



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN

Tesis



“Desarrollo de un sistema embebido para la medición y control de suministro de agua en zonas semiurbanas a través de IoT.”

PRESENTA:

JHOALYS REYES VIVEROS

CON NÚMERO DE CONTROL

19TE0602

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

CLAVE DEL PROGRAMA ACADÉMICO

ISIC-2010-224

DIRECTOR (A) DE TESIS:

M.S.C. MIGUEL AGUILAR CORTES

“La Juventud de hoy, Tecnología del Mañana”

TEZIUTLÁN, PUEBLA, FEBRERO 2024



PRELIMINARES

Agradecimientos

A MI MADRE.

Por ser mi fuente inagotable de apoyo y aliento, su amor, paciencia y sacrificio han sido la luz que me ha guiado a lo largo de este camino, su constante apoyo han sido mi mayor fortaleza, gracias por ser mi inspiración constante.

A MIS HERMANOS.

Quienes han compartido cada desafío y triunfo conmigo, su respaldo constante y amistad le han dado un significado especial a este proceso.

A MI NOVIO JOSÉ MAURO SÁNCHEZ ARCOS.

Por comprender mis momentos de ausencia y por brindarme apoyo emocional incondicional, su presencia ha sido mi ancla en los días más desafiantes.

A MI ASESOR M.S.C. MIGUEL AGUILAR CORTES

Por su guía experta, paciencia y dedicación, gracias por compartir su conocimiento y orientarme a lo largo de esta travesía académica.

Resumen

El presente proyecto consiste en el diseño y desarrollo de un dispositivo electrónico para abordar la gestión ineficiente del suministro de agua en áreas semiurbanas, el proyecto aborda la problemática de la gestión ineficiente del suministro de agua en áreas semiurbanas, puesto que la falta de herramientas tecnológicas adecuadas ha llevado a un uso ineficiente de los recursos hídricos, causando una grave escasez en estas zonas, la necesidad de un dispositivo que integre tecnología de Internet de las Cosas (IoT) para medir y controlar el suministro de agua se convierte en imperativa. La investigación adoptó un enfoque experimental para el diseño y desarrollo del dispositivo, se emplearon microcontroladores junto con una variedad de sensores y actuadores para la monitorización en tiempo real y la regulación automatizada del flujo de agua. La metodología exploratoria permitió la identificación de parámetros clave para la medición eficiente, mientras que un enfoque retrospectivo se utilizó para analizar casos previos de gestión del agua en entornos similares. En cuanto a los resultados, el dispositivo IoT desarrollado demostró ser efectivo en la medición precisa del consumo de agua y en la optimización del suministro en áreas semiurbanas, los sensores integrados permitieron una recopilación de datos en tiempo real, facilitando la toma de decisiones informada, además, la capacidad de control remoto a través de la IoT proporcionó una gestión ágil y eficiente del recurso hídrico. Las conclusiones destacan la viabilidad y eficacia del dispositivo electrónico como una herramienta crucial para la gestión sostenible del agua en áreas semiurbanas.

Abstract

The present project involves the design and development of an electronic device to address the inefficient management of water supply in semi-urban areas. The project addresses the issue of inefficient water supply management in these areas, as the lack of appropriate technological tools has led to inefficient use of water resources, causing a severe shortage. The need for a device that integrates Internet of Things (IoT) technology to measure and control water supply becomes imperative. The research adopted an experimental approach for the design and development of the device, utilizing microcontrollers along with a variety of sensors and actuators for real-time monitoring and automated regulation of water flow. The exploratory methodology allowed the identification of key parameters for efficient measurement, while a retrospective approach was used to analyze previous cases of water management in similar environments. Regarding the results, the developed IoT device proved effective in accurately measuring water consumption and optimizing supply in semi-urban areas. Integrated sensors enabled real-time data collection, facilitating informed decision-making. Furthermore, the remote-control capability through IoT provided agile and efficient water resource management. The conclusions highlight the viability and effectiveness of the electronic device as a crucial tool for sustainable water management in semi-urban areas.

