



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER

Título del proyecto:
lot para monitoreo y control de suministro de agua de una vivienda residencial
Línea de Investigación:
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
Campo amplio de conocimiento:
Ingeniería, industria y construcción
Autor/a:
Carlos Patricio Herrera Zambrano
Tutor/a:
PhD. Maryory Urdaneta Mg. Wilmer Albarracín

Quito – Ecuador

2025

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, Maryory Urdaneta con C.I: 1759316126 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: lot para monitoreo y control de suministro de agua de una vivienda residencial.

Elaborado por: Carlos Patricio Herrera Zambrano, de C.I: 1716235948, estudiante de la Maestría: Electrónica y Automatización de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 7 de febrero de 2025

Ph.D. Maryory Urdaneta

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, Wilmer Albarracín con C.I: 1713341152, en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: lot para monitoreo y control de suministro de agua de una vivienda residencial.

Elaborado por: Carlos Patricio Herrera Zambrano, de C.I: 1716235948, estudiante de la Maestría: Electrónica y Automatización de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 7 de febrero de 2025

Mg. Wilmer Albarracín

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, Carlos Patricio Herrera Zambrano con C.I: 1716235948, autor/a del proyecto de titulación denominado: lot para monitoreo y control de suministro de agua de una vivienda residencial. Previo a la obtención del título de Magister en Electrónica y Automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 7 de febrero de 2025

Firma

Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	3
INFORMACIÓN GENERAL	1
Contextualización del tema	1
Problema de investigación	2
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	3
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
1.1. Contextualización general del estado del arte	5
1.2. Proceso investigativo metodológico	6
CAPÍTULO II: PROPUESTA	9
2.1 Fundamentos teóricos aplicados	9
2.1.1 Introducción	9
2.1.1.1 Interpretación de resultados y comparación con antecedentes	9
2.1.2 Internet de las Cosas (IoT)	9
2.1.3 Sensores y Actuadores	9
2.1.4 Microcontroladores y Plataformas de Control	10
2.1.5 Sistemas de Control Automatizado	10
2.1.6 Comunicación inalámbrica	10
2.1.7 Aplicación móvil y plataforma en la nube	10
2.2 Descripción de la propuesta	11
2.3 Matriz de articulación de la propuesta	28
2.4 Análisis de resultados. Presentación y discusión.	40
2.4.1 Resultados obtenidos	40
2.4.2 Explicación de los resultados	43
2.4.3 Limitaciones y propuestas futuras	43
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	49

Índice de tablas

Tabla 1. Población - Muestra	7
Tabla 2. Matriz de articulación.....	28
Tabla 3. Mediciones	40
Tabla 4. Voltaje de salida medido del módulo convertidor	42
Tabla 5. Resultados de consumo del equipo.....	43

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de bloques del sistema	11
Figura 2. Diagrama de flujo	12
Figura 3. Esquema eléctrico del sistema	14
Figura 4. Esquema electrónico del sistema.....	15
Figura 5. Diseño de la tarjeta electrónica PCB	20
Figura 6. Diseño de la tarjeta electrónica PCB en 3D.....	21
Figura 7. Prueba de funcionamiento de la app	22
Figura 8. Interfaz de diseño de la aplicación móvil del sistema	25
Figura 9. Programación de la aplicación móvil.....	26
Figura 10. Interfaz Humano - Máquina	26
Figura 11. Funcionamiento app móvil.....	41
Figura 12. Instalación de elementos en gabinete de control	41
Figura 13. Instalación de sensor de nivel	42

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

El progreso en tecnología dentro del área de la automatización y el Internet de las Cosas ha cambiado de manera notable la gestión y control de diversos sistemas tanto en hogares como en entornos laborales. Dentro de esta perspectiva, la creación de sistemas inteligentes para la administración del agua potable en residencias se ha convertido en una necesidad creciente, especialmente en regiones donde la eficacia y la regulación de los recursos hídricos son cruciales. Hay modelos que se están creando para monitorear el IoT y gestionar usos eficientes del agua, o basados en todo lo que se hace, ya sea en contra o a favor del elemento sin el cual la vida en la Tierra no es posible.

La familia Herrera Zambrano lamenta la necesidad de la modernización y mejora de la red de agua potable. Es una pequeña pieza de una idea más grande para integrar tecnologías avanzadas que aumenten la habitabilidad de un área y cómo se utilizan de manera sostenible sus recursos. Nuestra casa tiene uno de esos sistemas de agua convencionales, que nunca ha experimentado problemas de ineficacia o de cualquier tipo de control. Un dispositivo automático que permite a la casa usar el agua de manera más eficiente y proporcionar una advertencia de daños potenciales al sistema.

Hoy en día, se ha convertido en una práctica más habitual manejar las fuentes de tecnología IoT para muchos oficios y campos. No solo el sistema de monitoreo y control con una aplicación móvil tiene el potencial de facilitar el trabajo, sino que también permite resolver el problema más rápidamente y de manera más segura. Este plan no solo beneficiará a la familia Herrera Zambrano, sino que también aumentará la conciencia sobre cómo la tecnología puede entrar en nuestras vidas cotidianas para hacer los recursos domésticos y sus usos mucho más sostenibles y eficientes. Según expertos de la industria y tecnología, la única forma de que la industria enfrente los desafíos existentes y futuros de gestión de recursos es a través de nuevas y mejores ofertas tecnológicas.

Problema de investigación

En la casa de la familia Herrera Zambrano, la instalación de agua potable tiene serios problemas. La mala gestión y la complicación de supervisar tanto la potabilidad como también la condición del agua están también incrustadas en estas complicaciones.

Esto provoca que el recurso no se consuma correctamente, lo cual, en cambio, provocará desperdicio e inhabilidad para identificar fallas oportunamente, deteriorando la estructura de la misma casa y la calidad de vida de quienes allí viven.

Un problema grave es que no hay un sistema automático y que revise todo al momento. Ahora, el sistema de agua se controla a mano, lo que es lento y puede causar errores. Esta falta de automatización hace que sea difícil reaccionar ante averías o problemas en el suministro, haciendo que el sistema sea más vulnerable a fallos inesperados.

Además, el sistema manual depende mucho de que las personas prendan o apaguen la bomba de agua y la válvula eléctrica. Esto es difícil y requiere que los residentes estén siempre atentos, lo que no siempre es posible por sus otras tareas diarias. La falta de revisión constante y de alertas automáticas en momentos críticos empeora las cosas y aumenta el riesgo de usar mal el agua.

Si se sigue usando el sistema actual sin mejorar la tecnología, la familia Herrera Zambrano seguramente tendrá más problemas para cuidar su agua. Esto podría hacer que se desperdicie más agua, que los arreglos sean más caros y que la red de distribución en su casa se deteriore. A largo plazo, esto podría causar problemas más serios, como daños en la estructura y una peor calidad de vida para quienes viven allí.

Por lo tanto, es importante crear un sistema IoT para controlar automáticamente el agua potable en las casas. Este modelo usará tecnologías IoT, sensores, actuadores y microcontroladores para crear un sistema que funcione bien y sea confiable.

La puesta en marcha de este mecanismo posibilitará una supervisión precisa y al momento del abastecimiento hídrico, perfeccionando su manejo, aminorando el derroche y generando avisos inmediatos ante cualquier irregularidad. Este plan busca no solo perfeccionar la administración del agua en las casas, sino también exhibir cómo las tecnologías modernas pueden integrarse en ambientes familiares para realzar la perdurabilidad y la eficiencia en el consumo de recursos primordiales.

Objetivo general

Desarrollar un sistema IoT para monitoreo y control de suministro de agua de una vivienda residencial

Objetivos específicos

- Contextualizar los fundamentos teóricos sobre tecnologías IoT en aplicaciones de distribución de agua potable en viviendas.
- Determinar los elementos de sensores, actuadores y sistemas de control para realizar el control y monitoreo del sistema de distribución de agua potable en una vivienda residencial.
- Diseñar el sistema de control y monitoreo para la distribución del agua potable en una vivienda residencial.
- Implementar el sistema de control y monitoreo para la distribución del agua potable en una vivienda residencial.
- Validar los resultados mediante pruebas de funcionamiento.

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

Una plataforma basada en IoT para el ajuste automático del consumo de agua en los hogares es un gran avance en muchos aspectos. En términos de tecnología, aplicar un modelo de IoT no solo logra un mejor uso del agua, sino que también trae innovaciones que pueden ser transferidas a otros hogares y comunidades.

Este proyecto ayuda con la gestión de los recursos hídricos, reduciendo el desperdicio y optimizando la protección ambiental. El dispositivo permitirá a las personas ajustar y monitorear el sistema a distancia con mayor comodidad y certeza al gestionar el agua.

Esta propuesta es congruente con las estrategias de capacitación y desarrollo, de las cuales no solo Carlos Herrera, el promotor principal, sino también más estudiantes y profesionales del sector se benefician. Los resultados forman la base para el desarrollo de materiales educativos que se utilizarán en lecciones y talleres relacionados con las tecnologías de IoT, la automatización y la gestión de recursos hídricos, mediante la difusión y divulgación de los resultados.

Aprender en detalle cómo usar y mantener el sistema es beneficioso para la familia Herrera Zambrano, para que aumenten su conocimiento sobre tecnología y sostenibilidad.

El alcance de este proyecto toca a varios integrantes de la comunidad. Los favorecidos directamente son los Herrera Zambrano, quienes disfrutarán de un método para distribuir agua más eficaz y seguro. Asimismo, la comunidad de estudios y otros hogares que prefieran alternativas similares también se verán favorecidos. Se calcula que poner en marcha este modelo podría bajar el derroche de agua hasta en un 30%, lo que supondría un ahorro significativo tanto en bienes naturales como en gastos de funcionamiento para los usuarios.

En cuanto a los frutos sociales y económicos, este proyecto impulsa un panorama más ecológico y atento al gasto de los bienes naturales. El descenso del derroche de agua y la mejora en la eficiencia del sistema de distribución tienen un efecto bueno en el medio ambiente, contribuyendo al cuidado del agua. Desde un punto de vista económico, la familia Herrera Zambrano notará una baja en los gastos relacionados con el uso del agua y el cuidado del sistema, gracias a la pronta detección de errores y la optimización en la gestión del recurso.

En conclusión, este proyecto de grado no solo tiene un valor educativo y tecnológico importante, sino que también brinda ventajas palpables para la sociedad y el entorno. La creación y difusión de saberes, la formación de los usuarios y la muestra de los beneficios de las tecnologías IoT en tareas del hogar resaltan el impacto positivo y la importancia de este proyecto en el presente.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Contextualización general del estado del arte

Esta investigación se enfoca en mejorar la forma en que se administra y se reparte el agua potable en los hogares, empleando tecnologías de vanguardia del Internet de las Cosas (IoT). El estudio se realizará en la casa de la familia Herrera Zambrano, donde se buscarán los puntos débiles en la red de tuberías y se pondrán en marcha soluciones tecnológicas para su seguimiento y control. Las fuentes de información comprenden artículos científicos, tesis, patentes y libros especializados en IoT, así como en sistemas de control y reparto de agua. La búsqueda de información se basa en la importancia del tema, la actualidad (con un máximo de cinco años) y su aplicación práctica. Su objetivo es situar la documentación abordando estudios previos relacionados con la instalación de sensores, actuadores y plataformas teledirigidas en redes de suministro de agua. Esto permitirá implementar políticas en el contexto concreto de una vivienda y que los conocimientos adquiridos se traduzcan a otras iniciativas similares.

