



DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE ALCANCÍA INTELIGENTE PARA EL  
FOMENTO DE AHORRO PROGRAMADO EN LA COMUNIDAD ESTUDIANTIL UTS  
2026.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CARLOS ALBERTO SERPA AGUDELO  
CC 1096185398

ANDRES CAMILO LOPEZ ORTIZ  
CC 1005188908

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS  
TECNOLOGÍA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO  
BARRANCA BERMEJA (5-junio-2026)



DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE ALCANCÍA INTELIGENTE PARA EL  
FOMENTO DE AHORRO PROGRAMADO EN LA COMUNIDAD ESTUDIANTIL UTS  
2026.

Modalidad: Proyecto de Investigación

CARLOS ALBERTO SERPA AGUDELO  
CC 1096185398

ANDRES CAMILO LOPEZ ORTIZ  
CC 1005188908

**Trabajo de Grado para optar al título de**  
Tecnólogo en operación y mantenimiento electromecánico

**DIRECTOR**

Luis Omar Sarmiento Álvarez

Grupo de investigación – DIANOIA

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS  
TECNOLOGÍA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO  
BARRANCA BERMEJA (5-junio-2026)

Nota de Aceptación

Aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por las  
Unidades Tecnológicas de Santander para optar al título de  
Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico,  
según el Acta del Comité de Trabajos de Grado FCNI-269  
con fecha: 03/06/2026 evaluado por el Ing.  
Nestor Alfonso Sandoval Reyes



---

Firma del Evaluador



---

Firma del director

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este proyecto a DIOS, por darnos la sabiduría y guiarnos en este proceso académico, por todos los conocimientos adquiridos en el transcurso de esta carrera. A nuestras familias por acompañarnos en todo momento, por la paciencia y el apoyo incondicional, siendo nuestro polo a tierra para no desfallecer en el proceso.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su total agradecimiento a DIOS por brindarles la vida, la sabiduría y fortaleza para finalizar este proceso académico.

Asimismo, agradecer a familiares y amigos por el apoyo incondicional, la comprensión y motivación constatare durante esta trayectoria académica.

De igual forma, reconocer la labor del docente Luis Omar Sarmiento, quien brindo sus conocimientos y experiencia para el desarrollo de este trabajo de grado.

Por último, pero no menos importante a las Unidades Tecnológicas de Santander por dar esta oportunidad y ofrecer un espacio académico para fortalecer los conocimientos y ejecutar este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

<b><u>RESUMEN EJECUTIVO .....</u></b>	<b><u>11</u></b>
<b><u>INTRODUCCIÓN .....</u></b>	<b><u>13</u></b>
<b><u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....</u></b>	<b><u>14</u></b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	15
1.3. OBJETIVOS .....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.4. ESTADO DEL ARTE .....	17
<b><u>2. MARCO REFERENCIAL.....</u></b>	<b><u>24</u></b>
2.1. MARCO TEÓRICO .....	24
2.2. MARCO CONCEPTUAL .....	26
2.3. MARCO LEGAL .....	27
2.4. MARCO AMBIENTAL .....	28
<b><u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</u></b>	<b><u>29</u></b>
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	29
3.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACION.....	30
3.3. METODO DE INVESTIGACIÓN .....	31
3.4. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.5. FASES DE LA INEVESTIGACIÓN .....	33
3.5.1. FASE 1. ESTABLECIMIENTO DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y PRESUPUESTO	33
3.5.2. FASE 2. DISEÑO DEL PROTOTIPO DE LA ALCANCÍA INTELIGENTE. ....	33
3.5.3. FASE 3. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE Y DEL SISTEMA DEL PROTOTIPO .....	34
3.5.4. FASE 4. EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO. ....	35
<b><u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....</u></b>	<b><u>36</u></b>
4.1. ANALISIS DE REQUERIMIENTOS.....	38

<b>4.2.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DE HARDWARE Y DISEÑO DEL SISTEMA</b>	<b>38</b>
4.2.1.	SELECTOR MULTIMONEDAS MAGNÉTICO	38
4.2.2.	MICROCONTROLADOR ESP32	41
4.2.3.	PANTALLA OLED	44
4.2.4.	MODULO BUZZER	46
4.2.5.	FUENTE DE ALIMENTACION DE ENERGIA	47
4.2.6.	CONVERTIDOR DE VOLTAJE AC/DC (110V) (5V)	49
4.2.7.	ESTRUCTURA FISICA DEL PROTOTIPO	50
<b>4.3.</b>	<b>SOFTWARE Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA</b>	<b>51</b>
4.3.1.	LENGUAJE Y MODELO DE DESARROLLO	51
4.3.2.	LÓGICA DEL PROGRAMA (FUNCIONAMIENTO INTERNO)	52
4.3.3.	COMUNICACIÓN WI-FI, BASE DE DATOS, HTTP	54
4.3.4.	PROCESO DE COMUNICACIÓN	54
4.3.5.	ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN	54
4.3.6.	FLUJO COMPLETO DEL SISTEMA	55
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>56</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>59</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>60</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>62</b>
<b>9.</b>	<b>APÉNDICES</b>	<b>65</b>
<b>10.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>66</b>
<b>10.1.</b>	<b>ANEXO 1: CÓDIGO FUENTE DEL SISTEMA</b>	<b>66</b>
10.1.1.	INCLUSIÓN DE LIBRERÍAS	66
10.1.2.	CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA	67
10.1.3.	CONFIGURACIÓN PANTALLA OLED	67
10.1.4.	CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE MONEDAS	68
10.1.5.	VARIABLES GLOBALES DEL SISTEMA	68
10.1.6.	RUTINA DE INTERRUPCIÓN	69
10.1.7.	FUNCIÓN DEL MÓDULO BUZZER	69
10.1.8.	IDENTIFICACIÓN DE MONEDAS	70
10.1.9.	INICIO DE LAS FUNCIONES (SETUP)	71
10.1.10.	CICLO PRINCIPAL DEL SISTEMA (LOOP)	73
<b>10.2.</b>	<b>ANEXO 2: INTERFAZ DE LA PLATAFORMA WEB</b>	<b>77</b>

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPRESARIADO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0

10.2.1.	INTERFAZ INICIO SESIÓN.....	77
<b>10.3.</b>	<b>ANEXO 3: EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTIPO .....</b>	<b>80</b>
<b>10.4.</b>	<b>ANEXO 4: TABLA DE PRECIOS DE COMPONENTES .....</b>	<b>82</b>

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 Esquema del flujo.....	37
Figura 2 Selector Multimonedas.....	41
Figura 3 ESP32.....	43
Figura 4 Pantalla OLED.....	46
Figura 5 Módulo Buzzer.....	47
Figura 6 Adaptador de voltaje.....	48
Figura 7 Convertidor de 110v ac a 5v dc.....	49
Figura 8 Estructura física.....	51
Figura 9 Arduino IDE.....	56
Figura 10.....	76
Figura 11.....	77
Figura 12.....	78
Figura 13.....	79
Figura 14.....	79
Figura 15 Deposito de Monedas.....	80
Figura 16 Ensamblaje de Componentes.....	80
Figura 17 Programando Selector Multimoneda.....	80
Figura 18 Prueba de Funcionamiento de Pantalla OLED.....	80
Figura 19 Ubicación de Componentes en la Estructura.....	80
Figura 20 Prototipo Finalizado.....	80

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1 .....	39
Tabla 2 .....	40
Tabla 3 .....	42
Tabla 4 .....	42
Tabla 5 .....	43
Tabla 6 .....	43
Tabla 7 .....	44
Tabla 8 .....	45
Tabla 9 .....	47
Tabla 10 .....	53
Tabla 11 Precios Componentes .....	82

## RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto tiene como enfoque principal el desarrollo de un prototipo de alcancía inteligente que sea capaz de mostrar el registro y el control del ahorro por medio del uso de la tecnología de sistemas embebidos y el internet de las cosas (IoT). Para este proceso, se creó un sistema basado en el microcontrolador ESP32 NodeMcu-32s, el cual permite detectar las señales generadas por un selector multimonedas, también enviar información a una pantalla OLED para visualizar el monto agregado, además de notificar cuando se cumpla una meta de ahorro por medio del módulo Buzzer.

La metodología utilizada se basó en crear un diseño donde se integrarán tanto hardware y software, por medio de la programación de lenguaje C++ usando el entorno Arduino IDE, así como la incorporación de un sistema web con una base de datos MySQL para almacenar y consultar toda la información. el sistema se fue estructurando en etapas; adquisición de datos, procesamiento, visualización y comunicación por medio de Wi-Fi. Permitiendo la conexión entre un dispositivo físico y la plataforma digital.

Los resultados evidenciaron un funcionamiento relativamente correcto, con alta precisión en la detección de las monedas y con una respuesta rápida a la hora de actualizar los datos tanto en la pantalla como en la página web. Asimismo, se logró una comunicación estable con el servidor. Lo que permite el registro y el seguimiento del ahorro en tiempo real.

En conclusión, el proyecto demuestra su capacidad de integrar tecnología para el desarrollar y dar soluciones reales direccionadas al control de los ahorros, donde

destaca una correcta integración entre el hardware, software y la comunicación en sistemas IoT.

**PALABRAS CLAVE.** Microcontrolador ESP32, Alcanía inteligente, Sistema embebido, pantalla OLED, Bluetooth, integración con aplicación móvil.

## INTRODUCCIÓN

La gestión financiera representa uno de los principales desafíos en la población joven universitaria. Diversos estudios indican que una proporción significativa de estudiantes carecen de hábitos sólidos de ahorro, lo cual incrementa su vulnerabilidad económica ante situaciones imprevistas, como gastos médicos, emergencias personales, etc. Asimismo, esta problemática no solo afecta el bienestar inmediato de los estudiantes, sino que también limita la capacidad de desarrollo económico a largo plazo.

En este contexto, el presente proyecto desarrolla un prototipo tecnológico basado en la plataforma Arduino, orientado a modernizar el concepto tradicional de la alcancía física mediante la incorporación de sensores electrónicos, sistema de visualización digital y programación embebida, lo que permite mejorar el control y seguimiento de los hábitos de ahorro de manera interactiva y accesible.

Por otra parte, el método aplicado corresponde a un enfoque experimental, es decir se llevó a cabo el diseño, la construcción y evaluación un prototipo funcional. De este modo, se buscó validar tanto la viabilidad técnica como la funcionabilidad del sistema propuesto. Además, durante su desarrollo, se integraron conocimientos en electrónica, programación y automatización, evidenciando la aplicación práctica de estos campos en la solución de problemáticas reales.

Finalmente, este proyecto se enmarca en la línea de desarrollo tecnológico del grupo de investigación DIANOIA, en consecuencia, se contribuye a la generación de soluciones innovadoras que articulan la ingeniería con necesidades sociales

contemporáneas. De igual manera, no solo se busca fortalecer las competencias técnicas, sino también promover hábitos de ahorro en la población universitaria mediante el uso de herramientas tecnológicas accesibles.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con la CAF (Banco de desarrollo de América latina y el caribe), en Colombia, el 44% de los jóvenes manifestó no haber ahorrado en los últimos 12 meses, y un 58% señaló que, en caso de una emergencia no podrían cubrir un gasto imprevisto sin recurrir a un endeudamiento. (Konietzko, 2023)

Esta situación refleja una problemática estructural enlazada con la poca educación financiera que existe en los estudiantes universitarios, como también la notable ausencia de instrumentos prácticos que fomenten el hábito del ahorro. En la comunidad universitaria se identifica que una gran parte significativa de los estudiantes dependen de ingresos variables, tales como trabajos de medio tiempo o apoyos familiares. Asimismo, esto dificulta la planificación y manejo de sus ingresos, Adicional a esto los métodos convencionales como las alcancías tradicionales no generan un seguimiento cuantitativo en tiempo real o un control que retroalimente el manejo de los ingresos de manera positiva.

Por otra parte, desde un análisis causal, se identifican como causas primarias la insuficiente cultura de ahorro, la falta de herramientas tecnológicas enfocadas al control financiero personal y la poca integración entre la educación financiera y la tecnología en el entorno académico. Como causas secundarias se detectan, la influencia del consumo inmediato, la falta de metas programadas de ahorro y la

carencia de sistemas que permitan medir el progreso de manera objetiva. Esta combinación de factores disminuye la motivación del estudiante y dificulta la consolidación de algún hábito sostenible. En vista de lo anterior se formula la siguiente pregunta.

