



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE TELEMÁTICA

Trabajo de Integración
Curricular previa la obtención
del Grado Académico de
Ingeniería en Telemática.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

**“DISPOSITIVO LÚDICO BASADO EN INTERNET DE LAS COSAS PARA
FOMENTAR EL CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE”**

AUTOR:

LOZA YÁNEZ KEVIN ADRIÁN

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

ING. EMILIO RODRIGO ZHUMA MERA, M Sc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2025



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Kevin Adrián Loza Yáñez**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

KEVIN ADRIÁN LOZA YÁNEZ

C.I: 172734160-2



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Emilio Rodrigo Zhuma Mera. M. Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Kevin Adrián Loza Yáñez** realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Dispositivo lúdico basado en internet de las cosas para fomentar el cuidado del medio ambiente**”, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Telemática**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



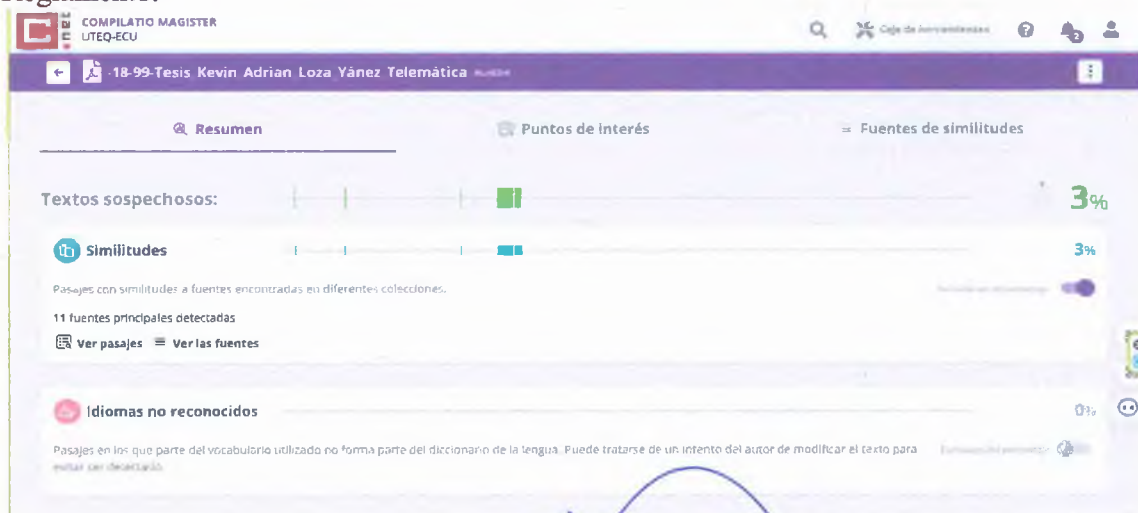
Ing. Emilio Rodrigo Zhuma Mera. M. Sc.

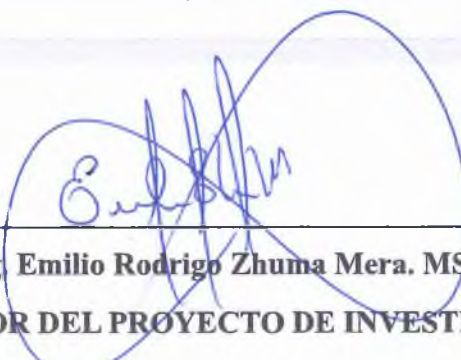
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, Ing. Emilio Rodrigo Zhuma Mera. M. Sc, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado “Dispositivo lúdico basado en internet de las cosas para fomentar el cuidado del medio ambiente.” Presentado por el estudiante Kevin Adrián Loza Yáñez, egresado de la Carrera de Telemática, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, que se ha desarrollado de acuerdo al Artículo 57 y 59 del Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis del sistema COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 97% y similitud 3%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.




Ing. Emilio Rodrigo Zhuma Mera. MSc
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UTEQ

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE TELEMÁTICA

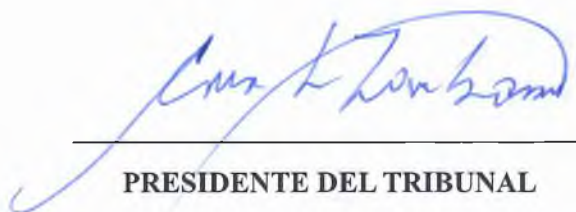
PROYECTO DE INVESTIGACION

TÍTULO:

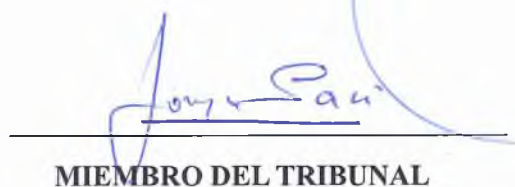
**“DISPOSITIVO LÚDICO BASADO EN INTERNET DE LAS COSAS PARA
FOMENTAR EL CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE”**

Presentado al Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera en Telemática.

Aprobado por:


PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Zambrano Vega Cristian Gabriel MSc.


MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Jorge Wilson Saa Saltos M.Sc


MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Guerrero Goyes Kenya Anmarit M.Sc.

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, deseo expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por proporcionarme un espacio académico donde he podido desarrollarme y adquirir conocimientos. La distinguida calidad de esta entidad y el compromiso de su cuerpo docente han sido fundamentales en mi trayectoria, ofreciéndome la orientación necesaria para superar los desafíos de mi investigación.

Quisiera extender mi más profundo reconocimiento a mis padres y seres queridos, ya que las palabras no bastan para demostrar mi agradecimiento. El soporte inquebrantable, la paciencia y el apoyo incesante que me han brindado constituyen el pilar de mi éxito. Cada éxito que hoy festejo es, en gran parte, gracias a ellos; su fe en mis capacidades ha sido esencial para continuar adelante, incluso en los momentos más arduos.

Extiendo mi gratitud a Dios por su inagotable gracia y dirección a lo largo de esta etapa. He percibido su influencia alentadora en cada obstáculo y en cada victoria, brindándome luz y vigor para avanzar.

Finalmente, agradezco sinceramente a todos mis compañeros de la UTEQ y amigos de mi entorno por su apoyo y motivación, por confiar en mis habilidades y por compartir la felicidad de este momento conmigo. Este triunfo no hubiera sido posible sin su camaradería y respaldo.

Kevin Adrián Loza Yáñez

DEDICATORIA

A mis amados padres,

porque siempre han estado ahí, apoyándome como nadie más lo ha hecho.

Gracias por no dejarme rendir, por sus palabras de aliento en los momentos difíciles y por enseñarme que con esfuerzo y amor todo es posible.

Este logro no es solo mío, es también de ustedes, porque sin su sacrificio, su guía y su fe en mí, jamás habría llegado hasta aquí.

Cada paso que di en este camino estuvo impulsado por su amor incondicional.

Los quiero muchísimo y les agradezco desde lo más profundo de mi corazón.

Con todo mi cariño.

Kevin Adrián Loza Yáñez

RESUMEN

El presente documento, el desarrollo de un dispositivo lúdico basado en Internet de las Cosas para promover el cuidado del medio ambiente. La motivación para este proyecto radica en la urgente necesidad de fomentar una conciencia ecológica efectiva y atractiva, especialmente entre los jóvenes. A través de un enfoque innovador, se diseñó un dispositivo interactivo que integra la tecnología de Internet de las Cosas en actividades de concientización ambiental. Los resultados mostraron un incremento en la sensibilización ecológica de los participantes, subrayando la eficacia del dispositivo. Este proyecto no solo refleja la posibilidad de combinar tecnología avanzada y educación ambiental de manera lúdica, sino que también establece un nuevo precedente en la aplicación de Internet de las Cosas para la promoción de prácticas sostenibles. El aporte de este trabajo reside en su capacidad para transformar la educación ambiental, ofreciendo una herramienta tecnológicamente avanzada y emocionalmente atractiva para inspirar un cambio de comportamiento hacia la sostenibilidad.

Palabras claves: Sostenibilidad, Eco-pedagogía, Innovación, Gamificación, Tecnología.

ABSTRACT

This document presents the creation of a playful device based on the Internet of Things to promote respect for the environment. The project centers on the urgent need to cultivate ecological awareness, particularly among young people. By combining IoT technology with environmental activities, an interactive tool was developed. Results showed an increase in participants' ecological consciousness, demonstrating the tool's effectiveness. This initiative not only highlights the integration of technology and environmental education but also pioneers the use of IoT to foster sustainable practices. The essence of this work lies in its ability to transform environmental education, providing a sophisticated and engaging tool to inspire sustainable behavior.

Key terms: Sustainability, Eco-pedagogy, Innovation, Gamification, Technology.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
1 CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVEZTIGACIÓN.....	2
1.1 Problema de investigación	3
1.1.1 Planteamiento del problema	3
1.1.2 Formulación del problema.....	5
1.1.3 Sistematización del problema.....	5
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo general	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	6
1.3 Justificación	6
1.2 Marco conceptual.....	8
1.2.1 Contaminación ambiental	8
1.2.1.1 Contaminación del aire o atmosfera	8
2.1.1.2 Contaminación del agua	9
2.1.1.3 Contaminación del suelo	10
2.1.2 Internet de las cosas.....	10
2.1.2.1 Internet de las cosas en el cuidado ambiental.....	11
2.1.2.2 Requisitos imprescindibles de Internet de las cosas.....	12
2.1.2.3 Componentes básicos de un dispositivo Internet de las cosas.....	12
2.1.2.4 Sensores	13

2.1.2.5	Tipos comunes de sensores.....	13
2.1.2.6	Actuadores	13
2.1.2.7	Tipos comunes de actuadores	14
2.1.2.8	Conectividad básica de un dispositivo Internet de las Cosas	14
2.1.2.9	Wi-Fi.....	14
2.1.2.10	Bluetooth y Bluetooth Low Energy (BLE).....	15
2.1.2.11	Zigbee	15
2.1.2.12	LoRa	15
2.1.2.13	5G	15
2.1.2.14	Ethernet.....	15
2.1.2.15	Microcontroladores básicos de un dispositivo Internet de las Cosas	15
2.1.2.16	ESP8266	16
2.1.2.17	ESP32	16
2.1.2.18	Arduino	17
2.1.2.19	Raspberry Pi (Raspberry Pi Zero, Raspberry Pi 4).....	17
2.1.2.20	STM32	18
2.1.2.21	BeagleBone.....	18
2.1.3	Dispositivos lúdicos.....	19
2.1.3.1	Características de los dispositivos lúdicos.....	19
2.1.4	Concientización ambiental	20
2.1.4.1	Sostenibilidad a largo plazo.....	20
2.1.4.2	Reducción de la huella ecológica	20
2.1.4.3	Cambio climático y conservación de la biodiversidad	21
2.2	Marco referencial	21
2.3	Marco legal	23
Art. 14.-		23
Art. 15.-		23

Art. 71.-	23
Art. 72.-	23
Art. 73.-	24
Art. 37.-	24
Art. 41.-	24
3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	25
3.1 Localización.....	26
3.2 Tipo de investigación.....	26
3.3 Método de investigación.....	27
3.4 Diseño de la investigación	28
3.5 Diseño de la investigación	28
3.5.1 Análisis y selección del enfoque metodológico	28
3.5.1.1 Revisión de fuentes bibliográficas.....	29
3.5.1.2 Evaluación de metodologías de diseño.....	29
3.5.1.3 Selección del enfoque metodológico	29
3.5.2 Desarrollo e implementación del dispositivo con Internet de las cosas	30
3.5.2.1 Diseño y programación del dispositivo	30
3.5.2.2 Integración con plataformas diseñadas para Internet de las cosas	30
3.5.3 Experimentación.....	31
3.5.3.1 Definición de los criterios de evaluación	31
3.5.3.2 Pruebas preliminares de rendimiento	31
3.5.4 Análisis de los resultados	31
3.5.4.1 Evaluación de la efectividad del dispositivo	31
3.6 Instrumentos de investigación	32
3.7 Tratamiento de datos	32
3.8 Recursos humanos y materiales	33
3.8.1 Recursos humanos	33

3.8.2	Recursos materiales	33
3.8.2.1	Hardware	33
3.8.2.2	Software.....	35
3.8.3	Recursos financieros.....	36
4	CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUCIÓN.....	38
4.1	Determinación de las características que debe tener un dispositivo del tipo propuesto mediante revisión bibliográfica y entrevistas a expertos.	39
4.1.1	Características del depósito propuesto según revisión bibliográfica.....	39
4.1.2	Entrevista a expertos.....	58
4.1.3	Resultados de la Entrevista.....	59
4.1.3.1	Principales desafíos ambientales que enfrenta la sociedad	59
4.1.3.2	Temas ambientales imprescindibles para incluir en un dispositivo lúdico..	59
4.1.3.3	Contribución de la tecnología al cuidado del medio ambiente.....	59
4.1.3.4	Funcionalidades esenciales para motivar el uso cotidiano del dispositivo..	60
4.1.3.5	Elementos que harían atractivo el dispositivo para personas interesadas en el medio ambiente pero no en la tecnología	60
4.1.3.6	Características de diseño sostenibles (materiales, energía, reciclabilidad) .	60
4.1.3.7	Conceptos ambientales clave para las actividades del dispositivo	60
4.1.3.8	Sugerencias para mejorar la usabilidad e impacto educativo del dispositivo	61
4.1.4	Síntesis de la entrevista	61
4.1.5	Diseño de un Dispositivo Lúdico Ambiental.....	63
4.2	Identificación los sensores, módulos y componentes más adecuados para el diseño del dispositivo lúdico basado en Internet de las cosas.....	64
4.2.1	Componentes adecuados.....	64
4.2.2	Justificación de la Selección de Componentes	66
4.2.2.1	Unidad de Procesamiento y Control.....	67
4.2.2.2	Interfaz de Usuario	68

4.2.2.3	Conectividad y Comunicación	68
4.2.2.4	Sensores y Actuadores	69
4.2.2.5	Alimentación y Gestión de Energía	70
4.2.3	Diagrama de Conexión	70
4.3	Análisis del grado de usabilidad del dispositivo propuesto mediante un estudio de usuarios para la incorporación de mejoras.....	72
4.3.1	Objetivo y Contextualización del Estudio de Usabilidad.....	72
4.3.2	Metodología del Estudio.....	72
4.3.3	Análisis Cualitativo	75
4.4	Discusión	78
5	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
5.1	Conclusiones	81
5.2	Recomendaciones	82
6	CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA.....	83
6.1	Bibliografía	84
7	CAPÍTULO VII: ANEXOS.....	89
7.1	Anexos	90
7.1.1	Proceso de montaje del dispositivo	90
7.1.2	Interfaz web o aplicación.....	94
7.1.3	Base de datos (PostgreSQL)	99
7.1.4	Diseño del circuito en Fritzing	101
7.1.5	Entorno de desarrollo.....	101
7.1.6	dispositivo final ensamblado	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contaminación ambiental	8
Figura 2. Contaminación del aire.	9
Figura 3. Contaminación de agua.....	9
Figura 4. Internet de las cosas	11
Figura 5. Ubicación UTEQ	26
Figura 6. Diagrama de conexión representa la arquitectura física del sistema.	71
Figura 7. Prueba de usabilidad SUS.	75
Figura 8. Prueba de usabilidad en grupo.	77
Figura 9. Prueba de usabilidad individual.	77
Figura 10. Fabricación del dispositivo lúdico, estructura de madera.	90
Figura 11. Fabricación del dispositivo lúdico, montaje de los sensores HC-SR04, FC-28, DHT22.	91
Figura 12. Fabricación del dispositivo lúdico, integración de los componentes HC-SR04, FC- 28, DHT22, dentro de la estructura del dispositivo.	92
Figura 13. Fabricación del dispositivo lúdico, integración de los componentes externos sensor ultrasonico, pantalla 5 '' interactiva.	93
Figura 14. Interfaz inicial, dispositivo en reposo.	94
Figura 15. Interfaz cuando el dispositivo detecta presencia por medio del sensor ultra sónico.	94
Figura 16. Interfaz de login para el usuario.....	95
Figura 17. Actividades lúdicas, como hábitos ambientales, trivia, juega por el planeta.....	95
Figura 18. Actividad lúdica, reto de preguntas donde conoceremos sus hábitos ambientales.	96
Figura 19. Actividad lúdica, reto de preguntas donde conoceremos sus hábitos ambientales, analiza la respuesta del usuario y determina que respuesta dar.....	96
Figura 20. Actividad lúdica, trivia de preguntas donde el usuario responde si tenía conocimiento de la pregunta planteada.	97
Figura 21. Actividad lúdica, juega por el planeta donde el usuario responde a una serie de preguntas con temas de conocimiento general sobre el cuidado del medio ambiente.	97
Figura 22. Sección donde se presentan las estadísticas recopiladas por el dispositivo lúdico.	98
Figura 23. Sección donde se muestra información relevante sobre el creador del proyecto....	98

Figura 24. Métricas de los sensores de temperatura, humedad, presión atmosférica.....	99
Figura 25. Métricas con relación al porcentaje de hombre y mujeres que han realizado las actividades lúdicas.....	100
Figura 26. Diseño del circuito en la plataforma Fritzing.	101
Figura 27. Pruebas de desarrollo en la plataforma POSTMAN.	101
Figura 28. Dispositivo ensamblado parte frontal.	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Recursos humanos	33
Tabla 2. Hardware.....	33
Tabla 3: Software.....	35
Tabla 4. Inversión	36
Tabla 5. Revisión bibliográfica.....	39
Tabla 6. Tendencias y características	57
Tabla 7. Expertos entrevistados	58
Tabla 8. Síntesis a las preguntas	62
Tabla 9. Componentes del dispositivo	65
Tabla 10. Cuestionario sistema de escala de usabilidad	73

CODIGO DUBLÌN

Título:	Dispositivo lúdico basado en internet de las cosas para fomentar el cuidado del medio ambiente				
Autores:	Loza Yáñez Kevin Adrián				
Palabras claves:	Sostenibilidad	Eco-pedagogía	Innovación	Gamificación,	Tecnología
Fecha:	Mayo 2025				
Editorial:	Quevedo- UTEQ “La María”, 2025				
Resumen: (hasta 300 palabras)	El presente documento, el desarrollo de un dispositivo lúdico basado en Internet de las Cosas para promover el cuidado del medio ambiente. La motivación para este proyecto radica en la urgente necesidad de fomentar una conciencia ecológica efectiva y atractiva, especialmente entre los jóvenes. A través de un enfoque innovador, se diseñó un dispositivo interactivo que integra la tecnología de Internet de las Cosas en actividades de concientización ambiental. Los resultados mostraron un incremento en la sensibilización ecológica de los participantes, subrayando la eficacia del dispositivo. Este proyecto no solo refleja la posibilidad de combinar tecnología avanzada y educación ambiental de manera lúdica, sino que también establece un nuevo precedente en la aplicación de Internet de las Cosas para la promoción de prácticas sostenibles.				
Abstract: (hasta 300 palabras)	This document presents the creation of a playful device based on the Internet of Things to nurture respect for the environment. The heart of this project beats with the pressing need to cultivate an effective and engaging ecological consciousness, especially among the youth. Through an innovative approach, an interactive tool was crafted, merging the technology of the Internet of Things with environmental awareness activities. The outcomes revealed an increase in the ecological awareness of the participants, underscoring the tool's effectiveness. This initiative does not merely showcase the possibility of blending advanced technology with environmental education in an engaging manner, but also sets a new trail in applying the Internet of Things to foster sustainable practices.				
Descripción	102 hojas: dimensiones 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
URL:					

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el deterioro ambiental se ha convertido en una de las problemáticas más urgentes que enfrenta la humanidad. La deforestación, la contaminación y el uso inadecuado de los recursos naturales han generado consecuencias significativas para el equilibrio ecológico y la calidad de vida de las personas. En este contexto, la educación ambiental se presenta como una herramienta fundamental para generar conciencia y fomentar hábitos sostenibles desde edades tempranas.[1]

Sin embargo, los métodos tradicionales de enseñanza han demostrado ser, en muchos casos, insuficientes para motivar el cambio de comportamiento en la población. Ante esta situación, el uso de tecnologías emergentes, como el Internet de las Cosas, combinado con estrategias lúdicas, abre nuevas posibilidades para diseñar experiencias interactivas que conecten a los usuarios con el medio ambiente de manera significativa.[1], [2]

Este trabajo de investigación propone el diseño, desarrollo y evaluación de un dispositivo lúdico basado en Internet de las cosas orientado a fomentar el cuidado ambiental en espacios públicos y educativos.[3] La propuesta integra sensores ambientales, una interfaz gráfica táctil y una estructura física interactiva, con el objetivo de captar la atención de los usuarios, incentivar la participación y brindar información ambiental de forma atractiva y accesible.

La metodología empleada se fundamentó en tres ejes principales: la determinación de características clave del dispositivo mediante revisión bibliográfica y entrevistas a expertos; la selección de sensores, módulos y componentes adecuados para su construcción; y la evaluación de su usabilidad a través de pruebas con usuarios. Este enfoque permitió no solo validar el funcionamiento técnico del prototipo, sino también medir su impacto potencial en el comportamiento ambiental de los participantes.

A través de esta investigación se busca contribuir al desarrollo de soluciones innovadoras que promuevan la conciencia ecológica, integrando tecnología y juego como aliados en la transformación educativa y social necesaria para enfrentar los desafíos ambientales del siglo XXI.[2]

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVEZTIGACIÓN

1.1 Problema de investigación

1.1.1 Planteamiento del problema

El cuidado del medio ambiente se ha convertido en una preocupación fundamental debido a los crecientes desafíos ambientales que enfrenta nuestro planeta. A pesar de los esfuerzos realizados por diversas instituciones y organismos para promover prácticas sostenibles, aún persisten barreras que dificultan la concientización y participación de la sociedad en la protección del entorno natural [4].

Uno de los obstáculos radica en la falta de enfoques innovadores y atractivos para fomentar el cuidado del medio ambiente entre la población. Las estrategias tradicionales de sensibilización pueden resultar poco efectivas en captar la atención de las personas, especialmente en el contexto de una sociedad cada vez más digital y tecnológica [5].

Este problema busca explorar nuevas formas de generar conciencia ambiental y motivar la participación de las personas en prácticas sostenibles, a través de un enfoque innovador que integre la tecnología de Internet de las Cosas y elementos lúdicos [6].

El cuidado del medio ambiente es una preocupación creciente en la sociedad actual, y la adopción de prácticas sostenibles se ha vuelto imprescindible para garantizar la preservación del entorno natural [4]. A pesar de los esfuerzos realizados para crear conciencia sobre la importancia de proteger el medio ambiente, persisten desafíos en la promoción de acciones concretas y significativas por parte de la población [6].

La falta de una conexión emocional y motivacional entre las personas y el medio ambiente ha generado una brecha entre el conocimiento teórico y la implementación de medidas reales para cuidar nuestro entorno. Asimismo, la escasez de herramientas interactivas y atractivas que incentiven el compromiso activo en el cuidado del medio ambiente representa un obstáculo para alcanzar una sociedad más sostenible [7].

Diagnóstico

El análisis de los factores críticos asociados al desarrollo de un dispositivo lúdico basado en Internet de las Cosas para el fomento del cuidado ambiental revela una serie de desafíos técnicos, materiales y metodológicos que limitan su efectividad en una sociedad digitalizada [8].

La dependencia de una conexión a internet estable constituye una barrera en contextos de baja conectividad, su capacidad de alcanzar una audiencia amplia. A esto se suma la carencia de aplicaciones con interfaces intuitivas y optimizadas para la recopilación y análisis de datos, lo cual dificulta la interacción del usuario y limita el aprovechamiento de los datos generados [9].

Por otro lado, se observa que los componentes tecnológicos disponibles limitados en calidad y sostenibilidad, dificultando la creación de interacciones atractivas y efectivas para el usuario. La falta de sensores, pantallas y módulos de alta calidad, junto con el uso de materiales no sostenibles, afecta el mensaje ambiental del dispositivo. Además, el equipo enfrenta desafíos técnicos en el manejo de sistemas mecánicos avanzados, lo cual complica la implementación de mecanismos interactivos esenciales para su diseño lúdico [10].