Existen diversas perspectivas tecnológicas, desde ideas hasta autores como Wang et al. El examen se ha realizado a través del trabajo reciente de Gohary et al. Del mismo modo, Ahmed y Rahman (2021) implementaron microcontroladores ESP32 para aplicaciones domésticas. Como resultado, la reducción del desperdicio de agua es significativa.

Otros estudios importantes son ejemplos de Kumar et al. Sistema de Automatización del Hogar Basado en IoT Usando Raspberry Pi — Una Revisión (2018), y el trabajo sobre sistemas de riego inteligentes, perspectiva de loH sobre trabajos previos esperados del procesamiento del trabajo a plataformas de control remoto basadas en sistemas de riego (Rodríguez y Sánchez, 2020). Estos precedentes nos permiten apoyar la implementación y propuesta del prototipo en la casa de la familia Herrera Zambrano, lo que corrobora el uso de tecnologías recientes y soluciones efectivas en el mismo escenario.

González (2021) evalúa la implementación de un sistema de Internet de las Cosas (IoT) para la gestión de distribución de agua en regiones rurales usando sensores de nivel y actuadores en la lógica de control, mediante un microcontrolador Arduino. Los resultados indican una optimización del consumo de agua y ahorros en los costos operativos.

Según el estudio de Pérez (2020), el objetivo era automatizar un sistema de riego a través de Arduino IoT Cloud, más eficiente en el uso del agua y la capacidad de controlarlo

remotamente mediante una aplicación móvil. Smith (2019), por ejemplo, diseñó un sistema de control para la gestión del agua dentro de un edificio para controlar sensores de flujo y presión, que están interconectados en una red IoT. Los datos de este estudio mostraron una disminución significativa en las fugas de agua, así como una mejor capacidad para detectar rápidamente fugas que ocurren.

Estos trabajos son relevantes para el proyecto al presentar métodos y tecnologías que pueden ser adaptados y mejorados al contexto específico del hogar de Herrera Zambrano. Al estudiar los antecedentes y estudios similares, esto permite identificar las mejores prácticas y tecnologías clave para este proyecto. El estudio utilizará soluciones modernas de IoT, considerando la eficiencia y sustentabilidad en el uso del agua. Los hallazgos de investigaciones previas muestran que la introducción de sensores inteligentes y plataformas de control remoto pueden reducir significativamente el derroche de agua y mejorar la detección de fallas en el sistema.

1.2. Proceso investigativo metodológico

Tipo de Investigación Aplicado

Este proyecto se funda en una investigación aplicada, ideada para solucionar un problema real mediante la puesta en marcha de un prototipo de control y monitoreo del sistema de distribución de agua potable en la vivienda de los Herrera Zambrano. Además, se emplea un enfoque experimental para probar y confirmar la eficacia del sistema que se propone. La investigación aplicada permite usar teorías y conocimientos ya existentes para solucionar problemas prácticos, mientras que el enfoque experimental asegura la opción de realizar pruebas controladas para valorar el rendimiento del sistema.

Métodos Teóricos y Prácticos Aplicados

En cuanto a la práctica, construimos un prototipo con el ESP32 y la plataforma IoT Cloud de Arduino. También diseñamos el sistema para controlar y supervisar, uniendo sensores y actuadores, y programamos el microcontrolador para que recogiera datos y controlara los aparatos por la red IoT.

Técnicas de Recolección de Información

Para obtener información, usamos diferentes métodos, como observar directamente, hacer entrevistas y realizar encuestas. Observamos la casa para saber dónde colocar los sensores y actuadores. Hablamos con la familia Herrera Zambrano para saber qué necesitaban y esperaban

del sistema de agua. Las encuestas nos dieron datos numéricos sobre cómo usan el agua y qué problemas tienen.

Población y Muestra

El estudio se centra en la casa de la familia Herrera Zambrano. Al ser un caso específico, no necesitamos una muestra grande, como se muestra en la Tabla 1. Estudiamos una sola casa y la muestra es esa misma familia. Aun así, observamos y hablamos con todos los miembros para entender bien sus necesidades y cómo funciona el sistema de agua en su hogar.

Tabla

1.

Población - Muestra

Población	Muestra
1 vivienda	1 vivienda
Familia Herrera Zambrano	Familia Herrera Zambrano

Metodología de Trabajo

Nuestro enfoque de trabajo se organizó en varias etapas bien definidas:

Identificación de Requerimientos: Se realizó una revisión detallada de la casa para detectar los aspectos físicos importantes que debían ser supervisados y gestionados. Cada plan de las tuberías fue minuciosamente revisado, así como la red eléctrica, para identificar cualquier vulnerabilidad.

Diseño de Sistema: El sistema de gestión y monitoreo fue creado utilizando herramientas y software de vanguardia, la plataforma en la nube Arduino IoT, y el dispositivo ESP32.

Implementación: Se implementó el enfoque del prototipo integrando sensores y actuadores con el microcontrolador ESP32. Además, se desarrolló una aplicación móvil para controlar el sistema a distancia.

Montaje y Pruebas: Los componentes del sistema fueron instalados en la casa de la familia Herrera Zambrano. Posteriormente, se realizaron pruebas exhaustivas para verificar la funcionalidad del sistema y corregir cualquier error. A esto le siguieron pruebas de operatividad en escenarios comunes para validar la eficiencia y capacidad de respuesta del sistema. Se revisaron los datos para verificar que los objetivos del proyecto fueran alcanzados.

Evaluación y Validación: Así es como esta estrategia aseguró desarrollar el modelo de manera lógica y sistemática, lo cual permitió una implementación eficiente y obtener resultados precisos y confiables.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

2.1 Fundamentos teóricos aplicados

A continuación, se exponen las bases conceptuales que respaldan este trabajo, detallando las ideas centrales y sus respectivos soportes teóricos.

2.1.1 Introducción

Esta investigación se enfoca en electrónica, automatización e Internet de las Cosas (IoT), buscando crear un sistema para la gestión del agua potable en los hogares. Este proyecto explora conceptos clave en estas áreas para desarrollar un prototipo que mejore la eficiencia y confiabilidad del sistema de agua en la casa de la familia Herrera Zambrano. Las bases conceptuales abarcan el análisis de tecnologías IoT, el estudio de sensores, actuadores, sistemas de control automatizado y plataformas de comunicación inalámbrica.

2.1.1.1 Interpretación de resultados y comparación con antecedentes

La evaluación de los resultados obtenidos, al contrastarlos con estudios previos sobre sistemas de control para el suministro de agua potable, sugiere que el prototipo desarrollado es competitivo y eficiente. Investigaciones anteriores han mostrado la eficacia de las tecnologías IoT en la gestión de los recursos hídricos, y nuestros hallazgos apoyan estas afirmaciones. No obstante, se identificarán algunas limitaciones durante el desarrollo.

2.1.2 Internet de las Cosas (IoT)

El Internet de las Cosas (IoT) se concibe como una red de objetos físicos que, a través de sensores, software y otras tecnologías, se conectan e intercambian información con otros dispositivos y sistemas vía Internet. En este proyecto, el IoT se usa para facilitar la comunicación entre los sensores de agua, los actuadores y el microcontrolador ESP32, que se conecta a una plataforma en la nube (Arduino IoT Cloud). El fin es diseñar un sistema que posibilite la supervisión y el control remoto mediante una app móvil, dando datos en tiempo real sobre el estado del sistema de suministro de agua.

2.1.3 Sensores y Actuadores

Los sensores son dispositivos que detectan variaciones en el entorno y brindan datos útiles para la supervisión y el control. En este proyecto, se emplean sensores de nivel de agua en los tanques para medir el volumen de agua disponible. Por otro lado, los actuadores, como relés y electroválvulas, son dispositivos que ejecutan acciones según las señales recibidas del sistema de control. En este caso, los relés controlan la bomba de agua y las electroválvulas para regular el flujo de agua según los niveles detectados por los sensores (Rodríguez, 2022).

2.1.4 Microcontroladores y Plataformas de Control

En el núcleo del esquema de mando reside el microcontrolador ESP32. Este circuito sobresale gracias a su enlace inalámbrico Wi-Fi y Bluetooth, perfecto para el Internet de las Cosas. El ESP32 recoge información desde los dispositivos de detección, examina la misma y transmite instrucciones a los elementos de actuación. Su programación se realiza mediante Arduino IDE, simplificando su conexión con Arduino IoT Cloud (Ahmed, 2021).

2.1.5 Sistemas de Control Automatizado

Un sistema de control digital usa reglas para regular el trabajo de otros aparatos solo. En este proyecto, creamos reglas de control para manejar la bomba de agua y las válvulas, usando datos de los sensores de nivel. El sistema puede ir en modo manual o automático, dejando al usuario actuar desde una app o dejarlo andar solo con ajustes previos (Wang, 2022).

2.1.6 Comunicación inalámbrica

El enlace sin cables es vital en este proyecto, porque ayuda a que los datos pasen entre sensores, el chip y la nube. El ESP32 usa Wi-Fi para ir a Internet y enviar datos al servidor MQTT, un modo fácil de enviar mensajes para IoT. Los datos se ven en un panel en Arduino IoT Cloud, dejando al usuario ver el sistema al instante desde donde sea (Smith, 2023).

2.1.7 Aplicación móvil y plataforma en la nube

La app móvil, hecha para hablar con el sistema, usa la plataforma Arduino IoT Cloud para pasar datos. Con esta app, el usuario puede controlar la bomba de agua y las válvulas desde lejos. También muestra una pantalla con el estado del sistema, como los niveles de agua y el estado de los aparatos (Lee, 2022).

2.2 Descripción de la propuesta

A continuación, se describe el producto de la propuesta:

a. Estructura general

En la Figura 1 se muestra el diagrama de bloques del sistema que consta de una tarjeta ESP32, una bomba, una electroválvula, un tanque elevado, una cisterna. La tarjeta ESP32 se conecta a un servidor a la nube y se envía los datos a una aplicación móvil.

Figura

1.