Introducción

El proyecto en cuestión se centra en el desarrollo de un dispositivo electrónico innovador, este proyecto busca aprovechar la tecnología de Internet de las Cosas (IoT) para ofrecer soluciones efectivas a la problemática de la escasez de agua en entornos que presentan desafíos particulares. Dentro del primer capítulo, se presentan las generalidades del proyecto, abordando la contextualización del problema de la gestión ineficiente del agua en áreas semiurbanas, se exploran las motivaciones y la relevancia del proyecto, destacando la importancia de adoptar enfoques tecnológicos avanzados para optimizar la gestión del recurso hídrico en comunidades con necesidades específicas.

El segundo capítulo se sumerge en el marco teórico que sustenta la investigación, se revisan estudios previos, teorías relevantes y desarrollos tecnológicos existentes relacionados con la gestión eficiente del agua y la implementación de dispositivos basados en IoT, este análisis crítico proporciona el fundamento conceptual necesario para la comprensión de la propuesta del proyecto. El tercer capítulo detalla el proceso de desarrollo del dispositivo electrónico, se explora la elección de microcontroladores, sensores y actuadores, así como la integración de la tecnología IoT, la metodología adoptada para el diseño experimental del dispositivo se presenta en detalle, destacando la importancia de la experimentación y la exploración para alcanzar soluciones eficientes.

En el cuarto capítulo, se exponen los resultados obtenidos a través de la implementación y pruebas del dispositivo en entornos semiurbanos simulados, se analizan los datos recopilados, destacando el rendimiento del dispositivo en términos de medición precisa del consumo de agua y la eficiencia en la regulación del suministro. Finalmente, en el quinto capítulo se presentan las conclusiones derivadas de la investigación, se resumen los hallazgos clave, se discuten las implicaciones prácticas y se reflexiona sobre la viabilidad, y efectividad del dispositivo en la gestión sostenible del agua en áreas semiurbanas, además, se sugieren posibles direcciones para investigaciones futuras en este campo crucial.

Este proyecto no solo representa un avance tecnológico significativo, sino también una contribución concreta hacia la mejora de la calidad de vida en comunidades semiurbanas mediante la implementación de soluciones innovadoras y sostenibles en la gestión del agua. El dispositivo desarrollado, al aprovechar la tecnología IoT, demuestra ser una herramienta valiosa y adaptable, ofreciendo una respuesta efectiva a los desafíos hídricos, este proyecto no solo ha desarrollado un dispositivo tecnológico, sino que ha sembrado la semilla para un cambio significativo en la forma en que enfrentamos los desafíos hídricos en entornos semiurbanos. La innovación tecnológica, en este caso, se presenta como un catalizador poderoso para la sostenibilidad, ofreciendo soluciones inteligentes y adaptables a problemas urgentes. El camino hacia la gestión sostenible del agua se ilumina con las lecciones aprendidas y los resultados obtenidos en este proyecto, subrayando la importancia de la innovación tecnológica para abordar problemas cruciales en el entorno.

Índice

PRELIMINARES

Agradecimientos.....	3
Resumen	4
Abstract.....	5
Introducción	6

CAPÍTULO I GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes de la empresa.....	11
1.2 Problemas de investigación a resolver	16
1.3 Preguntas de investigación	20
1.4 Objetivos	21
1.5 Justificación de la investigación	22

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentos teóricos.....	25
-------------------------------	----

CAPÍTULO III DESARROLLO Y METODOLOGÍA

3.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.....	52
3.2 Alcances y limitaciones.....	57
3.3 Hipótesis	59
3.4 Diseño y metodología de la investigación	59
3.5 Selección de la muestra	65
3.6 Recolección de datos	66
3.7 Análisis de datos.....	71

CAPÍTULO IV RESULTADOS

CAPÍTULO V CONCLUSIONES

5.1 Conclusión general	82
5.2 Conclusión relativa a los objetivos específicos.....	83
5.3 Conclusión relativa al objetivo general	84
5.4 Recomendaciones.....	84

CAPÍTULO VI COMPETENCIAS DESARROLLADAS

CAPÍTULO VII FUENTES DE INFORMACIÓN

CAPÍTULO VIII ANEXOS

Índice de figuras	96
Índice de tablas	98

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes de la empresa

Teziutlán es históricamente un polo de desarrollo económico en la región Nororiental del Estado de Puebla, cuyos fundamentos se fincan, primero, en la industria minera y metalúrgica, posteriormente en la fruticultura y la ganadería, y más recientemente en la industria de la confección de ropa. Como es natural la actividad industrial siempre ha traído aparejado el crecimiento de otras actividades económicas, como son el comercio, el transporte, los servicios financieros y de manera muy especial, la educación (Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 2023).