La escasez de conocimientos en pedagogía ambiental entre los desarrolladores limita la creación de contenidos que realmente conecten y motiven al usuario hacia prácticas sostenibles [7]. En términos de implementación, la interfaz de usuario carece de un diseño lo suficientemente motivador para captar y retener la atención de los usuarios, reduciendo la efectividad del dispositivo en la sensibilización ambiental. Por último, la ausencia de un plan de despliegue adecuado para entornos específicos, como escuelas o comunidades, restringe la capacidad del dispositivo[8] .

Pronóstico

En caso de que las limitaciones tecnológicas y de sostenibilidad del dispositivo lúdico basado en Internet de las Cosas no sean abordadas de manera efectiva, es probable que se reduzca significativamente su efectividad en fomentar la conciencia y participación ambiental en la población. La carencia de componentes de alta calidad, como sensores y pantallas, y el uso de materiales no sostenibles en su fabricación podrían impedir la creación de interacciones atractivas, disminuyendo el impacto educativo del dispositivo.

Asimismo, las dificultades técnicas en el manejo de mecanismos avanzados y la limitada formación en pedagogía ambiental del equipo desarrollador afectarían negativamente la calidad de la experiencia lúdica y la conexión emocional del usuario con el medio ambiente. Esta situación comprometería la capacidad del dispositivo para captar y mantener la atención de los usuarios, especialmente en entornos educativos y comunitarios.[3], [11]

La ausencia de un plan de implementación adecuado en espacios clave dificultaría la difusión del dispositivo, limitando su alcance y reduciendo la posibilidad de generar un cambio de conducta significativo hacia prácticas sostenibles. De no ser resuelto o debidamente estudiado, este problema podría derivar en un incremento de la desconexión entre la sociedad y la importancia del cuidado ambiental en un contexto cada vez más digitalizado, reduciendo así el impacto de iniciativas tecnológicas orientadas a la sostenibilidad.[12]

1.1.2 Formulación del problema

El problema que se plantea en esta investigación es:

¿De qué manera debería estar diseñado un dispositivo que ayude a fomentar el cuidado del medio ambiente de forma lúdica utilizando Internet de las cosas?

1.1.3 Sistematización del problema

- *¿Cuáles son las características y funcionalidades que debería tener un dispositivo lúdico basado en Internet de las cosas para que sea atractivo, interactivo y efectivo en el fomento del cuidado ambiental?*
- *¿Como estaría diseñado el dispositivo lúdico que permita captar la atención de los usuarios y transmitir el mensaje sobre el cuidado del medio ambiente?*
- *¿De qué manera los posibles usuarios podrían evaluar el dispositivo lúdico desde el punto de vista de usabilidad?*

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Implementar un dispositivo lúdico basado en Internet de las cosas, que permita de forma atractiva y efectiva fomentar el cuidado del medio ambiente, promoviendo prácticas sostenibles y concienciando a los usuarios sobre la importancia de preservar el entorno natural.

1.2.2 *Objetivos específicos*

- Determinar las características que debe tener un dispositivo del tipo propuesto mediante revisión bibliográfica y entrevistas a expertos.
- Identificar los sensores, módulos y componentes más adecuados para el diseño del dispositivo lúdico basado en Internet de las cosas.
- Analizar el grado de usabilidad del dispositivo propuesto mediante un estudio de usuarios para la incorporación de mejoras.

1.3 Justificación

La investigación tiene como finalidad desarrollar un dispositivo lúdico basado en tecnologías de Internet de las Cosas para promover la concienciación y participación activa en el cuidado del medio ambiente. En un contexto donde la digitalización y los retos ambientales convergen, se considera relevante aprovechar el potencial de la tecnología para crear herramientas interactivas que faciliten la sensibilización hacia prácticas sostenibles, especialmente en entornos educativos y comunitarios.

Este estudio es relevante debido a la necesidad de implementar estrategias educativas que motiven a la adopción de conductas proambientales. El dispositivo propuesto no solo busca informar, sino también involucrar al usuario a través de experiencias dinámicas que faciliten el aprendizaje sobre temas ambientales. Además, esta investigación contribuye al avance en el uso de internet de las cosas aplicado a la educación y la sostenibilidad, lo que abre nuevas posibilidades de uso en futuras aplicaciones tecnológicas en el sector ambiental.

Los principales beneficiarios de esta investigación incluyen instituciones educativas, comunidades locales, quienes podrán utilizar el dispositivo como una herramienta eficaz de educación y sensibilización. Al enfocarse en un diseño atractivo motivador, el dispositivo tiene el potencial de generar un impacto positivo al facilitar la comprensión de la importancia del cuidado ambiental entre los usuarios, especialmente entre jóvenes y estudiantes.

La factibilidad del proyecto se fundamenta en el uso de tecnologías internet de las cosas en un diseño funcional y replicable, lo que permite una implementación viable con los recursos disponibles. Se espera que los resultados de esta investigación no solo contribuyan al campo de la educación ambiental y los dispositivos interactivos, sino que también generen beneficios tangibles en la concienciación ambiental a nivel comunitario.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

1.2 Marco conceptual

1.2.1 Contaminación ambiental

La contaminación ambiental genera impactos significativos en la salud humana y en el equilibrio de los ecosistemas. Tanto las personas como la fauna silvestre están expuestas a combinaciones de sustancias tóxicas, las cuales se encuentran en productos como medicamentos, alimentos, insecticidas, productos de limpieza y otros artículos de uso común. Esta exposición puede ocurrir durante su producción, distribución, uso o desecho al medio ambiente.

Organismos como la Organización Mundial de la Salud y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos han identificado que la mayoría de los seres vivos residen en áreas con niveles de contaminación que superan los estándares de seguridad, afectando el aire, el agua, el suelo e incluso espacios cerrados [13].

Figura 1. Contaminación ambiental



Nota: La ilustración muestra la contaminación ambiental en grandes cantidades, tomado de <https://www.tvazteca.com/aztecanoticias/contaminacion-ambiental-afecta-tu-salud>

1.2.1.1 Contaminación del aire o atmósfera

La contaminación atmosférica se refiere a la alteración de la calidad del aire debido a un cambio en los niveles normales de gases presentes en la atmósfera, como el óxido nítrico y el monóxido de carbono, generados por emisiones de fábricas, gases tóxicos y aerosoles. Entre sus efectos inmediatos se encuentran el smog y el cambio climático [10], [14]. Además, la contaminación del aire puede agravar enfermedades respiratorias como el asma y las afecciones pulmonares, lo cual incrementa el riesgo de problemas cardiovasculares e incluso de cáncer de pulmón [13].

Figura 2. Contaminación del aire.



Nota: La ilustración muestra la contaminación del aire en grandes cantidades, tomado de https://imagenes.eltiempo.com/files/image_1200_535/uploads/2019/05/15/5cdc6581ab538.jpeg

2.1.1.2 Contaminación del agua

Figura 3. Contaminación de agua



Nota: La ilustración muestra la contaminación del agua en grandes cantidades, tomado de <https://www.ecolatrass.es/blog/cambio-climatico/contaminacion-mar>

La contaminación del agua ocurre cuando las aguas continentales y los mares se ven afectadas por sustancias tóxicas como aguas residuales, petróleo, residuos mineros y aguas térmicas. Este tipo de contaminación compromete la disponibilidad de agua para los seres vivos y, en algunos casos, requiere de procesos complejos para recuperar su pureza. Aunque el agua es fundamental para la vida, puede volverse un riesgo para la salud cuando está contaminada con agentes infecciosos o químicos[13][14].

Existen distintos tipos de vertidos contaminantes: aguas de proceso (provenientes de actividades industriales y cuya carga contaminante varía según el tipo de producción), aguas fecales (de origen sanitario y similares a las aguas residuales domésticas), y aguas blancas (o "aguas crudas"), que aún no han sido potabilizadas y sirven como fuente para la producción de agua potable destinada al consumo humano [13], [14].

2.1.1.3 Contaminación del suelo

El suelo es un recurso fundamental que soporta la vida en la Tierra. Desde tiempos antiguos, el ser humano ha utilizado el suelo para actividades como la agricultura, la ganadería y el desarrollo de infraestructura urbana. La contaminación del suelo ocurre cuando se introducen sustancias externas o cuando ciertos elementos presentes en el suelo alcanzan niveles elevados, provocando efectos dañinos para los organismos que habitan en él, sus consumidores, o interfiriendo en otros sistemas ambientales [13].

Este tipo de contaminación comprende materiales sólidos y líquidos que resultan peligrosos para la salud humana. Los principales factores que contribuyen a la contaminación del suelo incluyen residuos como plásticos, vidrios y latas, además de productos agrícolas como fertilizantes sintéticos, herbicidas e insecticidas. Aunque estos productos son útiles en la agricultura, su uso excesivo altera el suelo y disminuye la productividad [10], [13].

2.1.2 Internet de las cosas

El Internet de las Cosas representa una arquitectura innovadora que permite la comunicación y el intercambio de información entre dispositivos interconectados a nivel global. Esta tecnología es fundamental en múltiples sectores, como el monitoreo ambiental, donde facilita la creación de dispositivos interactivos que capturan y procesan datos en tiempo real para promover la conciencia ambiental.

Uno de los principales beneficios en el cuidado ambiental es la capacidad para reducir la huella ecológica mediante el monitoreo de consumo energético, emisiones de gases contaminantes y la gestión inteligente de residuos. Por ejemplo, los sistemas Internet de las cosas pueden ser utilizados para gestionar el consumo de agua en áreas agrícolas o urbanas, ayudando a detectar fugas de agua o ajustar el riego de manera automática, lo que contribuye a la conservación de este recurso vital [10], [19].

En el ámbito de la gestión de residuos, el Internet de las cosas puede optimizar la recolección de desechos mediante sensores en contenedores de basura, alertando sobre el nivel de llenado y permitiendo una logística más eficiente. Además, la monitorización remota de ecosistemas ayuda a evaluar la salud de los hábitats naturales, permitiendo la conservación de especies en peligro y el control de actividades humanas que puedan ser perjudiciales para el medio ambiente [9], [10], [17].

2.1.2.2 Requisitos imprescindibles de Internet de las cosas

- Conectividad: Es esencial un estándar de conexión que sobresalga frente a los demás debido al uso intensivo de cables inalámbricos y aplicaciones específicas que permiten la conexión de dispositivos a la eficiencia energética [18].
- Energía: Los dispositivos de Internet de las cosas requieren una mayor eficiencia en el uso de energía. Hacemos referencia a la integración de carga inalámbrica, complementada con sistemas de gestión energética [18].
- Seguridad: Dado el volumen de datos que se transmiten en el Internet de las Cosas, contar con medidas de seguridad adecuadas es fundamental [18].

2.1.2.3 Componentes básicos de un dispositivo Internet de las cosas

Sensores y actuadores son dos de los componentes fundamentales de los dispositivos Internet de las cosas. Estos elementos permiten que un dispositivo interactúe con su entorno, recoja datos sobre diferentes parámetros, y ejecute acciones basadas en esa información. Juntos, los sensores y actuadores forman el núcleo de la mayoría de los sistemas de Internet de las cosas, permitiendo la automatización y el control remoto de diversas aplicaciones [20].

2.1.2.4 Sensores

son dispositivos que detectan cambios en el entorno físico o químico y convierten esos cambios en señales eléctricas o datos digitales que pueden ser interpretados por otros dispositivos. Los sensores pueden captar una amplia variedad de información del entorno, como temperatura, humedad, luz, presión, movimiento, sonido, gases, entre otros [21].

Los sensores funcionan captando una señal del entorno y transformándola en una forma que pueda ser procesada por un microcontrolador o una unidad central de procesamiento. Esta información es luego transmitida a través de una red (como Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, etc.) a otros dispositivos o sistemas, lo que permite su análisis y uso para tomar decisiones.

Por ejemplo, un sensor de temperatura en una casa inteligente puede medir la temperatura interna y, si esta supera un umbral predefinido, enviará la información a un sistema central que podría tomar una acción, como encender el aire acondicionado [21], [22].

2.1.2.5 Tipos comunes de sensores

- Sensor de temperatura: Mide la temperatura ambiente o de un objeto.
- Sensor de humedad: Detecta los niveles de humedad en el aire.
- Sensor de luz: Mide la cantidad de luz en un entorno.
- Sensor de movimiento: Detecta el movimiento de objetos o personas.
- Sensor de presión: Mide la presión atmosférica o la presión en un sistema cerrado.
- Sensor de gases: Detecta la presencia y concentración de gases como CO₂, CO, metano, etc. [21].

2.1.2.6 Actuadores

Son dispositivos que reciben señales de un sistema (a menudo procesadas por un microcontrolador o una unidad central de procesamiento) y las convierten en una acción física, moviendo o controlando algo en el entorno. Los actuadores son responsables de ejecutar las respuestas que el sistema toma en base a la información recibida por los sensores [23].

Los actuadores reciben señales eléctricas (como corriente o voltaje) que los controlan, lo que provoca un cambio en el mundo físico. Por ejemplo, si un sistema detecta que la temperatura en una habitación es demasiado alta mediante un sensor de temperatura, el actuador podría ser un ventilador o un aire acondicionado que se enciende para reducir la temperatura[24].

2.1.2.7 Tipos comunes de actuadores

- Motor eléctrico: Se utiliza para mover componentes, como puertas automáticas o vehículos robóticos.
- Relé: Actúa como un interruptor que puede encender o apagar dispositivos eléctricos, como luces o electrodomésticos.
- Válvula: Controla el flujo de líquidos o gases en sistemas industriales o en aplicaciones como riego automático.
- Servo motor: Usado en robótica para realizar movimientos precisos de partes específicas.
- LED: Actúa como indicador visual o para proporcionar retroalimentación [24].

2.1.2.8 Conectividad básica de un dispositivo Internet de las Cosas

La conectividad es un componente clave en el funcionamiento de los dispositivos, ya que permite que estos dispositivos se comuniquen entre sí, con otros sistemas o con la nube para compartir datos, recibir instrucciones y ejecutar acciones de manera remota. A través de diversas tecnologías de comunicación, los dispositivos de internet de las cosas pueden enviar y recibir información en tiempo real, lo que les permite interactuar de manera eficaz y eficiente con su entorno y con otros dispositivos conectados.

Las principales tecnologías de conectividad utilizadas por los dispositivos, cada una con características específicas que la hacen adecuada para diferentes aplicaciones [25], [26].

2.1.2.9 Wi-Fi

Lo más comunes de conectividad en dispositivos de Internet de las cosas, especialmente en hogares inteligentes y oficinas. Es ampliamente utilizado debido a su capacidad para ofrecer una alta velocidad de transmisión de datos y su compatibilidad con una amplia variedad de dispositivos [27].

2.1.2.10 *Bluetooth y Bluetooth Low Energy (BLE)*

Bluetooth y su versión optimizada Bluetooth Low Energy (BLE) son tecnologías de conectividad de corto alcance ampliamente usadas en dispositivos Internet de las cosas que requieren baja potencia y transferencia de datos entre dispositivos cercanos [28].

2.1.2.11 *Zigbee*

Zigbee es un protocolo de comunicación inalámbrica diseñado específicamente para aplicaciones de baja potencia, como la automatización del hogar y redes de sensores. Funciona en frecuencias de 2.4 GHz, 900 MHz y 868 MHz [29].

2.1.2.12 *LoRa*

LoRa es una tecnología de red de largo alcance, diseñada para aplicaciones IoT que requieren una cobertura amplia y que no necesitan una gran velocidad de transmisión. Se utiliza especialmente en áreas rurales o donde las redes tradicionales no tienen cobertura adecuada [30].

2.1.2.13 *5G*

El 5G es la quinta generación de redes móviles y promete revolucionar la conectividad IoT al ofrecer mayores velocidades de transmisión de datos, mayor capacidad y menor latencia que las tecnologías anteriores [31].

2.1.2.14 *Ethernet*

El Ethernet es una tecnología de conectividad por cable que se utiliza en algunas aplicaciones IoT en las que se requiere una conexión más estable y segura. Se utiliza principalmente en entornos industriales donde la fiabilidad y la velocidad de la red son cruciales [32].

2.1.2.15 *Microcontroladores básicos de un dispositivo Internet de las Cosas*

Son el cerebro central de la mayoría de los dispositivos de Internet de las cosas, responsables de procesar las señales de los sensores, controlar los actuadores, gestionar la comunicación y ejecutar las tareas de procesamiento necesarias para que el dispositivo funcione correctamente.

Un microcontrolador es un pequeño chip que contiene un procesador, memoria y periféricos, todo integrado en un solo paquete, lo que lo convierte en una solución ideal para dispositivos de Internet de las cosas que requieren un control eficiente y un consumo energético bajo [33].

2.1.2.16 *ESP8266*

El ESP8266 es un microcontrolador de bajo costo y alta eficiencia energética que ha ganado gran popularidad en proyectos de Internet de las cosas debido a su capacidad de conectarse a redes Wi-Fi sin necesidad de hardware adicional [34].

- Conectividad Wi-Fi integrada: El ESP8266 tiene soporte Wi-Fi incorporado, lo que lo hace ideal para proyectos que requieren conectividad a internet o redes locales.
- Bajo costo y bajo consumo: Es accesible para proyectos con un presupuesto limitado y consume poca energía, lo que lo hace adecuado para dispositivos que operan con baterías.
- Procesador de 32 bits: Ofrece una velocidad de procesamiento decente para tareas básicas de Internet de las cosas, como leer sensores y enviar datos a servidores [34].

2.1.2.17 *ESP32*

El sucesor del ESP8266 y es uno de los microcontroladores más potentes y versátiles para aplicaciones de Internet de las cosas. A diferencia del ESP8266, el ESP32 tiene múltiples núcleos de procesamiento, mayor capacidad de memoria y soporte para una variedad de interfaces de comunicación [35].

- Conectividad Wi-Fi y Bluetooth: El ESP32 soporta tanto Wi-Fi como Bluetooth (Classic y BLE), lo que lo hace adecuado para una gama más amplia de aplicaciones que requieren diferentes tipos de comunicación.
- Procesador de doble núcleo: Ofrece un procesamiento más rápido y eficiente, ideal para tareas de mayor complejidad.
- Amplia gama de periféricos: Viene con soporte para GPIO (entradas/salidas), ADC (convertidores analógico-digitales), DAC (convertidores digital-analógicos), I2C, SPI, entre otros [35].

2.1.2.18 *Arduino*

Arduino es una plataforma de prototipado electrónico basada en un microcontrolador que ha sido ampliamente adoptada en la comunidad y en proyectos de Internet de las cosas debido a su simplicidad y facilidad de uso [36].

- Microcontroladores Atmel: Las placas Arduino utilizan microcontroladores de la familia Atmel AVR, como el ATmega328 (en el modelo Arduino Uno).
- Facilidad de programación: El entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino hace que la programación sea accesible incluso para principiantes.
- Amplia compatibilidad con periféricos: Arduino ofrece una extensa cantidad de bibliotecas y módulos para trabajar con sensores, actuadores y otros dispositivos electrónicos [36].

2.1.2.19 *Raspberry Pi (Raspberry Pi Zero, Raspberry Pi 4)*

Las Raspberry Pi son computadoras de una sola placa que a menudo se usan en proyectos de Internet de las cosas donde se necesita un mayor poder de procesamiento, almacenamiento y capacidad de conexión [37].

- Sistema completo: Raspberry Pi funciona con un sistema operativo Linux, lo que permite ejecutar aplicaciones más complejas que no pueden ser gestionadas por microcontroladores tradicionales.
- Conectividad: Ofrecen puertos USB, HDMI, Wi-Fi y Ethernet, lo que las hace muy versátiles para integrar dispositivos de Internet de las cosas en redes y plataformas de computación más avanzadas.
- Poder de procesamiento: Con procesadores más potentes y más memoria RAM que los microcontroladores, Raspberry Pi es adecuada para tareas como el procesamiento de imágenes o el control de redes de dispositivos [37].

2.1.2.20 *STM32*

El STM32 es una serie de microcontroladores de 32 bits de STMicroelectronics, basada en la arquitectura ARM Cortex-M, que ofrece una amplia variedad de modelos, adecuados para aplicaciones industriales y comerciales [38].

- Alto rendimiento y bajo consumo: Los microcontroladores STM32 son conocidos por su eficiencia energética y capacidades de procesamiento.
- Variedad de modelos: La serie STM32 ofrece una amplia gama de opciones, desde modelos de bajo costo hasta modelos de alto rendimiento con características avanzadas como conectividad inalámbrica y capacidades de procesamiento intensivo.
- Capacidades de comunicación: Soporta múltiples interfaces de comunicación, como I2C, SPI, UART, y opciones para conectividad como Ethernet, Wi-Fi, y Bluetooth [38].

2.1.2.21 *BeagleBone*

El BeagleBone es una plataforma de desarrollo similar a la Raspberry Pi, pero está más orientada a aplicaciones industriales y de control de dispositivos. Ofrece más opciones de conexión y capacidades de procesamiento en comparación con otros microcontroladores tradicionales [39].

- Procesadores ARM: BeagleBone utiliza procesadores ARM, lo que le permite ejecutar aplicaciones más complejas.
- E/S avanzadas: Tiene muchas más opciones de entradas y salidas que microcontroladores básicos, permitiendo la integración de sistemas más complejos.
- Soporte para Linux: A diferencia de otros microcontroladores, BeagleBone ejecuta una versión personalizada de Linux, lo que ofrece más flexibilidad en el desarrollo de aplicaciones de internet de las cosas [39].

2.1.3 Dispositivos lúdicos

son herramientas o sistemas diseñados para ofrecer una experiencia de aprendizaje o concientización mediante la combinación de entretenimiento y educación. Estos dispositivos integran componentes tecnológicos, como pantallas, sensores y mecanismos interactivos, que permiten a los usuarios involucrarse de manera activa en el proceso de aprendizaje o concientización mientras disfrutan de la actividad [40].

2.1.3.1 Características de los dispositivos lúdicos

- Interactividad: Están diseñados para fomentar la participación activa del usuario. Esto se logra mediante la interacción con sensores, botones, pantallas táctiles o controles que permiten al usuario influir directamente en el desarrollo de la actividad o el juego.
- Educación y entretenimiento: Combinan de forma equilibrada el entretenimiento con el aprendizaje, asegurando que el proceso sea atractivo, pero al mismo tiempo, educativo. El objetivo es que el usuario no solo se divierta, sino que también adquiera nuevos conocimientos, habilidades o actitudes.
- Gamificación: Una técnica comúnmente utilizada en los dispositivos lúdicos, que incorpora elementos de juego como puntos, niveles, logros y recompensas para motivar al usuario y mantener su interés. Esto puede ayudar a facilitar el aprendizaje de conceptos complejos o a concientizar sobre temas importantes de forma más accesible.
- Accesibilidad: Diseñados para ser accesibles a una amplia audiencia, independientemente de su edad, nivel educativo o habilidades. Esto implica la creación de interfaces fáciles de usar y de comprender, asegurando que el usuario no se sienta frustrado durante el proceso de interacción.
- Concientización y cambio de actitud: Un objetivo clave de los dispositivos lúdicos, especialmente en el contexto de temas como la sostenibilidad o la protección del medio ambiente, es sensibilizar al usuario sobre problemáticas relevantes. Estos dispositivos buscan influir en el comportamiento y fomentar un cambio de actitud hacia temas importantes, como el respeto por la naturaleza, el reciclaje o el ahorro de energía.

- Diversidad de plataformas: Pueden estar basados en una variedad de plataformas tecnológicas, como aplicaciones móviles, videojuegos, dispositivos portátiles o herramientas de realidad aumentada (AR). Dependiendo del formato, pueden ofrecer diferentes tipos de interacción, como juegos, simulaciones o actividades educativas [40].

2.1.4 Concientización ambiental

El proceso de educar y sensibilizar a las personas sobre la importancia de cuidar el medio ambiente, promover prácticas sostenibles y reducir los impactos negativos que las actividades humanas tienen sobre los ecosistemas. Este proceso busca generar un cambio en las actitudes y comportamientos de la sociedad, fomentando la adopción de acciones que contribuyan a la protección de los recursos naturales, la biodiversidad y el bienestar global. Debido a esto la importancia de fomentar el cuidado del medio ambiente se basa en diferentes aspectos [41].