Diagrama de bloques del sistema

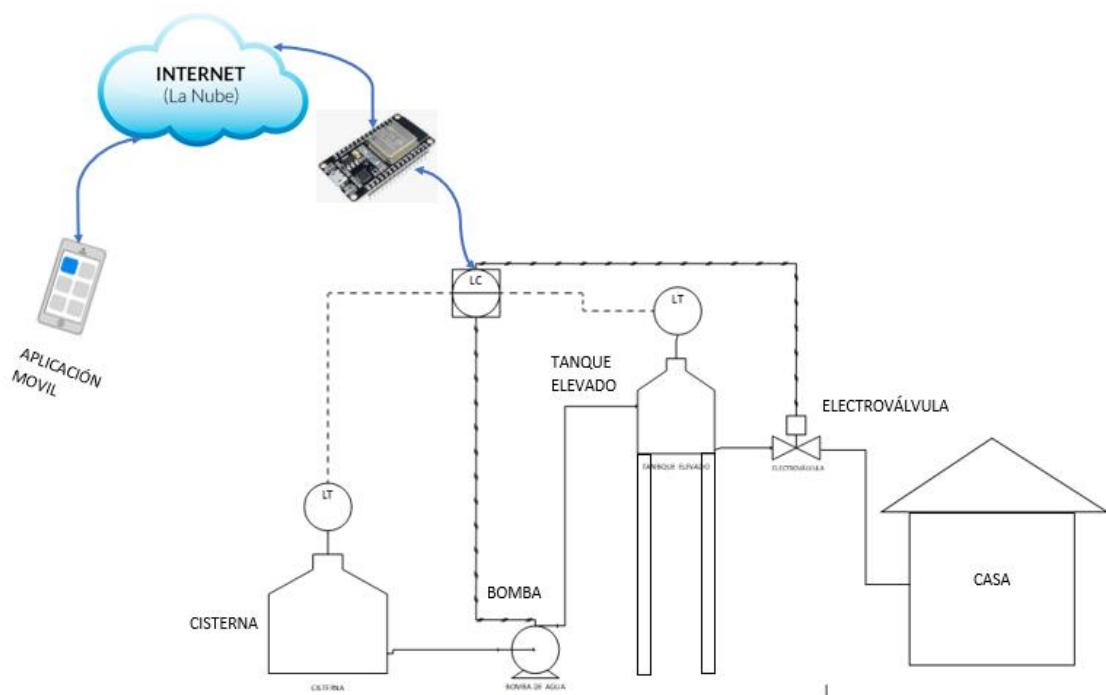
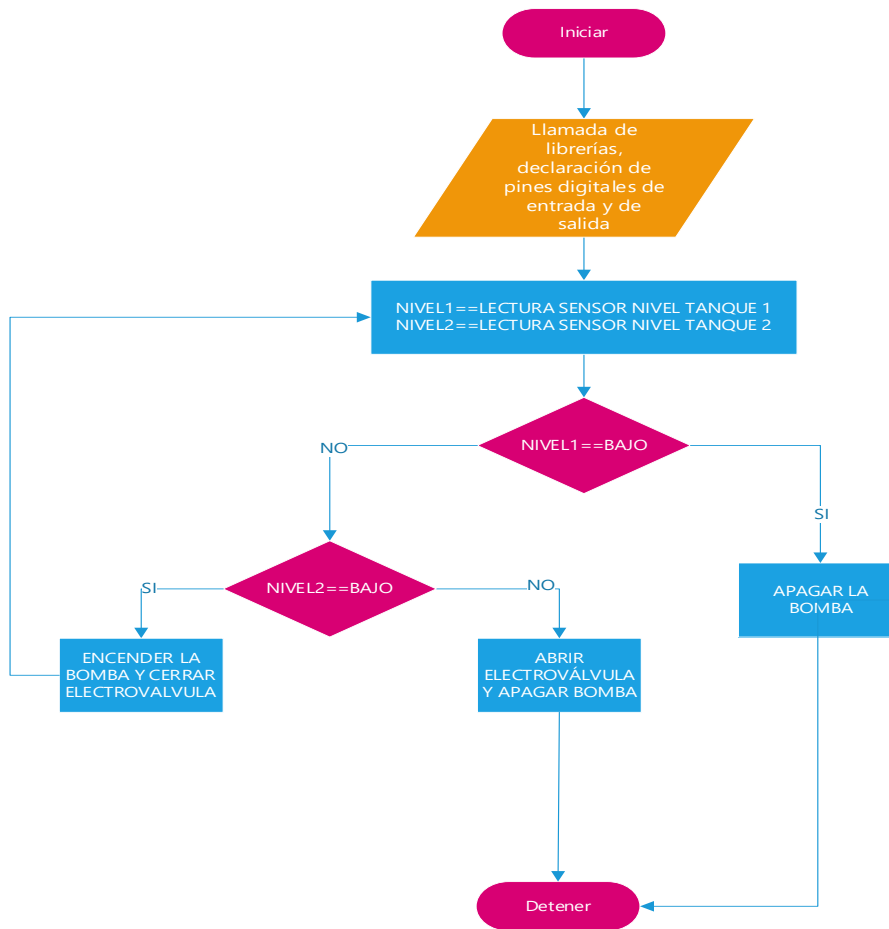


Diagrama de flujo



b. Explicación del aporte

Interactividad en el Prototipo de Control y Monitoreo

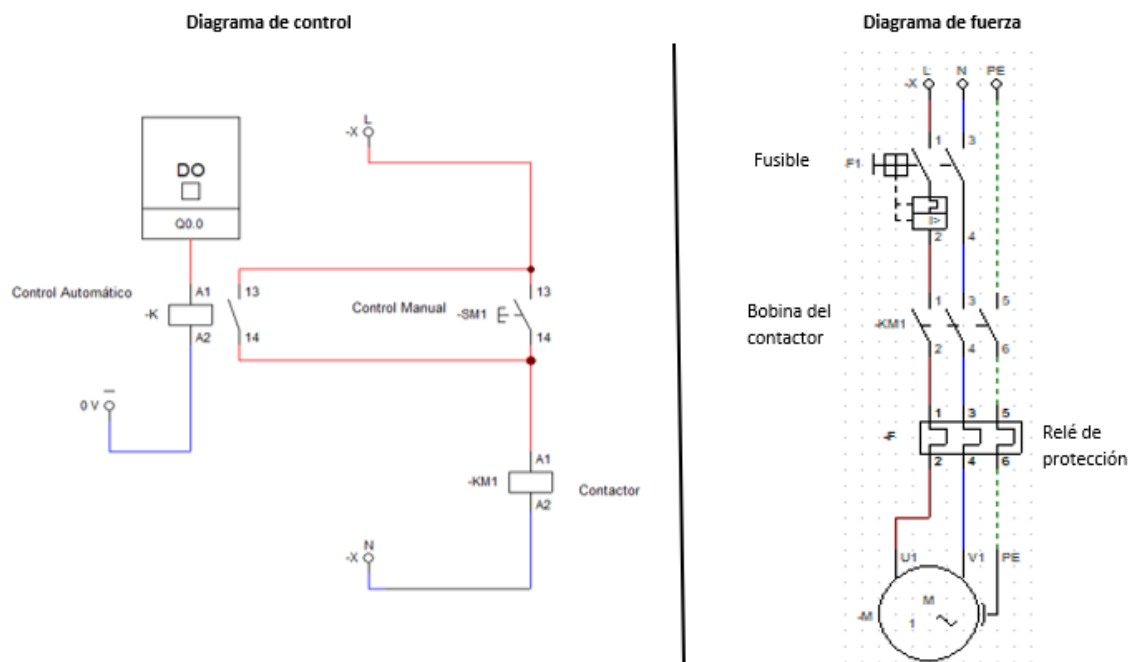
El modelo preliminar concebido para la administración y el seguimiento del sistema de suministro de agua en la vivienda de la familia Herrera Zambrano pretende estimular una conexión valiosa entre el usuario y el sistema. Dicha interactividad se consigue a través de la integración de tecnologías del Internet de las Cosas, que posibilitan la supervisión y el control en tiempo real del flujo de agua, los niveles en los depósitos y el desempeño de los elementos del sistema, como bombas y electroválvulas. Este grado de interactividad resulta fundamental, dado que simplifica una administración eficaz y una reacción rápida ante cualquier problema que pueda presentarse, optimizando de esta manera la eficiencia y la sostenibilidad en el consumo de agua en el hogar.

Recursos Utilizados y su Apoyo en los Aprendizajes

Para satisfacer las metas del proyecto, se recurrirá a diversos materiales tecnológicos clave. El microcontrolador ESP32, reconocido por su capacidad de conexión tanto Wi-Fi como Bluetooth, es esencial para la recopilación y el envío de datos procedentes de los sensores. Se utilizarán sensores de nivel de agua y actuadores, como relés, para examinar el estado de los depósitos y ajustar el flujo de agua. La pantalla HMI, que se instalará en la puerta del gabinete de control, permitirá a los operadores y usuarios interactuar de un modo más dinámico y sencillo con el sistema. Adicionalmente, la plataforma Arduino IoT Cloud facilitará la integración de estos componentes en un sistema unificado, posibilitando la supervisión a distancia mediante un panel de control accesible desde dispositivos móviles. Estos materiales no solo apoyan la funcionalidad del sistema, sino que también brindan una plataforma práctica para aprender sobre la implementación de sistemas IoT en aplicaciones reales.

A continuación, en la Figura 3 se presenta el esquema eléctrico del sistema. Específicamente, el diagrama de control y el diagrama de fuerza. Con respecto al diagrama de control, se tiene un pin de salida del microcontrolador ESP32 como encargado de controlar un relé que actúa como un interruptor de entrada del contactor. Dicho relé se conecta en paralelo a un interruptor físico, que en este caso sería el selector ubicado en la puerta del gabinete de control, que permite mantener el encendido o apagado de forma manual. Por otro lado, el diagrama de fuerza consiste en un contactor trifásico para el control del motor de la bomba y los elementos de protección.

Esquema eléctrico del sistema



En la Figura 4 se presenta el esquema diseñado en el programa Proteus 8. Como se aprecia en la figura, el esquema está dividido en cuatro partes principales. En primera instancia se tienen las borneras para el ingreso de la alimentación externa con un voltaje de 110v ac, los cuales llegan a un convertidor AC/DC que suministrará toda la energía necesaria para el funcionamiento de los circuitos electrónicos; luego en la segunda etapa se tienen los conectores para el módulo ESP32; en la tercera etapa se tiene las borneras para las entradas de los sensores de nivel y selectores; por último se tiene la etapa de potencia que se basa en dos relés, para la activación de los mismo se utilizó transistores NPN en modo on/off. En este sentido, si el pin del microcontrolador está en alto se activa el transistor y, consecuentemente también el relé, caso contrario el transistor está abierto y el relé desactivado.

The diagram illustrates the control circuit for a water purifier. It features an ESP2V microcontroller (labeled ESP1) as the central processing unit. The microcontroller is powered by a 3.3V battery and a 5V regulator. It controls an HLK-PM01 module (U1) for AC power regulation. The microcontroller is also connected to various input buttons (J1-J7), output LEDs (J9-J12), and a buzzer (J8). The circuit is labeled 'DEPURADOR' at the bottom right.

En esta sección se presenta el cálculo del consumo de los diferentes elementos electrónicos utilizados y también el cálculo de las resistencias.

