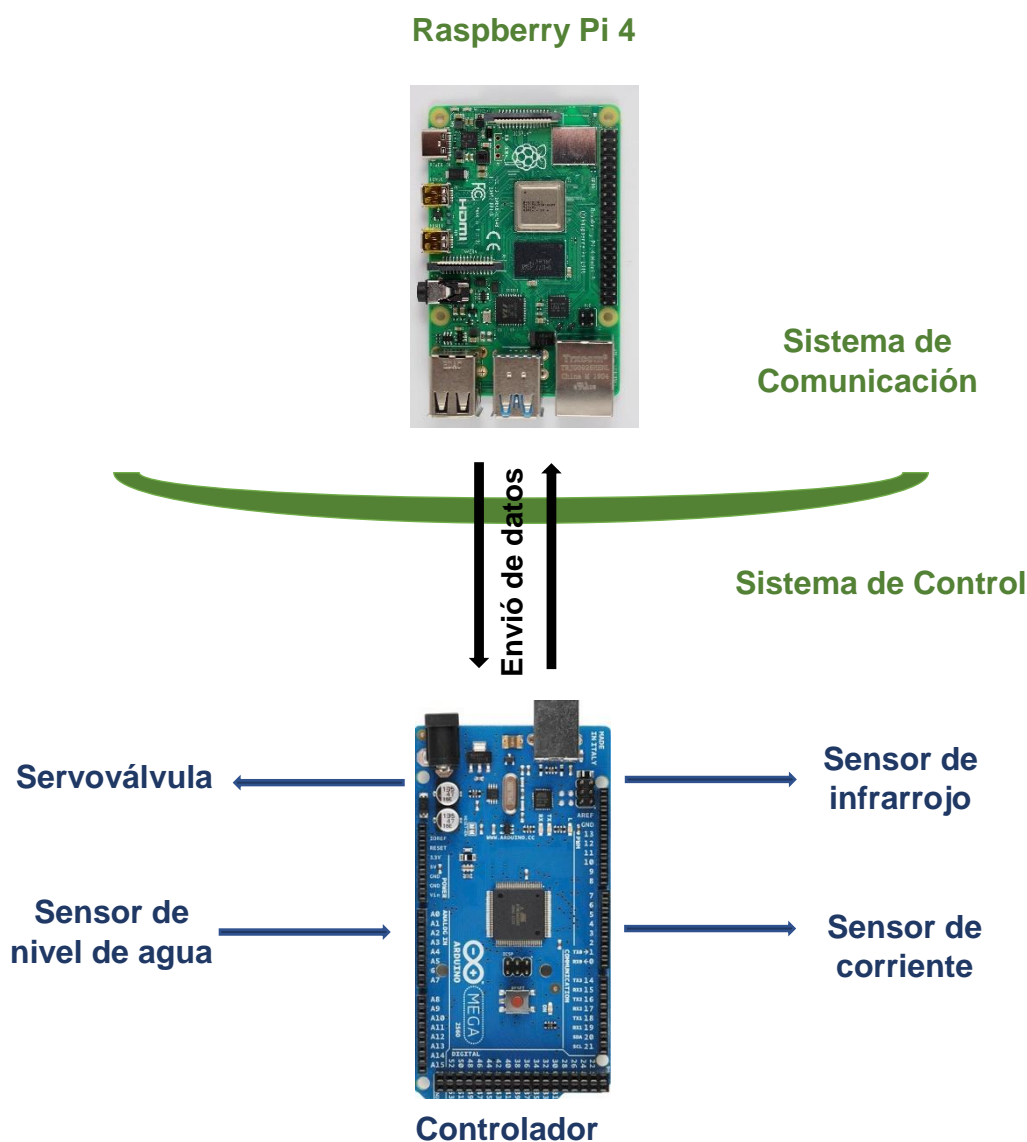


Figura 3.6. Esquema del programa de control

Sensores de nivel

Los sensores de nivel vienen en formas discretas o continuas. Dado que la placa será la base para controlar el suministro de agua, se utilizará un sensor ultrasónico, como se ve en la figura 3.7, para que el sistema mida continuamente el nivel de agua tanto en el depósito como en la placa.



Figura 3.7. Sensor de nivel ultrasónico

Servomotor

Es un motor DC con el beneficio de tener un alto torque que permite el control de posición. El sistema emplea el servomotor MG 946R (ver Figura 3.8), que ostenta los atributos:

- Voltaje en la que opera de 4.8 a 7.2 V
- Torque de 10.5 Kg/cm
- Corriente máxima de 1.2 A



Figura 3.8. Servomotor Tower Pro MG946R

Válvula reguladora

El actuador que permite que el agua fluya es una válvula reguladora. Como se puede observar en la Figura 3.9, se debe utilizar una válvula de bola con giro de 90 grados para el respectivo drenaje, la salida de agua a la placa y el llenado del depósito interno.



Figura 3.9. Válvula reguladora

3.2.3. Diseño de los componentes físicos del sistema

Se ha decidido que para que el sistema funcione, habrá un depósito que se puede utilizar para almacenar agua manualmente o en el caso de que el dispensador esté cerca de una conexión de agua.

Diseño del contenedor de agua potable

El contenedor de agua se puede ver en la Figura 3.10, se construye de la manera mencionada; tiene entrada de agua tanto automática como manual (mediante toma de agua); además, debe permitir la medición del nivel del agua. En volumen y peso, el recipiente de agua tiene capacidad para unos siete litros de agua.