2.1.4.1 Sostenibilidad a largo plazo

La conciencia ambiental es fundamental para garantizar la sostenibilidad de los recursos naturales y del planeta en su conjunto. Si no se actúa de manera responsable con los recursos como el agua, la energía, los suelos y la biodiversidad, las futuras generaciones enfrentarán desafíos mucho mayores relacionados con la escasez de estos recursos y los efectos del cambio climático [41].

2.1.4.2 Reducción de la huella ecológica

Fomentar el cuidado del medio ambiente permite a las personas entender el impacto de sus acciones diarias, como el consumo de energía, el manejo de residuos, la deforestación y la contaminación. Al estar más conscientes de estos impactos, los individuos y las comunidades pueden adoptar hábitos más sostenibles que reduzcan su huella ecológica [11].

2.1.4.3 Cambio climático y conservación de la biodiversidad

El cambio climático y la pérdida de biodiversidad son dos de los problemas ambientales más urgentes. La concientización ambiental ayuda a sensibilizar a las personas sobre la necesidad de mitigar el cambio climático mediante la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la conservación de hábitats naturales para proteger a las especies en peligro [3].

2.2 Marco referencial

Esta sección expone una revisión de estudios y proyectos de investigación previos enfocados en la aplicación de tecnologías de Internet de las cosas para fines educativos y de sensibilización, en particular en la promoción de prácticas de aprendizaje lúdico, también la motivación por hacer o adquirir conciencia en algún ámbito. Estos estudios ofrecen un fundamento teórico y metodológico que resulta útil para desarrollar un dispositivo de Internet de las cosas diseñado para fomentar la conciencia ambiental en un entorno accesible y dinámico. Uno de los proyectos más relevantes en este ámbito es:

- **LOLY 1.0:** Plataforma de Interacción Humano-Robot para Niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA); El proyecto "LOLY 1.0", desarrollado por Paillacho. (2021) [42], introduce una plataforma robótica diseñada para captar la atención de niños con TEA y apoyar su proceso de aprendizaje mediante un juego educativo. Esta plataforma combina un robot interactivo y un juego educativo en un entorno de Internet de las cosas, con la finalidad de involucrar a los niños en actividades lúdicas mientras se recopilan datos en tiempo real sobre su interacción. Este estudio se relaciona con el presente trabajo en el uso de Internet de las cosas y elementos lúdicos para captar la atención del usuario y promover un aprendizaje significativo. Sin embargo, mientras que "LOLY 1.0" se centra en la educación inclusiva para niños con TEA, el proyecto actual se enfoca en la sensibilización ambiental y en la educación de los usuarios sobre el cuidado del medio ambiente.
- **TEASPILS:** Enseñanza de Conciencia Ambiental con jardineras a través de tecnologías de Internet de las cosas en Espacios Educativos.

El proyecto TEASPILS (Teaching Environmental Awareness with Smart Internet of Things Planters in Learning Spaces), desarrollado por Rodosthenous. (2023) [2], introduce un sistema educativo que combina sensores de tecnología de Internet de las cosas con elementos de gamificación para fomentar la conciencia ambiental en

escuelas. Este proyecto emplea planteras inteligentes llamadas "Spike" para medir parámetros como temperatura, humedad del suelo y niveles de CO₂ en tiempo real, los cuales son visualizados a través de un tablero interactivo. Además, el proyecto capacita a docentes mediante cursos en línea y actividades gamificadas, integrando datos ambientales en escenarios de aprendizaje participativos.

Este estudio se relaciona con el presente trabajo en el uso de la tecnología del Internet de las cosas como herramienta educativa y en la implementación de elementos interactivos para involucrar a los usuarios en el aprendizaje ambiental. Sin embargo, mientras que TEASPILS se centra en el monitoreo y la apreciación de plantas en espacios compartidos, el proyecto actual se enfoca en un dispositivo lúdico que busca sensibilizar de manera más amplia sobre el cuidado del medio ambiente, integrando actividades interactivas que trascienden el entorno escolar.

- GAIA: Sensibilización Energética y Sostenibilidad en Escuelas Europeas a través de tecnologías de Internet de las cosas.

El proyecto GAIA (Green Awareness in Action), desarrollado por Mylonas. (2018) [1], es una iniciativa europea que utiliza tecnologías de Internet de las cosas y elementos de gamificación para promover la conciencia energética y la sostenibilidad en entornos educativos. Este proyecto implementa nodos usando la tecnología Internet de las cosas en edificios escolares de Grecia, Italia y Suecia, los cuales recopilan datos en tiempo real sobre consumo de energía, temperatura, humedad y otros parámetros ambientales. Estos datos son utilizados en actividades educativas interactivas, incluyendo un laboratorio con la tecnología de internet de las cosas y un juego serio denominado "GAIA Challenge", que incentiva a los estudiantes a participar en desafíos sobre ahorro energético, fomentando la competencia entre escuelas.

Este proyecto se relaciona con el presente trabajo en el uso de tecnologías de Internet de las cosas como herramienta educativa y en la aplicación de dinámicas gamificadas para motivar a los usuarios. No obstante, mientras GAIA se centra en la concienciación sobre la eficiencia energética en escuelas, el dispositivo propuesto en este estudio amplía su enfoque hacia una educación ambiental integral, abordando diversos aspectos del cuidado del medio ambiente mediante actividades interactivas más amplias y adaptadas a diferentes contextos.

2.3 Marco legal

Este proyecto de investigación se vincula con leyes y normativas relacionadas con la protección ambiental y la educación, por lo cual se expondrán las leyes y regulaciones principales que guían su desarrollo. A continuación, se presentan artículos de la Constitución de la República del Ecuador que se relacionan con la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible.

Art. 14.- *“Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados” [43].*

Art. 15.- *“El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional” [43].*

Art. 71.- *“La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.” [43].*

Art. 72.- *“La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de*

indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas” [43].

Art. 73.- *“El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.” [43].*

A continuación, se nombran artículos de la Ley orgánica de protección de datos personales sobre la seguridad para la protección de los datos que se almacenarán en la aplicación vinculada al dispositivo:

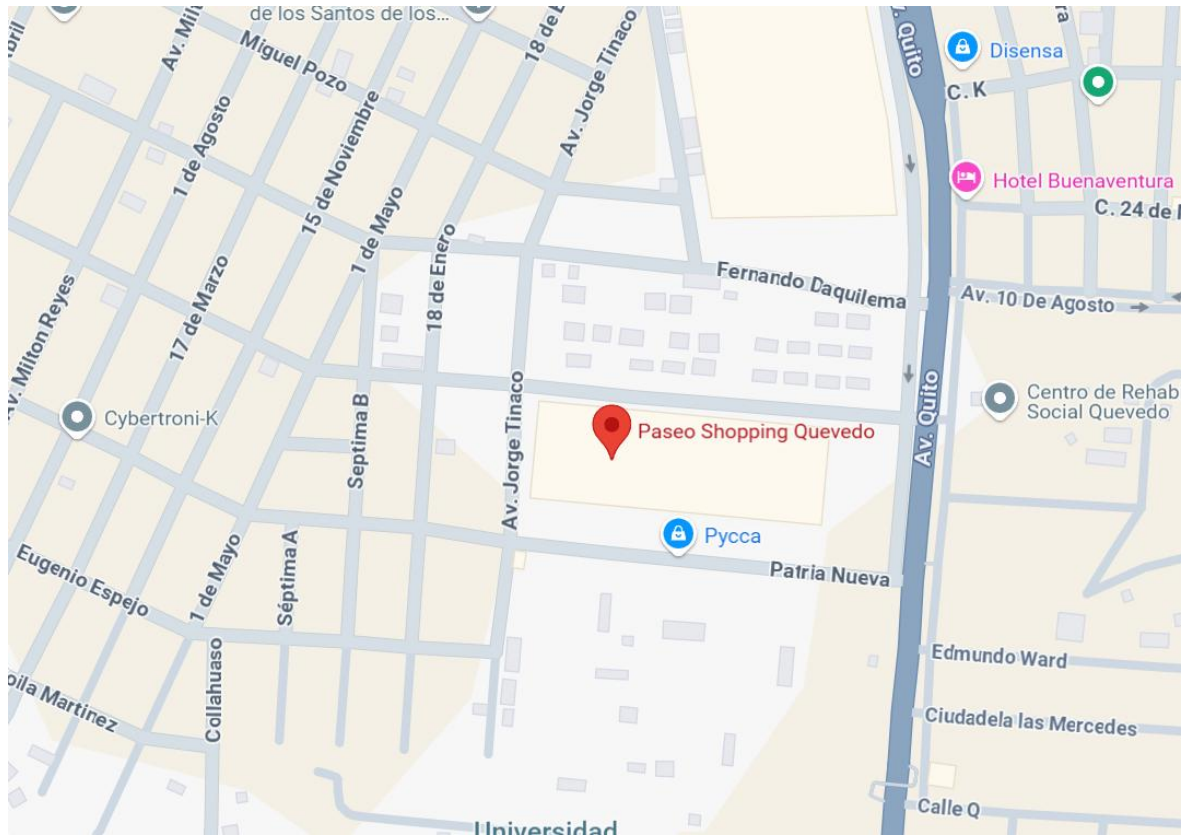
Art. 37.- *“Seguridad de datos personales. -El responsable o encargado del tratamiento de datos personales según sea el caso, deberá sujetarse al principio de seguridad de datos personales, para lo cual deberá tomar en cuenta las categorías y volumen de datos personales, el estado de la técnica, mejores prácticas de seguridad integral y los costos de aplicación de acuerdo a la naturaleza, alcance, contexto y los fines del tratamiento, así como identificar la probabilidad de riesgos. El responsable o encargado del tratamiento de datos personales, deberá implementar un proceso de verificación, evaluación y valoración continua y permanente de la eficiencia, eficacia y efectividad de las medidas de carácter técnico, organizativo y de cualquier otra índole, implementadas con el objeto de garantizar y mejorar la seguridad del tratamiento de datos personales” [43].*

Art. 41.- *“Determinación de medidas de seguridad aplicables. - El responsable y el encargado del tratamiento de datos personales deberán tomar las medidas adecuadas y necesarias, de forma permanente y continua, para evaluar, prevenir, impedir, reducir, mitigar y controlar los riesgos, amenazas y vulnerabilidades, incluidas las que conlleven un alto riesgo para los derechos y libertades del titular, de conformidad con la normativa que emita la Autoridad de Protección de Datos Personales” [43].*

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Localización

Figura 5. Ubicación UTEQ



Nota: Esta imagen muestra el sitio del presente trabajo de investigación. Tomado de Google Maps 2025(<https://maps.app.goo.gl/FRQSeFhUIDNs4DGi7>).

La implementación del proyecto de investigación se realizó en el centro comercial Paseo Shopping Quevedo, situada en la provincia de Los Ríos, cantón Quevedo. El centro comercial está ubicado en la Avenida Quito, km 11 1/2, en la vía a Santo Domingo de los Tsáchilas.

3.2 Tipo de investigación

El presente proyecto se fundamenta en dos tipos de investigación: *investigación documental* e *investigación aplicada*, elegidas estratégicamente para abordar la problemática de promover el cuidado ambiental a través de un dispositivo lúdico basado en internet de las cosas.

La *investigación documental* se llevó a cabo para reunir información relevante sobre temas fundamentales, como prácticas de sensibilización ambiental, tecnologías de Internet de las Cosas, proyectos relacionados con el cuidado ambiental, fuentes bibliográficas relacionadas con el cuidado ambiental, y enfoques de diseño lúdico. Mediante el análisis de literatura especializada, documentos académicos, esta investigación establece los marcos teóricos que guían el desarrollo del dispositivo, asegurando una base sólida de conocimientos que respalda las decisiones del proyecto.

Por otro lado, la *investigación aplicada* se enfocó en la transferencia de la teoría a la práctica mediante el diseño, desarrollo y prueba del dispositivo en un entorno real, la entrevista a expertos realizada para tener un enfoque más amplio en el ámbito ambiental y posibles combinaciones de actividades sugeridas dio como resultado la inclusión de actividades de alto valor enfocadas en la concientización ambiental de los usuarios. Además, se logró crear un dispositivo lúdico, atractivo y visualmente interesante, lo que aumenta su efectividad en la interacción con los usuarios. La combinación de estos enfoques garantizó la integración efectiva entre la teoría y la práctica, asegurando que el dispositivo cumpliera con los objetivos de impacto y sensibilización planteados.

3.3 Método de investigación

Se han empleado dos métodos de investigación complementarios: el método inductivo y el método experimental, los cuales han permitido tanto la construcción del marco teórico como la validación práctica del dispositivo lúdico basado en Internet de las cosas.

El método inductivo se aplicó en la fase de investigación documental, donde se realizó un análisis exhaustivo de diversas fuentes bibliográficas relacionadas con la sensibilización ambiental, el diseño lúdico y las tecnologías de Internet de las Cosas. A través de la recopilación y sistematización de esta información, fue posible establecer los fundamentos teóricos que guiaron el diseño del dispositivo, asegurando su alineación con estrategias efectivas de concienciación ambiental.

Por su parte, el método experimental se utilizó en la fase de investigación aplicada, mediante la implementación, prueba y evaluación del dispositivo en un entorno real. A través de la observación directa, la recopilación de datos empíricos, entrevistas con expertos y encuestas dirigidas a los usuarios, se analizaron la funcionalidad y el impacto del dispositivo en la sensibilización ambiental. Dicho enfoque permitió validar su eficacia y realizar los ajustes necesarios para optimizar su desempeño e interacción con los usuarios.

3.4 Diseño de la investigación

Se desarrolló bajo un diseño de investigación no experimental, ya que no se manipularon variables de manera intencional, sino que se analizaron en su contexto natural. Se adoptó un diseño descriptivo y aplicado para examinar cómo un dispositivo lúdico basado en Internet de las cosas puede contribuir a la sensibilización ambiental.

En la fase de investigación documental, se recopilaron y analizaron fuentes especializadas como artículos científicos, tesis, libros y normativas ambientales, junto con plataformas de inspiración como Pinterest y Behance, para identificar tendencias en diseño interactivo y gamificación. Este proceso permitió establecer fundamentos teóricos sólidos y enfoques innovadores para el desarrollo del dispositivo.

En la fase de investigación aplicada, se implementó y evaluó el prototipo en un entorno real mediante observación, entrevistas con expertos y encuestas a usuarios. Esto permitió analizar su impacto en la concienciación ambiental y realizar ajustes para optimizar su funcionalidad.

3.5 Diseño de la investigación

3.5.1 Análisis y selección del enfoque metodológico

Se determinó el enfoque metodológico más adecuado para el desarrollo del dispositivo lúdico basado en Internet de las Cosas, con el fin de fomentar el cuidado del medio ambiente. Para ello, se realizó una revisión de literatura académica y de estudios previos que abordaran tecnologías similares y su aplicación en la educación ambiental.

3.5.1.1 Revisión de fuentes bibliográficas

Se llevó a cabo una búsqueda sistemática en bases de datos académicas como Google Académico, IEEE Xplore y ScienceDirect, empleando palabras clave como "dispositivos con internet de las cosas educativos", "tecnología y educación ambiental", "interactividad en Internet de las cosas", "juegos educativos sobre medio ambiente" y "sensores en dispositivos educativos". Esta revisión permitió identificar tendencias actuales en el diseño de dispositivos lúdicos interactivos, así como metodologías de evaluación de impacto en la educación.

Además, se analizaron estudios sobre la efectividad de dispositivos con Internet de las cosas en el aprendizaje, considerando aspectos como el nivel de interactividad, la usabilidad y la capacidad de fomentar el aprendizaje significativo en niños y adolescentes. Para garantizar la actualidad de la información, se priorizaron estudios publicados en los últimos cinco años.

3.5.1.2 Evaluación de metodologías de diseño

A partir de la revisión de la literatura y entrevistas a expertos, se analizaron distintas metodologías de diseño de dispositivos para determinar la más adecuada para el desarrollo del prototipo. Se consideraron enfoques como el Diseño Centrado en el Usuario y el Aprendizaje Basado en Juegos.

Se evaluaron aspectos como la flexibilidad de implementación, la compatibilidad con tecnologías de sensores y la capacidad de integración con elementos visuales y mecánicos del dispositivo. Como resultado, se adoptó un enfoque basado en el Diseño Centrado en el Usuario combinado con Aprendizaje Basado en Juegos, permitiendo diseñar una experiencia de usuario intuitiva y motivadora.

3.5.1.3 Selección del enfoque metodológico

El enfoque metodológico seleccionado se fundamenta en el Diseño Centrado en el Usuario, asegurando que el dispositivo sea intuitivo y atractivo para los usuarios finales. Además, se incorporan principios del Aprendizaje Basado en Juegos motrices para maximizar la interactividad y el compromiso de los usuarios con la temática ambiental.

3.5.2 Desarrollo e implementación del dispositivo con Internet de las cosas

3.5.2.1 Diseño y programación del dispositivo

El diseño del dispositivo incluyó la selección de hardware y software adecuados para garantizar un funcionamiento intuitivo. Se utilizó un microcontrolador Raspberry Pi 4 Modelo B debido a su compatibilidad con redes Wi-Fi y su bajo consumo energético. Además, se incorporó una pantalla para la interacción con los usuarios y un mecanismo de opciones para los usuarios.

Para la programación del dispositivo, se utilizó el entorno de desarrollo Arduino IDE, junto con librerías especializadas para la gestión de la pantalla y los sensores. El software implementado permite que el dispositivo interprete las respuestas de los usuarios y genere una retroalimentación visual, reforzando los conceptos ambientales.

3.5.2.2 Integración con plataformas diseñadas para Internet de las cosas

Este proyecto optó por una arquitectura local y personalizada, en la que se emplearon herramientas de desarrollo y monitoreo adaptadas al entorno educativo y de pruebas.

La recolección y gestión de datos se realizó mediante una base de datos PostgreSQL (versión 15.5), instalada localmente y configurada para registrar las interacciones de los usuarios con el dispositivo. El procesamiento de los datos fue manejado por una aplicación desarrollada en Java, utilizando el entorno Apache NetBeans IDE (versión 14). Esta aplicación permitió el control de sensores, el registro de eventos y la generación de estadísticas sobre el uso del dispositivo.

Se emplearon otras herramientas complementarias para el diseño, programación y validación del sistema:

- **Visual Studio Code** (v1.89.0): para edición de scripts y archivos de configuración.
- **Postman** (v10.21.0): para pruebas de APIs REST utilizadas en la comunicación entre componentes.
- **Visual Paradigm** (v17.2): para el modelado del sistema, incluyendo diagramas de clases, casos de uso y actividades.
- **Fritzing** (v0.9.10): para esquematizar el diseño físico del circuito electrónico.

- **Advanced IP Scanner** (v2.5): para la detección de dispositivos en red durante pruebas de conectividad.
- **RealVNC Viewer** (v7.6.0): para el acceso remoto a la Raspberry Pi desde otras estaciones de trabajo.
- **JDK 17.0.3.1**: para compilar y ejecutar la aplicación Java.

3.5.3 Experimentación

3.5.3.1 Definición de los criterios de evaluación

Para evaluar el desempeño del dispositivo, se establecieron criterios de evaluación enfocados en la interactividad, la usabilidad y el impacto en el aprendizaje. Se definieron los siguientes indicadores:

- **Interactividad:** Tiempo de respuesta del dispositivo y nivel de compromiso de los usuarios.
- **Usabilidad:** Facilidad de uso y comprensión de la interfaz.
- **Impacto en el aprendizaje:** Cambio en el conocimiento ambiental de los usuarios antes y después de la interacción con el dispositivo.

3.5.3.2 Pruebas preliminares de rendimiento

Se llevaron a cabo pruebas preliminares para verificar la correcta operación del dispositivo en términos de hardware y software. Se midieron los tiempos de respuesta de los sensores. Además, se realizaron pruebas de conectividad para asegurar la integración fluida con la plataforma Postman.

3.5.4 Análisis de los resultados

3.5.4.1 Evaluación de la efectividad del dispositivo

Los datos recopilados durante la experimentación fueron analizados para determinar la efectividad del dispositivo en la promoción del aprendizaje ambiental. Se utilizó análisis estadístico para comparar el conocimiento previo y posterior de los usuarios, así como su nivel de interacción con el dispositivo.

3.6 Instrumentos de investigación

Para el desarrollo de esta investigación, se emplean diversos instrumentos que permiten la recopilación, análisis y validación de la información necesaria.

En primer lugar, se lleva a cabo un análisis documental de fuentes académicas y técnicas durante la revisión de literatura. Este análisis permite identificar enfoques previos en el uso de dispositivos con Internet de las cosas, con fines educativos y ambientales, así como evaluar metodologías para el desarrollo de dispositivos lúdicos orientados a la concienciación ecológica.

Además, se realizan entrevistas a expertos en medio ambiente y tecnología con el objetivo de obtener información cualitativa sobre la viabilidad y el impacto potencial del dispositivo propuesto. Estas entrevistas proporcionan información clave para definir características funcionales y asegurar que el diseño del dispositivo se alinee con objetivos educativos y de sostenibilidad.

Finalmente, en la fase de implementación, se aplican pruebas experimentales y de usabilidad para evaluar el rendimiento del dispositivo. Estas pruebas permiten analizar su funcionalidad, interacción con los usuarios y efectividad en la transmisión de conocimientos sobre el cuidado del medio ambiente.

3.7 Tratamiento de datos

El tratamiento de los datos obtenidos en la investigación se lleva a cabo mediante técnicas de análisis cualitativo y cuantitativo, dependiendo de la naturaleza de la información recopilada.

En el caso de los datos obtenidos a través del análisis documental, se emplea una metodología de categorización y síntesis de la información relevante, lo que permite identificar patrones, enfoques y tendencias en el uso de dispositivos con Internet de las cosas para el fomento del cuidado ambiental.

Para las entrevistas a expertos, se aplica un análisis cualitativo basado en la codificación de respuestas, lo que facilita la identificación de ideas clave, opiniones y sugerencias que contribuyan a la mejora del diseño y funcionalidad del dispositivo.

En la fase de experimentación, los datos obtenidos de las pruebas de usabilidad y desempeño del dispositivo se analizan de manera cuantitativa. Se emplean métricas de interacción, tiempo de respuesta, efectividad en la transmisión del mensaje ambiental y nivel de participación de los usuarios. Estos datos se procesan mediante herramientas estadísticas para evaluar la eficiencia y el impacto del dispositivo en su propósito educativo.

3.8 Recursos humanos y materiales

3.8.1 Recursos humanos

Tabla 1: Recursos humanos

Personal	Descripción
Autor	Kevin Adrián Loza Yáñez
Director del proyecto	Ing. Emilio Rodrigo Zhuma Mera. MSc

FUENTE: INVESTIGACIÓN

ELABORADO: LOZA YANEZ KEVIN ADRIAN

3.8.2 Recursos materiales

3.8.2.1 Hardware

Tabla 2. Hardware

Cantidad	Equipo	Descripción
1	Laptop	- MSI THIN GF65
		- Procesador: 12 th Gen Intel(R) Core (TM) i7-1255H 2.61 GHz
		- RAM: 16 GB
		- Sistema operativo de 64 bits, Windows 11
1	Raspberry Pi 4 Modelo B (8 GB RAM)	- CPU Quad-core Cortex-A72.
		- 8 GB RAM.
		- Wi-Fi.
		- Bluetooth.
		- HDMI x 2.