- Datos:**

Corriente máxima soportada por cada pin= 25mA

15

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5V}{0.5mA} = 10000 \text{ ohm} \quad (1)$$

La resistencia Pull Up a utilizar será de 10 Kohm.

b) Cálculo de la resistencia de base de los transistores 2n3904 utilizados para activar los relay.

Datos:

$I_C = 200mA$

$\beta = 100$

Se utiliza la fórmula $I_C = \beta * I_B$ conociendo la corriente mínima que necesita la base del transistor para ser excitada, por lo tanto, se tendrá:

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{200mA}{100} = 2mA \quad (2)$$

El transistor necesita mínimo una corriente de 2 mA en la base para su funcionamiento. Para garantizar el correcto funcionamiento del transistor se trabajará con una corriente un tanto más alto, conociendo el valor mínimo se puede trabajar con una corriente de 5mA, de igual manera se toma el valor de 5v que entrega cada pin del microcontrolador y para calcular la resistencia se utiliza la ley OHM:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5V}{5mA} = 1000 \text{ ohm} \quad (3)$$

Dando como resultado que se debe conectar en la base del transistor una resistencia de 1Kohm.

De igual manera en este proyecto se deben desarrollar ciertos cálculos para el dimensionamiento de la protección que debe tener contra sobrecargas y/o cortocircuitos el gabinete de control. Tomando en cuenta todos los elementos que conformaran a este gabinete se procedió a investigar los datos técnicos de estos, para conocer la demanda de corriente de cada uno. Los elementos principales que actuaran en el gabinete se detallan a continuación:

- Luz piloto

- Voltaje de trabajo 127v
- Corriente de consumo 20mA
- ESP32
- Voltaje de trabajo 3.3 VDC
- Corriente de consumo 80 mA
- Bomba centrífuga
- Voltaje de trabajo 110 VAC
- Potencia 1 HP
- Electroválvula
- Voltajes de trabajo 110VAC
- Corriente de la bobina 1A

En el gabinete habrá un contactor que será utilizado para activar la bomba centrífuga para el bombeo de agua, por lo tanto, se debe considerar la potencia de esta bomba para así dimensionar el Contactor y a su vez la protección contra sobrecargas y/o cortocircuitos. La vivienda donde se desarrollará la implementación ya cuenta con una bomba de agua y para efectos prácticos se utilizará la misma. Los datos de la bomba los antes expuestos.

Se procede con el cálculo para conocer la corriente de la bomba y para ello se utiliza la ley de Ohm:

Sabiendo que 1HP equivale a 745,7 W

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1HP}{110V} = \frac{745W}{110V} = 6.77A \quad (4)$$

La corriente de la bomba es de 6.77 amperios. Se sabe que todo motor de inducción eleva su amperaje por un instante al momento de arrancar, esta elevación de corriente se debe tomar en cuenta en el cálculo para la protección o breaker.

Se debe tomar en cuenta este valor de corriente de arranque o pico del motor al momento de dimensionar más adelante el Breaker del gabinete.

Para el contactor, se puede utilizar uno que permita por sus contactos principales el paso mínimo de 8 a 10 amperios.

Comercialmente se encuentra un contactor que soporta 9 A en sus contactos principales, lo que sí es útil para el funcionamiento constante de la bomba. Ahora este contactor también debe

ser considerado para el dimensionamiento de la protección del gabinete. Los datos del Contactor a utilizar son:

- Contactor
- Voltaje en los contactos principales 110 /480VAC
- Corriente soportado en los contactos principales 9A
- Voltaje de la bobina 110VAC
- Corriente consumida por la bobina 22mA

Adicionalmente y por salvaguardar la integridad de la PCB se decidió colocar un Relay externo a la PCB para la activación de la Electroválvula, dicho componente tiene las siguientes características técnicas para ser consideradas en el cálculo.

- Relay encapsulado
- Voltaje en los contactos principales 110 /220VAC
- Corriente soportado en los contactos principales 10A
- Voltaje de la bobina 110VAC
- Corriente consumida por la bobina 25mA

En este punto ya se cuenta con todos los datos de corriente de cada elemento en el gabinete y se realiza el cálculo para saber la carga total en el gabinete de control, por lo que se procede a calcular:

$$I_T = 3 * I_{luz\ piloto} + I_{ESP32} + I_{Electrov} + 2 * I_{Bomba\ centrif} + I_{Contact} + I_{Relay}$$

Como se puede observar, la corriente de la luz piloto está siendo multiplicada por tres, ya que son una luz piloto para indicar la activación de la bomba, una luz piloto para indicar la activación de la electroválvula y una tercera luz piloto para indicación de fallas. También se puede observar que a la corriente de la bomba centrífuga se la está multiplicando por un factor de 2 ya que esta es la consideración indicada por el fabricante para los picos de arranque del motor.

$$I_T = 3 * 0,02A + 0,08A + 1A + 2 * 6,77A + 0,022A + 0,025 A = 14,73 A$$

La carga total de consumo de corriente que tendrá el gabinete de control será de 14.73 amperios, por lo que se debe colocar un breaker que contemple ese rango de corriente y para ello se trabajara con breaker de 16 amperios ya que es el que se puede conseguir en las tiendas

de suministros eléctricos y el más aproximado al que se requiere. Considerando esta última parte adicionalmente se colocó un guarda motor el cual, ayudará con la protección por sobre corriente o voltaje a los componentes electrónicos, ya que el Breaker o protección termomagnética es directamente para la bomba centrífuga. Se justifica el cálculo de este guardamotor sacando de la ecuación anterior la corriente de la bomba centrífuga, como se muestra a continuación:

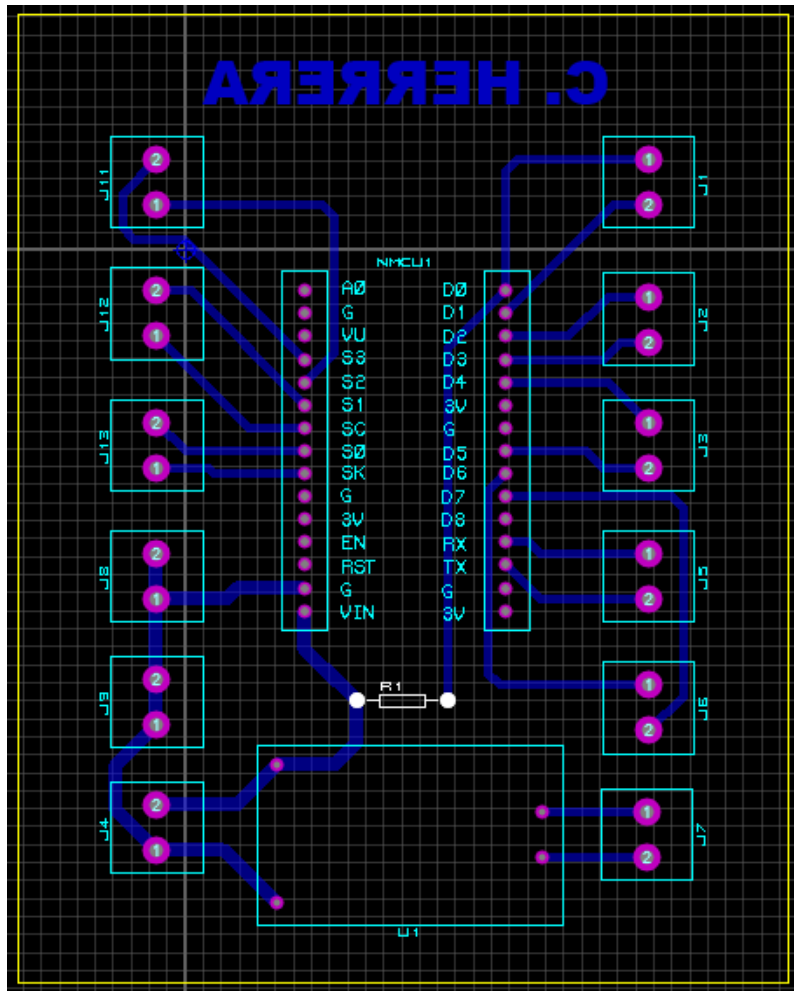
$$I_T = 3 * 0,02A + 0,08A + 1A + 0,022A + 0,025 A = 1,2 A$$

Para cubrir este valor se colocó un guarda motor con un rango de 4 a 6,3 amperios, siendo este el valor más aproximado comercialmente.

Diseño de la tarjeta electrónica PCB

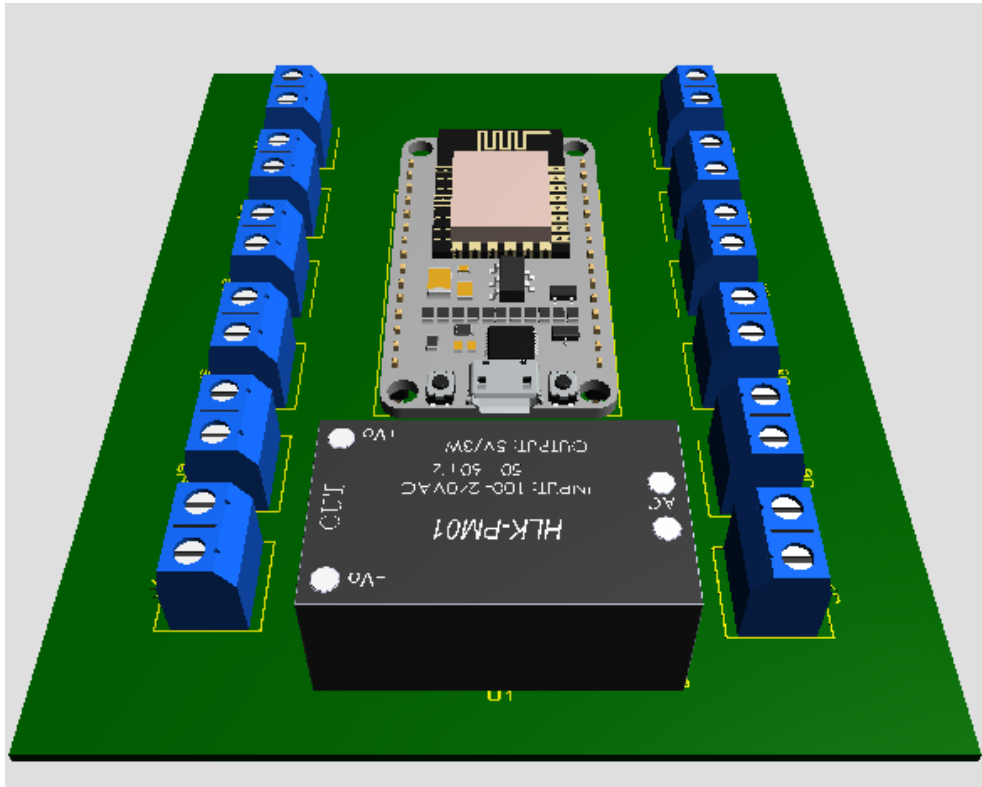
El diseño de la tarjeta electrónica PCB (Printed Circuit Board) se realizó en el programa ISIS de Proteus 8. A partir del esquema electrónico de la Figura 5 se desarrolló el diseño del PCB, el mismo se muestra en la Figura 6.