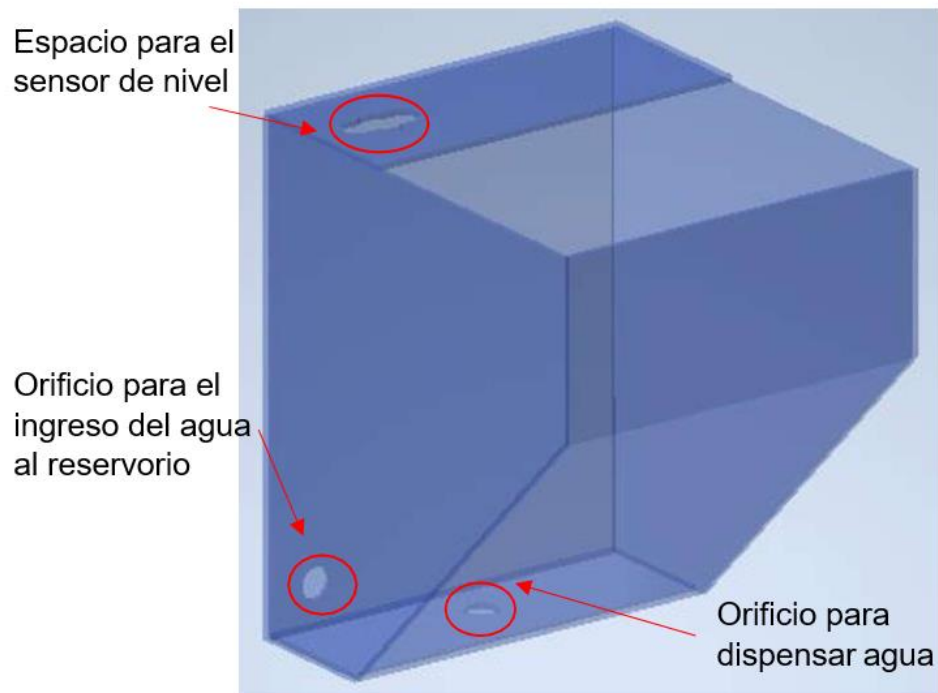


Figura 3.10. Forma del envase para el agua

3.2.4. Diseño del sistema de suministro eléctrico y respaldo de energía

En esta parte se realiza la evaluación del Sistema de suministro eléctrico y respaldo de energía, por se considera que el prototipo opera con voltajes de 12 y 5 voltios CC.

Esquema de conexión eléctrica del prototipo

Los vínculos entre los componentes que integran el Sistema de Comunicación se ven en el esquema concreto de la Figura 3.11. La cámara está controlada por una Raspberry Pi.

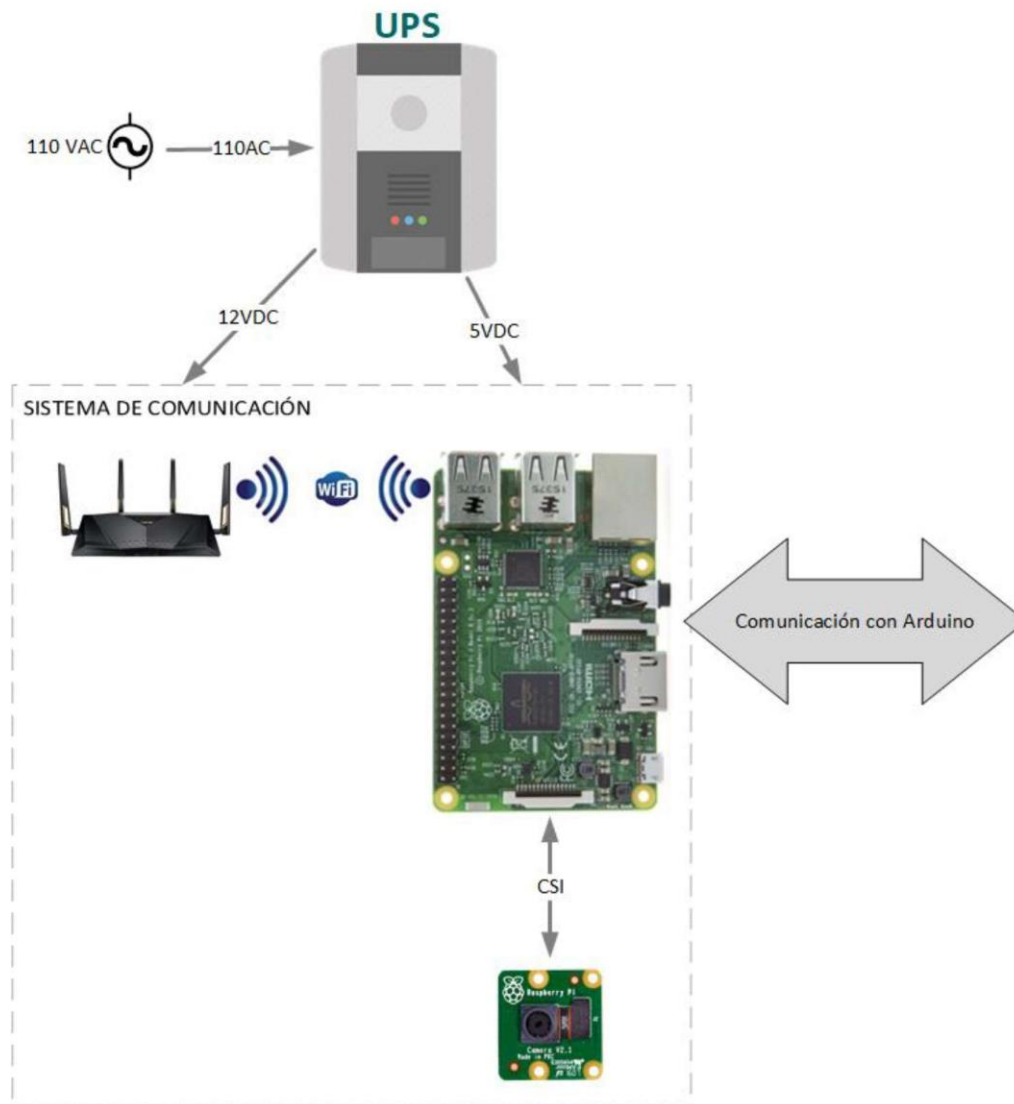


Figura 3.11. Diagrama de conexión del Sistema de Comunicación

Por otro lado, el diagrama de la Figura 3.12 ilustra las conexiones eléctricas entre los componentes que conforman el sistema de control. Se garantiza una polarización correcta y protección de pines para Arduino, la fuente de alimentación alimenta todos los componentes del sistema controlador.