		- USB 3.0 x 2.
		- Estructura metálica.
		- disipación pasiva.
1	Case de aluminio	- disipación activa.
		- mejora el flujo de aire.
1	Pantalla LCD HDMI 5” (800×480)	- Pantalla táctil.
		- Conexión HDMI.
		- Resolución 800x480 px.
1	Sensor ultrasónico HC-SR04	- Rango de 2 cm a 400 cm.
		- Precisión de 3 mm.
		- Interfaz digital.
1	Sensor de humedad de suelo FC-28	- Salida analógica y digital.
		- Incluye sonda de acero.
1	Sensor DHT22	- Rango de temperatura: -40 a 80 °C.
		- humedad: 0–100%.
		- precisión ±2% RH.
		- comunicación digital.
		- Interfaz I2C/SPI.
1	Sensor BMP280	- Rango de presión 300–1100 hPa.
		- Bajo consumo.
		- Ideal para monitoreo ambiental
1	Cable UTP Categoría 5e (1 metro)	- 4 pares trenzados.
		- Velocidad hasta 100 Mbps.
		- Blindaje básico

1	Conectores RJ45 y capuchones	- Conectores estándar RJ45 macho - Capuchones de goma para evitar dobleces y proteger la clavija
----------	------------------------------	---

FUENTE: INVESTIGACIÓN

ELABORADO: LOZA YANEZ KEVIN ADRIAN

3.8.2.2 Software

Tabla 3: Software

Nombre	Descripción	versión
PostgreSQL	Sistema de gestión de bases de datos relacional.	Versión 15.5 gratuita
APACHE NETBEANS IDE	Entorno de desarrollo para aplicaciones java.	Versión 14 gratuita
POSTMAN	Herramienta para probar APIs REST.	Versión 10.21.0 gratuita
VISUAL PARADIGM	Diseño de diagramas y modelado de software	Versión 17.2 Gratuita
FRITZING	Diseño visual de circuitos electrónicos	Versión 0.9.10 Gratuita
REALVNC VIEWER	Acceso remoto a otros dispositivos	Versión 7.6.0 Gratuita
ADVANCED IP SCANNER	Escaneo de red y detección de dispositivos	Versión 2.5.4594.1 Gratuita

VISUAL STUDIO CODE	Editor de código fuente y entorno de desarrollo	Versión 1.89.0 Gratuita
JDK (JAVA DEVELOPMENT KIT)	Compilación y ejecución de aplicaciones Java	Versión 17.0.3.1 Gratuita

FUENTE: PROPIA DEL AUTOR
ELABORADO: LOZA YANEZ KEVIN ADRIAN

3.8.3 Recursos financieros

Tabla 4. Inversión

Componentes	Cantidad	Costo
Raspberry Pi 4 Modelo B	1	\$135.00
Case para Raspberry Pi 4 de aluminio	1	\$20.00
Módulo sensor ultrasónico HC-SR04	4	\$10.00
Sensor de humedad y temperatura de suelo FC-28	2	\$3.00
Pantalla 5" TFT LCD HDMI 800x480 para Raspberry Pi	1	\$70.00
Sensor de temperatura y humedad DHT22	1	\$6.00
Sensor BME280 (presión barométrica, humedad, temperatura)	1	\$12.00
Sensor analógico de conductividad TDS	1	\$16.00

Cable UTP categoría 5E (20 metros, 80/20 beige)	20	\$8.00
Capuchón CAT 5E para RJ45	6	\$0.60
Plug RJ45 CAT 5E macho	2	\$0.30
Adaptador cargador AC/DC 5V 5A para Raspberry Pi 5	1	\$13.00

FUENTE: PROPIA DEL AUTOR

ELABORADO: LOZA YANEZ KEVIN ADRIAN

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Determinación de las características que debe tener un dispositivo del tipo propuesto mediante revisión bibliográfica y entrevistas a expertos.

4.1.1 Características del depósito propuesto según revisión bibliográfica

Cumpliendo con el objetivo específico 1, se realizó una revisión bibliográfica de diferentes dispositivos utilizados en la gestión de residuos y la promoción de prácticas sostenibles. El análisis se centró en identificar las características clave que contribuyen a la eficacia, eficiencia, y sostenibilidad de estos dispositivos, con el fin de aplicar dichos hallazgos al desarrollo de un nuevo dispositivo lúdico basado en internet de las cosas para fomentar el cuidado del medio ambiente.

Tabla 5. *Revisión bibliográfica*

Nombre del dispositivo	Resumen	Características del dispositivo
BigBelly Solar Powered Compacting Trash Can	El BigBelly es un contenedor de basura y reciclaje que funciona con energía solar. Está diseñado para contener más residuos que los botes de basura convencionales gracias a su capacidad de compactación. Representa una solución avanzada y ecológica para la gestión de residuos en áreas urbanas, utilizando tecnología solar y sistemas inteligentes para mejorar la eficiencia operativa y reducir el impacto ambiental. [13]	Compresión Solar: Equipado con un panel solar en la parte superior, utiliza energía solar para alimentar su sistema de compactación interna. Mayor Capacidad de Almacenamiento: La compactación permite que el contenedor albergue más residuos que un tacho de basura convencional, reduciendo la frecuencia de recolección. Comunicación Inalámbrica: Equipado con tecnología inalámbrica para enviar notificaciones cuando está lleno, optimizando así las rutas de recolección de residuos. Diseño Duradero y Seguro: Construido para resistir condiciones climáticas adversas y uso en

espacios públicos, con un diseño que prioriza la seguridad y la eficiencia.

Ecológico y Eficiente: Al utilizar energía solar, el BigBelly es una solución ecológica que reduce la huella de carbono asociada con la gestión de residuos urbanos

Flings Pop-Up Recycling Bins

Flings Pop-Up Recycling Bins son contenedores de reciclaje portátiles y plegables diseñados para uso en eventos, fiestas y otras situaciones temporales.

Una solución práctica y efectiva para fomentar el reciclaje en una variedad de entornos, especialmente donde las opciones de reciclaje permanentes no son viables o disponibles. [14]

Diseño Pop-Up: Estos botes de reciclaje tienen un diseño plegable que les permite ser almacenados planos y luego "saltar" a una forma de contenedor completo cuando se necesitan.

Portabilidad: Su ligereza y diseño plegable hacen que sean fáciles de transportar, ideales para eventos, fiestas, picnics o cualquier actividad al aire libre.

Capacidad Adecuada: Su diseño plegable, tienen una capacidad suficiente para manejar una cantidad significativa de reciclables.

Identificación Fácil: Suelen estar claramente marcados con símbolos de reciclaje, facilitando su identificación y uso adecuado en eventos y reuniones.

Material Resistente: Fabricados con materiales resistentes para soportar el uso en diversas condiciones, ya sea en interiores o exteriores.

Glutton Electric Vacuum Cleaner	El Glutton Electric Vacuum Cleaner es una aspiradora eléctrica diseñada para la limpieza de espacios públicos como calles, parques y áreas urbanas. Es una solución efectiva para la limpieza de espacios urbanos, combinando la eficiencia de la limpieza con un enfoque respetuoso con el medio ambiente. [15]	Operación Eléctrica: Funciona con electricidad, lo que lo hace silencioso y libre de emisiones, ideal para áreas urbanas. Aspiración de Diversos Residuos: Capaz de recoger una variedad de desechos urbanos, como papeles, latas y hojas. Diseño Compacto y Maniobrable: Su diseño compacto permite una fácil maniobrabilidad en calles y aceras congestionadas. Depósito de Residuos de Gran Capacidad: Equipado con un depósito que permite recolectar una gran cantidad de residuos antes de necesitar ser vaciado. Adecuado para Uso Continuo: Diseñado para ser resistente y eficiente para uso prolongado en la limpieza urbana.
The Ocean Cleanup	Es un proyecto ambicioso diseñado para limpiar los plásticos de los océanos. Utiliza sistemas flotantes que se aprovechan de las corrientes naturales del océano para recolectar plástico. [16]	Barreras Flotantes: Utiliza barreras largas y flotantes que actúan como una costa artificial, capturando los residuos plásticos. Pantalla Submarina: Debajo de las barreras, hay pantallas que impiden que los desechos plásticos se escapen por debajo, atrapándolos eficazmente. Movimiento Pasivo: El sistema se mueve pasivamente con las corrientes oceánicas, lo que permite que se concentren naturalmente los residuos en un área central para su recolección.

		Recolección y Almacenamiento Centralizados: Los residuos plásticos se acumulan en un punto central del sistema para su posterior recolección. Minimización del Impacto en la Vida Marina: El diseño del sistema busca reducir al mínimo la interferencia con la vida marina, evitando atrapar organismos acuáticos.
Enevo One Collect	Un sistema de gestión de residuos inteligente que utiliza sensores y software para optimizar la recolección de basura y reciclaje. Representa una solución innovadora en la gestión de residuos, utilizando tecnología avanzada para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los servicios de recolección de residuos. [17]	Sistema de Monitoreo de Residuos: Equipado con sensores para monitorear el nivel de llenado de los contenedores de residuos. Comunicación Inalámbrica: Utiliza la tecnología inalámbrica para enviar datos sobre el nivel de llenado a un sistema de gestión central. Optimización de Rutas de Recolección: Los datos recopilados permiten a los servicios de recolección optimizar sus rutas y horarios. Reducción de Costos y Eficiencia Mejorada: Ayuda a reducir los costos operativos y mejora la eficiencia en la gestión de residuos. Aplicabilidad en Diversos Entornos: Adecuado para su uso en entornos urbanos, industriales y residenciales.

Litterati App	Una herramienta innovadora que combina la tecnología móvil con la concienciación y acción ambiental, promoviendo un enfoque colaborativo y basado en datos para la gestión de residuos y la limpieza de espacios públicos. [18]	Catalogación de Residuos: Permite a los usuarios tomar fotos de la basura que encuentran y subirlas a la plataforma. Geolocalización: Cada pieza de basura fotografiada puede ser geolocalizada, proporcionando datos valiosos sobre los puntos críticos de acumulación de residuos. Etiquetado y Análisis: Los usuarios pueden etiquetar la basura recogida, lo que facilita el análisis de tipos de residuos y marcas más comunes. Participación Comunitaria: Fomenta la participación de la comunidad en la limpieza de espacios públicos y el monitoreo ambiental. Datos para Cambio: La información recopilada puede ser utilizada por organizaciones y autoridades para implementar estrategias efectivas de gestión de residuos y políticas ambientales.
Bin-e Smart Waste Bin	Una solución innovadora para la gestión de residuos, combinando tecnología avanzada con un enfoque práctico para mejorar la sostenibilidad y eficiencia en la eliminación de residuos. [19]	Clasificación Automática de Residuos: Equipado con sensores y mecanismos para identificar y separar automáticamente los residuos en categorías como papel, plástico, metal y vidrio. Compactación de Residuos: Capacidad para compactar los residuos en su interior, aumentando la eficiencia del almacenamiento y reduciendo la frecuencia de vaciado. Interfaz Digital y Notificaciones: Incluye una interfaz digital que muestra el nivel de llenado y

puede enviar notificaciones para su vaciado o mantenimiento.

Diseño Ecológico y Eficiente: Su diseño está enfocado en maximizar la eficiencia del reciclaje y minimizar el impacto ambiental.

Ideal para Espacios Públicos y Oficinas: Adecuado para su uso en entornos como oficinas, centros comerciales y otros espacios públicos, donde la gestión de residuos es crucial.

Seabin Project Una solución innovadora y práctica para abordar el problema de la basura y la contaminación en ambientes acuáticos, contribuyendo significativamente a la limpieza de los ecosistemas marinos. [20]

Sistema Flotante de Recolección: Un contenedor flotante diseñado para instalarse en marinas, puertos o áreas costeras para recolectar desechos flotantes y contaminantes del agua.

Filtración de Residuos y Contaminantes: Equipado con un sistema de filtración que capta residuos como plásticos, micro plásticos, aceites, espuma y otros contaminantes superficiales.

Bomba de Agua: Incorpora una bomba que aspira el agua y los residuos hacia el contenedor, facilitando la recolección continua de basura.

Diseño Ecológico: Orientado a reducir la contaminación marina sin perjudicar la vida acuática, ideal para entornos marinos.

Mantenimiento y Vacío Sencillos: Diseñado para facilitar el vaciado regular de los residuos recolectados y el mantenimiento del equipo.

Mr. Trash Wheel	Una solución creativa e innovadora para abordar el problema de la contaminación en cursos de agua urbanos, combinando tecnología sencilla con un diseño llamativo para promover la concienciación ambiental. [21]	Sistema de Rueda de Agua: Equipado con una gran rueda de agua que utiliza la corriente del río o canal para generar energía y mover el sistema. Recolección de Residuos Flotantes: Diseñado para capturar y recolectar residuos flotantes como plásticos, botellas, bolsas y otros desechos de la superficie del agua. Diseño Amigable y Visible: Conocido por su aspecto distintivo con "ojos saltones", lo que lo hace llamativo y aumenta la conciencia sobre la limpieza de los cursos de agua. Almacenamiento y Eliminación de Residuos: Incluye un sistema para recolectar los residuos en un contenedor grande, que luego se vacía y se trata adecuadamente. Impacto Ambiental Positivo: Contribuye significativamente a la reducción de la contaminación en ríos y canales, mejorando la salud de los ecosistemas acuáticos.
Solar-Powered Water Wheels	Representan una solución innovadora y respetuosa con el medio ambiente para abordar el problema de la basura y la contaminación en los cuerpos de agua, combinando energía renovable con tecnología de recolección de residuos. [22]	Energía Solar para Operación: Equipadas con paneles solares para aprovechar la energía solar, lo que permite su funcionamiento autónomo y ecológico. Rueda de Agua para Recolección de Residuos: Utiliza una rueda de agua para recolectar residuos flotantes como plásticos, hojas y ramas de ríos y canales. Diseño Eficiente y Sostenible: Diseñadas para maximizar la eficiencia en la recolección de

basura mientras minimizan el impacto ambiental.

Contribución a la Limpieza de Cursos de Agua: Ayuda significativamente a reducir la contaminación en los cursos de agua, mejorando la salud de los ecosistemas acuáticos.

Diversos Entornos Acuáticos: Adecuadas para su uso en una variedad de entornos acuáticos, desde ríos urbanos hasta canales naturales.

Goby the Fish Solución creativa y efectiva para promover el reciclaje y la concienciación ambiental, especialmente en áreas donde la contaminación plástica es un problema visible y urgente. [23]

Diseño Artístico en Forma de Pez: Un contenedor de reciclaje con forma de pez, diseñado para ser tanto funcional como una pieza de arte.

Fabricación con Malla Metálica: Construido con una malla metálica que permite a los transeúntes ver los residuos reciclables acumulados en su interior.

Fomento del Reciclaje: La forma llamativa y el diseño de Goby animan al público a reciclar y a ser más conscientes del medio ambiente.

Colocación en Áreas Costeras y Públicas: Generalmente ubicado en playas o áreas costeras, donde la visibilidad del problema de la basura marina es más impactante.

Educación y Concientización Ambiental: Sirve como una herramienta educativa para enseñar sobre la importancia de la recolección de residuos y la preservación del medio ambiente marino.

Recycle Coach App	Es una herramienta valiosa para mejorar la gestión de residuos y el reciclaje a nivel individual, contribuyendo a un mayor cuidado del medio ambiente y a la promoción de comunidades más sostenibles. [24]	Información Personalizada de Reciclaje: Ofrece horarios de recolección y consejos de reciclaje personalizados según la ubicación del usuario. Educación y Concientización: Proporciona información educativa sobre reciclaje, incluyendo qué se puede reciclar y cómo hacerlo correctamente. Recordatorios y Alertas: Envía recordatorios para días de recolección y eventos especiales de reciclaje para asegurar la participación del usuario. Interfaz Amigable y Accesible: Diseñada para ser fácil de usar, con una interfaz intuitiva que motiva a los usuarios a participar activamente en el reciclaje. Fomento de Prácticas Sostenibles: Ayuda a los usuarios a adoptar prácticas más sostenibles y ecológicas en su vida diaria.
Ecobricks	Son una solución creativa y sostenible para el problema de los residuos plásticos, transformándolos en recursos útiles y promoviendo prácticas ambientalmente responsables. [25]	Construcción con Residuos Plásticos: Los Ecobricks son bloques de construcción hechos de botellas de plástico llenas de residuos plásticos no biodegradables. Reutilización de Plásticos: Proporcionan una forma de reutilizar el plástico y reducir la contaminación ambiental.

Alternativa Sostenible: Ofrecen una alternativa ecológica a los materiales de construcción tradicionales.

Involucramiento Comunitario y Educación: Fomentan la participación comunitaria y la conciencia ambiental al involucrar a las personas en la recolección y el uso de residuos plásticos.

Solución efectiva y ecológica para gestionar residuos orgánicos, ayudando a cerrar el ciclo de residuos y mejorar la salud del suelo en jardines y áreas verdes. [26]

Compartimento de Compostaje: Equipado con un compartimento principal para depositar residuos orgánicos, como restos de comida y desechos de jardín.

Sistema de Aireación: Incluye un mecanismo o diseño que permite la circulación de aire dentro del contenedor, crucial para el proceso de compostaje.

Tapa Segura y Resistente: Una tapa que se cierra herméticamente para evitar olores y mantener fuera a plagas, contribuyendo a un proceso de compostaje higiénico.

Material Duradero y Ecológico: Fabricado con materiales resistentes a la intemperie y ecológicos, adecuados para uso prolongado en exteriores.

Mecanismo de Mezclado o Rotación: Algunos modelos pueden incluir un sistema de rotación o una herramienta para mezclar los contenidos, acelerando el proceso de compostaje.

Waste Shark	Práctica para el problema de la contaminación en cuerpos de agua, combinando tecnología avanzada con un enfoque sostenible para mejorar la calidad del agua y proteger la vida marina. [27]	Sistema de Navegación Autónoma o Control Remoto: Capaz de operar de forma autónoma utilizando GPS y sensores para la navegación, o mediante control remoto. Mecanismo de Recolección de Residuos: Incluye una "boca" o apertura frontal automatizada que se abre para recolectar residuos flotantes, similar a una cinta transportadora o una red. Compartimiento de Almacenamiento para Residuos: Equipado con un compartimiento interno donde los residuos se acumulan después de ser recolectados. Diseño Resistente y Adaptable: Construido para soportar las condiciones de diferentes cuerpos de agua y capaz de maniobrar en espacios reducidos. Tecnología para la Protección de la Vida Marina: Diseñado para minimizar el impacto en la vida acuática, evitando dañar a los organismos vivos durante la recolección de residuos.
Recycling Bins with Sensors	Solución inteligente para la gestión de residuos y reciclaje, optimizando la recogida y tratamiento de residuos y contribuyendo a una gestión más sostenible y eficiente. [28]	Sensores de Capacidad: Equipados con sensores que detectan el nivel de llenado del contenedor, permitiendo saber cuándo está cerca de su capacidad máxima. Conectividad Inalámbrica: Los sensores suelen estar conectados inalámbricamente a una red que puede enviar datos en tiempo real a un sistema de gestión central. Alertas y Notificaciones: Capacidad para enviar alertas automáticas a los servicios de

	gestión de residuos cuando el contenedor necesita ser vaciado.
	Diseño Durable y Adaptable: Fabricados con materiales resistentes a la intemperie y adecuados para uso en diferentes entornos, como áreas urbanas, parques y edificios. Identificación y Separación de Residuos: Algunos modelos pueden incluir tecnología adicional para identificar y separar diferentes tipos de residuos reciclables.
TreeSee	Una herramienta valiosa para el monitoreo ambiental, proporcionando datos cruciales para la comprensión y protección de nuestros entornos naturales y urbanos. [29] Sensores Ambientales: Equipado con una variedad de sensores para medir factores ambientales como la calidad del aire, la temperatura, la humedad y posiblemente los niveles de dióxido de carbono. Diseño Compacto y No Intrusivo: Diseñado para ser instalado en árboles sin causar daño o interferencia significativa con el ambiente natural. Conectividad y Transmisión de Datos: Capaz de transmitir los datos recopilados a un sistema central para su análisis y monitoreo. Alimentación Sostenible: Puede incluir opciones de alimentación ecológica, como paneles solares, para minimizar su impacto ambiental. Aplicaciones en Investigación y Conservación: Utilizado en estudios de conservación, investigación ambiental y para

		monitorear la salud de los ecosistemas urbanos y naturales.
Footprint Calculator	El Footprint Calculator es una herramienta valiosa para crear conciencia sobre el impacto ambiental personal y fomentar prácticas más sostenibles a nivel individual. [30]	Cálculo de Huella de Carbono: Permite a los usuarios calcular su huella de carbono personal basándose en su estilo de vida y hábitos de consumo. Diversos Factores de Entrada: Incluye campos para ingresar información sobre viajes, uso de energía, hábitos alimenticios y otros factores que contribuyen a las emisiones de carbono. Interfaz Interactiva y Educativa: Diseñada para ser fácil de usar, proporcionando no solo cálculos, sino también información educativa sobre cómo cada actividad contribuye a la huella de carbono. Recomendaciones para Reducir Emisiones: Algunas versiones pueden ofrecer sugerencias y consejos sobre cómo reducir la huella de carbono personal. Análisis y Resultados Personalizados: Proporciona resultados detallados basados en las entradas del usuario, ofreciendo una vista personalizada de su impacto ambiental.
Smartflower Solar Panel	Smartflower Solar Panel es una innovación en el campo de la energía solar, combinando un diseño estético con tecnología avanzada para una producción	Diseño Inspirado en una Flor: Diseño único que imita la forma de una flor, con paneles solares dispuestos como pétalos. Seguimiento Solar Automático: Los paneles se orientan automáticamente hacia el sol a lo largo

	de energía más eficiente y sostenible. [31]	del día para maximizar la captación de energía solar.
		Alto Rendimiento Energético: Diseñado para ser más eficiente que los paneles solares tradicionales gracias a su capacidad de seguimiento solar. Instalación y Movilidad: Facilidad de instalación y la posibilidad de trasladar el sistema si es necesario. Aplicaciones Residenciales y Comerciales: Adecuado tanto para uso doméstico como para instalaciones comerciales, proporcionando una solución de energía renovable visualmente atractiva y eficiente.
Green Toys	Representa una iniciativa en el sector de juguetes que no solo proporciona opciones de juego seguras y divertidas para los niños, sino que también promueve la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. [32]	Fabricados con Materiales Reciclados: Los juguetes son producidos utilizando plástico reciclado, como botellas de leche, lo que contribuye a la reducción de residuos. Seguros para Niños: Diseñados para ser seguros, duraderos y no tóxicos, adecuados para el juego infantil. Fomento de Prácticas Sostenibles: Al utilizar materiales reciclados, los juguetes promueven la concienciación ambiental y el reciclaje entre los más jóvenes. Variedad de Juguetes: La gama incluye una variedad de juguetes, desde vehículos y bloques de construcción hasta juegos y figuritas.

		Diseño Atractivo y Colorido: hechos de materiales reciclados, tienen un diseño atractivo y colorido que atrae a los niños.
Plastic Whale	Es una iniciativa innovadora que combina la sostenibilidad ambiental con la practicidad, transformando el problema de la contaminación plástica en una solución creativa y positiva. [33]	Construcción con Plástico Reciclado: Los barcos de Plastic Whale están hechos completamente de plástico reciclado, recolectado de ríos, canales y otros cuerpos de agua. Diseño Funcional y Sostenible: Diseñados para ser funcionales y duraderos, con un enfoque en la sostenibilidad y la concienciación ambiental. Promoción de la Limpieza de Vías Fluviales: Utilizados no solo como embarcaciones recreativas, sino también para iniciativas de limpieza de vías fluviales. Educación y Concienciación Ambiental: Los barcos sirven como herramientas educativas para promover la conciencia sobre la contaminación plástica y la importancia del reciclaje. Iniciativas Comunitarias y Empresariales: Plastic Whale colabora con comunidades y empresas en proyectos de limpieza y sensibilización ambiental.
Solar Buddy	Solar Buddy es una solución innovadora y práctica para proporcionar iluminación en áreas donde el acceso a la electricidad es limitado o inexistente, combinando	Alimentación Solar: Equipado con un pequeño panel solar para cargar su batería interna, aprovechando la energía solar para su funcionamiento.

	sostenibilidad y funcionalidad en un dispositivo portátil. [34]	Iluminación LED Eficiente: Utiliza luces LED de bajo consumo para proporcionar una fuente de luz brillante y duradera. Portátil y Compacto: Diseñado para ser ligero y fácil de transportar, lo que lo hace ideal para usar en áreas sin acceso a electricidad confiable. Uso Versátil: Adecuado para una variedad de situaciones, como acampar, emergencias o en comunidades sin suministro eléctrico regular. Impacto Social y Ambiental: A menudo utilizado en programas de ayuda y educación en regiones en desarrollo para proporcionar una fuente de luz sostenible y fiable.
Fairphone	No solo animamos a la reutilización y la reparación de nuestros móviles, sino que trabajamos para incrementar el crecimiento del suministro de materiales reciclados mediante promociones de recogida, la devolución de móviles no utilizados al mercado y la investigación sobre las barreras al reciclaje. [35]	Sostenibilidad y Ética: Fabricado con un enfoque en la sostenibilidad, utilizando materiales éticos y conflict-free. Diseño Modular: Diseñado para ser fácilmente reparable y actualizable, con componentes modulares que los usuarios pueden reemplazar o mejorar por sí mismos. Transparencia en la Cadena de Suministro: Compromiso con la transparencia total en la cadena de suministro, asegurando que todos los materiales y procesos sean éticos y sostenibles. Características Competitivas: A pesar de su enfoque en la sostenibilidad, el Fairphone compite en características y funcionalidades con otros smartphones contemporáneos.