Diseño de la tarjeta electrónica PCB



Siguiendo con el diseño de la placa electrónica, se presenta una imagen del diseño del PCB en 3D. En la misma se puede apreciar a detalle cada uno de los elementos.

Diseño de la tarjeta electrónica PCB en 3D



Actividades de Evaluación Propuestas

El proyecto incluye actividades de evaluación rigurosas para asegurar que el sistema funcione correctamente y cumpla con los requisitos establecidos. Las pruebas de funcionamiento abarcarán la verificación de la precisión de los sensores, la capacidad de los actuadores para responder a comandos, y la integridad de los datos transmitidos a través del servidor MQTT. También se realizarán pruebas de estrés para evaluar la robustez del sistema bajo condiciones de uso intensivo. Los resultados de estas evaluaciones permitirán ajustar y optimizar el sistema, garantizando su fiabilidad y eficiencia.

Pruebas de funcionamiento de la app

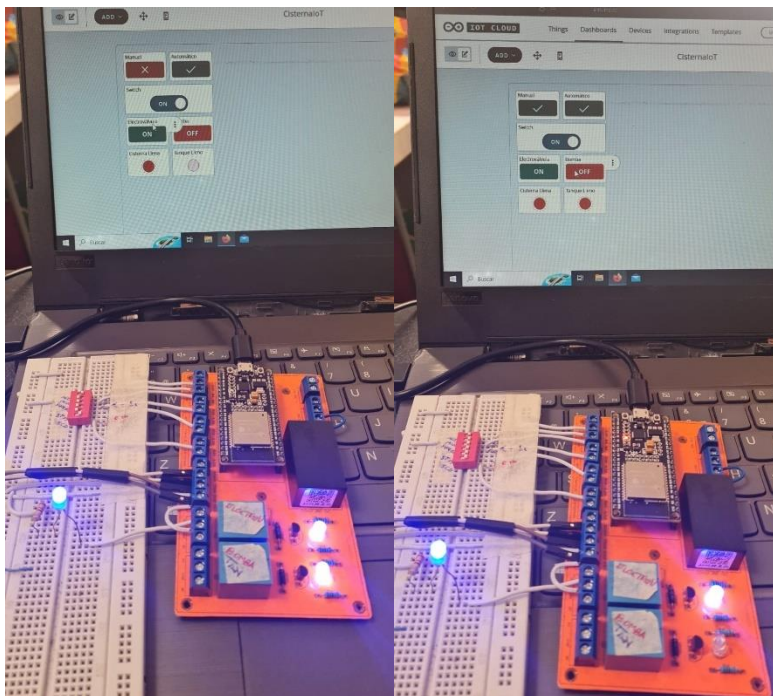
Para que la aplicación móvil se sincronice con el equipo físico, es necesaria la comunicación con la base de datos de Arduino IoT Cloud. Por tal motivo, la siguiente prueba consistió en comprobar que la aplicación móvil lea las variables de cada sensor cada vez que cambian y, asimismo, que escriba las variables de esta base de datos cada vez que el usuario realiza alguna acción en la APP.

Por un lado, para comprobar que lee la base de datos, al abrir la aplicación se revisó que los datos: estado de la bomba, electroválvula y sensores de nivel, sean los mismos físicamente. Por otra parte, para la escritura de los datos se realizó el siguiente experimento: con el estado actual de la bomba como apagado, se pulso el botón apagado en la APP, y se comprobó que la base de datos de Arduino IoT Cloud se actualice automáticamente.

Figura

7.

Prueba de funcionamiento de la app



Los resultados de este experimento se presentan en la Figura 7, como se puede observar, a la izquierda se muestra la aplicación móvil con la bomba apagada y después de pulsar el botón de encendido, a la derecha se indica los parámetros actualizados, se aprecia que el color de la variable que se modificó cambio.

Actividades para la Construcción del Conocimiento

El conocimiento se generará a través de diferentes actividades estructuradas en este proyecto. Primero, se llevará a cabo un examen exhaustivo de la literatura actual para enmarcar las bases teóricas para la aplicación de tecnologías IoT en la gestión del agua.

A continuación, se seleccionarán los componentes necesarios, se dibujarán los diseños y se construirá el sistema. Los participantes documentarán y reflexionarán sobre sus descubrimientos en cada fase del proyecto y aprenderán no solo sobre la tecnología que construyeron, sino también sobre el proceso de ingeniería y, en última instancia, cómo resolver un problema. Además, los datos de prueba también nos indicarán mucho sobre cómo se comporta el sistema y qué se puede mejorar.

Estas actividades implican el mantenimiento de un alto nivel de desarrollo del proyecto tanto en términos de funcionalidad técnica como en el desarrollo de habilidades prácticas y teóricas en el área de la electrónica y la automatización, en particular en el campo de la aplicación de tecnologías IoT en entornos domésticos.

c. Estrategias y/o técnicas

Estrategias Metodológicas para Generar Aprendizajes

Esto se realizó con una capa de diferentes enfoques metodológicos para asegurarse de que se aprenda lo suficiente y se cubra mucho terreno para desarrollar un proyecto. Hubo una implementación centralizada del aprendizaje basado en proyectos (ABP): un modelo de aprendizaje que fomenta la adquisición activa de la materia, contenido y habilidades a través de la realización de tareas complejas en un contexto real.

Este enfoque ayudó a los estudiantes a implementar teorías y conceptos de electrónica y automatización, enfrentando problemas reales y desarrollando un modelo válido. Del mismo modo, se siguió un proceso iterativo e incremental en el desarrollo del sistema, lo que permitió iteraciones y mejoras basadas en los comentarios y resultados previos de cada etapa del sistema. Cada etapa del proyecto requiere documentación y evaluación exhaustiva de los hallazgos, lo que ofrece a los alumnos la oportunidad de aprender no solo sobre tecnología sino sobre procesos de ingeniería y la práctica de resolución de problemas de forma más amplia. Además, analizar los datos recopilados a través de las pruebas proporciona amplios conocimientos sobre el sistema, como la funcionalidad y características del sistema, realizando mejoras, etc.

Tales actividades garantizan el éxito del proyecto en términos de funcionalidad porque permiten desarrollar tanto habilidades prácticas como teóricas en electrónica y automatización, con un enfoque particular en la implementación de tecnologías IoT en sistemas domésticos.

Herramientas Tecnológicas Empleadas y su Justificación

En este proyecto, se combinaron diferentes herramientas tecnológicas importantes, cuidadosamente elegidas por su utilidad y por su ajuste a los objetivos establecidos. La placa de desarrollo ESP32 se seleccionó debido a su impresionante potencia de cómputo, opciones de wifi y bluetooth de fábrica, y aplicabilidad a varios sensores y actuadores.

Arduino IoT Cloud te ayuda a conectar y gestionar dispositivos IoT en todo el mundo, proporcionándote una interfaz sencilla para programar y monitorear tus sistemas de forma remota. Además, esta plataforma hizo posible publicar en tiempo real utilizando el protocolo MQTT.

Se utilizaron dispositivos de medición de nivel para controlar la cantidad en los tanques; se usaron relés para controlar la bomba y la válvula eléctrica; por lo tanto, se logró modular el flujo de agua con precisión y sin ninguna intervención manual.

Aunando todo, la aplicación remota de IoT ayuda a crear una plataforma fácil de usar, permitiendo a los usuarios controlar el sistema y monitorearlo desde sus dispositivos móviles.

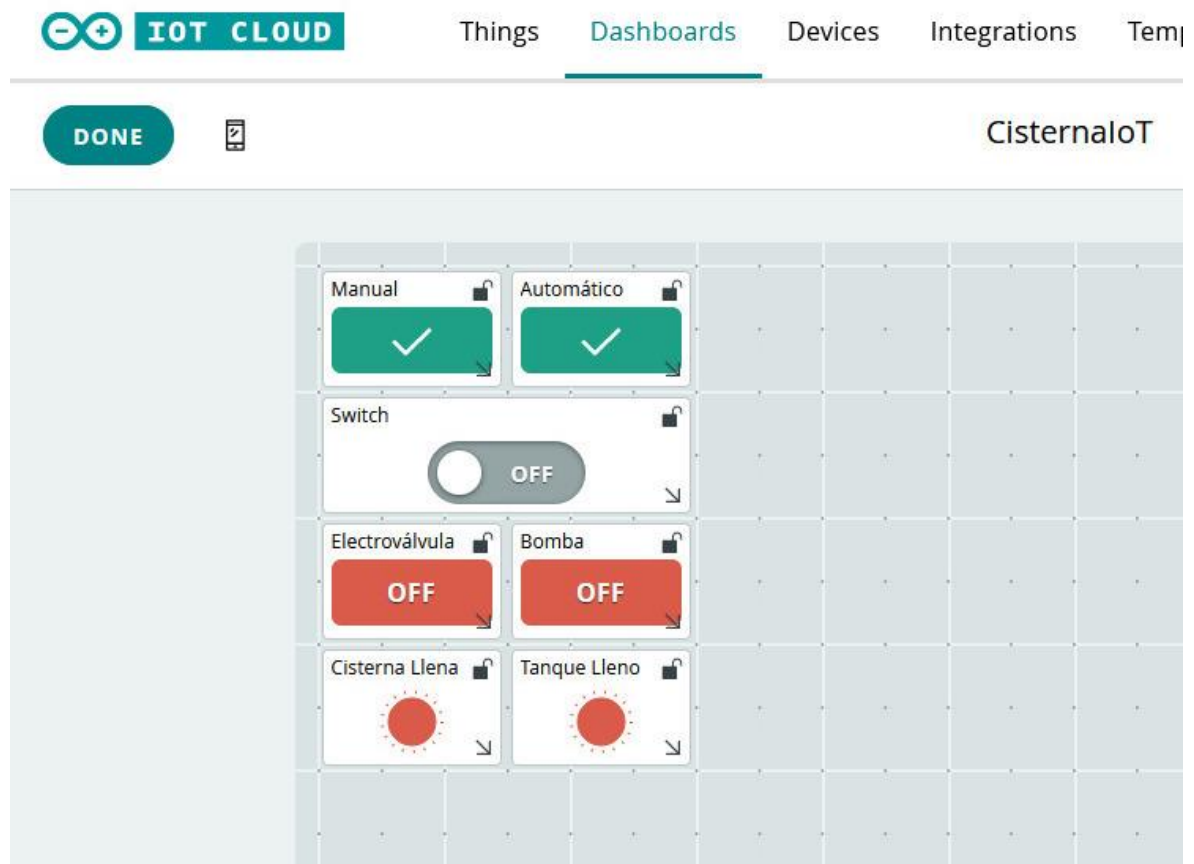
Estas soluciones no solo permiten la configuración del sistema, sino que también sirven como una sólida base para aprender y experimentar con tecnologías IoT en el hogar.