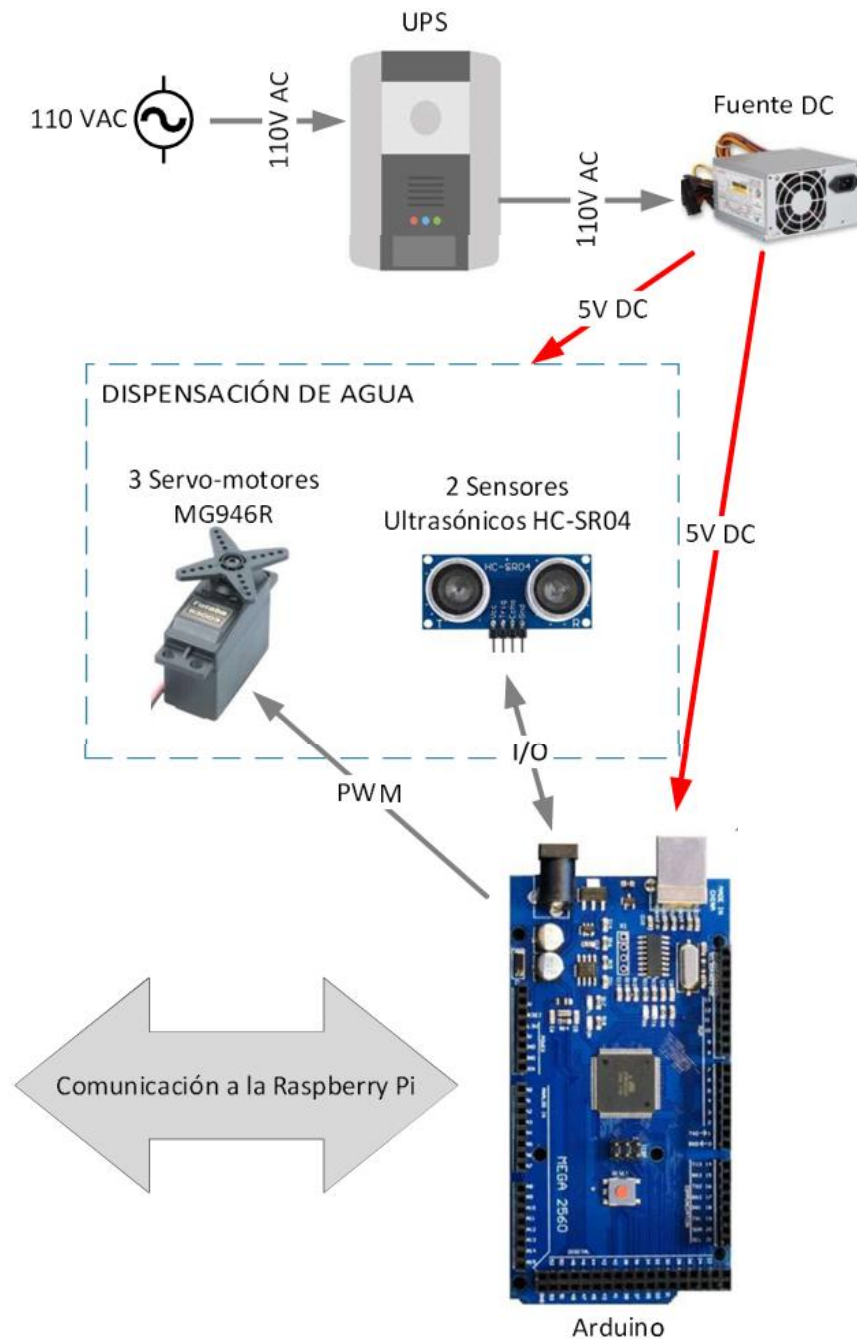


Figura 3.12. Diagrama de conexión eléctrica del Sistema de Control

Extensión del Sistema de Respaldo de Energía

En situación de que por alguna razón hay un corte de energía, el sistema sigue siendo capaz de operar gracias a su respaldo de energía. Después de hacer esto, el prototipo debe seguir funcionando hasta que se restablezca la energía.

La Tabla 3.4 enumera todos los dispositivos del sistema junto con su

correspondiente voltaje y consumo de corriente. Se tuvo un factor de potencia de uno que indica que la corriente y el voltaje se encuentran en fase lo que implica que la energía se emplea de forma eficiente, sin sufrir pérdidas reactivas, esto al realizar el cálculo del consumo, por lo que lo ideal es que el prototipo consuma unos 75,62 vatios. Cabe mencionar que ni los dispositivos ni el trabajo se encuentran operando a máxima corriente o carga. Así, una vez incorporados todos los sistemas al prototipo durante la fase de implantación, se procederá a la selección del UPS.