		Apoyo a la Economía Circular: Promueve prácticas de reciclaje y reutilización para reducir el impacto ambiental y apoyar una economía circular.
EcoATM	EcoATM es una solución innovadora que contribuye a la sostenibilidad ambiental, facilitando el reciclaje de dispositivos electrónicos y ofreciendo una alternativa práctica a la disposición inadecuada de estos aparatos. [36]	Kiosco de Reciclaje Automatizado: EcoATM es un kiosco automatizado diseñado para la compra de dispositivos electrónicos usados, como teléfonos móviles y tabletas. Evaluación Instantánea del Dispositivo: Equipado con tecnología avanzada para evaluar el estado y valor de los dispositivos electrónicos. Pago Instantáneo: Ofrece a los usuarios pago instantáneo por sus dispositivos electrónicos basándose en su valor de mercado actual. Fácil de Usar: El proceso de venta es sencillo, con instrucciones claras y una interfaz fácil de navegar. Fomento del Reciclaje de Electrónicos: Ayuda a reducir los desechos electrónicos, proporcionando una opción accesible y conveniente para el reciclaje de dispositivos.
Tesla Solar Roof	Es un producto innovador de Tesla, Inc., conocido por su enfoque en soluciones de energía renovable y vehículos eléctricos. El Tesla Solar Roof es una solución de energía solar avanzada que combina	Paneles Solares Integrados: Los Tesla Solar Roofs están compuestos por tejas solares de vidrio y tejas de acero individuales que funcionan como paneles solares, capturando la energía solar para generar electricidad. Durabilidad y Resistencia al Clima: Las tejas están fabricadas para ser duraderas y resistentes a las condiciones climáticas adversas.

eficiencia energética, durabilidad y estética, lo que lo convierte en una opción atractiva para aquellos interesados en energía renovable y diseño sostenible de viviendas. [37]	Eficiencia Energética: Cada teja solar está diseñada para maximizar la captación de energía solar, optimizando así la eficiencia energética del hogar. Integración con Tesla Powerwall: El sistema se puede integrar con la batería Tesla Powerwall para almacenar energía solar excedente.
---	---

FUENTE: PROPIA DEL AUTOR

ELABORADO: LOZA YANEZ KEVIN ADRIAN

Se llevó a cabo un análisis de diversas soluciones tecnológicas enfocadas en la gestión de residuos y el cuidado ambiental. Entre los dispositivos evaluados se encuentran BigBelly, Flings Pop-Up Recycling Bins, Glutton Electric Vacuum Cleaner, The Ocean Cleanup y Enevo One Collect.

El análisis de estos dispositivos consideró factores como el uso de tecnologías innovadoras, su impacto en la sostenibilidad, la facilidad de uso y su aplicabilidad en diferentes entornos. Esta evaluación permitió identificar tendencias y características clave que sirvieron como referencia para el diseño del dispositivo lúdico basado en Internet de las Cosas, asegurando que su implementación contribuya de manera efectiva a la concienciación ambiental a través de la interacción y el aprendizaje gamificado, a continuación, se presenta tendencias y características que se han implementado en el dispositivo.

Tabla 6. *Tendencias y características*

Tendencias y Características	
Tendencias aplicables	Características clave
Gamificación educativa: Uso de mecánicas de juego para mejorar la participación y el aprendizaje en temas ambientales.	Pantalla interactiva: Muestra preguntas, consejos y contenido educativo sobre el cuidado ambiental.
Interactividad en tiempo real: Permitir que los usuarios interactúen con preguntas y consejos ambientales en una experiencia dinámica.	Sistema de retroalimentación visual y sonora: Luces LED y sonidos para reforzar respuestas correctas e incorrectas.
Diseño minimalista y sostenible: Uso de materiales reciclados o de bajo impacto ambiental en la fabricación del dispositivo.	Diseño compacto: Tamaño reducido para facilitar su instalación en distintos espacios educativos.
Iluminación LED eficiente: Implementación de luces LED para mejorar la experiencia visual con bajo consumo energético.	Funcionamiento autónomo o con conexión a la red: Puede operar de forma independiente o actualizarse a través de conexión a internet.
Internet de las Cosas: Conectividad para recopilar datos sobre el uso del dispositivo y adaptar el contenido educativo.	Materiales ecológicos: En la medida de lo posible, integración de componentes reciclables o de bajo impacto ambiental.
Aprendizaje basado en desafíos: Implementación de retos o trivias que incentiven a los usuarios a reflexionar sobre prácticas sostenibles.	Modos de juego educativos: Diferentes dinámicas de interacción como preguntas de opción múltiple, consejos ambientales o desafíos de conocimiento.

Experiencia multijugador: Fomentar la competencia o cooperación entre dos participantes para mejorar la interacción y el aprendizaje colaborativo.

Registro de interacciones: Capacidad de recopilar datos sobre las respuestas y patrones de uso para mejorar la experiencia educativa.

FUENTE: PROPIA DEL AUTOR
ELABORADO: LOZA YANEZ KEVIN ADRIAN

4.1.2 Entrevista a expertos

Con el objetivo de validar y fortalecer características de un dispositivo lúdico basado en Internet de las Cosas para la concienciación ambiental enfocados en la educación ambiental, se realizaron entrevistas a expertos en áreas clave como educación ambiental y diseño de experiencias interactivas. Estas entrevistas permitieron obtener perspectivas especializadas sobre la efectividad de los dispositivos educativos, la usabilidad, las tendencias tecnológicas aplicadas a la educación y las mejores estrategias para fomentar el compromiso de los usuarios con el cuidado del medio ambiente.

Esta entrevista tiene como objetivo profundizar en los desafíos ambientales actuales y en cómo la tecnología puede contribuir al cuidado del medio ambiente. Gracias a su participación en la entrevista pude concluir con este objetivo.

La entrevista se llevó a cabo de manera virtual con una duración aproximada de 11 minutos, en la ciudad de Quevedo el 1 de marzo del 2024 a las 16:53, en la aplicación zoom. La entrevista fue grabada solicitando los permisos correspondientes a los expertos y se le dio una introducción del trabajo a desarrollar.

<https://drive.google.com/drive/folders/16qAGtgyuXo5frlCOiqM4cnE8sleiC71o>

Tabla 7. *Expertos entrevistados*

Experto	Descripción
Ariel Zarate	Ing. Ingeniero Ambiental
Kevin Fernando Loor	Estudiante de Ingeniería Ambiental 10mo semestre
Kevin Collantes	Ing. Ingeniero Ambiental

FUENTE: PROPIA DEL AUTOR
ELABORADO: LOZA YANEZ KEVIN ADRIAN

A continuación, se presentan los principales hallazgos obtenidos a partir de las entrevistas realizadas a los expertos.

4.1.3 Resultados de la Entrevista

La entrevista se centró en un conjunto de ocho preguntas específicas diseñadas para explorar diferentes facetas del uso de tecnologías lúdicas en la educación ambiental así determinar las características que debe tener un dispositivo del tipo propuesto.

4.1.3.1 Principales desafíos ambientales que enfrenta la sociedad

Kevin Fernando Loor: Contaminación por plásticos, escasez de agua potable, cambio climático y pérdida de biodiversidad.

Ing. Kevin Collantes: Falta de educación ambiental desde la infancia y ausencia de tecnologías para detectar factores climáticos.

Ing. Ariel Zárate: Contaminación por plásticos, escasez de agua potable, cambio climático y pérdida de biodiversidad.

4.1.3.2 Temas ambientales imprescindibles para incluir en un dispositivo lúdico

Kevin Fernando Loor: Gestión de residuos, reciclaje, conservación del agua y promoción de prácticas sostenibles.

Ing. Kevin Collantes: Deforestación, biodiversidad, conservación del agua, educación ambiental y cambio climático.

Ing. Ariel Zárate: Cuidado del medio ambiente, reciclaje, conservación del agua, educación ambiental y biodiversidad.

4.1.3.3 Contribución de la tecnología al cuidado del medio ambiente

Kevin Fernando Loor: Monitorización de recursos, reducción de residuos y promoción de prácticas sostenibles mediante sensores y automatización.

Ing. Kevin Collantes: Medición de contaminantes con sondas para identificar su dispersión en agua y aire.

Ing. Ariel Zárate: Uso de IA, Internet de las cosas y computación en la nube para mejorar la gestión de recursos y la mitigación del cambio climático.

4.1.3.4 Funcionalidades esenciales para motivar el uso cotidiano del dispositivo

Kevin Fernando Loor: Funcionalidades interactivas, seguimiento de progreso y recompensas para incentivar la participación.

Ing. Kevin Collantes: Incorporación de juegos y una aplicación educativa para niños.

Ing. Ariel Zárate: Actividades interactivas, opción de compartir logros en redes sociales y colaboración entre usuarios.

4.1.3.5 Elementos que harían atractivo el dispositivo para personas interesadas en el medio ambiente pero no en la tecnología

Kevin Fernando Loor: Diseño intuitivo, interfaz amigable y elementos visuales atractivos.

Ing. Kevin Collantes: Simplicidad, accesibilidad, contenido educativo claro y actividades prácticas.

Ing. Ariel Zárate: Usabilidad, instrucciones claras y contenido ambiental relevante y actualizado.

4.1.3.6 Características de diseño sostenibles (materiales, energía, reciclabilidad)

Kevin Fernando Loor: Materiales reciclables o biodegradables, eficiencia energética y uso de baterías recargables o carga solar.

Ing. Kevin Collantes: Materiales sostenibles y energías renovables como solar o eólica.

Ing. Ariel Zárate: Uso de materiales reciclables, tecnologías energéticamente eficientes y sistemas de energía renovable.

4.1.3.7 Conceptos ambientales clave para las actividades del dispositivo

Kevin Fernando Loor: Gestión de residuos, reciclaje, conservación del agua y energía sostenible.

Ing. Kevin Collantes: Gestión de residuos, reciclaje, conservación del agua, biodiversidad y deforestación.

Ing. Ariel Zárate: Reciclaje, educación ambiental, conservación del agua, energía renovable y biodiversidad.

4.1.3.8 Sugerencias para mejorar la usabilidad e impacto educativo del dispositivo

Kevin Fernando Loor: Interfaz intuitiva, retroalimentación inmediata y recompensas interactivas.

Ing. Kevin Collantes: Aplicación enfocada en escuelas para fomentar la educación ambiental desde la infancia.

Ing. Ariel Zárate: Interactividad, personalización y una estructura clara para facilitar la comprensión.

4.1.4 Síntesis de la entrevista

Con base en la información obtenida en las entrevistas con los expertos, se elaboró una tabla de conclusiones que sintetiza los aspectos clave abordados en cada pregunta. En esta tabla se identifican los puntos en común entre las respuestas, las diferencias de enfoque y las implicaciones para el diseño del dispositivo lúdico.

La tabla permite visualizar de manera estructurada cómo los expertos coinciden en la importancia de la educación ambiental, el uso de tecnologías sostenibles y la necesidad de una interfaz intuitiva para fomentar la participación de los usuarios. Asimismo, se destacan aspectos específicos mencionados por cada entrevistado, como la integración de aplicaciones móviles, el uso de sensores para la medición ambiental y la gamificación como estrategia de motivación.

A partir de esta síntesis, se pueden extraer conclusiones relevantes para el desarrollo del dispositivo, asegurando que su diseño y funcionalidad respondan a los desafíos ambientales identificados y contribuyan efectivamente a la concienciación ecológica.

Tabla 8. *Síntesis a las preguntas*

Síntesis a expertos	
1. Principales desafíos ambientales	Contaminación por plásticos, escasez de agua, cambio climático y pérdida de biodiversidad. Se resalta también la falta de educación ambiental y tecnologías para la detección de factores climáticos.
2. Temas esenciales en un dispositivo lúdico	Reciclaje, gestión de residuos, conservación del agua, educación ambiental y biodiversidad. También se menciona la deforestación y la promoción de prácticas sostenibles.
3. Aporte de la tecnología al medio ambiente	Facilita la monitorización de recursos, el control de contaminantes y la automatización de procesos sostenibles mediante sensores.
4. Funcionalidades esenciales en un dispositivo lúdico	Juegos interactivos, seguimiento de progreso, recompensas, posibilidad de compartir logros en redes sociales y una aplicación complementaria para reforzar el aprendizaje.
5. Atractivo para personas no tecnológicas	Diseño intuitivo, interfaz amigable, información clara y atractiva, junto con actividades interactivas que generen interés en la educación ambiental.
6. Características sostenibles del dispositivo	Uso de materiales reciclables o biodegradables, eficiencia energética con baterías recargables o energía renovable y diseño de bajo impacto ambiental.

7. Conceptos ambientales imprescindibles	Gestión de residuos, reciclaje, conservación del agua, biodiversidad, energía renovable y educación ambiental.
8. Mejoras en usabilidad e impacto educativo	Interfaz clara y estructurada, retroalimentación interactiva, recompensas motivacionales y adaptación para su aplicación en la educación escolar.

FUENTE: PROPIA DEL AUTOR

ELABORADO: LOZA YANEZ KEVIN ADRIAN

4.1.5 Diseño de un Dispositivo Lúdico Ambiental

Desde un principio, se estableció que el dispositivo debía integrar tecnologías interactivas para maximizar el impacto en la educación ambiental. La consulta bibliográfica reveló que el aprendizaje basado en la interacción aumenta la retención de información y mejora el compromiso del usuario. Por esta razón, se optó por una estructura similar a una máquina minimalista con luces LED, proporcionando una experiencia inmersiva que capta la atención del usuario.

Las entrevistas con expertos confirmaron que la gamificación es una estrategia clave en la educación ambiental. En consecuencia, el dispositivo fue diseñado para permitir la interacción entre dos personas, fomentando la participación y el aprendizaje colaborativo a través de preguntas y respuestas en la pantalla. Además, se implementó un sistema de retroalimentación visual y sonora para reforzar la experiencia de aprendizaje.

Un aspecto clave identificado en la investigación fue la accesibilidad del dispositivo para personas no familiarizadas con la tecnología. Para abordar este desafío, se diseñó una interfaz intuitiva con instrucciones claras y botones de interacción sencillos. Asimismo, se seleccionaron materiales reciclables y componentes de bajo consumo energético, alineados con la necesidad de sostenibilidad identificada en la revisión bibliográfica y validada por los expertos consultados.

Otro elemento fundamental en el diseño fue la selección de los temas ambientales a abordar. Tanto la bibliografía como las entrevistas coincidieron en la importancia de tratar problemáticas como el reciclaje, la gestión de residuos, la conservación del agua y la biodiversidad. Por ello, el dispositivo incluye preguntas y desafíos relacionados con estos conceptos, asegurando que los usuarios no solo participen en una experiencia lúdica, sino que también adquieran conocimientos clave para la preservación del medio ambiente.

4.2 Identificación los sensores, módulos y componentes más adecuados para el diseño del dispositivo lúdico basado en Internet de las cosas.

4.2.1 Componentes adecuados

Para validar la funcionalidad del dispositivo lúdico basado en Internet de las Cosas, se ha realizado una selección rigurosa de componentes electrónicos y tecnológicos que respondan tanto a los requerimientos funcionales del sistema como a las condiciones operativas del entorno. La elección de cada elemento fue fundamentada en criterios técnicos como compatibilidad, eficiencia energética, capacidad de procesamiento, conectividad, escalabilidad y facilidad de integración.

Se optó por el uso de una Raspberry Pi 4 Modelo B con 8 GB de RAM debido a su arquitectura de 64 bits, su capacidad de ejecutar sistemas operativos completos y su amplio soporte para protocolos de comunicación como I2C, SPI y UART. Este microordenador es ideal para aplicaciones de Internet de las cosas que requieren procesamiento local, conectividad inalámbrica (Wi-Fi y Bluetooth) y soporte multimedia. La Raspberry Pi permite, además, una gestión eficiente de sensores y módulos periféricos gracias a su versatilidad y comunidad de desarrollo activa.

La incorporación de sensores ambientales como el DHT22, el BMP280, y el FC-28, permiten monitorear condiciones de temperatura, humedad, presión atmosférica y humedad del suelo. Estos datos son fundamentales para generar respuestas interactivas y adaptar el comportamiento del dispositivo a su entorno físico.

En cuanto a la interfaz de usuario, se ha implementado una pantalla táctil LCD HDMI de 5 pulgadas, que brinda una experiencia visual dinámica e interactiva, además de facilitar la manipulación del sistema sin periféricos adicionales.

A partir de estos ensayos, se identificaron mejoras y ajustes necesarios para optimizar la funcionalidad del dispositivo, asegurando que cumpla con su propósito de fomentar el cuidado del medio ambiente a través de la interacción lúdica.

Tabla 9. *Componentes del dispositivo*

Componentes		
Componente	Función	Características principales
Raspberry Pi 4 Modelo B	Microcontrolador principal del sistema	CPU Quad-core Cortex-A72 1.5 GHz, 8 GB RAM, Wi-Fi, Bluetooth, 2x HDMI, 2x USB 3.0, GPIO de 40 pines[24]
Case de aluminio con 2 ventiladores	Protección y refrigeración de la Raspberry Pi	Estructura metálica, disipación pasiva y activa, mejora el flujo de aire[23]
Pantalla LCD HDMI 5” (800×480)	Visualización de interfaz gráfica e interacción del usuario	Pantalla táctil, conexión HDMI, resolución 800x480 px, compatible con Raspberry Pi
Sensor ultrasónico HC-SR04	Medición de distancia mediante ultrasonido	Rango de 2 cm a 400 cm, precisión de 3 mm, interfaz digital[22]
Sensor de humedad de suelo FC-28	Monitoreo de humedad en el suelo	Salida analógica y digital, incluye sonda de acero, ideal para agricultura y jardinería
Sensor DHT22	Medición de temperatura y humedad ambiental	Rango de temperatura: -40 a 80 °C, humedad: 0–100%, precisión ±2% RH, comunicación digital.[24]

Sensor BMP280	Medición de presión, temperatura y altitud	Interfaz I2C/SPI, rango de presión 300–1100 hPa, bajo consumo, ideal para monitoreo ambiental.[23]
Sensor de conductividad TDS	Medición de calidad del agua	Mide sólidos disueltos (0–1000 ppm), ideal para agua potable o monitoreo en plantas
Cable UTP Categoría 5e (1 metro)	Transmisión de datos en red local	4 pares trenzados, velocidad hasta 100 Mbps, blindaje básico.[21]
Adaptador cargador 5V 5A	Fuente de alimentación para la Raspberry Pi	Salida estable de 5 voltios a 5 amperios, conector tipo USB-C, ideal para alto rendimiento.[22]

FUENTE: PROPIA DEL AUTOR

ELABORADO: LOZA YANEZ KEVIN ADRIAN

4.2.2 Justificación de la Selección de Componentes

La selección de los componentes para el diseño del dispositivo lúdico basado en Internet de las Cosas, se realizó con base en criterios técnicos específicos, considerando eficiencia, compatibilidad, consumo energético y facilidad de integración. Cada componente cumple una función clave dentro del sistema, garantizando una interacción fluida y una experiencia inmersiva para los usuarios.

Raspberry Pi 4 Modelo B (8 GB RAM): Este microordenador fue seleccionado por su capacidad de procesamiento y conectividad. Gracias a su soporte para múltiples protocolos de comunicación y su sistema operativo basado en Linux, permite el control eficiente de sensores y pantallas, siendo una solución ideal para proyectos de internet de las cosas de mediana complejidad.

Case de aluminio: Este componente no solo protege la Raspberry Pi, sino que además optimiza la disipación del calor gracias a su diseño con ventilación activa y pasiva, lo cual prolonga la vida útil del dispositivo y garantiza su funcionamiento estable.

Pantalla LCD HDMI 5" (800×480): Permite una interacción táctil directa con el usuario, haciendo que el dispositivo sea más intuitivo, atractivo y accesible en entornos educativos y lúdicos.

Sensor ultrasónico HC-SR04: Ideal para detectar presencia o proximidad de usuarios sin contacto físico, lo que mejora la experiencia de interacción con el sistema y permite activar respuestas del dispositivo basadas en la distancia.

Sensor de humedad de suelo FC-28: Su inclusión permite monitorear el nivel de humedad del suelo, lo cual es útil para simular escenarios relacionados con el medio ambiente, agricultura o conciencia ecológica dentro de la lógica lúdica del dispositivo.

Sensor DHT22: Este sensor es confiable y preciso para medir temperatura y humedad relativa, parámetros esenciales para ofrecer una experiencia adaptativa y contextualizada a las condiciones ambientales reales.

Sensor BMP280: Su capacidad para medir la presión atmosférica con precisión lo convierte en una herramienta útil para enriquecer las funciones del dispositivo relacionadas con el monitoreo climático o la simulación de fenómenos naturales.

Cable UTP categoría 5e y conectores RJ45: Se emplean para establecer conexiones físicas seguras entre los distintos módulos y permitir la comunicación de red cuando no se utiliza Wi-Fi, garantizando estabilidad en la transferencia de datos.

4.2.2.1 Unidad de Procesamiento y Control

La unidad de procesamiento y control del dispositivo lúdico basado en Internet de las Cosas está representada por la Raspberry Pi 4 Modelo B (8 GB de RAM). Este componente fue elegido por su alta capacidad de cómputo, eficiencia energética y versatilidad en aplicaciones de desarrollo embebido de Internet de las cosas.

La Raspberry Pi 4 incorpora un procesador Quad-core Cortex-A72 de 64 bits a 1.5 GHz, que proporciona un rendimiento comparable al de equipos de escritorio básicos, permitiendo ejecutar sistemas operativos como Raspberry Pi OS y otras distribuciones Linux compatibles. Además, su memoria RAM de 8 GB mejora la capacidad multitarea y permite el uso de interfaces gráficas avanzadas, como las necesarias para la interacción con pantallas táctiles y múltiples sensores en simultáneo.

Desde el punto de vista de la conectividad, la placa cuenta con puertos USB 3.0, HDMI dual, Wi-Fi integrado y Bluetooth, lo cual facilita la integración de periféricos, la conexión con servicios en la nube y la comunicación con otros dispositivos inteligentes.

4.2.2.2 Interfaz de Usuario

Constituye un componente esencial en la interacción entre el dispositivo y el usuario final. Para este proyecto, se optó por una pantalla táctil LCD de 5 pulgadas con resolución de 800x480 píxeles y conexión HDMI, la cual permite una experiencia gráfica intuitiva y directa, sin necesidad de periféricos adicionales como teclado o mouse.

Este tipo de interfaz gráfica permite visualizar menús, recibir instrucciones e interactuar de manera dinámica con el sistema. Al ser compatible con la Raspberry Pi 4, la pantalla táctil se integra sin requerir adaptadores externos, facilitando el despliegue de interfaces desarrolladas mediante entornos como Python. La incorporación del tacto como medio de entrada mejora significativamente la usabilidad, especialmente en entornos educativos o de concienciación ambiental, donde la accesibilidad y la respuesta visual inmediata son claves.

La elección de esta pantalla también responde a criterios de portabilidad, bajo consumo de energía y resistencia física, lo cual la hace adecuada para prototipos de campo o estaciones interactivas en espacios públicos.