¿Cuáles son los requisitos técnicos que permitan desarrollar un prototipo de alcancía inteligente, que integre hardware y software, para el registro, control y seguimiento del ahorro programado de un usuario?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La baja cultura de ahorro en estudiantes universitarios evidencia la necesidad de implementar herramientas innovadoras que introduzcan tecnología y educación financiera. La falta de mecanismos que permitan dar un seguimiento y visualizar el progreso del ahorro limita el fortalecimiento de hábitos financieros sostenibles, que afectan la estabilidad económica. Por otra parte, el desarrollo de un prototipo de alcancía inteligente programable se justifica como una solución tecnológica que transforma el método tradicional de ahorro en una herramienta interactiva, medible y motivadora.

Desde el ámbito tecnológico y de aprendizaje, el proyecto promueve conocimientos en sistema embebidos, programación y electrónica aplicada, fortaleciendo las competencias del programa tecnología en operación y mantenimiento electromecánico. Por lo tanto, se vincula a la línea de desarrollo tecnológico del grupo de investigación DIANOIA, al proponer una solución práctica a una problemática real del entorno universitario. El prototipo es viable por el bajo costo de los componentes.

En el plano social, la construcción de una alcancía inteligente puede contribuir al fortalecimiento de la cultura financiera, promoviendo la disciplina, planificación y responsabilidad en el manejo de los ingresos. El prototipo no genera un impacto ambiental significativo debido a su bajo consumo energético y uso de componentes electrónicos reutilizables. Por consecuencia, la propuesta se justifica por su adecuación tecnológica, su impacto formativo y el aporte institucional, demostrándose como alternativa innovadora para mejorar el manejo de los ingresos en la comunidad estudiantil.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un prototipo de alcancía inteligente, mediante un lenguaje de programación de alto nivel, para la incentivación y optimización del ahorro programado entre los estudiantes de la comunidad universitaria UTS.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Establecer los requerimientos técnicos y el presupuesto para la construcción del prototipo, mediante el análisis de recursos y costos, para asegurar su viabilidad funcional y económica.

Diseñar un prototipo funcional para la alcancía inteligente, por medio de la integración de componentes y software, para comprobar su factibilidad técnica.

Implementar un software funcional y compatible con el hardware de la alcancía, por medio del desarrollo de programas y pruebas de integración, para garantizar su correcto funcionamiento.

Evaluar la funcionabilidad del prototipo y verificar su efectividad, por medio de pruebas técnicas y de desempeño, para asegurar el cumplimiento de los objetivos planteados.

#### **1.4. ESTADO DEL ARTE**

A nivel nacional, se encontró un proyecto llamado Entorno Virtual para el Fortalecimiento de Habilidades Financieras en el Ahorro y Manejo del Dinero, desarrollado en la Universidad UNAD (Durán León, 2022) En este proyecto, se plantea la creación de un aula virtual como estrategia para potenciar las habilidades financieras en estudiantes. Asimismo, se implementó un enfoque metodológico cualitativo mediante investigación acción. Como resultado, se evidenciaron avances en la concientización sobre el ahorro y el manejo del dinero. Finalmente, se concluye que la herramienta es útil, aunque requiere mejoras para lograr mayor impacto.

En consecuencia, este proyecto aportó al presente trabajo al evidenciar la importancia de utilizar herramientas tecnológicas en la educación financiera. Asimismo, proporcionó una base conceptual sobre estrategias orientadas al fortalecimiento del ahorro en estudiantes. De igual manera, sus resultados respaldan el desarrollo de soluciones didácticas que faciliten la concientización financiera. Por ello, sirvió como referencia para orientar el enfoque del prototipo hacia la promoción de hábitos de ahorro.

A nivel internacional, se identificó un proyecto denominado dispositivo inteligente para la clasificación y conteo de monedas, desarrollado en la Universidad Mesoamericana de Guatemala (Ixmatá, Núñez y Navar, 2021). En este, los autores proponen una alcancía capaz de clasificar y contar monedas de manera automática, con el objetivo de facilitar el control del ahorro. Para su desarrollo, se utilizaron Arduino, sensores infrarrojos y una pantalla LCD, junto con el diseño de un circuito impreso. Como resultado, se obtuvo un prototipo funcional que automatiza el conteo de monedas y demuestra la viabilidad de aplicar tecnologías accesibles para resolver problemas cotidianos.

En relación con lo anterior, este proyecto aportó al presente trabajo al servir como referencia para la selección de componentes electrónicos, la integración de sensores y la programación de Arduino. Asimismo, orientó la planificación de la metodología de construcción y prueba del prototipo, permitiendo establecer de manera clara la secuencia de diseño y los aspectos técnicos necesarios para garantizar su funcionamiento efectivo.

A nivel internacional, se reporta el proyecto Alcancía Inteligente basada en IoT de la Universidad de Malasia Sarawak (Wei & Lin 2021). La propuesta consiste en un dispositivo que incentiva el ahorro mediante el uso de metas, una aplicación móvil y alertas de seguimiento. Para su desarrollo, se integraron sensores, un microcontrolador y un módulo IoT. A partir de su validación, se evidenció un registro adecuado de depósitos y mayor motivación frente al ahorro. De este modo, se confirma la utilidad de la tecnología en este tipo de soluciones.

Por lo anterior, se retoman elementos claves para el presente proyecto, especialmente el uso de sensores para el registro del dinero. Igualmente, se

considera relevante la incorporación de mecanismos que permitan hacer el seguimiento al ahorro. Por otra parte, el enfoque tecnológico implementado brinda una guía para fortalecer la interacción con el usuario. Así, se obtiene un referente que contribuye a mejorar la precisión y funcionabilidad del sistema propuesto.

A nivel internacional, se encontró el proyecto Sistema de Monitoreo para Alcancía de Billetes Basado en Android, desarrollado en la Universidad Nacional de Desarrollo de Yakarta, Indonesia (Ardiansah, Chattelin, & Prima, 2025). Esta propuesta plantea una alcancía inteligente capaz de detectar billetes y mostrar el monto ahorrado mediante una aplicación conectada por IoT. Para su desarrollo, se empleó una metodología de investigación-desarrollo que incluyó el diseño de hardware y software. Tras las pruebas, el sistema alcanzó una efectividad del 98% en la detección. En consecuencia, se valida como una solución interactiva y funcional.

A partir de este antecedente, se destacan aportes relevantes para el presente trabajo, particularmente en el uso de sensores para la detección precisa del dinero. Además, la integración de IoT y aplicaciones móviles las cuales conllevan un seguimiento en sistemas con monitoreo en tiempo real. A su vez, los resultados obtenidos brindan una base sobre la efectividad de estas tecnologías. Por lo tanto, este proyecto contribuye a fortalecer la confiabilidad y funcionabilidad del prototipo propuesto.

A nivel internacional, Se encontró el proyecto Alcancía Inteligente desarrollado en la Universidad Politécnica de Bucarest (Madalina-Eliana, 2024). Este propone modernizar la alcancía tradicional mediante un sistema que detecta, calcula y

muestra el dinero ahorrado. Para ello, se empleó un enfoque de investigación aplicada con integración de software y hardware. El prototipo utiliza sensores infrarrojos para clasificar monedas y una pantalla LCD para visualizar el total. Como resultado, se obtuvo un sistema funcional con registro automático en tiempo real.

En cuanto a sus aportes, este trabajo permitió identificar un modelo de clasificación de monedas basado en sensores infrarrojos. Además, brinda una referencia clara sobre la automatización del registro del dinero. De igual manera, orienta el uso de sistemas de visualización para mostrar información al usuario. Por ello, contribuye al desarrollo de un prototipo más preciso y funcional.

A nivel internacional, se identificó el proyecto Sistema de Alcancía Inteligente para el Control de Redes Eléctricas, desarrollado en la Universidad Muhammadiyah Sidoarjo de Indonesia (Ulum & Ayuni, 2025). La propuesta consiste en un sistema que convierte el dinero ahorrado en energía eléctrica, promoviendo el ahorro y la eficiencia energética. Para su desarrollo, se realizaron pruebas de hardware y software junto con evaluaciones de funcionamiento. Como resultado, el sistema detecta billetes y gestiona el acceso a la energía según el saldo. En consecuencia, se valida como una solución innovadora y educativa.

En este sentido, el proyecto aporta una visión alternativa del uso del ahorro en sistemas tecnológicos. Además, permite identificar la integración de microcontroladores en procesos automatizados. De igual forma, brinda una referencia sobre el uso de sensores para la detección de dinero. Asimismo, contribuye a ampliar el enfoque del prototipo hacia aplicaciones más funcionales e innovadoras.

A nivel internacional, se encontró el proyecto Sistema de Ahorro de Monedas Automatizado con Arduino, desarrollado en STI College Las Piñas, Filipinas (*Calderon, Lauzon, Gevero & Sangalang, 2023*). Dicho proyecto, propone modernizar la alcancía mediante un sistema automático de clasificación y conteo de monedas. Para ello, se implementó un prototipo que integra hardware y software, incluyendo un mecanismo de clasificación y un deslizador de monedas. Como resultado, se obtuvo mayor precisión en el conteo y mejor organización. Así, se evidencia una mejora en la experiencia de ahorro.

Por su parte, este mismo aporta un modelo práctico de integración entre Arduino y sistemas de control. Además, permite identificar estrategias para mejorar la efectividad en el conteo de las monedas. Igualmente, ofrece una referencia metodológica para la construcción del prototipo. Por ende, contribuye al diseño de un sistema más organizado y eficiente.

A nivel internacional, se encontró el proyecto Prototipo de Máquina Separadora y Contadora de Monedas, desarrollado en Helwan University (*Aboalfotouh, Hossain, Abdulbasit, & Abdlsalam, 2023*). Este plantea la automatización del conteo y clasificación de monedas según su tamaño. Para ello, se implementó un enfoque experimental con estructura de canales, sensores infrarrojos y programación en Arduino. Como resultado, el sistema logró identificar y clasificar correctamente las monedas, mostrando los datos en una pantalla LCD. En consecuencia, se valida como una alternativa funcional y económica.

A partir de este trabajo, se obtiene una referencia clara sobre la integración de sensores y estructuras físicas para la clasificación de monedas. Asimismo, permite comprender la organización del sistema de conteo automatizado. De igual manera,

aporta una base práctica para la programación y visualización de datos. Por tanto, contribuye al desarrollo de un prototipo más preciso y estructurado.

A nivel internacional, se identificó el proyecto Máquina Automatizada de conteo de Monedas, desarrollado en Divine Word College of San Jose, Filipinas (Casaclang et al., 2024). En el presente proyecto, se propone mejorar la eficiencia en el manejo de efectivo mediante la clasificación y conteo automático de monedas. Para ello, se empleó un enfoque experimental con sensores infrarrojos, pantalla LCD y una estructura de canalización. Además, se realizaron pruebas con usuarios para evaluar su funcionamiento. Como resultado, se evidenció alta precisión, rapidez y facilidad de uso.

De este mismo, se retoman elementos clave para el presente trabajo, especialmente en la implementación de sensores y sistemas de visualización. Asimismo, aporta una base metodológica para el desarrollo y validación del prototipo. Igualmente, sus resultados permiten considerar factores que influyen en la precisión del conteo. En consecuencia, contribuye a mejorar la confiabilidad y diseño del sistema propuesto.

A nivel internacional, se identificó el estudio Enseñanza de Fundamentos de Programación Arduino, desarrollado en la Universidad de Buenos Aires (Fernández & Cossio-Mercado, 2023). Este trabajo propone el uso de Arduino como herramienta didáctica para enseñar conceptos básicos de programación. Para ello, se emplea un enfoque basado en entornos visuales y actividades prácticas que facilitan la comprensión de estructuras lógicas. Los resultados evidencian que los estudiantes logran asimilar conceptos fundamentales de manera más intuitiva. De este modo, se resalta el valor de Arduino como recurso educativo accesible.

A partir de este estudio, se obtiene un aporte relevante en cuanto al uso de Arduino como herramienta de aprendizaje interactivo. Además, permite comprender la importancia de integrar la práctica con la teoría en procesos formativos. De igual forma, orienta el diseño del prototipo hacia un enfoque más didáctico. En consecuencia, contribuye a fortalecer el componente educativo del sistema propuesto, especialmente en la apropiación de conceptos tecnológicos.

## 2. MARCO REFERENCIAL

En el presente marco referencial se reúne los fundamentos teóricos, conceptuales, legales, ambientales e históricos que sustentan el desarrollo del proyecto de la alcancía inteligente.