Tabla 3.6. Cantidad máxima de voltaje y corriente consumida por los dispositivos del prototipo

Cantidad	Dispositivo	Corriente (mA)	Voltaje(V)	Consumo (Watts)
1	Raspberry Pi 4	1240	5	6.20
1	Arduino Mega	400	5	2
1	Módulo de celda de carga	1.5	5	0.0075
2	Sensor ultrasónico	15	5	0.15
1	Sensor decorriente	13	5	0.065
3	Servomotor	1200	12	43.2
1	Router inalámbrico	2000	12	24
			Consumo total	75.62

CAPITULO 4: RESULTADOS

4.1. Diseño experimental

Se lleva a cabo pruebas en el sensor TDS y en el sensor pH porque se cuenta con un valor de referencia para estos parámetros. En contraste, la turbidez es la magnitud de medida referente a la claridad del agua y, por ende, carece de un instrumento de referencia para su evaluación.

4.1.1. Sensor de PH (Potencial de Hidrógeno)

El pH es una medida que representa si una solución en agua es ácida o alcalina. Cuando el agua sea potable, su rango promedio debe oscilar entre los rangos de 6.4 y 8.4 en la escala de pH. Para calibrar de manera adecuada el sensor; se toman dos muestras de referencia con valores de pH de 4.02 y 6.82 a temperatura ambiente (20°C). Al pasar por el proceso del ADC MCP3008, se determina que las mediciones corresponden respectivamente a 3.55V y 2.99V. Con estos dos puntos de referencia (pH, voltaje) y al considerar la relación lineal entre estos parámetros, se deriva la Ecuación 1 que representa la recta que se visualiza en la Figura 2.4.

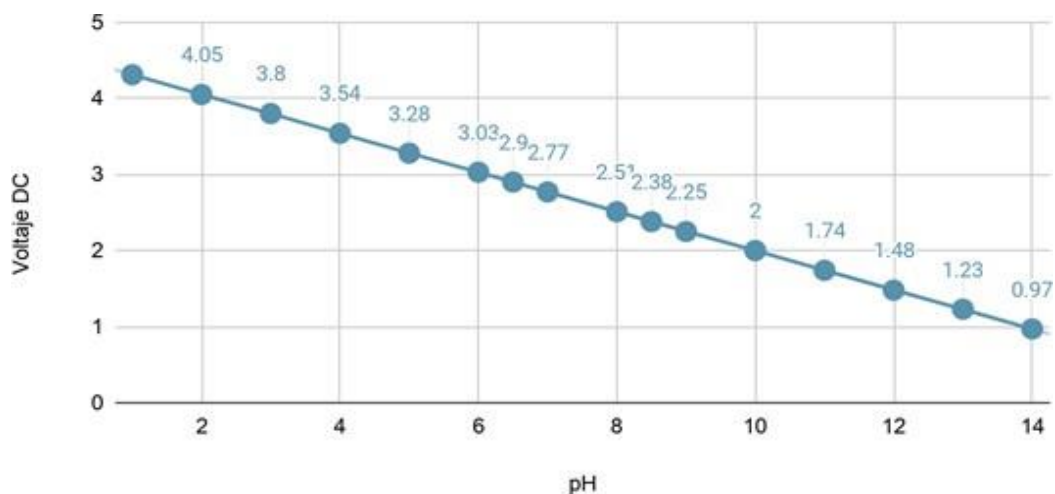


Figura 4.1. Función de sensor pH (pH VS Voltaje)

Ecuación1: Función Lineal PH vs Voltaje:

$$Y(V) = -0.25X(pH) + 4.57$$

Posterior a esto, se determina la función inversa de la Ecuación 1 con el fin de obtener los valores de pH de diversas soluciones a partir de los voltajes captados. Estos datos se almacenan para su posterior visualización en la app, en seguida se muestra la ecuación resultante.

Ecuación2: Función Voltaje vs PH:

$$Y(pH) = -3.89X(V) + 17.78$$

Para evaluar con que precisión cuenta el sensor, se emplea una muestra de agua potable con un pH de 7.5. Se asume que el sensor de pH arroja una medición de 7.5 pH a temperatura ambiente en esta muestra. Con esta premisa, se establece una hipótesis nula y otra alternativa:

- Hipótesis nula H0: $\mu = 7.5$
- Hipótesis alternativa H1: $\mu \neq 7.5$

Se elige un nivel de significancia del 95%, representado por un valor de error tipo 1, $\alpha = 0,05$ para una muestra de 30 mediciones, las cuales siguen una distribución normal.

Ecuación3: Estadístico Z:

$$Z = \frac{X - \mu}{\frac{\sqrt{\sigma^2}}{n}}$$

donde:

X representa la media muestral

μ es la media hipotética muestral

σ es la desviación muestral estandarizada

n es número de muestras

Para establecer las regiones de rechazo y no rechazo de la hipótesis nula, es necesario calcular el valor crítico basado en la significancia α y los grados de libertad, entonces se utiliza el tamaño de la muestra n . En este caso, el valor crítico Z para $\alpha/2$, que es $0.05/2$, fue de 1.960 y se obtiene de la tabla de valores críticos Z .

Basándose en el valor crítico, la curva de distribución normal se divide en tres secciones, donde los valores de Z mayores o iguales a $\pm 0.05/2$, esto indica el rechazo de la hipótesis nula. El resultado obtenido es:

$$Z = 1.1360 \leq \left(\frac{0.05}{2} \right) = 1.960$$

Si nos basamos en lo anterior, se concluye con un nivel de confiabilidad del 95% que la medida del sensor en una solución de pH 7.5 es igual a 7.5 pH. En otras palabras, el sensor de pH realiza mediciones precisas.