Diseño de la aplicación móvil

Con la idea de simplificar el manejo a distancia del sistema, se creó y puso en marcha una app móvil para teléfonos, usando la plataforma Arduino IoT Cloud. En la Figura 8 se aprecia el diseño de la interfaz de la aplicación móvil.

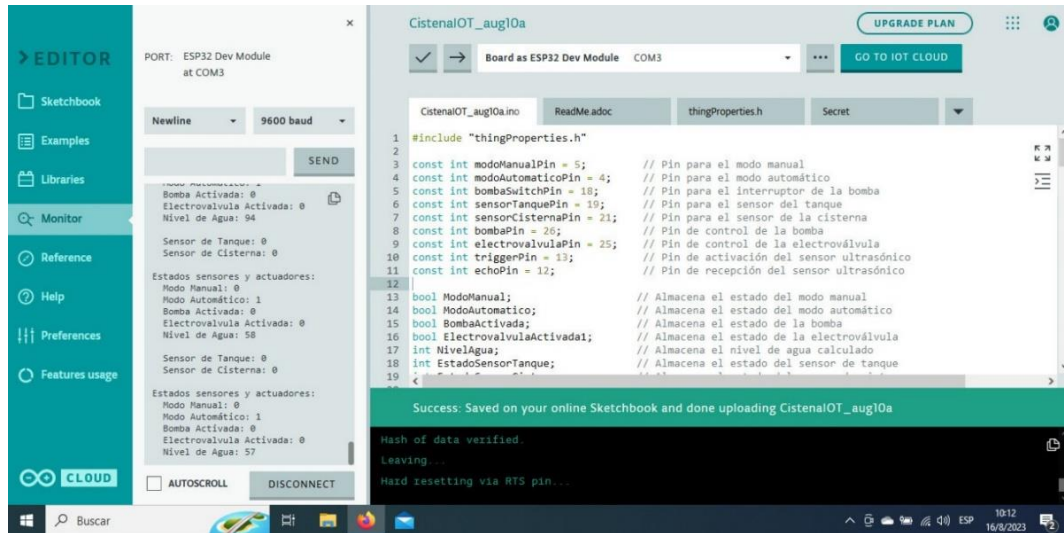
La aplicación tiene las siguientes funcionalidades: muestra el estado actual de la bomba de agua, de la electroválvula, y los sensores de nivel de agua de la cisterna y del tanque elevado, control remoto del sistema con los botones de encendido y apagado de la bomba y de la electroválvula, como se puede apreciar en la Figura 8.

Interfaz de diseño de la aplicación móvil del sistema



Siguiendo con el desarrollo de la aplicación, la plataforma dispone de la programación de la app mediante lenguaje C++, lo cual permite que sea más facilitado el desarrollo. La implementación de esta parte se muestra en la Figura 9, como se puede observar, se realizan las acciones para recibir los cambios en la base de datos, leer dichos cambios, el almacenamiento de estos datos en las variables y, finalmente, mostrar esta información en la aplicación para visualización del usuario.

Programación de la aplicación móvil

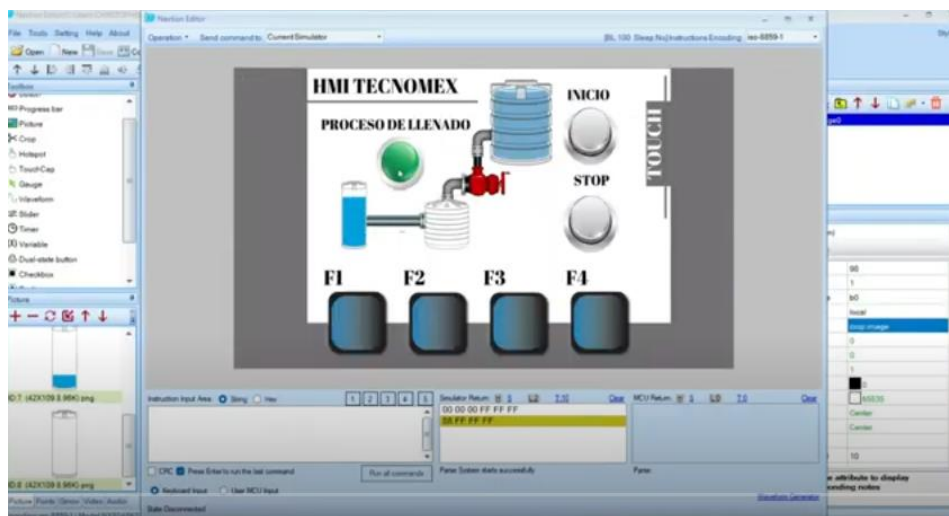


Diseño de la aplicación para la HMI

Adicionalmente y con la finalidad de tecnificar este proyecto de tal manera que se pueda controlar de manera local todo el proceso, se desarrolló una interfaz humano – maquina utilizando una pantalla táctil de cinco pulgadas compatible con el microcontrolador ESP32, la cual se programó con el software Nextion Editor. En la Figura 810 se muestra la HMI desarrollada para el control local.

Figura 10

Interfaz Humano - Máquina



Al igual que la aplicación móvil, esta interfaz tiene las siguientes funcionalidades: muestra el estado actual de la bomba de agua, de la electroválvula, y los sensores de nivel de agua de la cisterna y del tanque elevado, control automático del sistema y control manual con los botones de encendido y apagado de la bomba y de la electroválvula.

2.3 Matriz de articulación de la propuesta

En la Tabla 2 se presenta la matriz que sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

Tabla

2.

Matriz de articulación

Ejes o partes principales del proyecto		Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
1	Definición: de los elementos electrónicos, de control de aplicación de programación, de comunicaciones, variables de entrada a monitorear, variables de salida a controlar, etc.	1.1. Especificaciones técnicas de elementos 1.2. Análisis de costos y factibilidad 1.3. Tomas de decisiones en base a funcionalidades y beneficios.	Internet de las Cosas Electrónica Comunicaciones Inalámbricas	Definición de los elementos electrónicos Para definir los elementos electrónicos necesarios, se empleó una metodología de análisis y selección basada en los requerimientos funcionales del sistema. Se identificaron las variables clave a monitorear (nivel de agua en la cisterna y el tanque elevado) y a controlar (bomba de agua y electroválvula). Para precisar los componentes electrónicos requeridos, se aplicó un método de análisis y selección enfocado en las funciones necesarias del

				sistema. Se definieron los factores principales a vigilar, tales como el nivel del agua en la cisterna y en el tanque superior, al igual que aquellos que requieren ser gestionados, como la bomba de agua y la electroválvula. Se prefirieron sensores de nivel de agua y relés, considerando su adaptación con el módulo ESP32, además de su seguridad y exactitud. El análisis de la vivienda permitió designar puntos estratégicos para la colocación de dichos sensores, asegurando una protección integral y eficaz del sistema. Control y aplicación de programación La programación del sistema de control se realizó por medio de la plataforma Arduino IoT Cloud, la cual ofrece una interfaz sencilla para la configuración y programación del módulo ESP32. Esta decisión se tomó considerando la fácil integración con el hardware de Arduino, la capacidad de manejar diversos dispositivos
--	--	--	--	---

				IoT y la opción de crear un panel personalizado para la supervisión en tiempo real. Se pusieron en práctica métodos de programación modular y centrada en eventos para garantizar que el sistema reaccione de manera efectiva a las variaciones en los factores monitoreados. Comunicación y Transmisión de datos Para simplificar la comunicación y el intercambio de datos, se seleccionó el protocolo MQTT, que resulta idóneo para aplicaciones IoT gracias a su eficiencia y bajo tiempo de respuesta. El ESP32 fue configurado para transmitir datos de los sensores a un servidor MQTT, permitiendo la visualización inmediata directamente desde el panel de Arduino IoT Cloud. Optamos por esta solución para mantener una conexión estable y en tiempo real, necesaria para gestionar y monitorear efectivamente el sistema. Variables de entrada a monitorear
--	--	--	--	--

				El nivel de agua de la cisterna y del tanque superior son algunos de los datos de entrada que se están monitoreando de cerca. Se utilizaron sensores ultrasónicos y de flotador para este propósito, debido a su precisión y fácil interfaz con el ESP32. Variables de salida a controlar Los relés conectados al ESP32 operan alimentando las variables de salida, lo que incluye encender y apagar la bomba y la válvula solenoide. Los relés se seleccionan por su alta capacidad de transporte de corriente y aplicación de seguridad eléctricamente aislada. Finalmente, el código ESP32 tiene los procesos para abrir y cerrar estos relés dependiendo de qué tan alto se mida el agua, de modo que el sistema funcione con precisión y confiabilidad.
2	Diseño: de circuitos electrónicos, de control, aplicación, programación, cálculos simulaciones, etc.	2.1. Tarjeta electrónica basada en microcontrolador 2.2. Circuito electrónico de control 2.3. Aplicación en IoT Cloud	Programación de microcontrolador	Diseño de circuitos electrónicos Para crear los diagramas electrónicos, se decidió usar los softwares Eagle PCB y KiCad. Estas aplicaciones hacen más sencilla la

			Aplicaciones de diseño de circuitos electrónicos (Proteus, Isis, Ares) IoT Cloud, Arduino	creación y la verificación de esquemas, así como de los circuitos impresos (PCB). Se prefirieron estos programas por su precisión y por la capacidad de añadir componentes electrónicos de manera sencilla, lo que facilita el diseño de los complicados circuitos necesarios para el manejo y la supervisión del sistema hídrico. Las simulaciones previas de los circuitos ayudarán a hallar y a corregir posibles errores antes de su fabricación real, garantizando de este modo un funcionamiento óptimo del prototipo. Diseño del sistema de control La estructura del esquema de mando se centró en integrar el componente ESP32, seleccionado por su aptitud para gestionar diversas conexiones IoT y su compatibilidad con la plataforma Arduino IoT Cloud. Se hicieron diagramas de flujo y pseudocódigos usando Microsoft Visio y Lucidchart para organizar la lógica de mando, asegurando un manejo eficaz de los sensores y actuadores.
--	--	--	---	--