### 2.1. MARCO TEÓRICO

#### **Electrónica digital:**

Es la rama de la electrónica que estudia los sistemas que operan por medio de señales, generalmente se representan en denominaciones binarias (0 y 1). Estos sistemas son la base del desarrollo de los dispositivos modernos, ya que procesan información de manera eficiente. En este contexto, los circuitos electrónicos están conformados por componentes capaces de controlar el flujo de energía eléctrica para cumplir sus funciones.

Dentro de estos sistemas existen dos variables esenciales como lo es el voltaje y la corriente, siendo el voltaje la tensión que impulsa el movimiento de los electrones, y la corriente recorre todo el sistema.

#### **Microcontrolador específico:**

El microcontrolador ESP32 es reconocido por su versatilidad en aplicaciones electrónicas, este dispositivo cuenta con características como un procesador de doble núcleo, frecuencia de hasta 240 MHz y su memoria integrada, cuenta con pines de entrada y salida lo que le permite controlar diferentes componentes de manera simultánea.

Además, el ESP32 en sus funciones contiene la conectividad por medio de Wi-Fi y Bluetooth, por lo que se convierte en una herramienta con diferentes propósitos entre ellas entrelazarse con otros dispositivos o servidores.

### **Lenguaje y entorno de programación:**

el sistema se desarrolló por medio de un lenguaje de programación tipo c++, el cual es muy utilizado en configuraciones embebidas debido a su eficacia y el control sobre el hardware. Este lenguaje permite ejecutar instrucciones directas que controlan directamente el funcionamiento de los componentes electrónicos.

En cuanto a la programación del microcontrolador se utiliza Arduino IDE, el cual permite escribir, almacenar y cargar el código, la programación que se requiere es del tipo estructurada y lineal, lo que significa que las instrucciones se dirigen de manera secuencial.

### **Protocolos de comunicación:**

Los protocolos de comunicación conllevan una tarea importante, por lo que permiten la transferencia de datos entre diferentes dispositivos. En este proyecto se emplean protocolos como I2C, UART y Wi-Fi, los cuales facilitan la interacción entre el microcontrolador y los demás componentes del sistema

Por ejemplo, el I2C permite la comunicación con los dispositivos como la pantalla OLED, mientras que UART se utiliza para tener un enlace en serie. Por otra parte, el Wi-Fi integrado en el ESP32 permite conectar con servidores externos tales como el teléfono celular.

### **Software y lógica de control:**

La ejecución del sistema se basa en la puesta en marcha de algoritmos que hacen posible el desarrollo del hardware a través de software. La activación de los

dispositivos de salida, la lectura de datos y el procesamiento de la información son algunas de las funciones que llevan a cabo todo el proceso.

Por otro lado, el diseño permite una ejecución en tiempo real, lo que garantiza una respuesta inmediata antes acciones concretas, como el depósito de las monedas, en este esquema el software desempeña un rol de mediador importante, por lo que es el encargado de dictar y supervisar cada movimiento del hardware.

### **Gestión de datos:**

Es uno de los pilares de la tecnología actual, ya que funciona como organizador de información y adicional a esto también guarda los datos. Para este proyecto se tuvo en cuenta el uso de MySQL, es un servidor que funciona de manera remota que permitirá llevar el registro de los ahorros.

Esta base de datos tiene ventajas estratégicas, por lo que organiza los datos en la nube y se puede acceder a esa información desde cualquier lugar, lo que potencia las capacidades de la alcancía. Además, por contar con un historial de información permitirá analizar los hábitos de ahorro a largo plazo y deja las puertas abiertas para conectar el sistema con aplicaciones móviles y plataformas web en un futuro.

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

El sistema diseñado se caracteriza en una serie de conceptos teóricos y técnicos que permiten abarcar el diseño y el funcionamiento de la alcancía inteligente orientada al proceso del ahorro. Este medio integra principios de la electrónica y de los sistemas embebidos, permitiendo la construcción de un prototipo funcional que facilita el registro y control del dinero acumulado de manera eficiente.

Dentro de este contexto, el funcionamiento de la alcancía inteligente se apoya principalmente en un microcontrolador ESP32, el cual opera como el cerebro del prototipo. Este componente conlleva la tarea de procesar el código de programación, organizar la información enviada por el monedero digital y sincronizar el resto de los dispositivos integrados. A si mismo, el software diseñado permite interpretar los datos obtenidos por el ingreso de las monedas, asegurando que el ahorro y registro se realice de manera automática.

### 2.3. MARCO LEGAL

El desarrollo de este proyecto se basa en la normativa colombiana actual sobre educación financiera tecnológica y gestión ambiental. En el ámbito de la educación económica, la ley 1328 de 2009 establece el régimen de protección al consumidor financiero y promueve la educación financiera como una herramienta para mejorar la toma de decisiones responsables en el manejo de los recursos. Esta ley apoya la importancia de fomentar hábitos de ahorro y cultura financiera en diferentes contextos formativos, incluyendo el campo universitario. (*Ley 1328 de 2009 - Gestor Normativo*, s. f.)

En cuanto al desarrollo tecnológico y la innovación, la ley 1286 de 2009 refuerza el sistema nacional de ciencias, tecnología e innovación. Esta ley promueve la investigación aplicada y el desarrollo de soluciones tecnológicas que ayudan al progreso social y económico del país. Así, el proyecto de la alcancía inteligente se enmarca dentro de los principios de apoyo a la innovación tecnológica en el entorno académico. (*Ley 1286 de 2009 - Gestor Normativo*, s. f.)

Desde la perspectiva ambiental, el decreto 1076 de 2015 toma la normativa del sector de ambiente y desarrollo sostenible. Este decreto establece guías para la protección de los recursos naturales. Además, la ley 1672 de 2013 regula la política pública para la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Esta ley se aplica a los componentes electrónicos utilizados en el prototipo. Estas disposiciones aseguran que el desarrollo y disposición final de los dispositivos se realice con responsabilidad ambiental y cumplimiento de la ley. (*Ley 1672 de 2013 - Gestor Normativo, s. f.*)

## 2.4. MARCO AMBIENTAL

La elaboración de la alcancía inteligente programable tiene un impacto ambiental muy bajo, principalmente por el uso de componentes electrónicos y por el poco consumo de energía eléctrica que requiere para funcionar. Este dispositivo requiere una fuente de alimentación de baja potencia, lo que significa que consume menos energía en comparación a otros equipos electrónicos más grandes. Durante su uso no produce emisiones de gases ni desechos que puedan afectar el aire o el agua.

En cuanto a los materiales que se utilizan, el prototipo se compone de una placa microcontroladora, sensores eléctricos, cables y una estructura de soporte. Aunque son elementos pequeños, forman parte de los residuos tecnológicos que deben ser gestionados adecuadamente al final de su vida útil. La generación de residuos electrónicos es el principal desafío ambiental relacionado con el proyecto, por lo que se fomenta la reutilización de componentes y la disposición adecuada a través de programas de reciclaje tecnológico.

Por lo tanto, el proyecto se enfoca en reducir su huella ambiental mediante un su eficiente de la energía, la elección de materiales reutilizables y promover practicas responsables en el manejo de residuos electrónicos, asegurando que se alineen con los principios de sostenibilidad en el desarrollo tecnológico.

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se clasifica como descriptiva, ya que busca analizar y caracterizar la problemática relacionada con el manejo de los ahorros. así como describir el funcionamiento de una solución tecnológica que permita registrar y visualizar el dinero depositado en un sistema electrónico. Este tipo de investigación permite describir las condiciones actuales del problema y comprender los factores que influyen en la falta de control sobre los recursos económicos personales.

Asimismo, la investigación descriptiva tiene como propósito definir las características y propiedades importantes de un fenómeno que se analiza en un contexto determinado. En este sentido, el presente proyecto describe una situación asociada a la falta de control en el ahorro individual y plantea el desarrollo de un prototipo tecnológico el cual permite mejorar el seguimiento del dinero almacenado (Sabino, s. f.).

Adicionalmente, el proyecto presenta un componente de investigación aplicada, debido a que utiliza conocimientos técnicos del área de la electrónica y la programación para desarrollar una solución tecnológica que contribuya a mejorar la situación ya identificada. Este enfoque aplicado permite trasladar conocimientos teóricos a una solución práctica mediante el desarrollo de un prototipo funcional, integrando conceptos de sistemas embebidos, automatización y la programación de microcontroladores.

### 3.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACION

análisis de datos relacionados con el funcionamiento del prototipo y el registro del dinero ingresado en la alcancía inteligente. En general, permite obtener información medible que facilita la evaluación del desempeño del sistema desarrollar.

El enfoque cuantitativo se basa en la medición de variables y el análisis de datos que permiten obtener resultados verificables dentro de un proceso investigativo estructurado. En el cual, la medición de datos constituye un elemento fundamental para evaluar fenómenos y validar resultados en investigaciones tecnológicas. (Vega-Malagón et al. 2014).

En la ejecución de este proyecto, el enfoque cuantitativo se aplica mediante el registro automático del dinero que ingresa en la alcancía inteligente a través del sistema desarrollado, el prototipo permite identificar y contabilizar los valores ingresados, generando datos numéricos que facilitan el seguimiento del ahorro acumulado. Estos registros permiten evaluar el funcionamiento del dispositivo, analizar la precisión del sistema y verificar su utilidad como una herramienta tecnológica funcional.

### 3.3. METODO DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la presente investigación se basa en el método de análisis, el cual permite estudiar una situación mediante la descomposición de sus diferentes partes con el fin de comprender su funcionamiento y la relación existente entre sus componentes. Así pues, este método facilita examinar cada uno de los elementos que intervienen en un sistema, permitiendo identificar sus características, funciones y comportamiento dentro del conjunto. (*Tamayo Tamayo,2004*)

Dentro de este proyecto, este método se aplica al analizar los distintos elementos que conforman el prototipo de la alcancía. Para ello se estudian componentes como el microcontrolador, los sensores de detección de monedas, el sistema de visualización de datos, y la programación que permite procesar la información registrada. En relación con lo anterior, a través de este análisis se identifican las funciones específicas de cada componente del prototipo realizado.

De esta manera, el proceso desarrollado permite comprender el funcionamiento general del prototipo, identificando la forma en que cada uno de sus elementos participa en el registro y control del dinero depositado. Por lo tanto, esta metodología facilita la verificación del desempeño del dispositivo durante su ejecución, permitiendo llevar a cabo ajustes que optimicen su funcionamiento y garanticen que la alcancía inteligente cumpla con su principal propósito de apoyar el control y seguimiento del ahorro.

### 3.4. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del presente proyecto se emplean diferentes técnicas de investigación que permiten recolectar información relevante y verificar el correcto

funcionamiento del prototipo de la alcancía inteligente. Por ello, las técnicas utilizadas facilitan la obtención de datos necesarios para evaluar el comportamiento del sistema electrónico y comprobar el cumplimiento de los objetivos planteados.

Por lo cual, se utiliza la técnica de observación, la cual permite identificar el comportamiento del dispositivo durante su uso. A través de esta técnica se inspecciona el proceso de ingreso de monedas, el reconocimiento de las cantidades depositadas y la visualización de la información registrada por el sistema.

Además, según (Sabino, 2014), la observación es una técnica clave en la investigación, ya que permite examinar los fenómenos en su contexto real y obtener información valiosa sobre su comportamiento.

Por otro lado, se utiliza la técnica de experimentación, que implica llevar a cabo pruebas controladas con el prototipo desarrollado para verificar su desempeño. Durante este proceso, se introducen diferentes tipos de monedas en la alcancía para asegurarse de que el sistema detecte correctamente el valor ingresado y actualice la información sobre el ahorro acumulado. De esta manera, las pruebas realizadas permiten identificar posibles errores en el desempeño del dispositivo y realizar los ajustes necesarios para mejorar el rendimiento.

Finalmente, la aplicación de estas técnicas permite obtener información confiable sobre el desempeño del prototipo, facilitando la evaluación del sistema desarrollado. De igual manera, los resultados obtenidos durante las pruebas contribuyen a validar la utilidad de la alcancía, como una herramienta tecnológica la cual permite registrar y controlar el dinero depositado.

### **3.5. FASES DE LA INESTIGACIÓN**

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo mediante una serie de fases metodológicas las cuales permitieron organizar de manera estructurada el proceso de diseño, construcción y validación del prototipo de la alcancía inteligente.

#### **3.5.1. Fase 1. Establecimiento de requerimientos técnicos y presupuesto**

En esta primera fase se realiza la identificación de los requerimientos necesarios para el desarrollo del prototipo. Así como la estimación de los recursos económicos requeridos para su construcción.