4.1.2. Sensor TDP

El sensor TDS está diseñado para cuantificar la medida de la cantidad de sólidos disueltos en una solución que se expresa en partes por millón (ppm). Para el agua, el rango de ppm considerado aceptable se encuentra el rango de 300 y 500. Una concentración menor de sólidos disueltos carece de los minerales esenciales, mientras que el desempeño de los filtros del sistema de agua se ve afectado por una mayor concentración. Esto se debe a que este sensor muestra una relación exponencial entre el voltaje y la ppm, se realiza pruebas con tres soluciones de referencia que tienen concentraciones de 110, 760 y 1440 ppm. Los voltajes de salida del ADC correspondientes a estas soluciones son 1.9, 2.35 y 2.46, respectivamente. Los tres puntos (voltaje, ppm) se representan en un gráfico y se lleva a cabo un ajuste de función y se

utiliza la herramienta de Excel, tal como se muestra en la Figura 2.5. La fórmula se representa este ajuste.

Ecuacion4: Función Voltaje vs ppm

$$Y(ppm) = 0.0122^{4.73X(V)}$$

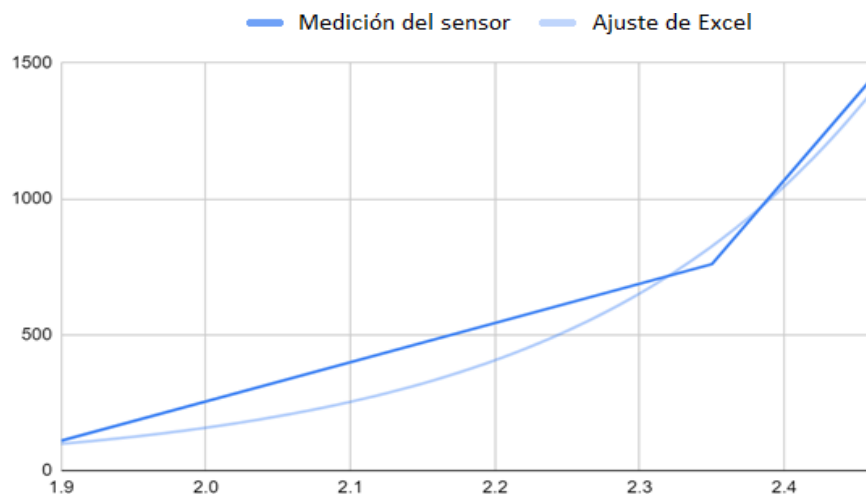


Figura 4.2. Función de sensor TDS (Voltaje vs ppm)

En evaluar la precisión del sensor, se utiliza agua potable con un TDS de 840 ppm. Se comienza de la premisa de que el sensor arroja una medida de 840 ppm para esta solución la temperatura ambiente (20°C). Con esta premisa, se establece una hipótesis nula y otra hipótesis alternativa de la siguiente manera:

- Hipótesis nula $H_0: \mu = 840$
- Hipótesis alternativa $H_1: \mu \neq 840$

Para analizar la precisión del sensor, se adopta un valor de error tipo 1, $\alpha = 0,05$, lo que representa un nivel de significancia del 95%, sobre una muestra compuesta por 30 mediciones que sigue una distribución normal. A partir de la Ecuación 3, se determina que el estadístico Z es igual a -0.94

De manera similar a la prueba del sensor anterior, el valor crítico basado en la significancia α es $Z(0.05/2)$ igual a ± 1.960 . Por lo tanto, con un nivel de confiabilidad del 94%, se acepta la hipótesis nula, lo que implica que el sensor TDS realiza mediciones precisas

4.1.3. Comunicación MQTT

La Figura 3.5 muestra los mensajes MQTT registrados en el dispositivo que actúa como el broker MQTT. Se visualiza cómo el mensaje recopilado se reenvía al suscriptor del tema correspondiente. Esto se evidencia porque el mensaje PUBLISH que llega al broker MQTT (indicado de azul) es transmitido al suscriptor del tema (indicado de rojo).

No.	Source	Destination	Protocol	Info
230	200.7.247.61	172.31.47.40	MQTT	Publish Message (id=10) [sku2019a1001/video]
288	200.7.247.61	172.31.47.40	MQTT	Publish Message (id=13) [sku2019a1001/comida]
503	172.31.47.40	190.96.104.85	MQTT	Publish Message [sku2019a1001/comida]