En 1993, el Gobernador del Estado, Manuel Bartlett Díaz, escuchando la petición popular y la intervención de funcionarios públicos y empresarios interesados, gestionó ante la Secretaría de Educación Pública, dirigida por Ernesto Zedillo Ponce de León, la creación de una Institución de Educación Superior Tecnológica, acción que se vería concretada el 8 de noviembre de 1994 con la publicación del Decreto del Congreso del Estado que expide la ley que crea “Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán”, como Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

El primer día del mes de septiembre de 1993 inició actividades el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán (ITST) ofreciendo las carreras de Ingeniería Industrial y Licenciatura en Administración, siendo el primer Tecnológico Descentralizado del Estado de Puebla, junto con su similar de la Sierra Norte, designándose como primer director general a José Emilio Guillermo Ortega Balbuena. Las primeras actividades académicas se desarrollaron en el “Centro de Bachillerato Tecnológico, Industrial y de Servicios No. 44”, el cual resultó insuficiente ante la aceptación de los estudiantes; por lo que apenas un semestre después el ITST se trasladó a una granja avícola y la casa anexa.

Mientras tanto, como resultado de la donación de Jorge Barrón Levet, en ese momento Diputado Local, y de las gestiones de éste y de su hermano Samuel Barrón Levet, se formalizó la compra de 12 hectáreas de terreno a la Compañía Minera

Autlán. Ese terreno está ubicado a un costado de la antigua mina de cobre que hace 200 años había dado pie al desarrollo de la región, y que actualmente renace con la construcción de una planta hidroeléctrica. El día 22 de abril de 1998 fue nombrado oficialmente el Ing. Alberto Sánchez Serrano como nuevo director del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, iniciando una nueva etapa en la vida de esta institución trayendo consigo cambios sustanciales tales como:

“Impulso y mejoramiento en el aspecto académico del instituto, mejoramiento a sistemas de control en el área administrativa, realización de gestiones permanentes para la construcción y equipamiento del centro de cómputo, así como de dos edificios más, mejoras en la infraestructura física (interior y exterior), creación de nuevas carreras, realización de convenios para estudios de posgrado e investigación, proyección del instituto hacia el sector productivo, industrial y social”.

En el mes de octubre de 1999 el ITST tuvo la desgracia de verse afectado con la depresión tropical “IRENE” quedando seriamente dañada la infraestructura con la que contaba esta institución. Durante el ciclo escolar 2000-2001 el ITST continuó con su quehacer académico en instalaciones prestadas en el centro de la ciudad de Teziutlán, Puebla, con el mismo entusiasmo que en ciclos anteriores.

Mientras se continuaba con el esfuerzo por seguir preparando a las futuras generaciones en otras instituciones facilitadas, al mismo tiempo se realizaron las gestiones pertinentes ante la SEP Federal y la del gobierno del Estado de Puebla, con la finalidad de volver a contar con las instalaciones de Aire Libre, La Mina, Teziutlán, Puebla, completamente rehabilitadas.

Y es así como en el mes de enero del año 2001 alumnos y personal del ITST reanudan actividades en estas instalaciones de Aire Libre. El regreso a las instalaciones trajo consigo nuevos retos y nuevas emociones, en un par de años el instituto incrementó notablemente su infraestructura, equipando sus talleres, laboratorios, centros de cómputo e información, acordes a las necesidades académicas de una educación de calidad. El instituto tendría que ser mejor que antes

de la tragedia vivida por aquella depresión tropical; y para eso se requería de nuevos objetivos, nuevas metas, pero sobre todo de una nueva mentalidad.

Es por ello por lo que el ITST asume el compromiso de certificarse a través de la Norma ISO 9001-2008 y es en el mes de abril del año 2006 cuando esta casa de estudios recibe orgullosamente y además con distinción, la certificación por parte de la empresa QMI-SAIGLOBAL, quien la certifica como una Institución de Calidad en su proceso de Enseñanza – Aprendizaje.