##### **Actividad 1. Análisis de requerimientos técnicos.**

Primero, se identifican los elementos técnicos esenciales para desarrollar el prototipo, como el microcontrolador, los sensores, y demás componentes electrónicos, la estructura física y las herramientas de programación. A demás se examinan las características y funciones que el dispositivo debe cumplir para asegurar un funcionamiento adecuado.

##### **Actividad 2. Planteamiento del presupuesto del prototipo.**

Posteriormente, se lleva a cabo la estimación de los costos relacionados con los componentes electrónicos y los materiales necesarios para la construcción de la alcancía inteligente. Este análisis ayuda a evaluar la viabilidad económica del proyecto y a planificar de manera efectiva los recursos que se requerirán para su proceso.

#### **3.5.2. Fase 2. Diseño del prototipo de la alcancía inteligente.**

En esta fase propone el diseño del prototipo mediante la integración de los elementos electrónicos y el desarrollo de la estructura que permitirá su operatividad.

### **Actividad 1. Diseño del sistema electrónico del prototipo.**

Para ello se realiza la selección y organización de los componentes electrónicos necesarios para el funcionamiento del dispositivo, definiendo la forma en que estos se conectan dentro del sistema. De igual manera, se establece la arquitectura general del prototipo y el modo de operación.

### **Actividad 2. Diseño de la estructura y funcionamiento del prototipo.**

Posteriormente, se estableció la estructura física de la alcancía, así como también la forma en que interactúan entre si los elementos electrónicos con el usuario. Esto permite visualizar el funcionamiento general del dispositivo antes de proceder con su ejecución.

#### ***3.5.3. Fase 3. Implementación del software y del sistema del prototipo***

Una vez definido el diseño del prototipo, se continua con el desarrollo del sistema el cual permitirá el funcionamiento de la alcancía inteligente.

### **Actividad 1. Desarrollo del software**

En la presente actividad se realiza la programación del microcontrolador encargado de procesar la información generada por los sensores del dispositivo. Asimismo, este programa permite identificar de manera correcta el dinero depositado y actualizar los datos correspondientes al ahorro registrado.

### **Actividad 2. Integración del software y hardware**

Posteriormente, se lleva a cabo la conexión entre el software y hardware del prototipo, con el fin de garantizar que el dispositivo funcione de manera adecuada y que la información registrada sea procesada correctamente.

#### **3.5.4. Fase 4. Evaluación del funcionamiento del prototipo.**

Finalmente, el dispositivo se pondrá a prueba con el fin de verificar que cumpla con todos los objetivos establecidos y detectar posibles fallas y confirmar su correcto funcionamiento.

##### **Actividad 1. Pruebas técnicas de funcionamiento**

En dicha actividad se realizan pruebas de desempeño introduciendo monedas en la alcancía con el fin de comprobar si el sistema detecta adecuadamente el valor ingresado y actualiza la información en la interfaz de usuario. Así como también, se procede a verificar el mecanismo de metas de ahorro a largo plazo.

##### **Actividad 2. Evaluación de desempeño del prototipo**

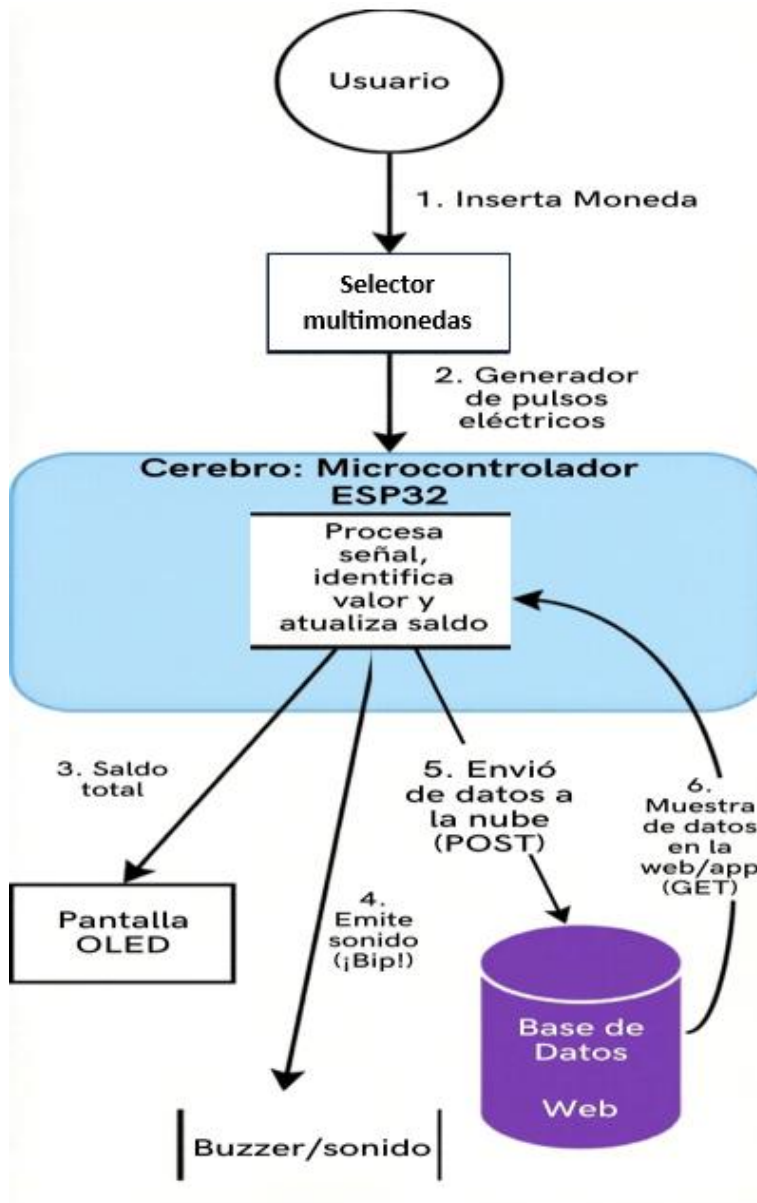
Por último, se analizan los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas, con el propósito de verificar la efectividad del dispositivo y determinar si cumple o no con los objetivos planteados para el proyecto.

#### 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

En el desarrollo del proyecto, se enfocó en unificar un entorno físico con una plataforma digital. Como se muestra en el siguiente diagrama (Figura 1), el proceso transcurre de manera lineal y de forma lógica, el cual se divide en las siguientes fases:

- **Primer paso:** El proceso inicia en el momento en que el usuario inserta una moneda. En este instante el selector multimonedas genera un pulso eléctrico que convierte la acción física en una señal digital.
- **Gestión central:** El microcontrolador ESP32 es el cerebro de todo el sistema. Su trabajo principal es recibir las señales emitidas por el selector multimonedas. De reconocer la cantidad de monedas ingresadas y mantener actualizado el saldo en cada momento.
- **Respuesta inmediata:** En el instante que se procesa la información, el usuario puede identificar el proceso de manera visual y auditiva, por medio de una pantalla OLED y un Buzzer, son los que confirman que se actualizó el saldo y se cumplió una meta.
- **Sincronización con la nube:** finalmente, después de todo el proceso en el hardware, el ESP32 transfiere toda la información a una base de datos en la web, lo que permite que el usuario tenga acceso al saldo y al historial de movimientos desde cualquier lugar, por medio de una página web.

Figura 1 Esquema del flujo



Fuente: autores

## **4.1. ANALISIS DE REQUERIMIENTOS**

El diseño de la alcancía inteligente parte del hecho de que se entiende como una solución tecnológica que trata de cubrir la necesidad de mejora sobre los métodos tradicionales de ahorro a partir de la automatización que permite registrar el dinero de manera instantánea y visible. Adicionalmente se establecieron algunos requerimientos como; visualizar el saldo acumulado a través de una pantalla OLED, establecer metas de ahorro por medio de la página web e implementación de una alerta sonora la cual notifica el cumplimiento de la misma.

Con respecto a los requerimientos no funcionales, se determinó que el sistema necesitaba tener una interfaz dinámica y con un consumo de energía parcialmente bajo; asimismo se dio prioridad a la fiabilidad en la detección de monedas y al uso de componentes de fácil acceso en el mercado. Además, se optó por un diseño físico apropiado, compacto y ligero.

## **4.2. IMPLEMENTACIÓN DE HARDWARE Y DISEÑO DEL SISTEMA**

### **4.2.1. SELECTOR MULTIMONEDAS MAGNÉTICO**

Este componente, es un aparato utilizado en el prototipo para cumplir la función de identificar y validar las monedas depositadas, esta herramienta opera con una alimentación de 12v DC y produce una señal eléctrica la cual es recibida por el microcontrolador ESP32 por cada vez que se detecte una moneda en el dispositivo.

A su vez su mecanismo consiste en el paso de las monedas por un canal interno donde se avalúa según sus características físicas y magnéticas, como tamaño el peso y material. cuando la moneda depositada cumple con los factores configurados, el selector emite un pulso digital el cual permite al sistema reconocer el valor ingresado; en caso contrario la moneda será rechazada.

Desde un enfoque técnico, el dispositivo basa principalmente su operación en principios de inducción electromagnética, este internamente emplea bobinas sensores las cuales generan un campo magnético, el cual al ser atravesado por la moneda genera una perturbación proporcional a su permeabilidad magnética y conductividad eléctrica. A causa de lo anterior, es producida una variación que altera los parámetros eléctricos del circuito sensor, los cuales son procesados para discriminar entre denominaciones.

En términos de procesamiento, el sistema realiza la acumulación del valor depositado a partir del conteo de los pulsos generados por cada tipo de moneda. Asimismo, esta relación puede expresarse matemáticamente como:  $V_t = K \cdot P$ . Donde  $V_t$  es el valor total de la moneda,  $K$  una constante de conversión definida en el sistema (100) y  $P$  los pulsos detectados para cada moneda.

A partir de esta lógica, el sistema identifica cada denominación por medio de la cantidad de pulsos recibidos, permitiendo su clasificación y posterior acumulación en el valor ahorrado. A continuación, en la siguiente tabla 1 se presentan las características de las monedas proyectadas a detectar por el prototipo.

Tabla 1

Denominación (COP)	Pulsos Generados	Material Predominante	Diámetro (mm)	Peso (g)
-----------------------	---------------------	-----------------------	------------------	----------

100	1	Acero recubierto de latón	20,30 mm	3,34 gramos
200	2	alpaca (cobre, zinc y níquel)	22,40 mm	4,61 gramos
500	5	Alpaca (cobre, zinc y níquel) y CuAlNi (cobre, aluminio y níquel)	23,70 mm	7,14 gramos
1000	10	Alpaca (cobre, zinc y níquel)	26,70 mm	9,95 gramos

Fuente: <https://www.banrep.gov.co/es/billetes-monedas>

Finalmente, con el objetivo de caracterizar el desempeño del selector multimoneda que se utilizó en el prototipo. A continuación, se muestra la tabla 2 en donde se especifica sus características técnicas suministradas por el fabricante.

Tabla 2

Modelo	CH-926/616
Tasa de Reconocimiento	95%
Velocidad de Reconocimiento	0.6 segundos
Fuente de Alimentación	DC12V
Corriente de Trabajo	50mA
Diámetro de las Monedas	15mm - 29mm
Espesor de las Monedas	1.8mm - 3.0mm
Cuerpo Material	Plástico
Material del Panel	Zinc Alloy

Fuente: Autores

Figura 2 Selector Multimonedas



Fuente: Autores

#### **4.2.2. MICROCONTROLADOR ESP32**

como unidad central del prototipo se tomó en cuenta el microcontrolador ESP32 Node MCU -32S (figura 2) el cual actúa como la unidad central para el procesamiento y transmisión de los datos. Funciona con un voltaje de 3.3V tiene disponibles múltiples pines GPIO los que permiten la interconexión con los demás componentes del prototipo.

El ESP32 recibe las señales del selector de monedas por los pulsos eléctricos que este genera, los cuales se procesan por medio de la programación C++ para determinar la cantidad de monedas ingresadas y modificar el saldo acumulado.

Luego de este proceso, se generan las salidas hacia la pantalla OLED y se activa el Buzzer si se cumple una meta.

De manera simultánea, el microcontrolador se comunica con una base de datos en la nube, por medio de su conectividad por Wi-Fi que le permite almacenar y consultar de forma remota toda la información. esta función se basa en ejecutar continuamente todas las instrucciones que fueron previamente programadas, y que garantizan una respuesta rápida y estable del sistema.

#### 4.2.2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

El ESP32 NoteMCU-32s, fue desarrollado por Espressif Systems, para uso en aplicaciones IoT y para sistemas embebidos.