Figura 4.3. Mensajes MQTT en el broker del Servidor de Comunicaciones

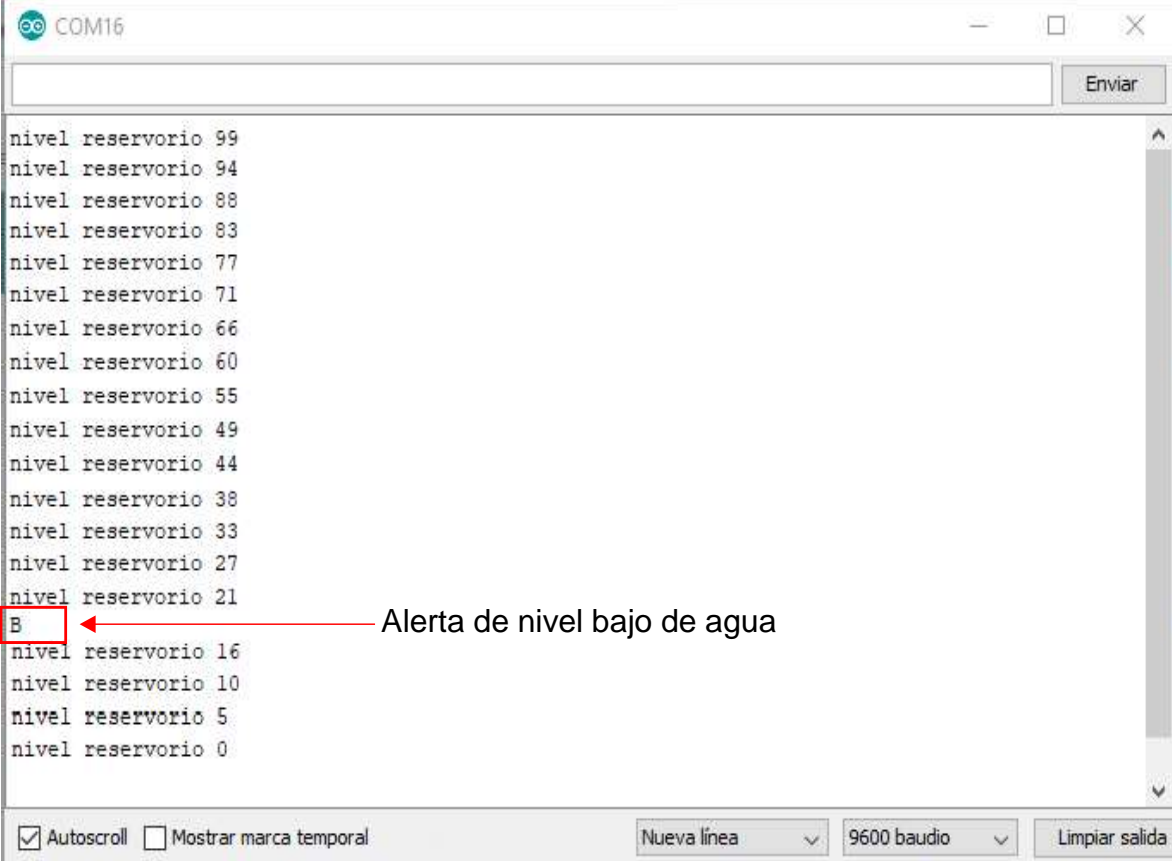
4.1.4. Funcionamiento del Sistema de Control

Para validar el funcionamiento del Sistema de Control, se llevarán a cabo intentos exhaustivos de cada uno de sus componentes mediante la comunicación en serie con la pantalla del IDE de Arduino. Estas pruebas incluyen:

- Validar que el sensor de nivel de agua detecte de forma adecuada si ocurren cambios en el reservorio interno.
- Probar el sensor de nivel de agua en el plato para garantizar su funcionamiento correcto.
- Realizar pruebas de funcionamiento en las servoválvulas construidas, tanto para el llenar el reservorio como para la dispensación de agua al plato y el drenaje

- **Nivel de agua**

Para asegurar que el dispensador sea capaz de medir el nivel de agua, se procede a llenar el reservorio de forma manual, se utiliza un envase con medidor de líquido para definir su máxima capacidad, que fue calculada en 7 litros. Una vez lleno, se activa manualmente el flujo de agua para comprobar que el sensor ultrasónico detecta la disminución del nivel del líquido. La Figura 3.7 muestra el nivel del reservorio en el interior que se expresa en porcentaje. Adicional, se realiza con éxito una prueba donde el controlador genera una advertencia con la letra B cuando el nivel baja al 20% de la capacidad del reservorio.



```
COM16
[Enviar]
nivel reservorio 99
nivel reservorio 94
nivel reservorio 88
nivel reservorio 83
nivel reservorio 77
nivel reservorio 71
nivel reservorio 66
nivel reservorio 60
nivel reservorio 55
nivel reservorio 49
nivel reservorio 44
nivel reservorio 38
nivel reservorio 33
nivel reservorio 27
nivel reservorio 21
B
nivel reservorio 16
nivel reservorio 10
nivel reservorio 5
nivel reservorio 0
```

Alerta de nivel bajo de agua

☒ Autoscroll ☐ Mostrar marca temporal Nueva línea 9600 baudio Limpiar salida

Figura 4.4. Información vista en el monitor sobre el nivel disponible en el IDE de Arduino

Los datos capturados por este sensor de nivel serán transmitidos al controlador y este gestiona el funcionamiento de la servoválvula encargada de llenar el reservorio del interior. De esta manera, una vez que el reservorio se encuentre vacío, se abre la servoválvula con el controlador. Luego, cuando alcanza el nivel máximo de 7 litros, el controlador procede a cerrarla.

El sensor de nivel colocado en agua del plato evalúa en conjunto con las servoválvulas de dispensación y desagüe en el plato. Se verifica que se envía los datos del nivel de agua del plato gracias al controlador. De esta manera, se comprueba si existe agua en el reservorio para determinar la apertura de la servoválvula de dispensación. En caso se detecte agua en el depósito interno, la servoválvula se abre hasta que el nivel de agua en el plato alcance un punto elevado. Durante el ensayo, se activa la servoválvula de desagüe desde el entorno integrado del IDE de Arduino con el comando DESAGUE; después de que el nivel de agua en el plato disminuye, se abre la servoválvula de dispensación. Este proceso se muestra en la Figura 3.8, donde se observa la medición del nivel de agua en el plato, seguido del comando de desagüe y finalmente la disminución del nivel. Durante esta prueba, los resultados son satisfactorios ya que el sensor de nivel cumple de forma eficaz su función y se coordina con las servoválvulas.