4.2.2.3 Conectividad y Comunicación

La capacidad de comunicación y transferencia de datos entre componentes es fundamental en todo sistema basado en el Internet de las Cosas. En este proyecto, se implementaron soluciones tanto cableadas como inalámbricas para asegurar una conectividad estable, segura y eficiente entre la unidad de procesamiento, los sensores y otros elementos periféricos.

Por el lado de la conectividad cableada, se utilizó cable UTP Categoría 5e de 1 metro con conectores RJ45, el cual permite una transmisión de datos a velocidades de hasta 100 Mbps. Esta elección garantiza una conexión local confiable entre la Raspberry Pi 4 y otros dispositivos de red, facilitando la configuración inicial, la carga de actualizaciones del sistema y la supervisión remota del dispositivo mediante herramientas como RealVNC Viewer o Advanced IP Scanner.

En cuanto a la comunicación inalámbrica, la Raspberry Pi 4 dispone de Wi-Fi de doble banda y Bluetooth integrado, lo que permite su conexión con servidores remotos, plataformas en la nube y otros dispositivos sin necesidad de infraestructura adicional. Esta característica resulta clave para habilitar la interacción remota con el sistema, la recolección de datos a distancia y la actualización continua del contenido mostrado en la interfaz de usuario.

4.2.2.4 Sensores y Actuadores

Los sensores y actuadores constituyen la capa física de interacción del sistema, permitiendo recopilar información del entorno y generar respuestas del dispositivo en función de los datos obtenidos.

Para este proyecto se seleccionaron sensores específicos de tipo digital y analógico, con el fin de monitorear variables ambientales y detectar la presencia o interacción de los usuarios. Entre ellos se encuentran:

- Sensor ultrasónico HC-SR04: utilizado para detectar la presencia de usuarios frente al dispositivo mediante la medición de distancia por ultrasonido. Su alta precisión (± 3 mm) y alcance de hasta 4 metros lo hacen ideal para activar respuestas visuales o lúdicas en tiempo real.
- Sensor de humedad de suelo FC-28: implementado para simular condiciones ambientales del suelo, muy útil en el contexto educativo y de concienciación ecológica. Este sensor ofrece señales analógicas y digitales, lo que facilita su integración con la Raspberry Pi mediante conversores ADC si se requiere.
- Sensor DHT22: combina la medición de temperatura y humedad con alta precisión. Al utilizar un protocolo de comunicación digital, simplifica la adquisición de datos ambientales en tiempo real con bajo consumo energético.

- Sensor BMP280: empleado para la medición de presión atmosférica, lo que permite enriquecer la experiencia del usuario al simular fenómenos meteorológicos. Su bajo consumo y compatibilidad con interfaces I2C/SPI lo hacen especialmente adecuado para sistemas embebidos como este.

4.2.2.5 Alimentación y Gestión de Energía

La alimentación y gestión de energía es un aspecto crítico en el diseño de dispositivos, ya que impacta directamente en la autonomía, estabilidad y eficiencia operativa del sistema.

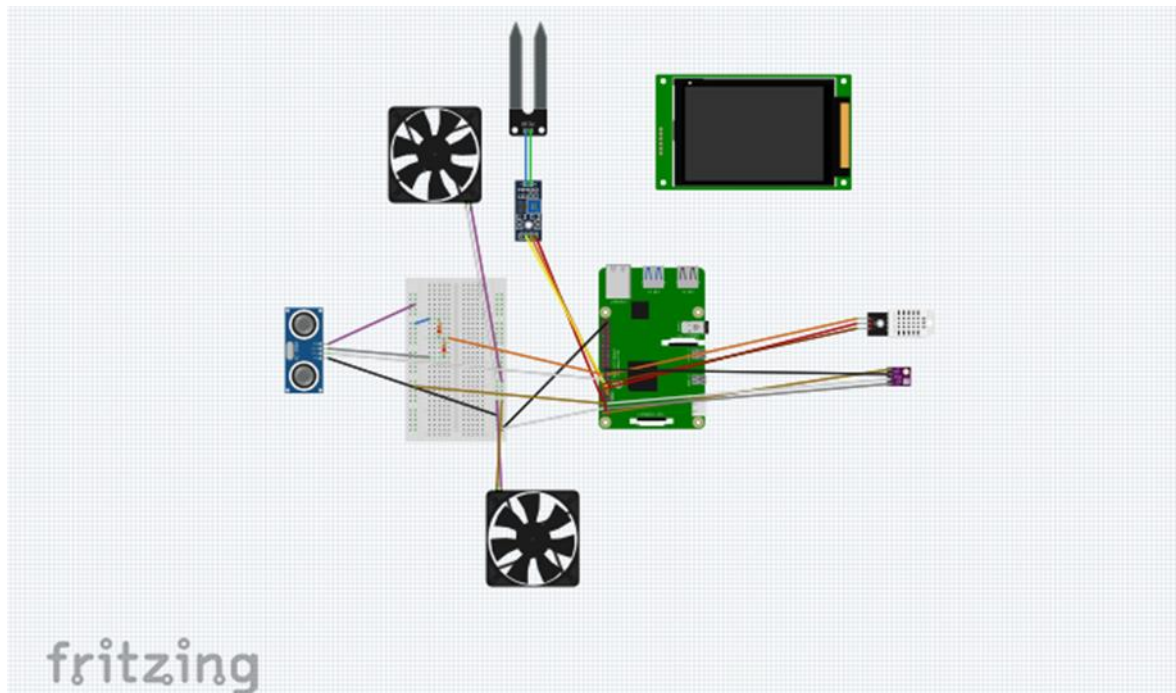
En este proyecto, se emplea una fuente de energía eléctrica continua y estable proporcionada por una fuente externa conectada a la red doméstica. La Raspberry Pi 4 Modelo B, como unidad de procesamiento central, requiere una entrada de 5V con al menos 3A, para lo cual se utiliza un adaptador de corriente certificado que garantiza el suministro adecuado sin fluctuaciones.

Se optó por una alimentación por corriente alterna (AC) a través de adaptador, en lugar de una fuente móvil (como baterías o power banks), debido a la naturaleza semi-estacionaria del dispositivo, que está diseñado para funcionar de forma continua en espacios interiores como aulas, laboratorios o zonas interactivas.

4.2.3 Diagrama de Conexión

El siguiente diagrama de conexión ilustra la arquitectura de interconexión entre los componentes electrónicos seleccionados para el diseño del dispositivo lúdico basado en Internet de las Cosas. Este esquema fue desarrollado utilizando el software Fritzing, herramienta ampliamente empleada en el ámbito educativo y profesional para la representación gráfica de circuitos electrónicos.

Figura 6. Diagrama de conexión representa la arquitectura física del sistema.



Nota: diagrama de conexión ilustra la arquitectura de interconexión entre los componentes electrónicos.

- El sensor ultrasónico HC-SR04 está conectado a través de pines digitales para la detección de presencia.
- El sensor de humedad de suelo FC-28, junto con su módulo de acondicionamiento, se conecta a un pin GPIO mediante una protoboard intermedia.
- El sensor DHT22 se vincula directamente a la Raspberry Pi para proporcionar lecturas de temperatura y humedad ambiental.
- El sensor BMP280, mediante comunicación I2C, aporta datos de presión atmosférica.
- Dos ventiladores de 5V se conectan para simular respuesta ambiental o realizar tareas de enfriamiento, energizados desde los pines de 5V y controlados por GPIO.
- La pantalla táctil LCD HDMI de 5" se conecta vía HDMI y USB (no visible en la vista Fritzing) para mostrar la interfaz de usuario.

4.3 Análisis del grado de usabilidad del dispositivo propuesto mediante un estudio de usuarios para la incorporación de mejoras.

4.3.1 Objetivo y Contextualización del Estudio de Usabilidad

Con el propósito de evaluar la experiencia de uso y determinar posibles mejoras, se llevó a cabo una prueba de usabilidad con usuarios reales. La interacción se realizó en un entorno público, específicamente en un centro comercial Paseo shopping Quevedo, con una población de 100 personas tomando una muestra de 28 y 32 personas de diferentes edades (entre 17 y 40 años) probaron el dispositivo y participaron en una breve sesión de evaluación mediante un instrumento estandarizado.

Durante la interacción, los usuarios accedieron a tres actividades principales:

- **Hábitos Ambientales:** orientada a fomentar conductas sostenibles mediante preguntas interactivas.
- **¿Sabías que...?:** sección con curiosidades y datos que fortalecen el conocimiento ambiental.
- **Seleccionar la respuesta correcta:** dinámica para asociar acciones con consecuencias ambientales, reforzando el aprendizaje.

La reacción del público fue ampliamente positiva. Los usuarios destacaron el diseño atractivo del dispositivo, la claridad de las actividades y la facilidad de uso. Sin embargo, también realizaron sugerencias constructivas, como ampliar el tamaño de la pantalla, incorporar audio como apoyo sensorial y considerar un sistema de recompensas reales como incentivo adicional para motivar la participación.

4.3.2 Metodología del Estudio

Para analizar la usabilidad del dispositivo lúdico basado en Internet de las Cosas, se aplicó una evaluación cualitativa y cuantitativa mediante el método de pruebas con usuarios, utilizando como instrumento el System Usability Scale,[10] un cuestionario estandarizado de 10 ítems ampliamente utilizado en el ámbito de la ingeniería de usabilidad. Este instrumento permite medir la percepción de facilidad de uso, eficiencia y satisfacción del usuario, mediante una escala tipo Likert de 5 puntos.

La selección no probabilística respondió a criterios de accesibilidad y a la necesidad de evaluar el dispositivo en un entorno naturalista. Por ello, la recolección de datos se llevó a cabo en un centro comercial Paseo shopping Quevedo, lo que permitió observar el comportamiento espontáneo de los participantes frente al dispositivo interactivo.

Durante la prueba, se incentivó a los usuarios a explorar libremente las funcionalidades del dispositivo, el cual integra una interfaz táctil con contenido educativo y lúdico orientado al fomento de la conciencia ambiental. Las secciones del sistema incluyeron actividades como “Hábitos Ambientales”, “¿Sabías Qué?” y “Unir con líneas”, diseñadas con fines pedagógicos y de sensibilización ecológica.

Cada participante completó de manera individual el cuestionario de escala SUS. Las respuestas fueron procesadas mediante una hoja de cálculo validada, diseñada específicamente para el análisis de este tipo de instrumentos, permitiendo calcular automáticamente la puntuación final de usabilidad por individuo y el promedio general del grupo.

Tabla 10. *Cuestionario sistema de escala de usabilidad*

Cuestionario sistema de escala de usabilidad		
Número de pregunta	Pregunta	Posible calificación en escala Likert
1	¿Me gustaría usar este dispositivo frecuentemente?	1 = Muy en desacuerdo, 5 = Muy de acuerdo
2	¿Encontré el dispositivo innecesariamente complicado?	1 = Muy en desacuerdo, 5 = Muy de acuerdo
3	¿Pensé que el dispositivo era fácil de usar?	1 = Muy en desacuerdo, 5 = Muy de acuerdo

- | | | |
|----|--|--|
| 4 | ¿Creo que necesitaría ayuda técnica para poder usar este dispositivo? | 1 = Muy en desacuerdo, 5 =
Muy de acuerdo |
| 5 | ¿Las funciones del dispositivo estaban bien integradas? | 1 = Muy en desacuerdo, 5 =
Muy de acuerdo |
| 6 | ¿Me encontré con muchas inconsistencias al usar el dispositivo? | 1 = Muy en desacuerdo, 5 =
Muy de acuerdo |
| 7 | ¿Creo que la mayoría de las personas podrían aprender a usar el dispositivo rápidamente? | 1 = Muy en desacuerdo, 5 =
Muy de acuerdo |
| 8 | ¿Encontré el dispositivo molesto de usar? | 1 = Muy en desacuerdo, 5 =
Muy de acuerdo |
| 9 | ¿Me sentí confiado al usar el dispositivo? | 1 = Muy en desacuerdo, 5 =
Muy de acuerdo |
| 10 | ¿Tuve que aprender muchas cosas antes de poder usar el dispositivo? | 1 = Muy en desacuerdo, 5 =
Muy de acuerdo |

FUENTE: PROPIA DEL AUTOR

ELABORADO: LOZA YANEZ KEVIN ADRIAN

La calificación global obtenida fue de 75.3 puntos, lo que, según la escala interpretativa propuesta por Bangor, Kortum y Miller,[42] se clasifica como un nivel de usabilidad “bueno” y se ubica dentro del rango de aceptabilidad (superior a 68), correspondiente a una categoría B dentro del percentil de usabilidad. Este resultado sugiere que el diseño del dispositivo cumple con estándares adecuados de eficiencia, facilidad de uso y satisfacción percibida por el usuario.

Se recolectaron observaciones cualitativas que permitieron enriquecer el análisis. Los participantes manifestaron una experiencia positiva en términos de diseño visual, interacción táctil y claridad en la navegación. Sin embargo, se identificaron recomendaciones recurrentes como: aumentar el tamaño de la pantalla, incorporar salida de audio para mejorar la retroalimentación sensorial, y considerar la inclusión de recompensas físicas como incentivo para fomentar la participación continua.

Figura 7. Prueba de usabilidad SUS.

Average SCORE

75,3

Average GRADE

B



TEACUP LAB

User Research and UX consultancy

	QUESTION 1	QUESTION 2	QUESTION 3	QUESTION 4	QUESTION 5	QUESTION 6	QUESTION 7	QUESTION 8	QUESTION 9	QUESTION 10	SUS Score	SUS Grade
	Me gustaría usar este dispositivo frecuentemente.	Encontré el dispositivo innecesariamente complicado.	Pensé que el dispositivo era fácil de usar.	Creo que necesitaría ayuda técnica para poder usar este dispositivo.	Las funciones del dispositivo estaban bien integradas.	Me encontré con muchas inconsistencias al usar el dispositivo. (Invertida)	Creo que la mayoría de las personas podrían aprender a usar el	Encontré el dispositivo molesto de usar.	Me sentí confiado al usar el dispositivo.	Tuve que aprender muchas cosas antes de poder usar el dispositivo		
Participant	2	1	4	1	3	3	5	1	5	1	80	A
Participant	3	2	5	1	2	4	4	1	5	1	75	B
Participant	3	1	5	1	2	3	5	1	5	1	82,5	A
Participant	4	2	4	1	2	5	5	1	5	1	75	B
Participant	4	1	4	1	2	3	5	1	5	1	82,5	A
Participant	4	2	4	1	3	4	5	1	5	1	80	A
Participant	4	1	5	1	3	3	5	1	5	1	87,5	A
Participant	3	1	5	2	3	2	5	1	5	1	85	A
Participant	4	2	4	2	2	4	4	1	5	1	72,5	C
Participant	3	2	4	2	2	4	5	1	5	1	72,5	C
Participant	2	3	5	1	2	4	5	1	5	1	72,5	C
Participant	1	2	3	1	5	4	4	1	5	1	72,5	C
Participant	2	2	5	1	2	4	4	1	5	1	72,5	C
Participant	3	2	3	1	3	5	4	1	5	1	70	C
Participant	4	2	2	2	3	4	4	1	5	1	70	C
Participant	1	1	4	2	1	3	4	1	5	1	67,5	C
Participant	3	1	1	2	2	3	5	1	5	1	70	C
Participant	4	1	4	1	2	5	5	1	5	1	77,5	B
Participant	3	1	5	2	4	5	5	1	5	1	80	A
Participant	4	1	4	2	2	5	5	1	5	1	75	B
Participant	4	2	3	1	2	4	5	1	5	1	75	B
Participant	5	2	4	2	2	5	4	1	5	1	72,5	C
Participant	5	1	5	1	3	4	5	1	5	1	87,5	A
Participant	4	1	2	2	3	5	4	1	5	1	70	C
Participant	2	2	3	1	1	4	5	1	5	1	67,5	C
Participant	4	2	3	2	2	4	5	1	5	1	72,5	C
Participant	5	1	2	2	1	5	5	1	5	1	70	C
Participant	4	2	1	2	2	3	5	1	5	1	70	C
Participant	5	2	2	2	5	5	5	1	5	1	77,5	B
Participant	5	1	3	2	3	4	4	1	5	1	77,5	B

FUENTE: PROPIA DEL AUTOR
ELABORADO: LOZA YANEZ KEVIN ADRIAN

4.3.3 Análisis Cualitativo

Durante la fase de evaluación de los datos cuantitativos derivados de la escala de usabilidad, se realizó una recolección paralela de opiniones cualitativas proporcionadas de forma espontánea por los usuarios luego de su interacción con el dispositivo. Estas observaciones se agruparon en categorías temáticas que permiten identificar tanto fortalezas como oportunidades de mejora del sistema.

Entre los aspectos más valorados por los participantes, se destacó el diseño visual llamativo y temático del dispositivo, inspirado en un árbol de estilo Minecraft, lo cual generó un alto nivel de atracción visual, especialmente en usuarios jóvenes. Asimismo, la interfaz táctil fue percibida como intuitiva y de fácil navegación, lo que facilitó la interacción con las actividades propuestas.

En cuanto a las sugerencias de mejora, las observaciones más recurrentes incluyeron:

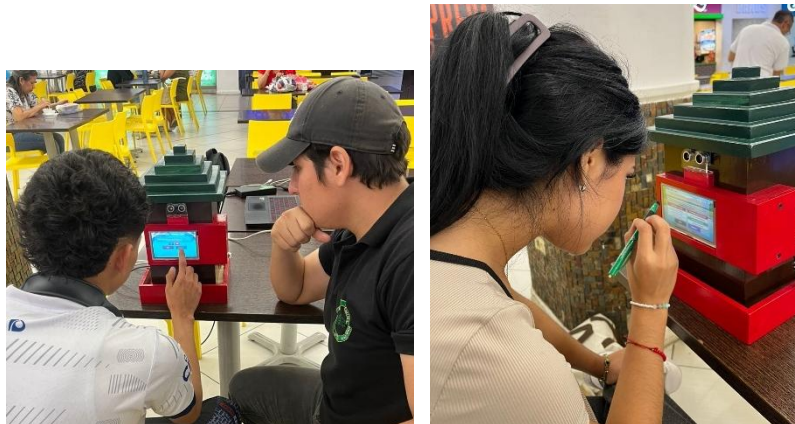
- **Aumento del tamaño de la pantalla:** los usuarios indicaron que una pantalla de mayores dimensiones podría mejorar la legibilidad del contenido y facilitar el acceso a los elementos interactivos, especialmente para personas con dificultades visuales o manos grandes.
- **Incorporación de salida de audio:** se propuso integrar retroalimentación sonora para complementar la experiencia visual y facilitar la comprensión de las actividades, especialmente en contextos donde el usuario no puede prestar atención únicamente a la pantalla.
- **Sistema de recompensas físicas o digitales:** varios participantes sugirieron incluir un mecanismo de incentivos, como la entrega de premios simbólicos, reconocimientos digitales o beneficios reales, para motivar el uso continuo del dispositivo y reforzar los aprendizajes adquiridos.

Figura 8. Prueba de usabilidad en grupo.



Nota: Pruebas de usabilidad a un grupo de personas en el centro comercial paseo shopping Quevedo

Figura 9. Prueba de usabilidad individual.



Nota: Pruebas de usabilidad con usuarios reales en el centro comercial paseo shopping Quevedo

FUENTE: PROPIA DEL AUTOR
ELABORADO: LOZA YANEZ KEVIN ADRIAN

4.4 Discusión

Los resultados obtenidos a través de la aplicación del cuestionario System Usability Scale (SUS) permitieron evaluar de manera objetiva la percepción de los usuarios respecto a la usabilidad del dispositivo lúdico basado en Internet de las Cosas. La calificación promedio de 75.3 sitúa al sistema dentro de la categoría "B", correspondiente a un nivel de usabilidad “bueno”, según la escala interpretativa de Bangor et al. (2009). Esta ubicación por encima del umbral aceptable (68 puntos) respalda la viabilidad del prototipo como herramienta de interacción educativa y sensibilización ambiental en contextos reales.

Comparando estos resultados con estudios similares, como el de Jiménez y Torres (2021), quienes evaluaron un recurso didáctico interactivo para educación ambiental mediante el mismo instrumento, se observa una concordancia en la percepción positiva por parte de los usuarios hacia sistemas que combinan elementos lúdicos y tecnología para promover el cambio de hábitos. No obstante, mientras el estudio de Jiménez se centró en plataformas web, el presente trabajo introduce una innovación significativa al incorporar un dispositivo físico con interacción táctil directa en espacios públicos.

Estudios como el de Pacheco y Molina (2019) demostraron que los dispositivos físicos interactivos en espacios comunitarios elevan la participación activa del público frente a recursos digitales convencionales. El hecho de que el presente dispositivo funcione sin requerir conectividad constante a internet, y pueda instalarse en parques o centros educativos, lo convierte en una herramienta de bajo costo y alto impacto para la promoción de valores ecológicos, incluso en comunidades con infraestructura tecnológica limitada.

Asimismo, las observaciones cualitativas recogidas en campo revelan aspectos relevantes para futuras iteraciones. Entre los comentarios más recurrentes destacan la necesidad de ampliar el tamaño de la pantalla y añadir retroalimentación auditiva, aspectos también señalados por Rodríguez et al. (2020) en su análisis sobre la experiencia de usuario en sistemas interactivos públicos. Estos elementos no solo mejoran la accesibilidad, sino que también incrementan el nivel de inmersión del usuario en las actividades propuestas.

Por otro lado, la propuesta de integrar recompensas reales como incentivo al uso conecta con modelos de gamificación, los cuales han demostrado ser eficaces para fomentar conductas sostenibles, como lo evidencian investigaciones de Domínguez y Sánchez (2022) en

entornos escolares. Esta convergencia teórica sugiere que el dispositivo, al incorporar elementos adicionales de motivación extrínseca, podría tener un impacto más profundo en la adopción de hábitos ambientales.