Poco a poco en el ITST se va consolidando una nueva filosofía, su deseo de trascender se convierte en una mentalidad ya constante, dando como resultado que el 1 de noviembre del 2006, estando al frente de la institución el Mtro. Gustavo Urbano Juárez, se logra la acreditación de la carrera de Informática por parte del Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación (CONAIC), acreditación del programa de la Licenciatura en Administración por parte del Consejo de Acreditación para la Enseñanza de la Contaduría y Administración (CACECA) en el año 2008, acreditación del programa de la Licenciatura en Ingeniería Industrial por parte del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI) en el año 2009, acreditación del programa de la Licenciatura de Ingeniería en Sistemas Computacionales por parte de CONAIC en el año 2010, certificación del Sistema de Gestión Ambiental bajo la Norma ISO-14001:2004, por QMI – SAIGLOBAL, reconocimiento SEP Federal a la Calidad Educativa por lograr el 100% de la matrícula con programas acreditados, para el año 2010, aprobación del programa de Protección Civil a nivel estrado, para el período 2010 – 2011.

Para el 30 de agosto de 2018, toma el cargo de la Dirección General la Mtra. Arminda Juárez Arroyo, como resultado de lo anterior, y con la finalidad de hacer congruente el desarrollo integral del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán dentro del proceso educativo, se generó su estructura orgánica que condujo a la expedición de su Reglamento interior.

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, atento a las demandas de la sociedad, y a los principios de la Ley de Educación del Estado de Puebla, se consolida como una institución cuyo objetivo es lograr una educación de calidad, moderna y eficaz, orientada al servicio, acercándola a las necesidades e intereses de la población, que promueva el uso transparente y eficiente de los recursos humanos, materiales y financieros de que disponga, y que cumpla puntualmente con sus programas de trabajo.

1.1.1 Misión

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán tiene como misión, formar profesionales que se constituyan en agentes de cambio y promuevan el desarrollo integral de la sociedad, mediante la implementación de procesos académicos de calidad.