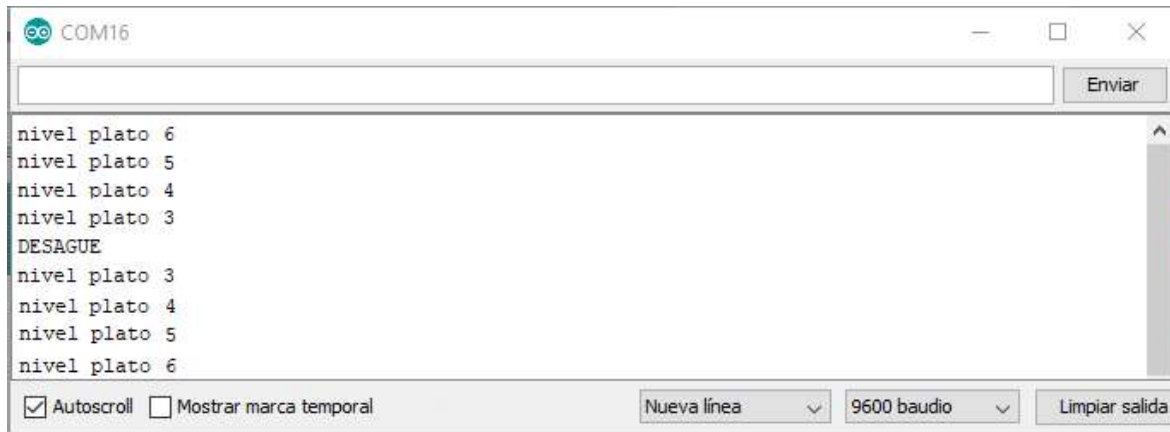


Figura 4.5. Prueba de nivel de agua en el plato y desagüe

4.1.5. Dispensación de agua

Se llevan a cabo veinte pruebas durante las cuales se verifican los parámetros:

- Si se completa la función de desagüe del agua
- Si envía la notificación para que opere el cambio de agua
- Si se cumple con el llenado del plato
- Si envía la notificación que se dispensa el agua

En las pruebas realizadas que se hicieron, se constata que el dispensador logra evacuar el agua del plato en cada ocasión. Asimismo, se reciben en la app móvil las notificaciones pertinentes para el correcto cambio de agua. Sin embargo, se puede ver que en un porcentaje del 20% de veces el sistema no cumple con el llenado correcto de agua después de vaciar el plato de la mascota, aunque fueron recibidas a través de la app todas las alertas de la dispensación del agua.

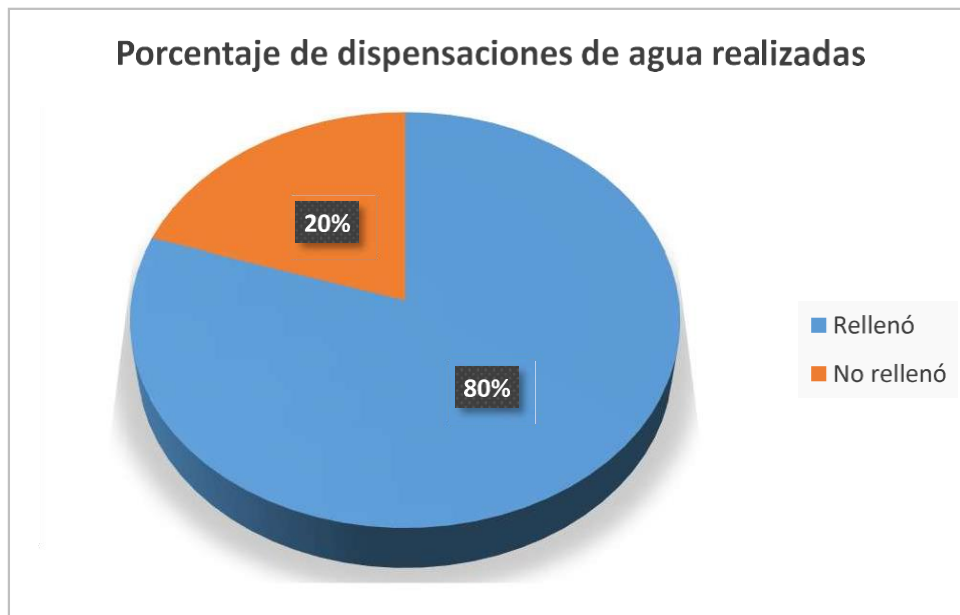


Figura 4.6. Porcentaje de dispensaciones de agua realizadas

Se descubre que la razón por la cual el dispensador no entrega el agua es debido a que el servomotor conectado a la válvula está averiado, lo que impide su apertura. Por lo tanto, se procede a reemplazar el servomotor y se lleva a cabo otras pruebas, en las cuales el sistema procede siempre a dispensar agua al plato.

En relación con las alertas de las 20 pruebas que se hicieron cuando se tiene un nivel muy bajo de agua, en cuatro ocasiones se detectan un nivel bajo de agua en el reservorio principal. Sin embargo, en todas estas instancias, se reciben todas las alertas de bajo nivel en la app móvil.

4.1.6. Respaldo de Energía

En esta sección, se lleva a cabo la prueba del sistema de respaldo de energía. Para lograr esto, todo el sistema, con sus sistemas integrados, operan a un voltaje de 120 VAC, se incluye el router. Ambos dispositivos están en conexión con los puertos del UPS, los que suministran una salida de voltaje de 120 VCA. Después de cargar las baterías internas del UPS hasta alcanzar el 100%, se procede a desconectar del suministro eléctrico. La Figura 4.7 muestra que, con una carga de 24 voltios, el UPS con baterías plenamente cargadas logra una autonomía de 206 minutos



Figura 4.7. Tiempo estimado por la UPS

En la prueba, se configura el sistema para que realice el recambio de agua en tres oportunidades, con el propósito de simular un funcionar del sistema normal. Se determina que el UPS proporciona una autonomía de aproximadamente 3 horas y 30 minutos después de que se desconecta la energía. Por lo tanto, se concluye que el UPS instalado es optima para el sistema. Esto también nos ayuda a verificar que la carga para la cual se dimensiona la UPS es acertada.