En conjunto, los hallazgos del presente estudio respaldan la efectividad del dispositivo en términos de usabilidad y percepción del usuario. No obstante, se identifican áreas de mejora que permitirán refinar el diseño e incrementar su eficacia pedagógica y operativa. La combinación de evaluación cuantitativa estandarizada con recolección cualitativa directa se consolida como una metodología robusta para el desarrollo de soluciones tecnológicas centradas en el usuario.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Mediante la revisión bibliográfica y las entrevistas a expertos en temas ambientales y sostenibilidad ambiental, se concluye que un dispositivo lúdico orientado al cuidado del medio ambiente debe integrar elementos de interacción directa, retroalimentación visual y contenidos pedagógicos personalizados. Estas características son fundamentales para fomentar el interés y la participación activa de los usuarios, especialmente en entornos públicos o educativos.
- Se logró identificar e implementar sensores y módulos que se adecuan técnicamente a las necesidades del dispositivo, priorizando criterios como eficiencia energética, compatibilidad con plataformas de internet de las cosas, facilidad de programación y durabilidad en entornos de uso continuo. El uso de microcontroladores como el Raspberry Pi 4 Modelo B, pantallas táctiles, sensores de proximidad y actuadores en conjunto con sensores como el HC-SR04, DHT22, BMP280, sensor de humedad FC-28 y sensor TDS, así como una pantalla táctil HDMI de 5 pulgadas, permitió construir una experiencia interactiva robusta y versátil, adecuada para entornos educativos y públicos.
- Los resultados del estudio de usuarios evidencian un alto nivel de aceptación y facilidad de uso del prototipo desarrollado. Las personas participantes indicaron que el dispositivo facilita la comprensión de mensajes ambientales de forma entretenida, clara y memorable. Asimismo, se identificaron oportunidades de mejora en aspectos como la velocidad de respuesta de algunos módulos y la claridad visual de ciertos elementos en condiciones de alta luminosidad.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda incluir desde las fases iniciales del diseño un enfoque participativo, con entrevistas o encuestas a expertos y usuarios potenciales. Esto permite definir de manera más precisa las características deseables del dispositivo y alinearlos mejor con los objetivos educativos o ambientales propuestos.
- Es recomendable continuar utilizando módulos de bajo consumo y de fácil integración como los usados en este proyecto. Además, se sugiere explorar alternativas de conectividad como LoRa o NB-IoT, en función del entorno de implementación, así como considerar el uso de paneles solares si se busca una solución autosustentable.
- Se recomienda implementar ciclos iterativos de prueba con usuarios, aplicando metodologías de diseño centrado en el usuario (DCU). De esta forma, el dispositivo podrá adaptarse progresivamente a diferentes públicos y contextos, manteniendo su atractivo visual, funcionalidad lúdica y efectividad en la transmisión del mensaje ambiental.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍ

6.1 Bibliografía

- [1] G. Mylonas, D. Amaxilatis, L. Pocero, I. Markelis, J. Hofstaetter, and P. Koulouris, “Using an educational IoT lab kit and gamification for energy awareness in European schools,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Jun. 2018, pp. 30–36. doi: 10.1145/3213818.3213823.
- [2] C. Rodosthenous, E. Mavrotheris, W. Greller, and B. Tabuenca, “Creating Environmental Awareness in Education Through IoT and Gamification,” in *Lecture Notes in Networks and Systems*, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2023, pp. 657–668. doi: 10.1007/978-3-031-26190-9_69.
- [3] Naciones Unidas, “Biodiversidad,” <https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/biodiversity#:~:text=El%20cambio%20climático%20ha%20transformado,extinciones%20provocadas%20por%20el%20clima>.
- [4] H. Jesús and S. Canales, “Educación ambiental y su contribución al cuidado y protección del ecosistema,” Mar. 2021. [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0003-2754-9514>
- [5] H. J. Salas-Canales, “Dialnet-ConstruccionDeMarcasVerdes-8090630,” pp. 5–9, Jul. 2021.
- [6] M. Elena, R. Ticlla, J. E. Agustín, and P. Caballero, “Conciencia ambiental desde la educación: Estado del Arte,” Mar. 2021. [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0002-2969-4484>. <https://scholar.google.com/citations?user=mCALV84AAAAJ&hl=es>
- [7] George Jhon Cruz Visa, “Educación ambiental en instituciones educativas de educación básica en Latinoamérica: Revisión sistemática,” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 6, no. 3, pp. 723–739, Jun. 2022, doi: 10.37811/cl_rcm.v6i3.2255.
- [8] A. Rahman, A. Bida Purnamasari, and B. Anwar, *Integration of Education and Internet of Things as an Environmental Conservation Effort*. 2023. Accessed: Nov. 06, 2024. [Online]. Available: https://eprints.unm.ac.id/31731/2/6.2.%20Turnitin_%20preceeding-

Integration%20of%20Education%20and%20Internet%20of%20Things%20as%20an.pdf

- [9] M. A. Albreem, A. M. Sheikh, M. H. Alsharif, M. Jusoh, and M. N. Mohd Yasin, "Green Internet of Things (GIoT): Applications, Practices, Awareness, and Challenges," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 2–9, May 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3061697.
- [10] R. H. Ochante-Ramos, M. Riveros-Davalos, and N. G. Mamani-Mercado, "Prácticas sostenibles y conciencia ambiental: Estrategias para la conservación del medio ambiente," *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, vol. 8, no. 1, pp. 287–305, Aug. 2023, doi: 10.35381/r.k.v8i1.2791.
- [11] C. Rica and M. Castillo, "InterSedes: Revista de las Sedes Regionales," vol. 14, pp. 11–25, 2007, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66615071002>
- [12] tvazteca, "La contaminación ambiental puede ocasionar daños en tu salud."
- [13] F. J. Carliño, ; Franklin, O. Segura, and J. Esidio, "76 Manuel," May 2021, Accessed: Nov. 09, 2024. [Online]. Available: [file:///C:/Users/USER/Downloads/eavila,+Renaciente+2021\(5\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/eavila,+Renaciente+2021(5).pdf)
- [14] A. de las M. Grijalva Endara, M. E. Jiménez Heinert, and H. X. Ponce Solórzano, "Contaminación del agua y aire por agentes químicos," *RECIMUNDO*, vol. 4, no. 4, pp. 79–93, Oct. 2020, doi: 10.26820/recimundo/4.(4).octubre.2020.79-93.
- [15] D. Biosca Rojas and A. Balaira Reyes, "PROPUESTAS DE SOLUCIONES IOT PARA LA INDUSTRIA 4.0 NACIONAL IOT SOLUTION PROPOSALS FOR THE NATIONAL INDUSTRY 4.0," May 2024. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/379446342>
- [16] F. J. Ávila-Camacho and L. M. Moreno-Villalba, "Internet de las Cosas (IoT) Retos para las Empresas en la era de la Industria 4.0," *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, vol. 10, no. 20, pp. 10–16, Jan. 2023, doi: 10.29057/icbi.v10i20.9516.
- [17] "DEDICATORIA."
- [18] M. C. Abad Alay, M. A. Méndez García, and O. Erazo Moreta, "Tecnología de Internet de las Cosas en el monitoreo de cultivos agrícolas," *REVISTA ODIGOS*, vol. 4, no. 3, pp. 69–93, Oct. 2023, doi: 10.35290/ro.v4n3.2023.939.

- [19] E. Mulumeoderhwa Mufungizi, “El mundo de la conectividad: Un paso hacia el crecimiento del Internet de las Cosas en México,” *ComHumanitas: revista científica de comunicación*, vol. 13, no. 1, pp. 72–91, Jul. 2022, doi: 10.31207/rch.v13i1.336.
- [20] captia, “QUÉ SON LAS PLATAFORMAS IoT Y SUS APLICACIONES EN LA INDUSTRIA.”
- [21] sdindustrial, “Sensores,” <https://sdindustrial.com.mx/blog/sensores/>.
- [22] dewesoft, “Sensores Función,” <https://dewesoft.com/es/blog/que-es-un-sensor>.
- [23] sdindustrial, “Actuadores Función,” <https://sdindustrial.com.mx/blog/actuadores/>.
- [24] tameson, “Actuadores,” <https://tameson.es/pages/actuador>.
- [25] redhat, “Qué es el Internet de las cosas (IoT),” <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot>.
- [26] ticnegocios, “Dispositivos (I) Internet de las cosas (IoT),” <https://ticnegocios.camaravalencia.com/servicios/tendencias/caminar-con-exito-hacia-la-industria-4-0-capitulo-14-dispositivos-i-internet-de-las-cosas-iot/>.
- [27] proofpoint, “¿Qué es el wifi?,” <https://www.proofpoint.com/es/threat-reference/wifi>.
- [28] welivesecurity, “Bluetooth Low Energy,” <https://www.welivesecurity.com/es/2020/03/17/como-funciona-bluetooth-low-energy/>.
- [29] digi, “¿Qué es Zigbee?,” <https://es.digi.com/solutions/by-technology/zigbee-wireless-standard#:~:text=Zigbee%20es%20un%20protocolo%20inalámbrico,a%20través%20de%20una%20red>.
- [30] catsensors, “Tecnología LoRa y LoRaWAN,” <https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan>.
- [31] /aws.amazon, “¿Qué es el 5G?,” <https://aws.amazon.com/es/what-is/5g/>.
- [32] telefonica, “Qué es Ethernet y qué tipos de cables existen,” <https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/blog/que-es-ethernet-tipos-cables/>.
- [33] digikey, “Implementar el Internet de las cosas mediante un microcontrolador integrado,” <https://www.digikey.es/es/articles/implementing-the-internet-of->

things-with-an-integrated-microcontroller?srsltid=AfmBOopyP608OajjFIPWi6mfz3JdT4Hn09bvPHreAUagtlxge7mY73-P.

- [34] tecmikro, “Modulo WiFi ESP8266 NodeMCU,” <https://tecmikro.com/modulos-shields/598-modulo-wifi-esp8266-nodemcu.html#:~:text=El%20chip%20ESP8266%20es%20un,facilita%20su%20conexi3n%20y%20programaci3n.>
- [35] programarfacil, “ESP32 Wifi y Bluetooth,” <https://programarfacil.com/esp8266/esp32/>.
- [36] fundacionaquae, “Para qu3 sirve un Arduino,” <https://www.fundacionaquae.org/wiki/sabes-arduino-sirve/#:~:text=1.,gracias%20a%20sensores%20y%20actuadores.>
- [37] codelearn, “¿Qu3 es Raspberry Pi y para qu3 sirve?,” <https://codelearn.es/blog/que-es-raspberry-pi-y-para-que-sirve/>.
- [38] profetolocka, “STM32,” <https://www.profetolocka.com.ar/2021/03/29/la-familia-de-microcontroladores-stm32/>.
- [39] newark, “BeagleBoard,” <https://mexico.newark.com/b/beagleboard#:~:text=Las%20placas%20BeagleBone%20son,gasto%2C%20ruido%20ni%20gran%20tama3o.>
- [40] calameo, “Qu3 es un dispositivo l3dico,” <https://www.calameo.com/read/000837978ec22b8cdc72a>.
- [41] E. Alex3nder and P. Rodr3guez, “Revista Temas CONCIENCIA, CONCIENTIZACI3N Y EDUCACI3N AMBIENTAL: CONCEPTOS Y RELACIONES 1 (Recepci3n: Mayo 31 de 2013-Aceptaci3n: Agosto 01 de 2013).”
- [42] D. F. Paillacho Chilui3a, N. I. Solorzano Alcivar, and J. S. Pailla-Cho Corredores, “LOLY 1.0: A Proposed Human-Robot-Game Platform Architecture for the Engagement of Children with Autism in the Learning Process,” Oct. 2021. Accessed: Nov. 17, 2024. [Online]. Available: https://refbase.cidis.espol.edu.ec/files/dennysfpaillachochiluiza/2020/130_DennysF.PaillachoChiluiza_etal2020.pdf

- [43] Q. Suplemento, “Año II-No 459-70 páginas Quito, miércoles 26 de mayo de 2021 ASAMBLEA NACIONAL LEY ORGÁNICA DE PROTECCIÓN DE DATOS PERSONALES,” Ecuador, May 2021.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1 Anexos

7.1.1 Proceso de montaje del dispositivo

Figura 10. Fabricación del dispositivo lúdico, estructura de madera.



Figura 11. *Fabricación del dispositivo lúdico, montaje de los sensores HC-SR04, FC-28, DHT22.*

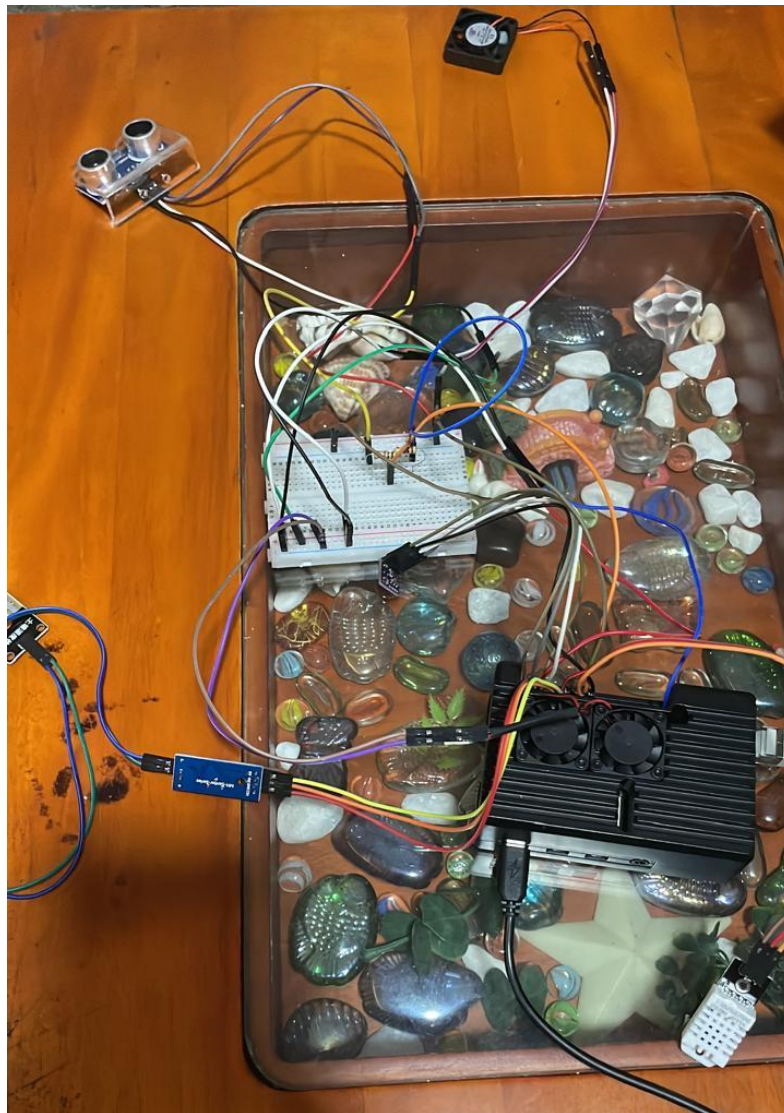


Figura 12. Fabricación del dispositivo lúdico, integración de los componentes HC-SR04, FC-28, DHT22, dentro de la estructura del dispositivo.

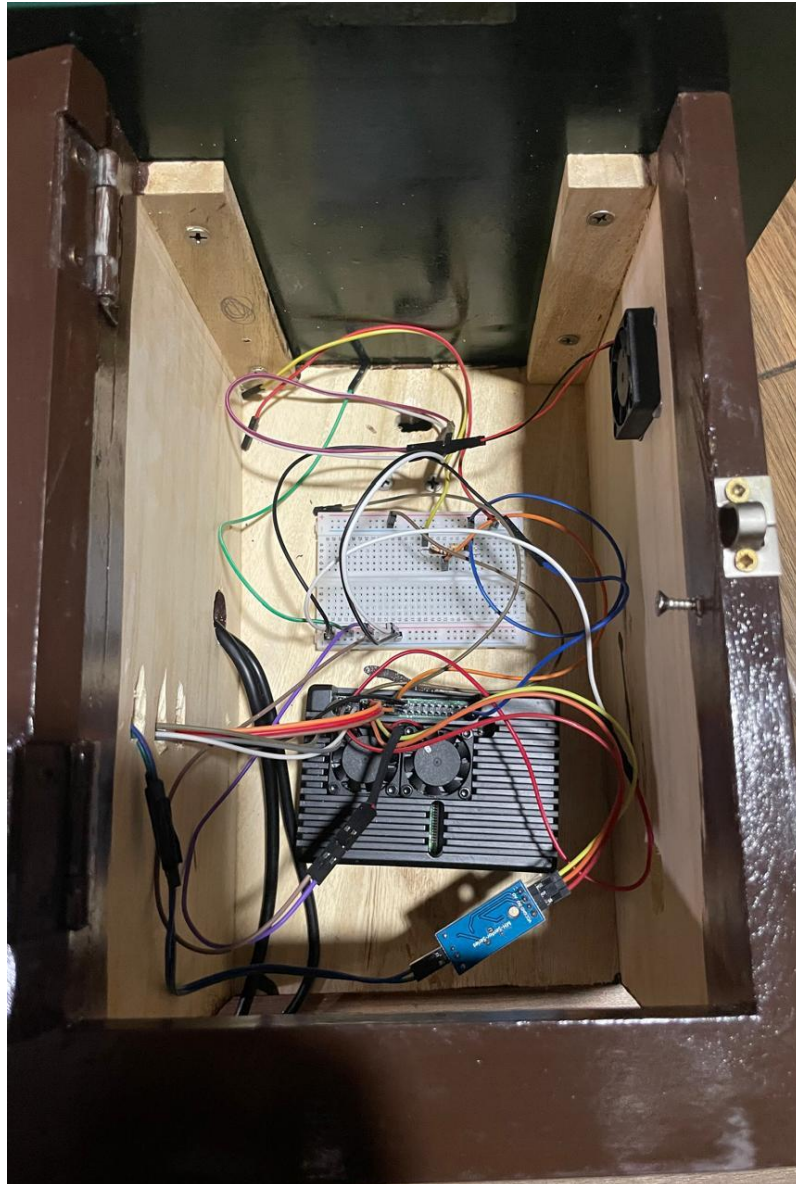
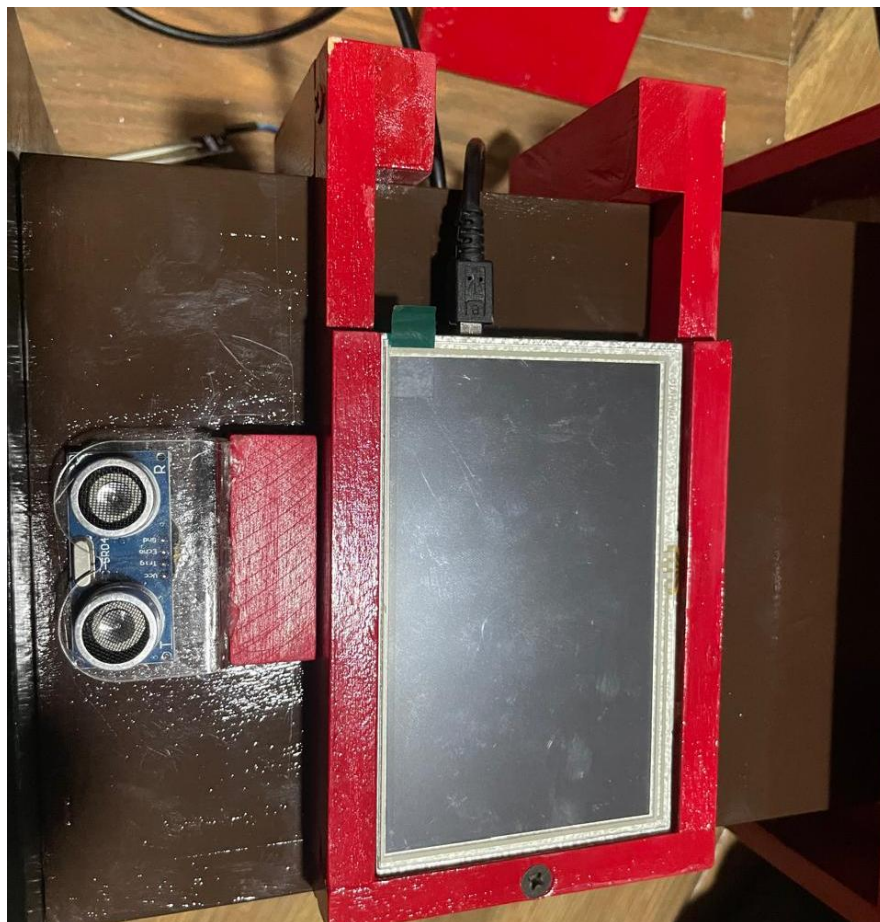


Figura 13. *Fabricación del dispositivo lúdico, integración de los componentes externos sensor ultrasónico, pantalla 5 '' interactiva.*



7.1.2 Interfaz web o aplicación

Figura 14. Interfaz inicial, dispositivo en reposo.



Figura 15. Interfaz cuando el dispositivo detecta presencia por medio del sensor ultrasónico.

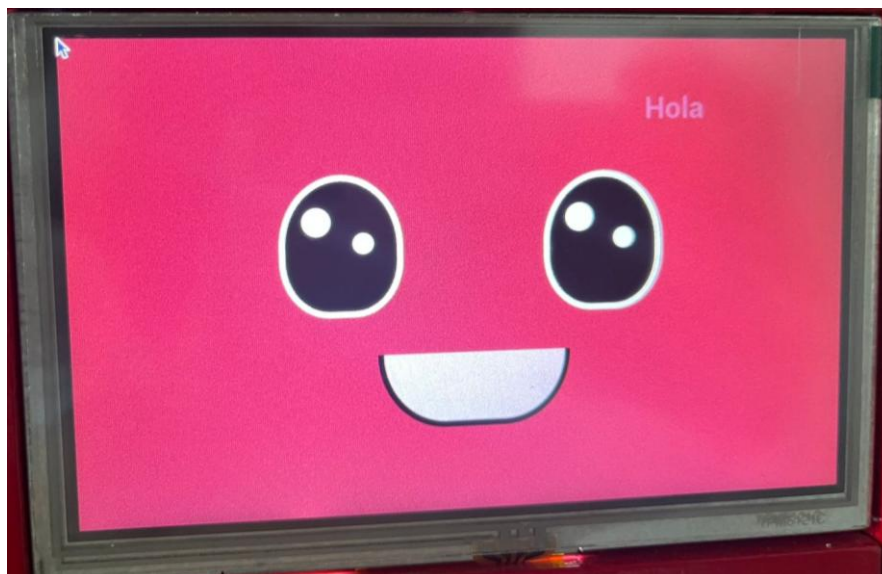
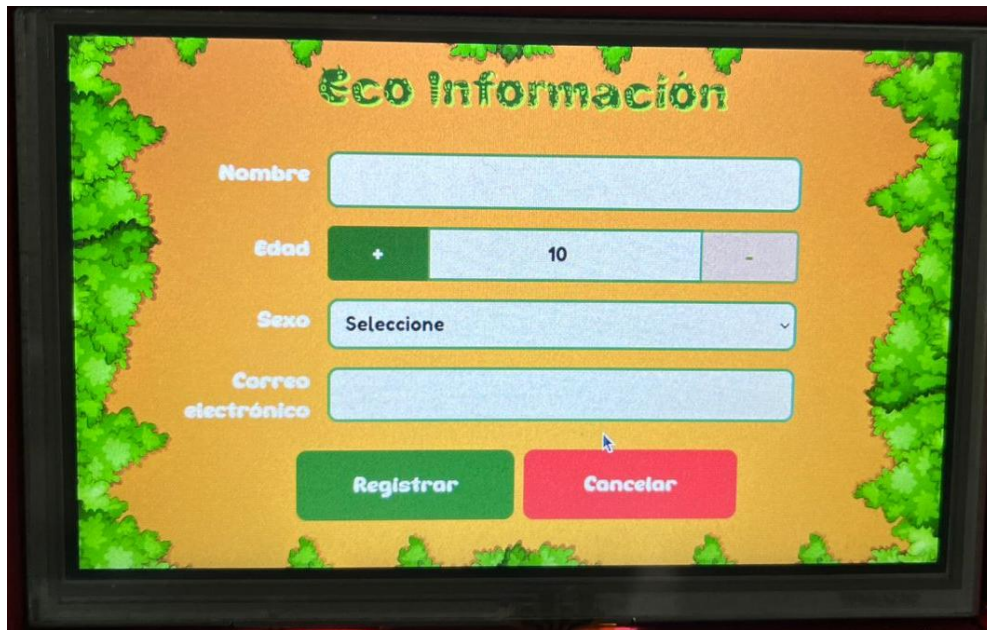


Figura 16. Interfaz de login para el usuario.



The image shows a login interface titled "Eco Información" displayed on a screen with a nature-themed background. The form includes fields for "Nombre" (Name), "Edad" (Age) with a numeric input set to 10, "Sexo" (Sex) with a dropdown menu showing "Seleccione", and "Correo electrónico" (Email). At the bottom are two buttons: "Registrar" (Register) in green and "Cancelar" (Cancel) in red.

Figura 17. Actividades lúdicas, como hábitos ambientales, trivia, juega por el planeta.



Figura 18. Actividad lúdica, reto de preguntas donde conoceremos sus hábitos ambientales.