Tabla 3

Características	Descripción
Voltaje	3.3V
Pines GPIO	38 pines disponibles
Conectividad	Wi-Fi y bluetooth
Procesador	Doble núcleo
Frecuencia	Hasta 240 MHz
Protocolos	I2C, SPI, UART

En las siguientes tablas se presentan el modo de conexión de los componentes del prototipo con la unidad central el microcontrolador ESP32.

#### 1- Conexión con el selector mutimonedas

Tabla 4

N°	Elemento	Conexión	Descripción técnica
1	GND (monedero)	GND (ESP32)	Conexión a tierra
2	Señal de pulso	GPIO 4	Entrada de lectura de pulsos
3	Resistencia 10KΩ	GPIO4 – 3.3V	Estabilizar la señal (pull-up)
4	Divisor de voltaje	Señal GPIO	Protege el pin máx. 3.3V

## 2- Conexión con la pantalla OLED

Tabla 5

Nº	elemento	Conexión	Descripción técnica
1	SDA	GPIO 21	Línea de datos protocolo 12 C
2	SC L	GPIO 22	Línea de reloj protocolo 12 C
3	VCC	3.3V	Alimentación modulo OLED
4	GND	GND (ESP32)	Conexión a tierra

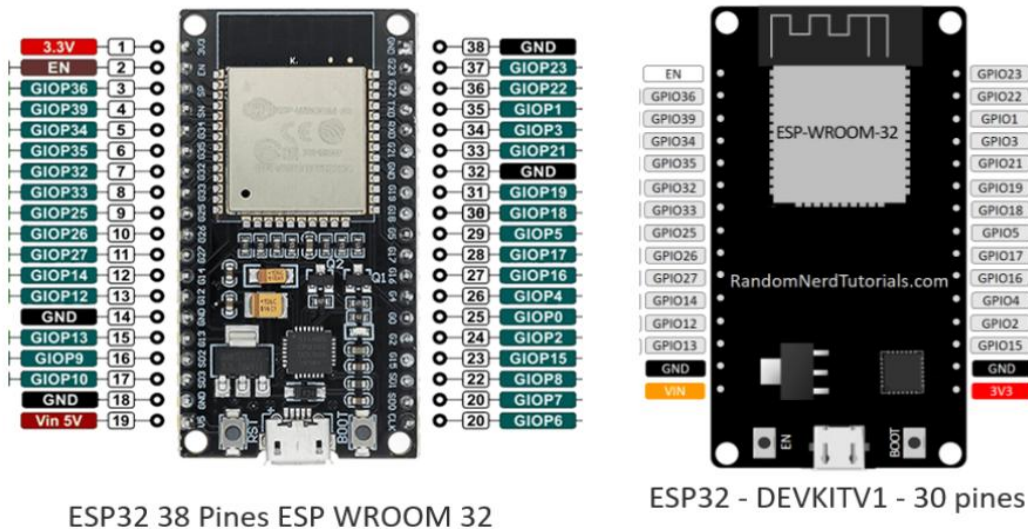
La conexión se realiza por medio del protocolo I2C, el cual permite transmitir los datos entre el microcontrolador y la pantalla OLED utilizando solo dos líneas de señal.

## 3- Conexión con el módulo Buzzer

Tabla 6

Nº	Elemento	Conexión	Descripción técnica
1	Buzzer positivo	GPIO 5	Salida digital para activar notificación sonora
2	Buzzer negativo	GND (ESP32)	Conexión a tierra

Figura 3 ESP32



ESP32 38 Pines ESP WROOM 32

ESP32 - DEVKITV1 - 30 pines

Fuente: <https://microdesys.es/docs/microcontrolador-esp32/>

### 4.2.3. PANTALLA OLED

Para observar la información enviada por el ESP32, se tomó en cuenta una pantalla OLED de 0,96 pulgadas con resolución de 128x64; Ver figura #. Este tipo de display emplea una tecnología de diodos emisores de luz (OLED), lo que permite lograr un alto contraste, bajo consumo energético y un claro y amplio panorama visual en comparación con las pantallas tradicionales LCD.

Además, este componente opera a un voltaje de 3.3 VDC, siendo así compatible con los pines lógicos. La comunicación se realiza mediante el protocolo I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit), el cual utiliza únicamente dos líneas de transmisión (SDA Y SCL), facilitando la conexión y reduciendo así el número de pines necesarios en el microcontrolador. A continuación, se muestra en la tabla 7 las especificaciones técnicas de la pantalla OLED.

Tabla 7

Tipo de Pantalla	OLED monocromática
Controlador	SSD1306
Tamaño	0.96 “
Resolución	128x64 píxeles
Voltaje de Operación	3.3VDC
Comunicación	I <sup>2</sup> C

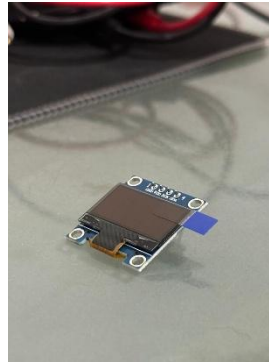
Asimismo, en tabla 8, se muestra las conexiones con el ESP32

Tabla 8

Pin OLED	Pin ESP32	Función
VCC	3.3VDC	Alimentar pantalla
GND	GND	Puesta a tierra de pantalla
SDA	GPIO21	Datos(I <sup>2</sup> C)
SCL	GPIO22	Reloj(I <sup>2</sup> C)

Finalmente, Durante el proceso de prueba, la pantalla demostró su capacidad al mostrar la información correcta y sin tener retrasos a la hora de actualizar los datos. Por lo que se comprobó que la conexión con el ESP32 fue exitosa, ya que cada evento se detectó en el momento exacto. Además, el consumo de energía que se requiere para su funcionamiento es relativamente bajo y su tamaño es muy compacto por lo que es de fácil integración al prototipo, obteniendo una mejor interacción con el usuario y un desempeño eficiente en el sistema.

Figura 4 Pantalla OLED



Fuente: Autores

#### **4.2.4. MODULO BUZZER**

En el presente proyecto, el módulo buzzer (ver figura #) es un componente que se usa para generar sonidos dentro del sistema y así avisar cuando se llega a una meta económica en la alcancía. Este mismo, trabaja con un bajo voltaje normalmente entre 3.3V Y 5V; está conectado al ESP32 el cual lo controla mediante una salida digital. Cada vez que se completa un objetivo determinado por el usuario, el buzzer emite un sonido, lo que permite que el individuo se entere de inmediato que ha cumplido una meta sin la necesidad de observar la pantalla.

Por otra parte, se realizaron pruebas en las cuales funciono de manera acertada y precisa, ya que demostró una rápida respuesta y se activó correctamente en cada caso. Por lo cual, su uso es importante porque no solo depende de lo visual, sino que también añade una señal auditiva que hace más clara la interacción con el usuario.

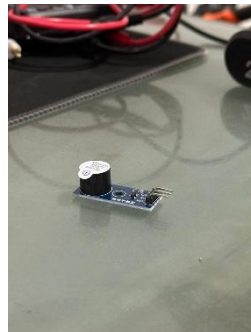
A continuación, se muestra en la tabla 9 las características del buzzer

Tabla 9

Tipo	Buzzer piezoeléctrico tipo pasivo
Voltaje de Operación	3.3 VDC – 5 VDC
Consumo de Corriente	30mA
Frecuencia de Trabajo	2KHz- 5KHz (señal cuadrada)
Sonoridad	70 dB – 85 dB

Fuente: <https://www.zamux.co/modulo-buzzer-pasivo>

Figura 5 Módulo Buzzer



Fuente: Autores

#### 4.2.5. FUENTE DE ALIMENTACION DE ENERGIA

para la conexión eléctrica del sistema se utilizó un adaptador de AC/DC, el cual transforma la corriente alterna de la red (110v) en una de 12v DC y una corriente de

1A. la razón de elegir este adaptador de voltaje es porque el selector multimonedas requiere una fuente mayor.

En el proceso de pruebas, el cargador no tuvo fallas y suministro correctamente la potencia necesaria para hacer funcionar el equipo. Además, la anergia también fue distribuida hacían otros componentes gracias a un regulador de voltaje, lo que garantizo la alimentación adecuada hacia los demás elementos de la alcancía. En resumen, el uso del cargador dio un resultado positivo y demostró que podía garantizar la seguridad y evitar fallas por variación de voltajes.

Figura 6 Adaptador de voltaje



Fuente: Autores

#### **4.2.6. CONVERTIDOR DE VOLTAJE AC/DC (110V) (5V)**

para alimentar los componentes electrónicos del presente proyecto se utilizó un convertidor de voltaje, capaz de transformar 110V AC (corriente alterna) en 5V DC (corriente continúa). Así mismo, este dispositivo es de gran importancia ya que es el encargado de suministrar energía a varios de elementos integrados en la alcancía como lo son, la pantalla OLED, el microcontrolador ESP32 y el módulo Buzzer. Por otra parte, durante las pruebas realizadas el convertidor mantuvo una salida estable de 5V DC, lo que permitió que los dispositivos alimentados funcionaran de manera correcta y sin presentar fallas.

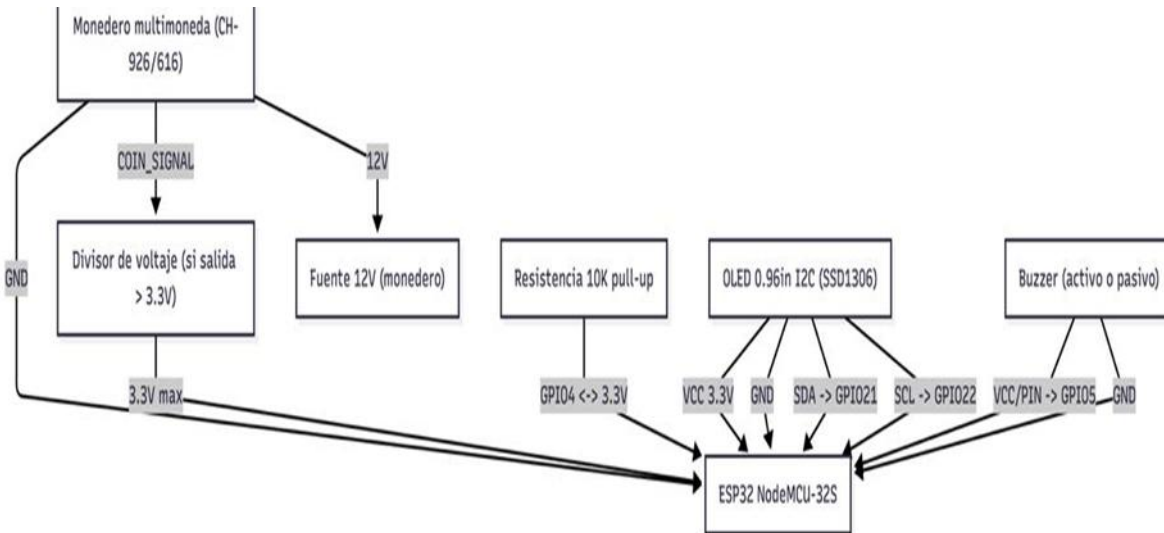
Figura 7 Convertidor de 110v ac a 5v dc



Fuente: Autores

A continuación, se representa el diagrama (1) de flujo del prototipo.

Diagrama 1 flujo de conexiones del prototipo



Fuente: Autores

#### 4.2.7. ESTRUCTURA FISICA DEL PROTOTIPO

Para la conexión de todos los componentes de la alcancía se diseñó una estructura de madera, con dimensiones de 19 cm x 19cm x 9 cm. Esta estructura cumple con la función de proteger y mantener todos los componentes en casa uno de sus lugares. dentro de la caja de madera los elementos se acomodaron de la siguiente manera: el selector multimonedas se acomodó en la parte frontal de la caja, en la parte interna superior se ubicó el módulo Buzzer y el microcontrolador ESP32 el cual distribuye las conexiones hacia los demás componentes, y en la parte inferior se dejó el espacio necesario para almacenamiento de las monedas. Así mismo la pantalla OLED se instaló en la parte externa superior de la caja con el fin de brindar al usuario un acceso visual más directo, mientras que la fuente de poder se ubicó en la parte externa para facilitar la conexión a la red eléctrica.

Mientras se realizó el montaje, se procuró mantener un cableado ordenado para evitar desconexiones o posibles interferencias. Finalmente, tras las pruebas ejecutadas, se certificó que la caja de madera cumple con la labor de mantener y proteger los elementos de la alcancía.