CONCLUSIONES

- Este informe de titulación presenta el desarrollo de un dispensador automático que ofrece a los usuarios una mayor autonomía en el cuidado de sus mascotas. La inclusión de la tecnología IoT demuestra que su aplicabilidad también es en escenarios domésticos comunes, lo que resulta en una mejora importante al estilo de vida tanto de la mascota como del dueño, al permitir la conexión y coordinación de dispositivos inteligentes.
- Se ofrecen soluciones a los problemas presentes en los dispensadores del mercado. Este dispensador permite controlar de forma remota por el usuario a través de una app móvil. Además de dispensar agua, el dispositivo realiza el recambio del agua en el plato del animal para asegurar que siempre se encuentre fresca. Mediante la app móvil, el usuario monitorea el nivel del agua en la reserva y también puede observar a su mascota a través de una cámara. Además, cuenta con un sistema de respaldo de energía para garantizar su funcionamiento durante cortes de energía.
- Gracias a las plataformas Arduino Mega y Raspberry Pi 4, el desarrollo del sistema se vuelve asequible al aprovechar el software de código abierto, eliminando la necesidad de adquirir costosos paquetes de software licenciados. Mientras que la Raspberry Pi 4 es esencial para cumplir con los requisitos de comunicación del sistema, Arduino Mega ha posibilitado incorporar una amplia variedad de sensores y actuadores para el sistema, ofreciendo atributos sobresalientes en instrumentos electrónicos, por ende, facilitar el desarrollo exitoso de este proyecto.
- Mediante este desarrollo, se establece un dispensador de agua para consumo animal que es de fácil de usar, controlable de forma automática a través de una app móvil y cuyo precio es de S/. 2035.00, comparable a el costo de otros dispensadores en el mercado. Este dispensador debe ser accesible para una clínica veterinaria.

Todo ello se logrará teniendo en cuenta el uso de materiales y dispositivos disponibles, garantizando al mismo tiempo su durabilidad adecuada para su uso continuo en el entorno clínico.

- El sistema de respaldo de energético garantiza que el sistema continúe funcionando normalmente, permite la dispensación de agua y la comunicación del router inalámbrico con la app móvil. De esta manera, el usuario puede seguir monitoreando y controlando el dispensador sin interrupciones, incluso en caso de cortes de energía.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere la instalación de un motor con menor nivel de ruido para evitar causar incomodidad o asustar al animal mientras bebe agua. Es importante tener en cuenta que la activación del servomotor produce un ruido que puede resultar molesto y generar desconfianza en el animal. Al seleccionar un motor más silencioso, se puede mejorar la experiencia del animal y promover un ambiente más tranquilo y relajado durante el uso del dispensador de agua.
- Se aconseja desarrollar un programa de mantenimiento para el sistema, centrándose especialmente en el reservorio de agua. Esto se debe a que, en la mayoría de los contenedores o áreas de almacenamiento de agua, pueden surgir problemas relacionados con la formación de algas y moho. Además, es crucial llevar a cabo una limpieza regular en el conducto de la válvula y en el conducto de desecho para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema.
- Se sugiere adquirir un sistema de validación para calibrar con mayor precisión los sensores. Por ejemplo, emplear un pH-metro junto con soluciones de pH estandarizadas para comparar el instrumento y el sensor en tiempo real. No obstante, esta medida conlleva un costo adicional. Además, cuanto más especializado sea el sensor, mayor será el precio de las muestras del estándar de prueba y de los instrumentos relacionados.
- Se recomienda incorporar medidas de protección para los cables y componentes como la cámara, con el fin de prevenir posibles accidentes o daños prematuros en el dispensador. Esto se debe a que muchas mascotas tienen la tendencia a jugar con y morder objetos en su entorno, lo que podría causar daños al dispositivo si no se toman precauciones adecuadas.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, S., & Ricardo, H. (Diciembre de 2019). DESARROLLO DE UN PROTOTIPO PARA DISPENSAR ALIMENTO Y AGUA PARA MASCOTAS CON TECNOLOGÍA IOT MONITOREADO Y CONTROLADO A TRAVÉS DE UN DISPOSITIVO MÓVIL. *ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL*, 16-17. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20590>
- Aguirre de la Hoz, G. C. (Agosto de 2018). Dispensador autónomo de agua para mascotas con aplicación móvil para su administración y monitoreo. 8. Obtenido de <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/9632>
- Arango, J. G. (2016). Alimentación general y especializada para mascotas en una empresa productora. *Corporación Universitaria Lasallista*, 10-11. Obtenido de http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1493/1/Alimentacion_general_especializada_mascotas.pdf
- Corredor, D., & Duque, A. (2021). DISPENSADOR AUTOMÁTICO DE ALIMENTOS PARA MASCOTAS DE RAZA PEQUEÑA. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*. Obtenido de <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcta/article/view/1271/2730>
- Delgado, A. (Noviembre de 2020). Raspberry ¿que es y para que sirve? *Geeknetic*. Obtenido de <https://www.geeknetic.es/Raspberry-Pi/que-es-y-para-que-sirve>
- Iriarte, R. (2020). Nuevas tendencias en sistemas de purificación de aguas. *Universidad Politécnica de Valencia*, 5. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/150093/Iriarte%20-%20Nuevas%20tendencias%20en%20sistemas%20de%20purificaci%C3%B3n%20de%20aguas.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Jose Noles, M. P. (2020). Desarrollo optimo de un dispensador automatizado de comida para mascotas domesticas. *Universidad Politecnica Salesiana*, 1. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19384>
- Nolasco, J. (2023). Calidad del agua para consumo humano en dispensadores de agua. *INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE*, 8-9. Obtenido de <http://51.143.95.221/bitstream/TecNM/6470/1/0059%20Jenni%20J%20Nolasco%20V%20TESIS.pdf>
- Zambrano, P., & Ponce, S. (2019). Implementacion de un prototipo dispensador automatico de alimentos para animales domesticos. *Universidad de Guayaquil*.