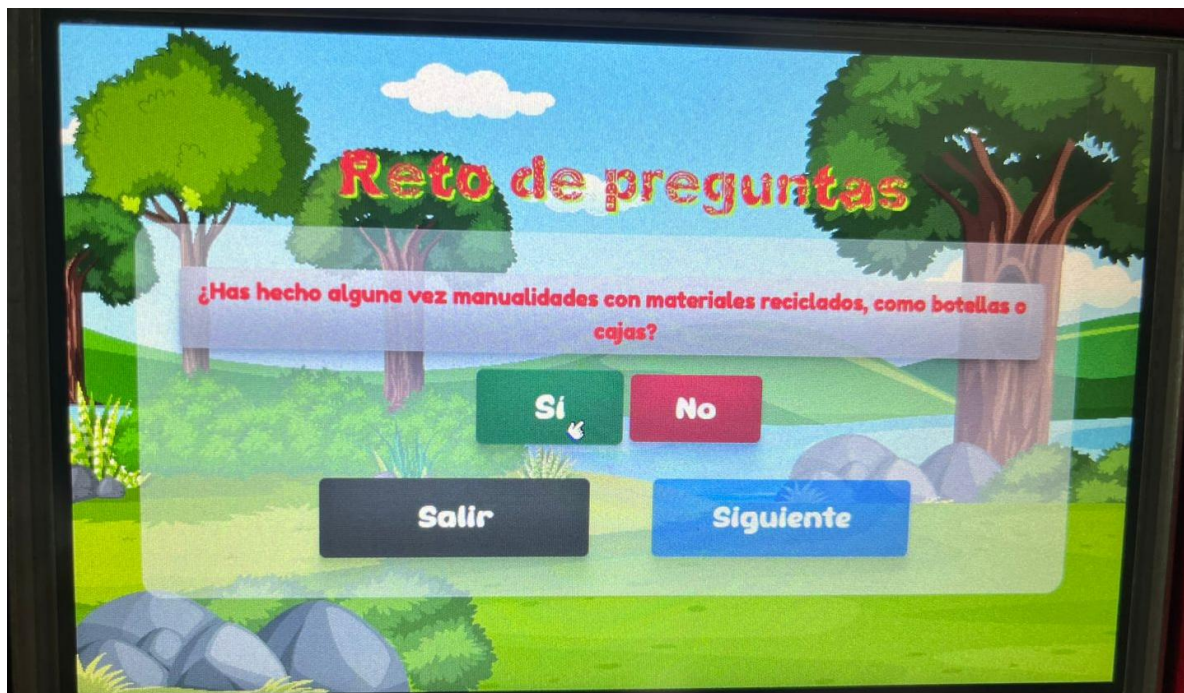


Figura 19. Actividad lúdica, reto de preguntas donde conoceremos sus hábitos ambientales, analiza la respuesta del usuario y determina que respuesta dar.

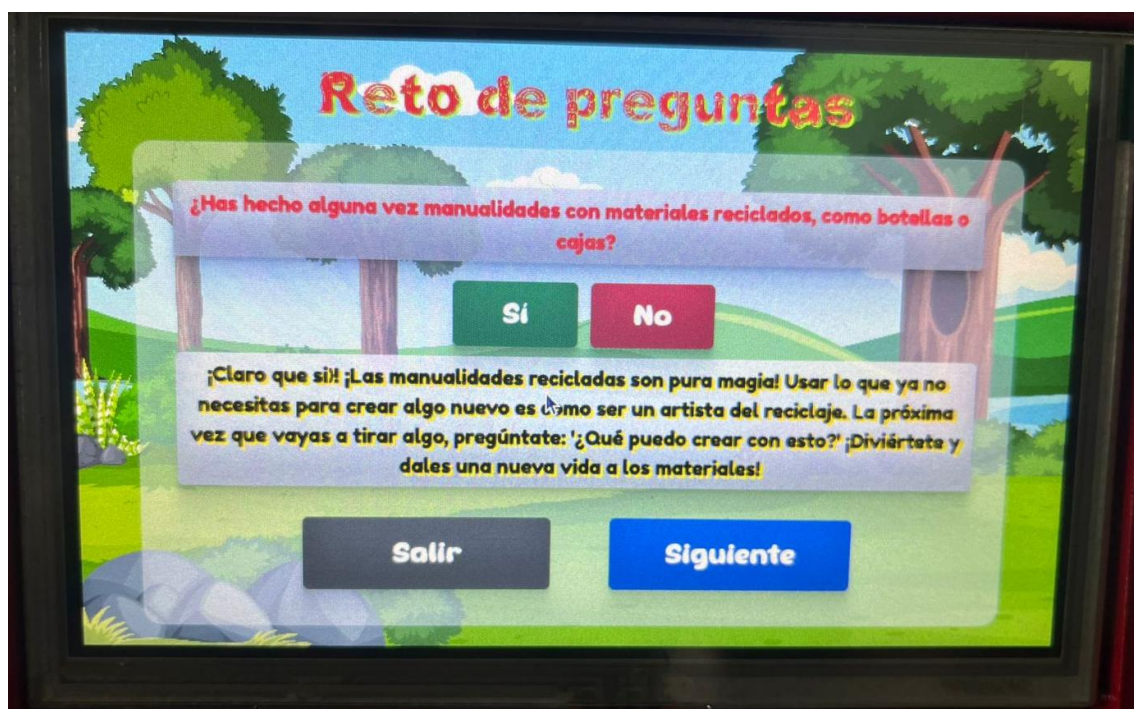


Figura 20. Actividad lúdica, trivia de preguntas donde el usuario responde si tenía conocimiento de la pregunta planteada.

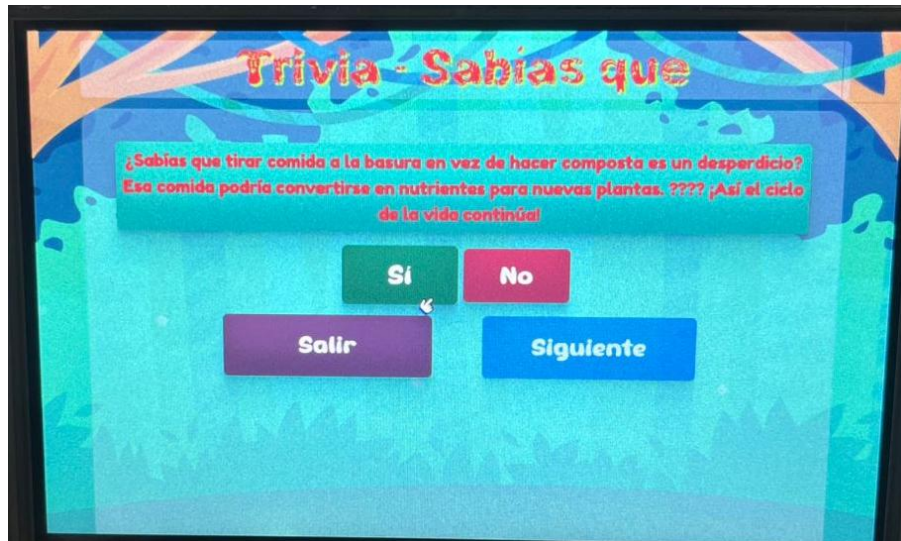


Figura 21. Actividad lúdica, juega por el planeta donde el usuario responde a una serie de preguntas con temas de conocimiento general sobre el cuidado del medio ambiente.

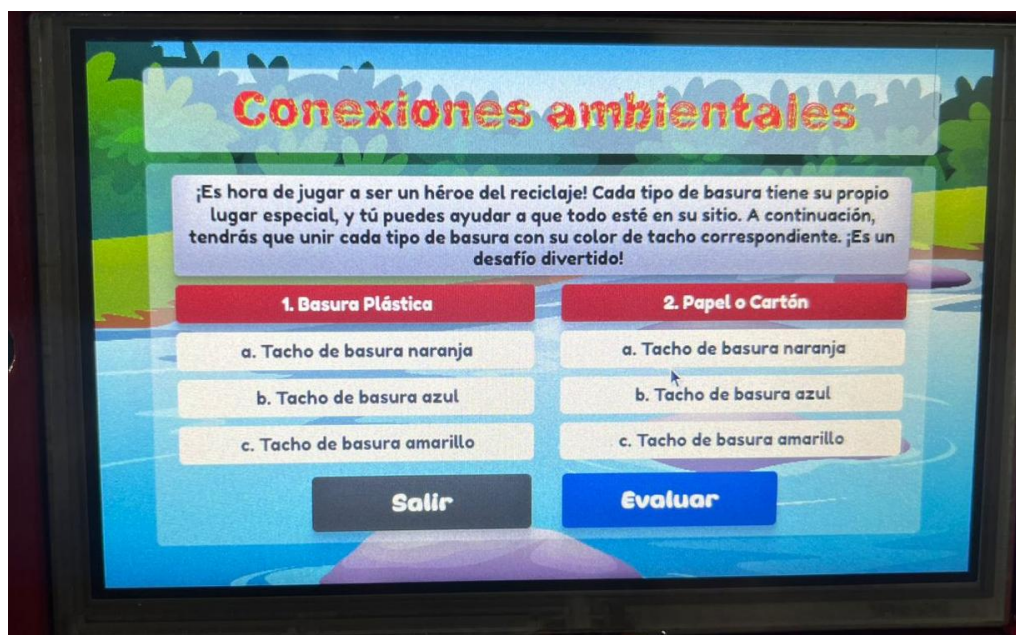


Figura 22. Sección donde se presentan las estadísticas recopiladas por el dispositivo lúdico.



Estadísticas

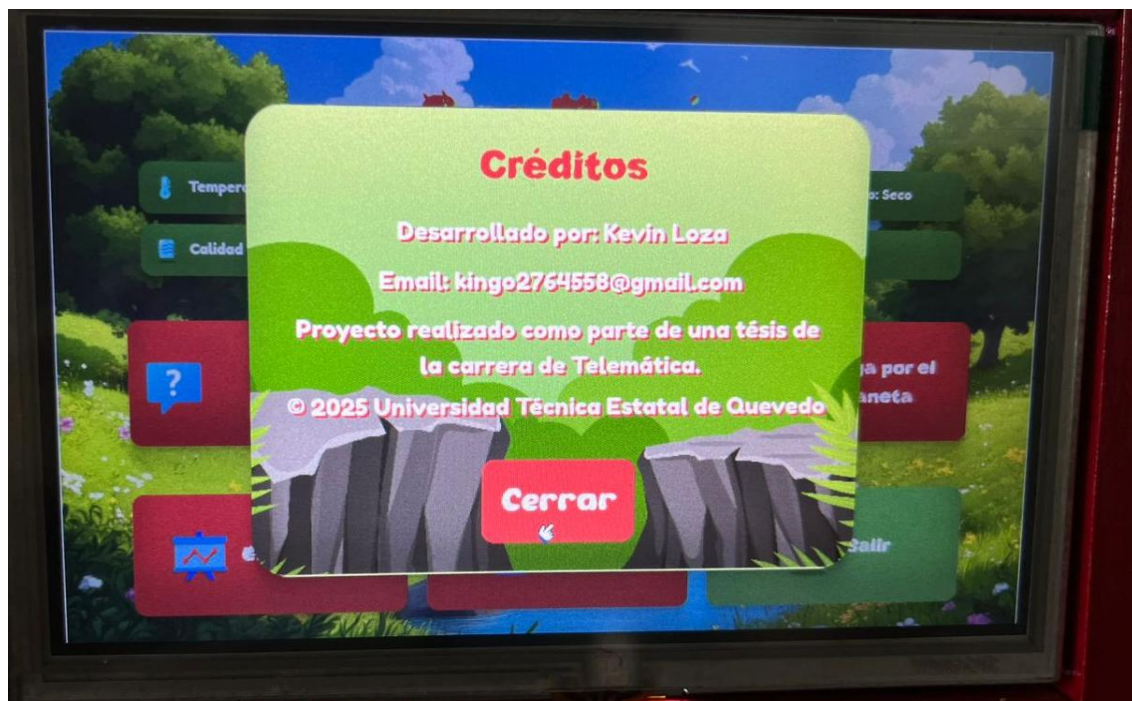
Sensores Juegos según Categoría Juegos según sexo

Métrica	Valor	Sensor
Humedad máxima	78.54 %	DME280
Humedad máxima	86.00 %	DHT22
Humedad mínima	45.23 %	DME280
Humedad mínima	45.23 %	DHT22

Mostrando 1 a 4 de 15 registros Anterior 1 2 3 4 Siguiente

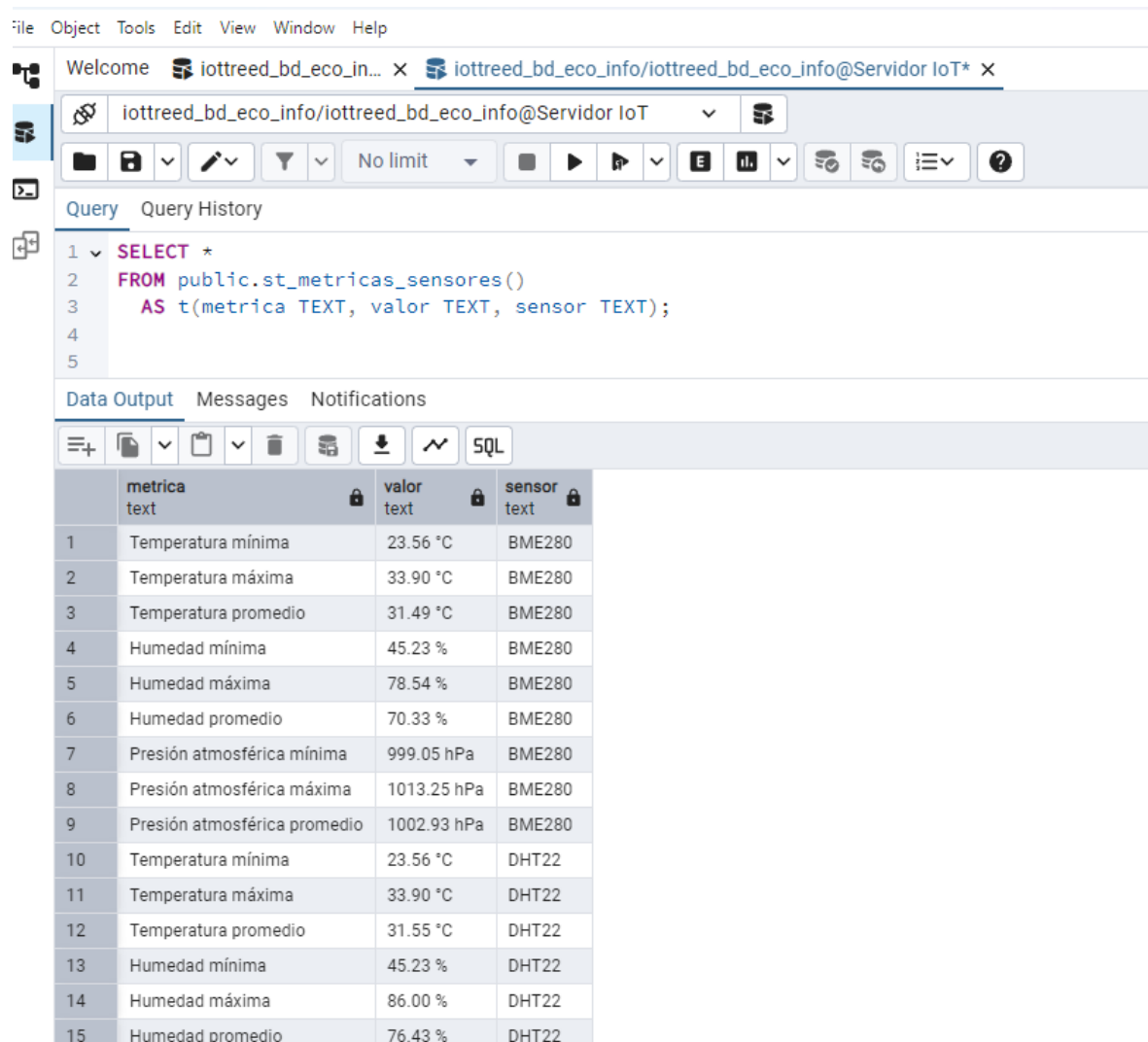
Salir

Figura 23. Sección donde se muestra información relevante sobre el creador del proyecto.



7.1.3 Base de datos (PostgreSQL)

Figura 24. Métricas de los sensores de temperatura, humedad, presión atmosférica.



The screenshot shows a PostgreSQL query editor interface. The query is as follows:

```
1 SELECT *
2 FROM public.st_metricas_sensores()
3 AS t(metrica TEXT, valor TEXT, sensor TEXT);
4
5
```

The results are displayed in a table with the following data:

	metrica text	valor text	sensor text
1	Temperatura mínima	23.56 °C	BME280
2	Temperatura máxima	33.90 °C	BME280
3	Temperatura promedio	31.49 °C	BME280
4	Humedad mínima	45.23 %	BME280
5	Humedad máxima	78.54 %	BME280
6	Humedad promedio	70.33 %	BME280
7	Presión atmosférica mínima	999.05 hPa	BME280
8	Presión atmosférica máxima	1013.25 hPa	BME280
9	Presión atmosférica promedio	1002.93 hPa	BME280
10	Temperatura mínima	23.56 °C	DHT22
11	Temperatura máxima	33.90 °C	DHT22
12	Temperatura promedio	31.55 °C	DHT22
13	Humedad mínima	45.23 %	DHT22
14	Humedad máxima	86.00 %	DHT22
15	Humedad promedio	76.43 %	DHT22

Figura 25. Métricas con relación al porcentaje de hombre y mujeres que han realizado las actividades lúdicas.

File Object Tools Edit View Window Help

Welcome iottreed_bd_eco_in... x iottreed_bd_eco_info/iottreed_bd_eco_info@Servidor IoT* x

iottreed_bd_eco_info/iottreed_bd_eco_info@Servidor IoT

Query Query History

```

1 SELECT *
2 FROM public.st_metricas_juegos_por_categoria_y_juego()
3 AS t(categoria TEXT, sexo TEXT, porcentaje_si NUMERIC, porcentaje_no NUMERIC)
4

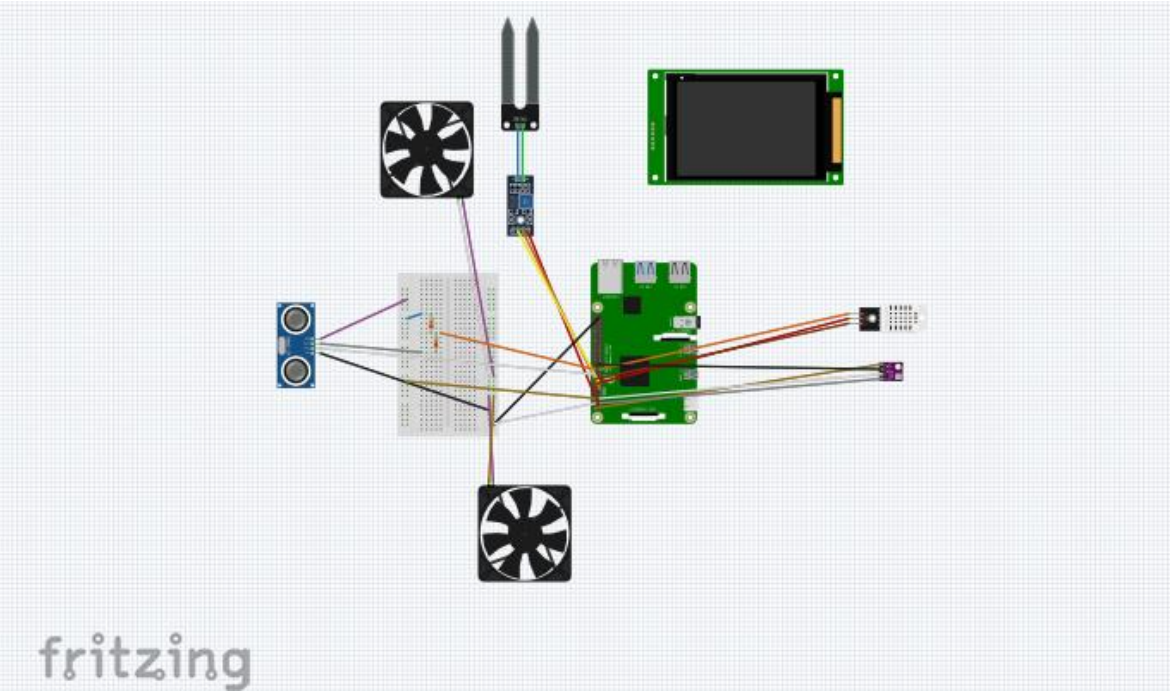
```

Data Output Messages Notifications

	categoria text	sexo text	porcentaje_si numeric	porcentaje_no numeric	juego text
1	Agua	Hombre	50.00	50.00	Preguntas
2	Agua	Mujer	47.06	52.94	Preguntas
3	Agua	Hombre	25.00	75.00	¿Sabías qué?
4	Agua	Mujer	63.64	36.36	¿Sabías qué?
5	Aire	Hombre	23.08	76.92	Preguntas
6	Aire	Mujer	61.54	38.46	Preguntas
7	Aire	Hombre	14.29	85.71	¿Sabías qué?
8	Aire	Mujer	45.45	54.55	¿Sabías qué?
9	Conservación de la fauna	Hombre	25.00	75.00	Preguntas
10	Conservación de la fauna	Mujer	62.50	37.50	Preguntas
11	Conservación de la fauna	Hombre	28.57	71.43	¿Sabías qué?
12	Conservación de la fauna	Mujer	61.54	38.46	¿Sabías qué?
13	Deforestación	Hombre	50.00	50.00	Preguntas
14	Deforestación	Mujer	42.86	57.14	Preguntas
15	Deforestación	Hombre	33.33	66.67	¿Sabías qué?
16	Deforestación	Mujer	71.43	28.57	¿Sabías qué?
17	Reciclaje	Hombre	38.46	61.54	Preguntas
18	Reciclaje	Mujer	46.15	53.85	Preguntas
19	Reciclaje	Hombre	43.75	56.25	¿Sabías qué?
20	Reciclaje	Mujer	31.25	68.75	¿Sabías qué?
21	Suelo	Hombre	20.00	80.00	Preguntas
22	Suelo	Mujer	64.71	35.29	Preguntas
23	Suelo	Hombre	30.00	70.00	¿Sabías qué?
24	Suelo	Mujer	25.00	75.00	¿Sabías qué?

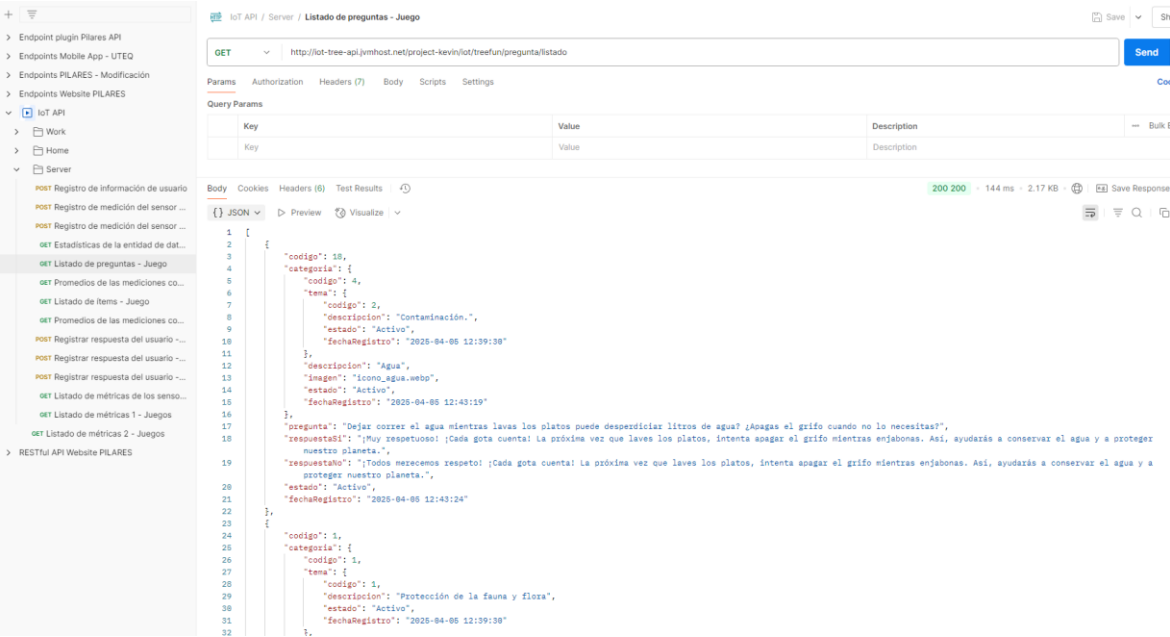
7.1.4 *Diseño del circuito en Fritzing*

Figura 26. Diseño del circuito en la plataforma Fritzing.



7.1.5 *Entorno de desarrollo*

Figura 27. Pruebas de desarrollo en la plataforma POSTMAN.



7.1.6 dispositivo final ensamblado

Figura 28. Dispositivo ensamblado parte frontal.