Figura 8 Estructura física



Fuente: Autores

### 4.3. SOFTWARE Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

#### 4.3.1. Lenguaje y modelo de desarrollo

El sistema se desarrolló por medio de un lenguaje C++ utilizando el entorno de Arduino IDE, por el cual se realizó la programación e incorporación del firmware en el microcontrolador ESP32 NodeMCU-32s. Para ejecutar el software se utilizaron diferentes librerías que permitieron la conexión con los diferentes componentes del sistema y la comunicación con servicios externos, como lo son los siguientes.

- WiFi.h -> conexión a la red inalámbrica

- HTTPClient.h -> envió de solicitudes HTTP
- ArduinoJson.h -> manejo de datos en formato JSON
- Wire.h -> comunicación I2C
- Adafruit\_GFX y Adafruit\_SSD1303 -> control de pantalla OLED

Este proceso de desarrollo incorporó la programación del firmware, compilación y la carga en el microcontrolador, lo que permite la ejecución automática en el sistema.

#### **4.3.2. Lógica del programa (funcionamiento interno)**

El sistema se ejecuta de manera secuencial, con una estructura que se divide en dos etapas principales:

##### Iniciación (setup)

- Configuración de los pines de entrada y salida
- Inicio de la pantalla OLED y modulo Buzzer
- Configuración de interrupciones para detectar monedas
- Conexión a la red WiFi
- Sincronización inicial con el servidor por medio de solicitud GET

##### Ejecución continua (loop)

En esta etapa, el proceso se realiza de forma permanente en las siguientes acciones:

- Detección de las pulsaciones que provienen del selector multimonedas por medio del pin GPIO 4
- Conteo de pulsos hasta detectar la inactividad de las pulsaciones (timeout)

- Identificación de las monedas según la cantidad de pulsaciones
- Convertir los pulsos en valores reales
- Actualización de ahorros acumulados
- Activación de salidas hacia la pantalla OLED y el Buzzer

En el siguiente esquema se representa el flujo lógico del sistema

Tabla 10

Inicio
↓
Configuración (setup)
↓
Espera de pulsos
↓
Detectar monedas
↓
Contar pulsos
↓
Clasificación de valores

↓
Actualización de datos
↓
Mostrar en pantalla OLED
↓
Activación de Buzzer
↓
Repetir ciclo ↑

#### **4.3.3. Comunicación Wi-Fi, base de datos, HTTP**

El sistema se ejecuta por medio la arquitectura lot, en la cual se basa la comunicación por medio del protocolo HTTP, lo que permite la integración del hardware con la backend Web.

#### **4.3.4. Proceso de comunicación**

- El ESP32 se conecta a la red Wi-Fi
- Se envían los datos al servidor por medio de solicitudes HTTP POST
- La página backend web recibe los datos y los ejecuta
- Toda la información se guarda en la base de datos de MySQL/maríaDB
- El sistema identifica la información por medio de solicitudes GET

#### **4.3.5. Arquitectura de comunicación**

ESP32 → HTTP POST → backend PHP → base de datos



Dashboard Web

#### Características importantes:

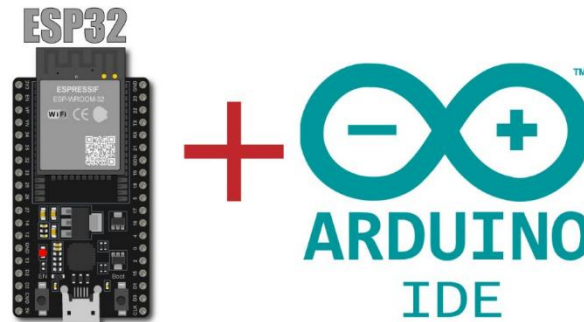
- La información se envía y se muestra en tiempo real
- El sistema se sincroniza periódicamente
- Se manejan los fallos mediante almacenamiento temporal de los datos (pendientes)

#### **4.3.6. Flujo completo del sistema**

El funcionamiento general del sistema integra todos los componentes, iniciando con la interacción del usuario hasta la visualización de la información.

- El usuario inserta una moneda
- El selector multimonedas genera los pulsos eléctricos
- Se calcula el valor de la moneda ingresada
- Se actualiza el saldo
- Se muestran los datos en la pantalla OLED
- Se activa el módulo Buzzer al completar una meta
- Se envían los datos al servidor
- El backend guarda la información en la base de datos
- El dashboard web consulta y muestra todos los datos en tiempo real

Figura 9 Arduino IDE



Fuente: <https://electricdiylab.com/how-to-program-esp32-using-arduino-ide-wroom-esp32/>

## 5. RESULTADOS

### Resultados y análisis

en esta sección se muestran los resultados que se obtuvieron durante el desarrollo de la alcancía inteligente.

Las pruebas que se ejecutaron permitieron determinar el funcionamiento del sistema, en detectar las monedas, procesar los datos y enviar la información a la página web.

## Pruebas realizadas

Prueba 1: detectar las monedas

El sistema detecta las monedas según la cantidad de pulsaciones generadas por el selector multimonedas:

1 pulso → 100 COP

2 pulsos → 200 COP

5 pulsos → 500 COP

10 pulsos → 1000 COP

Se realizaron múltiples pruebas para verificar fallas y error

Moneda	Pruebas	Correctas	Error
100 COP	20	18	2
200 COP	20	19	1
500 COP	20	17	3
1000 COP	20	16	4

Prueba 2: funcionamiento del sistema.

Se comprueba cómo se comporta el sistema de manera general.

- El ESP32 detecta las monedas con algunos errores de lectura de los pulsos
- El saldo se actualiza correctamente en la pantalla OLED
- El Buzzer funciona de manera normal, y se activa correctamente al cumplir una meta

En general todo el sistema responde de manera rápida sin retrasos visibles.

Prueba 3: envío de datos a la página web

Se confirma la conexión del dispositivo con la página web

- Que los datos se actualicen correctamente

- Los datos se guardan en la nube
- El usuario puede verificar los datos en la web

#### Prueba 4: funcionamiento sin internet

Cuando se pierda la conexión al WI Fi

- El sistema continúa registrando monedas
- Los datos no se pierden
- Al volver la conexión, los datos se actualizan automáticamente

#### **Análisis de resultado**

Los resultados obtenidos determinan que el sistema se ejecuta de manera adecuada, logrando el registro correcto de la mayoría de las monedas. Los errores fueron ocasionales y se presentaron pocas veces, algunos se lograron corregir.

El tiempo de respuesta fue relativamente rápido, lo que permitió que la información se mostrara casi que de manera inmediata en pantalla y en la página web. Por lo que, la comunicación entre el prototipo y el sistema web se mantuvo de forma estable, donde obtuvo un almacenamiento correcto de los datos.

Por otra parte, se comprobó que el sistema funciona aun sin tener conexión a internet, lo que mejora su calidad. En general, el prototipo cumple con los objetivos que se plantearon, ofreciendo una solución para el control y registro de los ahorros.

## 6. CONCLUSIONES

En conclusión, se pudo evidenciar que, con el desarrollo de la alcancía inteligente, la integración de tecnología IoT y los sistemas embebidos funcionan como una solución viable para la automatización y manejo de los ahorros. Asimismo, por medio del uso del microcontrolador ESP32, se logró realizar la captura de cada una de las señales generadas por el selector multimonedas, las cuales son procesadas por medio de la lógica programada y transformadas en información útil para el usuario, que a su vez son mostradas por medio de una pantalla OLED y enviadas de manera instantánea a una página web. Este proceso, permitió elaborar un sistema capaz de interactuar en tiempo real con el entorno físico y digital, demostrando así la correcta integración entre sensores, procesamiento de datos y la comunicación remota.

Por último, en la ejecución se identificaron varios desafíos asociados generalmente a la variabilidad en la detección de las monedas y la estabilidad de la conexión a internet. Para el primer caso, se optimizó el sistema por medio del conteo de pulsos y un tiempo de espera que permitieran mejorar la precisión en la identificación de los valores depositados. En cuanto a la conectividad se creó un mecanismo de almacenamiento temporal de datos en el microcontrolador, lo que permite mantener el registro de la información incluso en la ausencia de la red Wi-Fi. Estas soluciones demuestran un proceso de ajuste y mejora continuo, el cual mantiene un sistema funcional, confiable y adaptable a condiciones reales de operación. No obstante, dejando algunas posibles mejoras a futuro.

## 7. RECOMENDACIONES

En el proceso de desarrollo del sistema, se identificó que el selector multimonedas detecta correctamente las monedas. Sin embargo; se presentan algunas imprecisiones en la identificación de los pulsos por parte del microcontrolador, lo que genera algunos errores en el registro de los valores. Por esta razón se recomienda optimizar el procesamiento de los pulsos que se generan mediante la incorporación de técnicas para filtrar el ruido, validar los pulsos y ajustar los tiempos de lectura, con el fin de mejorar la precisión en detectar correctamente las monedas.

Por otro lado, es recomendable gestionar las interrupciones y el manejo de los eventos en la integración del programa, ya que recibir una lectura incorrecta de los pulsos se puede asociar a rebotes eléctricos o cambios en las señales. por lo tanto, agregar un mecanismo que temporice con mayor precisión o un algoritmo de control podrían apoyar a una mejor lectura de la información recibida.

por lo que, se propone incorporar un sistema de seguridad en la alcancía para salvaguardar el ahorro y los datos del usuario. Esto se podría incluir por medio de un mecanismo físico, como cerraduras electrónicas, o también controles digitales tales como, autenticación por medio de contraseña o identificación de usuario, lo que mejoraría las capacidades del prototipo en cuanto a seguridad y confiabilidad.

Mientras tanto, para la comunicación del sistema es recomendable fortalecer la estabilidad en el envío de la información hacia la página web, como también se deben agregar medidas que proteja la información del usuario. Adicionalmente, sugiere agregar una aplicación móvil y otras herramientas para el análisis del ahorro, lo que permitiría una mejor experiencia por parte del usuario.

Finalmente, el proyecto puede proporcionar una base para futuros desarrollos en el área de sistemas embebidos e internet de las cosas, promoviendo la mejora y la implementación de estos procesos en la vida cotidiana.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aboalfotouh, M., Hossain, M., Abdulbasit, M., Abdlsalam, M., Abdullah, M., & Hossain, K.

(2023). *Designing Prototype of Coins Separation and counting Machine using Arduino*

*UNO R3 Microcontroller*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19194.88006/1>

*Alcancía Electrónica con Sensor Arduino | PDF | Electrónica | Arduino*. (s. f.). Scribd.

Recuperado 16 de abril de 2026, de

<https://es.scribd.com/document/604658426/ArticuloIEEE-Grupo6-1>

Así se comportan financieramente las y los jóvenes de nuestro país. (s. f.). *Fundación WWB*

*Colombia*. Recuperado 17 de abril de 2026, de

<https://www.fundacionwwbcolombia.org/fundacion-en-medios-post/asi-se-comportan-financieramente-las-y-los-jovenes-de-nuestro-pais/>

*Barya Bangko: Arduino Coin Saver System | PDF | Arduino | Automation*. (s. f.). Scribd.

Recuperado 16 de abril de 2026, de [https://www.scribd.com/document/707634153/Barya-](https://www.scribd.com/document/707634153/Barya-Bangko-Final-Paper)

[Bangko-Final-Paper](https://www.scribd.com/document/707634153/Barya-Bangko-Final-Paper)

Casaclang, F., Jugao, H., Advincula, R., Francisco, P., Cruz, A., & Galay- Limos, J. (2024).