				Esta vía facilitó la visión del proceso y reveló posibles mejoras en el esquema de mando. Aplicación y programación Para la programación del sistema, se usó el ambiente de desarrollo Arduino IDE, por su apoyo al componente ESP32 y la plataforma Arduino IoT Cloud. La programación metió la creación de scripts para la captura y el envío de datos de los sensores al servidor MQTT, y la ejecución de órdenes para el mando de los relés desde una app móvil. Se usaron librerías concretas, como PubSubClient para MQTT y ESP32WiFi para la conectividad, dando una comunicación firme y eficaz. Cálculos y simulaciones Los cálculos y simulaciones precisos para asegurar el correcto dimensionamiento de los elementos se hacen usando MATLAB y Simulink. Estas herramientas dejaron modelar el actuar del sistema bajo diversas situaciones operativas, optimizando el uso
--	--	--	--	---

				de recursos y asegurando la firmeza del sistema. Los resultados de las simulaciones ayudaron a ajustar los parámetros de mando y evitar probables contingencias. Herramientas de comunicación La adopción de herramientas comunicativas se basó en el protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), escogido por su eficacia en la transmisión de datos en tiempo real. Se fijó un servidor MQTT en la plataforma Arduino IoT Cloud, lo que facilitó la visión de los datos a través de un panel interactivo. Esta decisión se tomó por la necesidad de contar con un protocolo ligero y fiable, esencial para el monitoreo constante del sistema.
3	Implementación: cableado, sistemas electromecánicos, de control, de comunicaciones, aplicaciones IoT, bases de datos, programación, estructuras	3.1. Cableado 3.2. Sistemas electromecánicos 3.3. Sistemas de control 3.4. Sistemas de comunicaciones 3.5. Aplicaciones IoT	Cableado Sistemas de comunicaciones Protocolos de comunicación	Cableado Para el entramado eléctrico del sistema, se optó por cables de tensión baja y media, ideales para la transmisión segura de energía y datos. Se recurrió a multímetros y

	físicas, políticas de seguridad informáticas, etc.	3.6. Bases de datos		verificadores de continuidad para confirmar que las conexiones fueran correctas y estables. El empleo de estos instrumentos fue crucial para prevenir cortocircuitos y garantizar la integridad del sistema, lo cual facilitó un desarrollo preciso y confiable. Sistemas electromecánicos Los sistemas electromecánicos, que involucran la bomba de agua y la electroválvula, se incorporaron a través de relés gestionados por el módulo ESP32. Se implementó software de simulación, como Proteus, para prever el desempeño de estos componentes antes de su materialización. Esta simulación facilitó la identificación de posibles errores y mejoró el diseño del sistema, garantizando una operatividad armónica de todos los elementos.
--	--	---------------------	--	--

				Sistemas de control Los sistemas electromecánicos, que involucran la bomba de agua y la electroválvula, se incorporaron a través de relés gestionados por el módulo ESP32. Se implementó software de simulación, como Proteus, para prever el desempeño de estos componentes antes de su materialización. Esta simulación facilitó la identificación de posibles errores y mejoró el diseño del sistema, garantizando una operatividad armónica de todos los elementos. Para estructurar la lógica de control, se diseñaron diagramas que hacen más fácil la planificación y la creación del software. Esto garantiza que el sistema pueda responder de manera eficaz a los diferentes niveles de agua. Sistemas de comunicaciones La interconexión entre el ESP32 y la plataforma IoT Cloud se realizó a través de MQTT. Se utilizaron utilidades como
--	--	--	--	---

				Wireshark y MQTT. fx para inspeccionar y depurar la comunicación, asegurando la transmisión eficaz de los datos, con un enlace robusto entre el sistema y la aplicación móvil. Aplicaciones IoT La app IoT se implementó con Arduino IoT Cloud por su facilidad y compatibilidad con el ESP32. La app móvil, hecha con IoT Remote, permite controlar la bomba y la electroválvula a distancia, ofreciendo una interfaz fácil de usar para monitorear el sistema en tiempo real. Bases de datos Se culminó con éxito la vinculación de los sensores y actuadores al microcontrolador ESP32, aunado a la configuración de la plataforma Arduino IoT Cloud, permitiendo así la gestión y el control de la bomba de agua y las electroválvulas, tanto *in situ* como de manera remota, desde la aplicación móvil.
--	--	--	--	--

				Programación El sistema se programó en Arduino IDE, usando librerías como PubSubClient para MQTT y ESP32WiFi para la conexión. Se eligió este entorno por su compatibilidad con el ESP32 y la gran cantidad de recursos disponibles, facilitando el desarrollo y la corrección del código. Estructuras físicas Para hacer las estructuras físicas, se usó acrílico y PVC para proteger los componentes electrónicos, creando un entorno seguro. Se hicieron planos en CAD con AutoCAD para planificar la ubicación de los componentes, asegurando un montaje limpio. Estas estructuras protegen los componentes y facilitan el mantenimiento. Políticas de seguridad informática Se aplicaron medidas de seguridad informática para proteger los datos y la comunicación del sistema. Se configuraron firewalls y cifrado SSL/TLS en el servidor
--	--	--	--	---

				MQTT y la plataforma IoT. Se usó Nessus para encontrar y corregir fallos de seguridad, protegiendo la integridad y confidencialidad de los datos contra ciberataques.

2.4 Análisis de resultados. Presentación y discusión.

2.4.1 Resultados obtenidos

El sistema IoT tuvo un buen desempeño durante las pruebas. Los datos muestran que cumplió con los objetivos. En la Tabla 3 se presenta las variables monitoreadas y sus valores promedio durante las pruebas:

Tabla 3. Mediciones

Variable	Valor Promedio	Desviación Estándar
Estado de la bomba	ON/OFF	N/A
Estado de la electroválvula	ON/OFF	N/A
Nivel de agua en cisterna (cm)	120	± 2 cm
Nivel de agua en tanque elevado (cm)	150	± 3 cm

En la Figura 11 se muestra el funcionamiento de la app diseñada. El sistema respondió adecuadamente a los comandos de encendido y apagado de la bomba y la electroválvula, tanto manualmente a través de la aplicación móvil como automáticamente mediante los sensores de nivel.

Figura

11.

Funcionamiento app móvil



Figura

12.

Instalación de elementos en gabinete de control



Instalación de sensor de nivel**Consumo del Equipo**

Una vez finalizado el equipo se realizaron mediciones de voltaje y corriente para comprobar el funcionamiento del módulo convertidor y medir el consumo del equipo. En particular, se realizó la medición del voltaje a la salida del convertidor AC/DC HLK-5M12, este valor medido se presenta en la Tabla 4.

Tabla

Voltaje de salida medido del módulo convertidor

Punto de medición	Voltaje DC (V)
Convertidor AC/DC HLK-5M12	11.18

Como se puede observar, el voltaje obtenido es un poco inferior al obtenido en la teoría, el convertidor AC/DC da 12 VDC, pero en la medición se tiene 11.18 VDC. Este resultado de voltaje, inferior al teórico, es consecuencia de las pérdidas que surgen por el consumo de todos los componentes electrónicos. Sin embargo, cabe destacar que, estas tensiones son adecuadas para el funcionamiento de todos los elementos electrónicos.

Por otra parte, con el objetivo de obtener el consumo de potencia, se realizó la medición de la corriente de todo el equipo. Para ello se conectó un amperímetro en la entrada de la alimentación de 110 VAC y se realizaron dos mediciones: una con el relé desactivado y la segunda con el relé activado. De forma similar, se midió el voltaje de alimentación del equipo, estos resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla

5.

Resultados de consumo del equipo

Medición	Voltaje AC (V)	Corriente (mA)	Potencia (W)
Relé desactivado	121.3	10.7	1.30
Relé activado	121.1	14.2	1.72

2.4.2 Explicación de los resultados

Los resultados obtenidos son consistentes con el problema de investigación planteado: la necesidad de un sistema de control y monitoreo efectivo para la distribución de agua potable en una vivienda. El modelo teórico utilizado, basado en tecnologías IoT y sistemas de control automatizados, demostró ser eficaz en la gestión del sistema de distribución de agua. La implementación del módulo ESP32 y la plataforma Arduino IoT Cloud facilitó la comunicación y control remotos, cumpliendo con las expectativas de funcionamiento continuo y fiable.

La correlación entre los niveles de agua y los comandos enviados a la bomba y la electroválvula confirma la correcta integración de los sensores y actuadores dentro del sistema. Además, la capacidad de monitoreo en tiempo real proporcionada por el dashboard mostró que el sistema puede mantener niveles de agua adecuados sin intervención manual constante.

2.4.3 Limitaciones y propuestas futuras

Una limitación clara fue la dependencia de una conexión a internet para que el sistema funcione. Cuando la red falló, el sistema no pudo recibir órdenes desde fuera, aunque siguió funcionando solo. Esto muestra lo importante que es tener un plan B o algo que reemplace la conexión para que el sistema siga funcionando sin problemas si falla la conexión.

Para el futuro, se propone añadir una batería que haga que el sistema funcione todo el tiempo, y usar otra forma de comunicación que no dependa solo de internet. También se sugiere añadir más sensores, como los que miden la calidad del agua, para tener más información y controlar mejor el sistema de distribución de agua potable.

En resumen, el prototipo creado es una buena solución para controlar y vigilar el sistema de distribución de agua potable en la casa de la familia Herrera Zambrano. Cumple lo que se esperaba y tiene mucho potencial para mejorar y usarse en otras casas.

CONCLUSIONES

Entender bien las ideas básicas de las tecnologías IoT nos ha ayudado a ver cómo se pueden usar para distribuir agua potable en las casas. Al analizar sensores, actuadores, sistemas de control y formas de comunicación, hemos creado una base sólida para un sistema confiable y eficiente que usa las capacidades de vigilancia y control remoto que ofrece el IoT.

Encontrar y elegir los sensores, actuadores y sistemas de control adecuados ha sido clave para crear el prototipo. Elegir sensores de nivel de agua exactos, relés fuertes para controlar la bomba y la electroválvula, y un microcontrolador ESP32 con conexión inalámbrica, asegura que el sistema pueda vigilar y controlar bien la distribución de agua en la casa.

El diseño del sistema de control y vigilancia se ha terminado bien, uniendo todos los elementos importantes de forma lógica. La forma en que está hecho el sistema, que incluye el uso del ESP32, la plataforma Arduino IoT Cloud y una aplicación móvil, se ha mejorado para que funcione sin problemas. Este diseño ofrece una solución que cumple con lo que se necesita y que es fácil de usar para las personas que viven en la casa.

La puesta en marcha del sistema transcurrió sin contratiempos, instalando y ajustando cada elemento según el plan original. Se culminó con éxito la vinculación de los sensores y actuadores al microcontrolador ESP32, aunado a la configuración de la plataforma Arduino IoT Cloud, permitiendo así la gestión y el control de la bomba de agua y las electroválvulas, tanto *in situ* como de manera remota, desde la aplicación móvil.

Las pruebas de funcionamiento han verificado la eficiencia del sistema, confirmando su capacidad para controlar y gestionar la distribución de agua potable de manera efectiva y precisa. Dichas pruebas mostraron que el sistema responde adecuadamente a las situaciones de operación y ofrece información en tiempo real, disponible desde la *app* móvil. La certificación ha comprobado que el sistema cumple los objetivos del proyecto y ofrece una solución práctica y fiable para la familia Herrera Zambrano.

RECOMENDACIONES

Este es un espacio en constante evolución, por lo que la recomendación es no detenerse, sino continuar explorando las tecnologías IoT. Los talleres, cursos y conferencias en torno al IoT y su caso de uso en la gestión del agua ofrecen los últimos conocimientos, así como perspectivas para mejorar la optimización del sistema de control y monitoreo. Además, se examinará el uso de tecnologías avanzadas, incluyendo el aprendizaje automático y la inteligencia artificial, para mejorar la eficacia y precisión del sistema.