Arduino-Uno-based automated coin-counting machine. *International Journal of Research*

*Studies in Educational Technology*, 8. <https://doi.org/10.5861/ijrset.2024.8024>

Durán León, E. (2022). *Aula virtual, estrategia para potenciar habilidades financieras entorno*

*al ahorro y manejo del dinero*. <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/48799>

*El portal de la tesis.* (s. f.). Recuperado 11 de marzo de 2026, de

<https://recursos.ucol.mx/tesis/investigacion.php>

*El Proceso de la Investigacion Cientifica, 4° ED. - Mario Tamayo Tamayo.pdf.* (s. f.). Google Docs. Recuperado 11 de marzo de 2026, de

[https://drive.google.com/file/u/0/d/0B4R1ssRAL--ZNzExZDVIYWetNDc5Yi00NWYyLTg4ZjMtMGI0YWlzMjYjFIMmUx/view?usp=drive\\_web&hl=es&pli=1&usp=embed\\_facebook](https://drive.google.com/file/u/0/d/0B4R1ssRAL--ZNzExZDVIYWetNDc5Yi00NWYyLTg4ZjMtMGI0YWlzMjYjFIMmUx/view?usp=drive_web&hl=es&pli=1&usp=embed_facebook)

Eng, Y. W. (2021). IoT Piggy Bank for Money Saving Habit Instillation. *Journal of IT in Asia.*

[https://www.academia.edu/103078558/IoT\\_Piggy\\_Bank\\_for\\_Money\\_Saving\\_Habit\\_Instillation](https://www.academia.edu/103078558/IoT_Piggy_Bank_for_Money_Saving_Habit_Instillation)

Fernández, G., & Cossio-Mercado, C. (2023). *Enseñanza de fundamentos conceptuales de programación usando Arduino.*

Floyd, T. L. (s. f.). *Fundamentos de sistemas digitales.*

L, A. (s. f.). *Metodologia de la investigacion (Hernandez, Fernandez y Baptista).* Recuperado 12 de marzo de 2026, de

[https://www.academia.edu/102204834/Metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_Hernandez\\_Fernandez\\_y\\_Baptista](https://www.academia.edu/102204834/Metodologia_de_la_investigacion_Hernandez_Fernandez_y_Baptista)

*Ley 1286 de 2009—Gestor Normativo.* (s. f.). Recuperado 13 de marzo de 2026, de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=34850>

*Ley 1328 de 2009—Gestor Normativo.* (s. f.). Recuperado 13 de marzo de 2026, de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36841>

*Ley 1672 de 2013—Gestor Normativo.* (s. f.). Recuperado 13 de marzo de 2026, de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=53825>

Sabino, C. (s. f.). *EL PROCESO DE INVESTIGACION.*

*The 8051 Microcontroller and Embedded Systems Second Edition Muhammad Ali Mazidi Janice*

*Gillispie Mazidi Rolin D. McKinlay | PDF | Classes Of Computers | Computer*

*Architecture.* (s. f.). Scribd. Recuperado 17 de abril de 2026, de

<https://www.scribd.com/doc/103587661/The-8051-Microcontroller-and-Embedded-Systems-Second-Edition-Muhammad-Ali-Mazidi-Janice-Gillispie-Mazidi-Rolin-D-McKinlay>

Ulum, M. B., & Ayuni, S. D. (2025). *Build a Smart Piggy Bank System that Controls*

*Microcontroller Based Electrical Networks: Bangun Sistem Celengan Pintar Pengendali Jaringan Listrik Berbasis Mikrokontroler.* UMSIDA Preprints Server.

<https://doi.org/10.21070/ups.6982>

Vega-Malagón, G., Ávila-Morales, J., Vega-Malagón, A. J., Camacho-Calderón, N., Becerril-

Santos, A., & Leo-Amador, G. E. (2014). *PARADIGMAS EN LA INVESTIGACIÓN. ENFOQUE CUANTITATIVO Y CUALITATIVO.*

*Wikipedia, la enciclopedia libre.* (s. f.). Recuperado 21 de abril de 2026, de

<https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>

## **9. APÉNDICES**

Si aplica, se anexan: formato de encuestas entrevistas, chek list, en general las herramientas o instrumentos utilizados en la investigación. Se enumeran con letras mayúsculas de la A - Z, si la cantidad es mayor se enumeran con números arábigos. Fuente y títulos en Normas APA.

## 10. ANEXOS

### 10.1. ANEXO 1: Código Fuente del Sistema

A continuación, se presenta el código fuente del sistema de la alcancía inteligente implementado en el microcontrolador ESP32. El programa se muestra dividido en secciones funcionales que permiten comprender de manera clara la estructura y funcionamiento.

#### 10.1.1. *INCLUSIÓN DE LIBRERÍAS*

En esta sección se incluyen las librerías para el correcto funcionamiento, los cuales permiten conectarse a la red Wi-Fi, enviar los datos a la API, el uso de la pantalla OLED y la comunicación I<sup>2</sup>C.

C++

```
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <ArduinoJson.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
```

### 10.1.2. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

En este apartado se definen principalmente los parámetros del sistema, donde se agregan las credenciales de la red Wi-Fi, las direcciones de la API y los pines que se conectaron al ESP32.

```
// --- Red Wi-Fi ---
const char* ssid = "Andres";
const char* password = "1005ACLO";

// --- API (Servidor Local XAMPP o Nube) ---
// Cambia a la IP de tu PC en la red local (ej: 192.168.1.X)
const          char*          api_url_post_coin          =
"https://alcancia.systemautomatic.xyz/api/alcancia/registrar";
const          char*          api_url_get_status        =
"https://alcancia.systemautomatic.xyz/api/alcancia/device-state";
const          char*          api_url_get_command       =
"https://alcancia.systemautomatic.xyz/api/alcancia/device-command";

// --- Pines ---
const int PIN_COIN  = 4;
const int PIN_BUZZER = 5;
```

### 10.1.3. CONFIGURACIÓN PANTALLA OLED

A continuación, se muestra el código de programación de la pantalla OLED

```
// --- Pantalla OLED ---
```

```
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET -1
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire,
OLED_RESET);
```

#### **10.1.4. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE MONEDAS**

En esta sección, se describe la estructura con relación a la cantidad de pulsos que genera el selector multimonedas con respecto al valor de cada una de las monedas.

```
struct CoinType {
    int pulses;
    int value;
};

const CoinType COIN_TABLE[] = {
    { 1, 100 }, // P1 = 1 pulso -> $100 COP
    { 2, 200 }, // P2 = 2 pulsos -> $200 COP
    { 5, 500 }, // P3 = 5 pulsos -> $500 COP
    { 10, 1000 }, // P4 = 10 pulsos -> $1000 COP
};
```

#### **10.1.5. VARIABLES GLOBALES DEL SISTEMA**

A continuación, se definen las variables que permiten mantener el estado del sistema, como el total del ahorro, el conteo de pulsos y la meta programada.

```
volatile int pulseCount = 0;
volatile unsigned long lastPulseTime = 0;

// --- Estado del ahorro ---
int totalSaved = 0;
int goalAmount = 100000;
int pendingSyncCoins = 0;
String currentGoalName = "Meta General";
```

#### **10.1.6. RUTINA DE INTERRUPCIÓN**

Esta función se activa cada vez que el selector multimoneda genera un pulso, su función es contar los pulsos que corresponden a cada moneda.

```
void IRAM_ATTR coinInterrupt() {
    unsigned long currentTime = millis();
    if (currentTime - lastPulseTime > DEBOUNCE_TIME) {
        pulseCount++;
        lastPulseTime = currentTime;
    }
}
```

#### **10.1.7. FUNCIÓN DEL MÓDULO BUZZER**

Esta función permite generar señales auditivas para notificar eventos del sistema.

```
void beep(int duration = 100) {  
    digitalWrite(PIN_BUZZER, HIGH);  
    delay(duration);  
    digitalWrite(PIN_BUZZER, LOW);  
}
```

```
void beepCoinAccepted() {  
    // Tono corto: moneda aceptada  
    beep(80);  
}
```

```
void beepCoinUnknown() {  
    // Doble tono rápido: moneda no reconocida  
    beep(50); delay(50);  
    beep(50);  
}
```

### **10.1.8. IDENTIFICACIÓN DE MONEDAS**

En esta sección permite clasificar el valor de las monedas en relación del numero de pulsos detectados.

```
int identifyCoinByPulses(int pulses) {  
    // Primero: coincidencia exacta  
    for (int i = 0; i < COIN_TABLE_SIZE; i++) {  
        if (pulses == COIN_TABLE[i].pulses) {  
            return COIN_TABLE[i].value;  
        }  
    }  
}
```

```
}  
}  
  
// Segundo: tolerancia ±1 pulso (solo si no hay ambigüedad)  
int matchCount = 0;  
int matchValue = 0;  
for (int i = 0; i < COIN_TABLE_SIZE; i++) {  
    if (abs(pulses - COIN_TABLE[i].pulses) <= 1) {  
        matchCount++;  
        matchValue = COIN_TABLE[i].value;  
    }  
}  
  
if (matchCount == 1) {  
    return matchValue;  
}  
  
// No se reconoció la moneda  
return 0;  
}
```

### **10.1.9. INICIO DE LAS FUNCIONES (Setup)**

En esta etapa se realiza la configuración inicial del sistema.

```
void setup() {
```

```
Serial.begin(115200);
Serial.println("\n=====");
Serial.println(" Alcancía Inteligente IoT - ESP32");
Serial.println(" Monedero Multimoneda (NO / MEDIUM)");
Serial.println("=====");

// Configurar pines
// NO (Normalmente Abierto): usamos INPUT_PULLUP
// En reposo = HIGH, pulso = LOW (flanco FALLING)
pinMode(PIN_COIN, INPUT_PULLUP);
pinMode(PIN_BUZZER, OUTPUT);
digitalWrite(PIN_BUZZER, LOW);

// Interrupción en flanco FALLING (para modo NO)
// Si tu monedero está en NC (Normalmente Cerrado), cambia a RISING
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PIN_COIN), coinInterrupt, FALLING);

// Inicializar Pantalla OLED
if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
  Serial.println(F("Error: No se encontró pantalla OLED SSD1306"));
  for (;;); // Detener si no hay pantalla
}
display.clearDisplay();
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
display.setTextSize(1);
display.setCursor(0, 10);
display.println("Iniciando Alcancia...");
display.display();
```

```
// Conectar a Wi-Fi
WiFi.begin(ssid, password);
display.println("Conectando WiFi...");
display.display();
Serial.print("Conectando a WiFi");

int wifiAttempts = 0;
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && wifiAttempts < 40) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
  wifiAttempts++;
}
```

#### **10.1.10. CICLO PRINCIPAL DEL SISTEMA (Loop)**

El loop se encarga de verificar continuamente si se ha ingresado una moneda.

```
void loop() {
  // ¿Se recibieron pulsos Y ya pasó el timeout desde el último?
  if (pulseCount > 0 && (millis() - lastPulseTime) > COIN_PULSE_TIMEOUT) {

    // Desactivar interrupción para leer de forma segura
    detachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PIN_COIN));

    int pulsesReceived = pulseCount;
    pulseCount = 0; // Resetear para la siguiente moneda
```

```
// Identificar la moneda según los pulsos recibidos
int coinValue = identifyCoinByPulses(pulsesReceived);

Serial.print("Pulsos recibidos: ");
Serial.print(pulsesReceived);

if (coinValue > 0) {
    // ¡Moneda reconocida!
    Serial.print(" -> Moneda: $");
    Serial.print(coinValue);
    Serial.println(" COP");

    totalSaved += coinValue;
    lastCoinInserted = coinValue;
    coinNotificationEnd = millis() + 3000; // Notificación visible 3 segundos

    Serial.print("Total ahorrado: $");
    Serial.println(totalSaved);

    beepCoinAccepted();
    updateDisplay(coinValue);
    sendCoinData(coinValue, pulsesReceived);

    // Verificar si alcanzó la meta
    if (totalSaved >= goalAmount && (totalSaved - coinValue) < goalAmount) {
        Serial.println("*** ¡META ALCANZADA! ***");
        beepGoalReached();
    }
}
```

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPREDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0

```
}

} else {
  // Moneda no reconocida
  Serial.println(" -> MONEDA NO RECONOCIDA");
  beepCoinUnknown();
}

Serial.println("---");

// Reactivar interrupción
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PIN_COIN), coinInterrupt, FALLING);
}

// Limpiar la notificación flotante después de 3 segundos
if (lastCoinInserted > 0 && millis() > coinNotificationEnd) {
  lastCoinInserted = 0;
  updateDisplay(0);
}

// Sincronizar estado remoto cada minuto para mantener OLED alineada con BD
if (WiFi.status() == WL_CONNECTED && (millis() - lastSyncMillis) >=
statusSyncInterval) {
  fetchStatusFromAPI();
  lastSyncMillis = millis();
}

// Aplicar cambios web->ESP32 con baja latencia (meta, nombre, reset, etc.)
```

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0

```

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED && (millis() - lastCommandPollMillis) >=
commandPollInterval) {
    fetchPendingCommand();
    lastCommandPollMillis = millis();
}

// Pequeña pausa para no saturar el loop
delay(10);
}

```

Por otra, en la siguiente figura se observa el programa utilizado para realizar la programación.

Figura 10

```

proyecto_alcancia.ino
119 volatile int pulseCount = 0;
120 volatile unsigned long lastPulseTime = 0;
121
122 // --- Estado del ahorro ---
123 int totalSaved = 0;
124 int goalAmount = 100000;
125 int pendingSyncCoins = 0;
126 String currentGoalName = "Meta General";
127
128 // --- Control de pantalla ---
129 unsigned long lastDisplayUpdate = 0;
130 unsigned long coinNotificationEnd = 0;
131 int lastCoinInserted = 0;
132 unsigned long lastSyncMillis = 0;
133 unsigned long lastCommandPollMillis = 0;
134 const unsigned long statusSyncInterval = 5000;
135 const unsigned long commandPollInterval = 2500;
136
137 // =====
138 // INTERRUPTCIÓN - Se ejecuta en cada pulso del monedero
139 // =====
140 // Con el monedero configurado en NO (Normalmente Abierto):
141 // - En reposo: pin HIGH (por PULLUP)
142 // - Pulso: pin baja a LOW momentáneamente (Flanco FALLING)
143 // Cada moneda genera N pulsos según el valor P configurado.
144
145 void IRAM_ATTR coinInterrupt() {
146     unsigned long currentTime = millis();
147     if (currentTime - lastPulseTime > DEBOUNCE_TIME) {
148         pulseCount++;
149         lastPulseTime = currentTime;
150     }
151 }

```

Fuente: Autores

**ELABORADO POR:**  
Docencia

**REVISADO POR:**  
Sistema Integrado de Gestión

**APROBADO POR:** Líder del Sistema Integrado de Gestión  
**FECHA APROBACIÓN:** Octubre de 2023

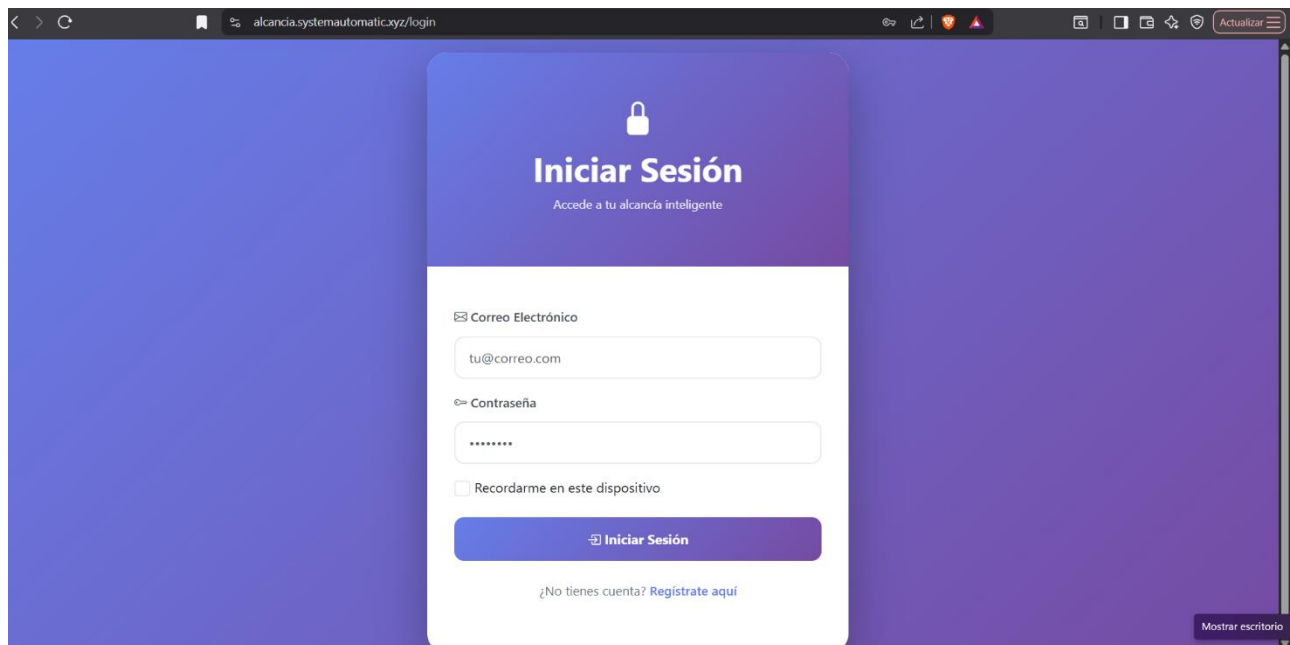
## 10.2. ANEXO 2: INTERFAZ DE LA PLATAFORMA WEB

A continuación, se presenta la interfaz desarrollada para la gestión y visualización de la información acumulada en la alcancía inteligente. Esta plataforma da autoridad al usuario para verificar en tiempo real los ingresos acumulados y monitorear el estado económico de la alcancía en forma remota.

### 10.2.1. *Interfaz Inicio Sesión*

En la siguiente figura se muestra la interfaz de inicio de sesión.

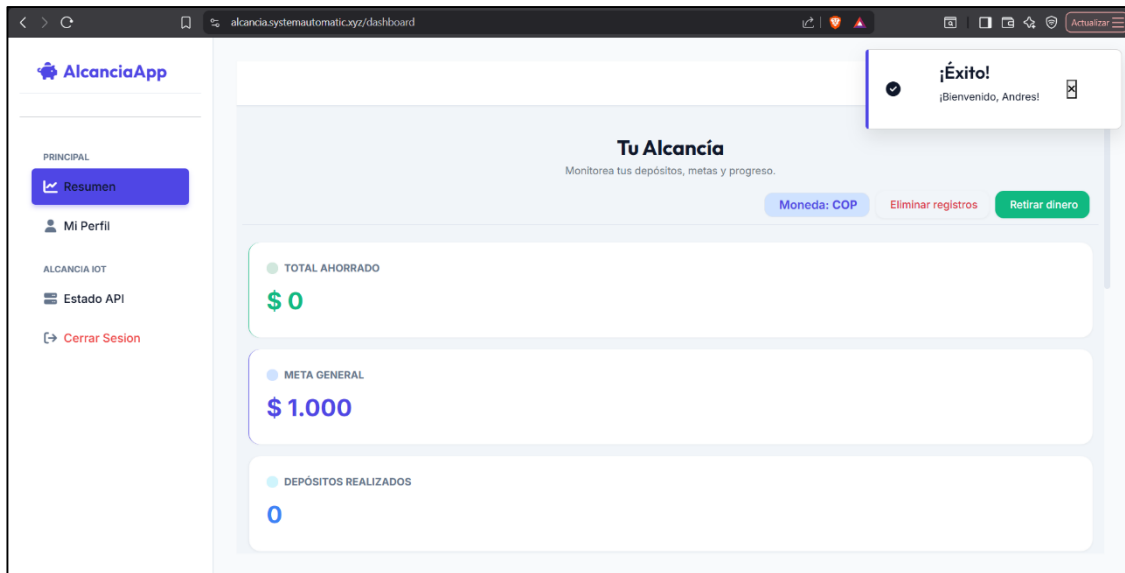
Figura 11



Fuente: Autores

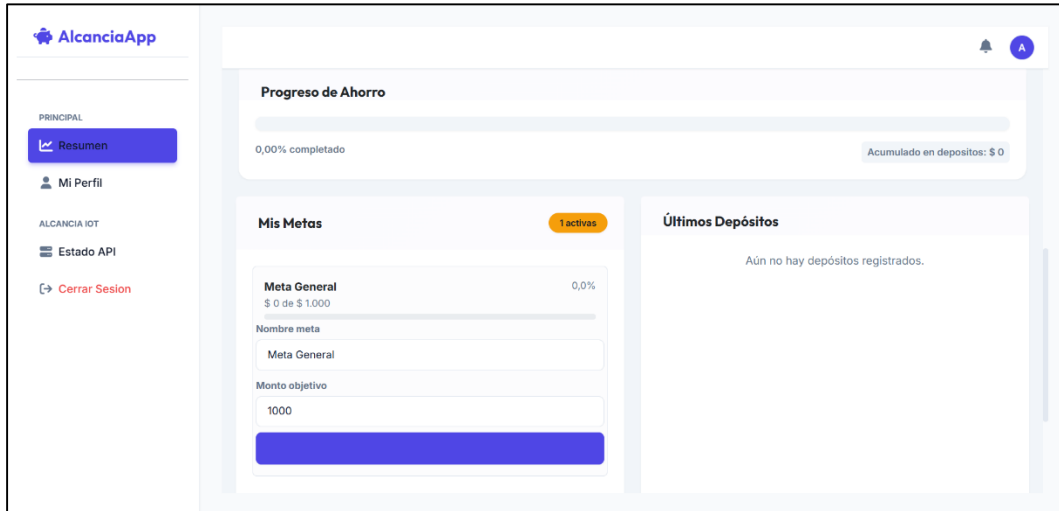
En las siguientes figuras 12,13 y14 se muestra la interfaz del lobby de la página web

Figura 12



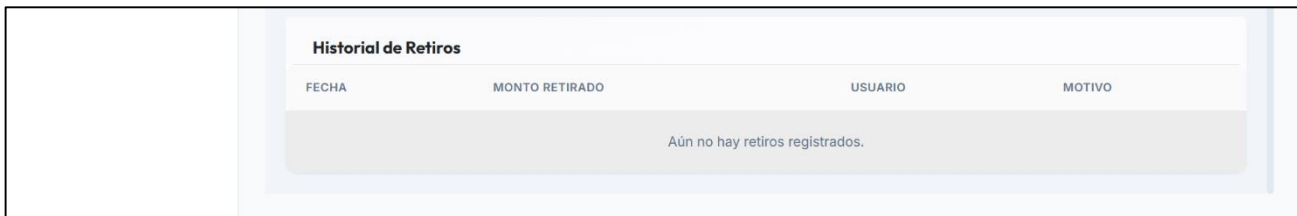
Fuente: Autores

Figura 13



Fuente: Autores

Figura 14



Fuente: Autores

### 10.3. ANEXO 3: EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTIPO

A continuación, se muestran diversas fotografías del proceso de elaboración del prototipo.

Figura 17 Programando Selector Multimonedas

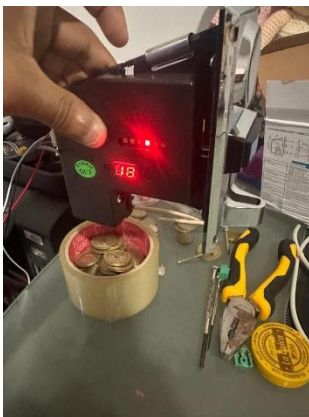


Figura 16 Ensamblaje de Componentes



Figura 15 Deposito de Monedas



Figura 19 Ubicación de Componentes en la Estructura



Figura 18 Prueba de Funcionamiento de Pantalla OLED

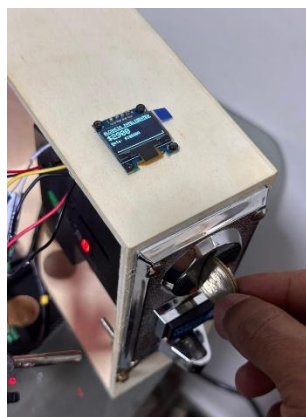
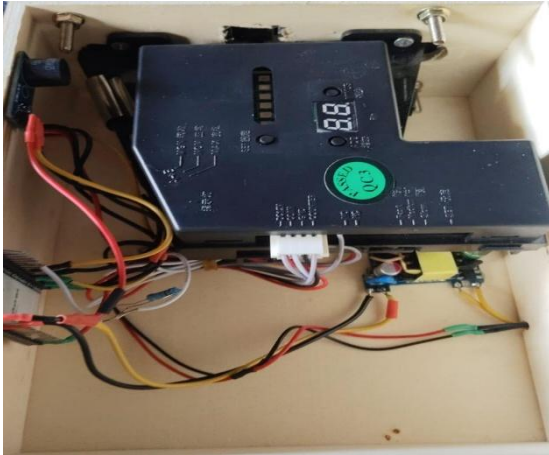


Figura 20 Prototipo Finalizado



**Figura 21 prototipo finalizado (interno)**



#### 10.4. ANEXO 4: TABLA DE PRECIOS DE COMPONENTES

A continuación, se presenta una tabla de contenido de valores del mercado de los componentes utilizados en el proyecto.

Tabla 11 Precios Componentes

Componente	Cantidad	Precio Aprox (COP)	Observación
Microcontrolador ESP 32	1	\$65.000	Optimiza el sistema al integrar procesamiento y conectividad.
Modulo buzzer	1	\$25.000	Proporciona retroalimentación auditiva al usuario
Selector multimonedas magnético	1	\$135.000	Detección confiable de monedas
Caja de Madera	1	\$20.000	Sencilla y ligera
Cargador de 12V DC	1	\$20.000	Suministro de energía estable
Pantalla OLED	1	\$30.000	Visualización eficiente y bajo consumo energético.
Jumpers	20	\$10.000	Conexión segura y precisa
<b>TOTAL</b>		<b>\$305.000</b>	