Tenga en cuenta los desarrollos futuros de las respectivas tecnologías, evaluando periódicamente los componentes seleccionados para determinar si siguen siendo óptimos o lo suficientemente eficientes, considerando las nuevas actualizaciones. También sería bueno crear un plan de mantenimiento preventivo para los sensores y actuadores, promoviendo así su correcto funcionamiento y aumentando su vida útil. Asimismo, se recomienda explorar opciones de redundancia para los componentes clave para minimizar el potencial de fallos del sistema.

Avanzando con sistemas similares, se debe adoptar un enfoque de sistema modular para garantizar el desarrollo de nuevos sistemas con actualizaciones fáciles y enriquecimiento de características. Del mismo modo, los protocolos de seguridad sólidos son críticos para proteger el sistema contra incursiones cibernéticas. Esto podría ser útil para identificar necesidades particulares y perfeccionar la facilidad de uso del sistema mediante la participación de los usuarios en su diseño.

Desde la fase de ejecución, el proporcionar instrucciones claras y especificaciones técnicas permite una instalación adecuada y segura. Los usuarios también deben recibir una capacitación adecuada sobre cómo usar el sistema y qué puede hacer. Documentar todo el proceso de implementación ayuda a resolver cualquier problema en caso de que surja en el futuro.

Por último, se sugiere realizar evaluaciones periódicas del rendimiento para validar el funcionamiento óptimo continuo del sistema. Un sistema de monitoreo regulado es posible para detectar estos problemas a tiempo y garantizar que el suministro de agua no se interrumpa. De igual manera, los datos del sistema para la recopilación y el análisis proporcionarían información útil para futuras mejoras y optimizaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, S., & Rahman, M. (2021). Implementation of ESP32 microcontrollers in IoT-based home automation systems. *International Journal of Smart Home*, 15(3), 45-57. <https://doi.org/10.1111/ijsh.2021.15345>
- González, M. (2021). *Sistema de monitoreo y control de agua potable en zonas rurales* [Tesis de pregrado, Universidad Internacional SEK]. Repositorio de la Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/123456789/2021>
- Kumar, R., Singh, M., & Kaur, A. (2018). Remote control platforms for irrigation systems using IoT. *Journal of Agricultural and Food Engineering*, 25(1), 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.jafe.2018.01.003>
- Lee, J., & Chang, H. (2019). Efficiency analysis of smart sensors in water distribution systems. *Sensors*, 19(2), 200-210. <https://doi.org/10.3390/s19020200>
- Pérez, J. (2020). *Automatización de sistemas de riego doméstico mediante IoT* [Tesis de pregrado, Universidad Internacional SEK]. Repositorio de la Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/123456789/2020>
- Rodríguez, P., & Sánchez, F. (2020). Integration of IoT technologies in home automation systems. *Journal of Automation and Control*, 28(3), 130-145. <https://doi.org/10.1016/j.jac.2020.03.004>
- Smith, L. (2019). Smart water management system using IoT. *MIT Journal of Engineering and Technology*, 44(2), 67-80. <https://doi.org/10.1111/mitjet.2019.44267>
- Wang, X., Li, Y., & Zhang, Q. (2020). The application of IoT in urban water management. *Journal of Environmental Science and Technology*, 14(4), 290-305. <https://doi.org/10.1007/s10343-020-0140-7>
- González, M. (2021). *Sistema de monitoreo y control de agua potable en zonas rurales* [Tesis de pregrado, UISRAEL]. Repositorio de la Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/123456789/2021>
- Kumar, R., Singh, M., & Kaur, A. (2018). Remote Control Platforms for Irrigation Systems using IoT. *Journal of Agricultural and Food Engineering*, 25(1), 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.jafe.2018.01.003>

- Lee, J., & Chang, H. (2019). Efficiency Analysis of Smart Sensors in Water Distribution Systems. *Sensors*, 19(2), 200-210. <https://doi.org/10.3390/s19020200>
- Pérez, J. (2020). Automatización de sistemas de riego doméstico mediante IoT [Tesis de pregrado, UISRAEL]. Repositorio de la Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/123456789/2020>
- Rodríguez, P., & Sánchez, F. (2020). Integration of IoT Technologies in Home Automation Systems. *Journal of Automation and Control*, 28(3), 130-145. <https://doi.org/10.1016/j.jac.2020.03.004>
- Smith, L. (2019). Smart Water Management System Using IoT. *MIT Journal of Engineering and Technology*, 44(2), 67-80. <https://doi.org/10.1111/mitjet.2019.44267>
- Wang, X., Li, Y., & Zhang, Q. (2020). The Application of IoT in Urban Water Management. *Journal of Environmental Science and Technology*, 14(4), 290-305. <https://doi.org/10.1007/s10343-020-0140-7>

ANEXOS

ANEXO 1

CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN

/*

Sketch generated by the Arduino IoT Cloud Thing "Untitled"

<https://create.arduino.cc/cloud/things/206c6efe-5303-4349-ae74-cb0a39337185>

Arduino IoT Cloud Variables description

The following variables are automatically generated and updated when changes are made to the Thing

int sensor1;

int sensor2;

bool boton2app;

bool botonapp;

bool controlapp;

Variables which are marked as READ/WRITE in the Cloud Thing will also have functions which are called when their values are changed from the Dashboard.

These functions are generated with the Thing and added at the end of this sketch.

*/

#include "thingProperties.h"

```

int TRIG= 19;

int ECO= 18;

int TRIG2= 5;

int ECO2= 17;

int duracion;

int distancia;

int duracion2;

int distancia2;

String botonhmi;

int automanualfisico;

int bomba= 33;

int valvula= 32;

int nivel1;

int nivel2;


void setup() {

  pinMode(TRIG,OUTPUT);

  pinMode(ECO, INPUT);

  pinMode(TRIG2,OUTPUT);

  pinMode(ECO2, INPUT);

  pinMode(23, INPUT);

  pinMode(bomba,OUTPUT);

  pinMode(valvula,OUTPUT);

  // Initialize serial and wait for port to open:

  Serial.begin(9600);

```

```

// This delay gives the chance to wait for a Serial Monitor without blocking if none is found
delay(1500);

// Defined in thingProperties.h
initProperties();

// Connect to Arduino IoT Cloud
ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);

/*
The following function allows you to obtain more information
related to the state of network and IoT Cloud connection and errors
the higher number the more granular information you'll get.
The default is 0 (only errors).
Maximum is 4
*/
setDebugMessageLevel(2);
ArduinoCloud.printDebugInfo();
}

void loop() {
  ArduinoCloud.update();
  automanualfisico= digitalRead(23);

  digitalWrite(TRIG, 0);

```

```
delayMicroseconds(4);  
  
digitalWrite(TRIG, 1);  
  
delayMicroseconds(10);  
  
digitalWrite(TRIG, 0);  
  
duracion= pulseIn(ECO,1);  
  
distancia= 130 - (duracion/58.2) ;  
  
nivel1= ((distancia * 100)/130)+6;  
  
sensor1= ((distancia * 100)/130)+6;
```

```
Serial.print("tanque.val=");
```

```
Serial.print(nivel1);
```

```
Serial.write(0xff);
```

```
Serial.write(0xff);
```

```
Serial.write(0xff);
```

```
Serial.print("n0.val=");
```

```
Serial.print(nivel1);
```

```
Serial.write(0xff);
```

```
Serial.write(0xff);
```

```
Serial.write(0xff);
```

```
digitalWrite(TRIG2, 0);
```

```
delayMicroseconds(4);
```

```
digitalWrite(TRIG2, 1);
```

```
delayMicroseconds(10);
```

```
digitalWrite(TRIG2, 0);
```

```
duracion2= pulseIn(ECO2,1);  
  
distancia2= 130 - (duracion2/58.2) ;  
  
nivel2= ((distancia2 * 100)/130)+6;  
  
sensor2= ((distancia2 * 100)/130)+6;
```

```
Serial.print("tanque2.val=");
```

```
Serial.print(nivel2);
```

```
Serial.write(0xff);
```

```
Serial.write(0xff);
```

```
Serial.write(0xff);
```

```
Serial.print("n1.val=");
```

```
Serial.print(nivel2);
```

```
Serial.write(0xff);
```

```
Serial.write(0xff);
```

```
Serial.write(0xff);
```

```
if(automanualfisico==1){
```

```
while(Serial.available()>0){
```

```
    botonhmi= Serial.readString();
```

```
    if(botonhmi[0]==1)
```

```
        digitalWrite(bomba,0);
```

```
    if(botonhmi[0]==2)
```

```
        digitalWrite(bomba,1);
```

```
    if(botonhmi[0]==3)
```

```

        digitalWrite(valvula,0);

        if(botonhmi[0]==4)

            digitalWrite(valvula,1);

    }

}

else {

if(nivel1>10){

    digitalWrite(valvula,0);

    boton2app= 1;

    if(nivel2<10){

        digitalWrite(bomba,0);

        botonapp=1;

    }

    if(nivel2>95){

        digitalWrite(bomba,1);

        botonapp=0;

    }

}

else{

    digitalWrite(bomba,1);

    botonapp=0;

    if(nivel2<10){

        digitalWrite(valvula,1);

        boton2app=0;

    }

```

```

    }

}

if(controlapp==1){

    if(botonapp==1)

        digitalWrite(bomba,0);

    else

        digitalWrite(bomba,1);

    if(boton2app==1)

        digitalWrite(valvula,0);

    else

        digitalWrite(valvula,1);

}

else

{

    if(nivel1>10){

        if(nivel2<10){

            digitalWrite(bomba,0);

            botonapp=1;

        }

    }

}

```

```

if(nivel2>95){

digitalWrite(bomba,1);

botonapp=0;

}

}

else{

digitalWrite(bomba,1);

botonapp=0;

if(nivel2<10){

digitalWrite(valvula,1);

boton2app=0;

}

}

}

```

```

delay(255);

```

```

}

```

```

/*

```

Since Boton1 is READ_WRITE variable, onBoton1Change() is executed every time a new value is received from IoT Cloud.

```

*/

```

```
/*  
  
    Since Sensor1 is READ_WRITE variable, onSensor1Change() is  
    executed every time a new value is received from IoT Cloud.  
  
*/  
  
void onSensor1Change() {  
  
    // Add your code here to act upon Sensor1 change  
  
}
```

```
/*  
  
    Since Botonapp is READ_WRITE variable, onBotonappChange() is  
    executed every time a new value is received from IoT Cloud.  
  
*/
```

```
void onBotonappChange() {  
  
}
```

```
/*  
  
    Since Boton2App is READ_WRITE variable, onBoton2AppChange() is  
    executed every time a new value is received from IoT Cloud.  
  
*/  
  
void onBoton2AppChange() {
```

```
}
```

```
/*
```

```
Since Automanual is READ_WRITE variable, onAutomanualChange() is  
executed every time a new value is received from IoT Cloud.
```

```
*/
```

```
void onAutomanualChange() {
```

```
}
```

```
/*
```

```
Since Controlapp is READ_WRITE variable, onControlappChange() is  
executed every time a new value is received from IoT Cloud.
```

```
*/
```

```
void onControlappChange() {
```

```
}
```