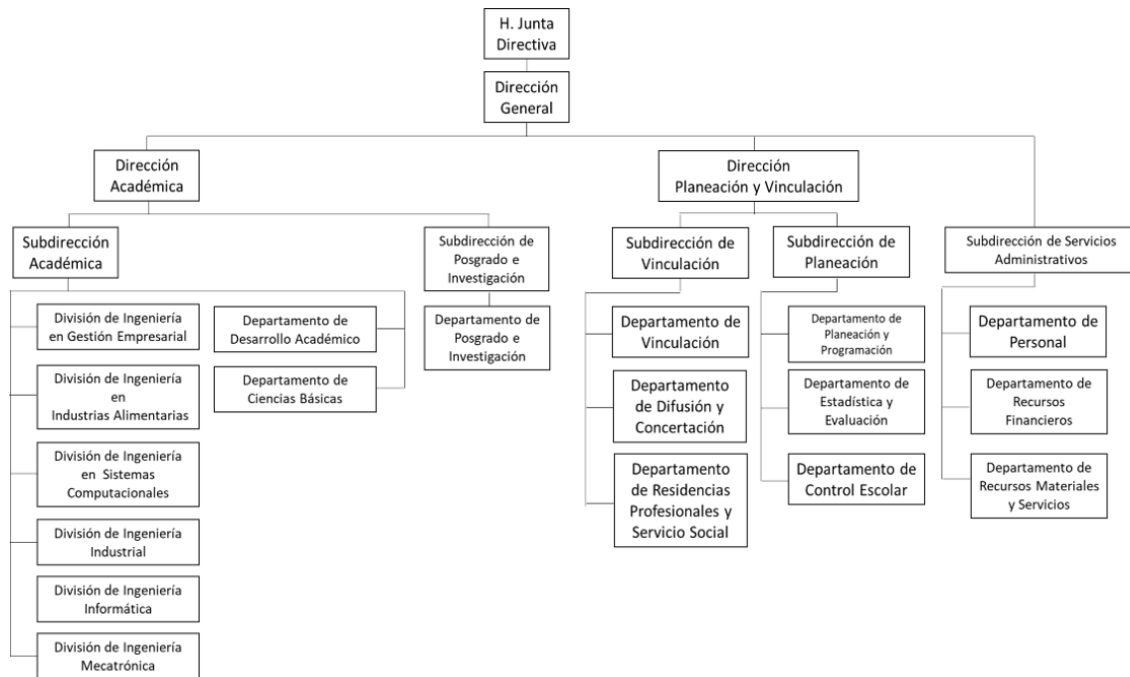
1.1.2 Visión

Su visión es llegar a ser la Institución de Educación Superior Tecnológica más reconocida en el Estado de Puebla, que ofrezca un proceso de Enseñanza – Aprendizaje certificado, comprometido con la excelencia académica y la formación integral del alumno, contribuyendo al desarrollo sustentable, económico, político y social de nuestro Estado.

1.1.3 Organigrama

Figura 1

Organigrama del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.



Fuente: Estructura Orgánica ITST, 2018

Las carreras y maestrías que se ofrecen actualmente en el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán son: Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería en Industrias Alimentarias, Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería Industrial, Ingeniería Informática, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería en Animación Digital y Efectos Visuales, Licenciatura en Turismo, Maestría en Sistemas Computacionales y Maestría en Ingeniería Industrial.

El proyecto de investigación a desarrollar pertenece al área de Ingeniería en Sistemas Computacionales, el cual está enfocado en la implementación de un dispositivo electrónico que regula el flujo de agua de manera óptima y en tiempo real. Un ingeniero en Sistemas Computacionales debe tener la capacidad de optimizar y rentabilizar proyectos de tecnología informática que ayuden a la empresa

en su crecimiento dependiendo del campo laboral en el que se desempeñe. Algunas características electrónicas que se abordan dentro del área de trabajo son: programación con microcontroladores, lenguajes de programación, arquitectura de microcontroladores, programación en bajo nivel, estructura de datos y algoritmos, electrónica, entre otra más.

1.2 Problemas de investigación a resolver

La falta de agua es una realidad que necesita acción inmediata: de acuerdo con la Organización de Naciones Unidas (ONU), habrá un aumento significativo en la frecuencia de las sequías para el año 2050. Este fenómeno pone en peligro la disponibilidad y pureza del agua; México ya se enfrenta a dificultades debido a la escasez de este recurso, durante los últimos años, las sequías se han vuelto más severas, especialmente en las zonas del norte y centro del país. Según la información proporcionada por la Comisión Nacional del Agua (Conagua), en junio de 2023 a nivel nacional hubo una disminución del 61% en las precipitaciones en comparación con el promedio registrado para el mismo mes entre 1991 y 2020, esto provocó una significativa reducción de precipitaciones y es considerada como la ola de calor más amplia e intensa de los últimos años (López, 2023).

La falta del recurso hídrico se atribuye al incremento de la demanda de agua a nivel mundial debido a la alta tasa de crecimiento demográfico, la rápida urbanización, el desarrollo económico y los cambios en los patrones de consumo. Según la ONU, más del 40% de la población global se ve afectada por la escasez de agua, y se espera que este porcentaje aumente debido al crecimiento demográfico. Además, aproximadamente 1,700 millones de personas viven en zonas de cuencas fluviales donde la extracción de agua supera la capacidad de recarga. Los desafíos en relación al agua empeoran aún más debido a que más del 80% de las aguas residuales generadas por actividades humanas se vierten en ríos o el mar sin recibir ningún tratamiento, lo cual causa contaminación. Añade el hecho de que cerca del 70% de todas las aguas obtenidas de los ríos, lagos y depósitos subterráneos se emplean para el riego (Gobierno de México, 2023).

En la actualidad, de acuerdo con los datos proporcionados por el Pacto Mundial, más de un tercio de la población global reside en países con escasez de agua. Para el año 2025, se espera que esta cifra aumente a dos tercios, y para el año 2030, aproximadamente 700 millones de personas podrían ser desplazadas debido a una grave falta de agua. La polución del agua, que se incrementa debido a las aguas residuales de la industria, las prácticas agrícolas y la inadecuada eliminación de desechos humanos, representa otro desafío en la crisis mundial del agua. Según el Banco Mundial, la baja calidad del agua reduce en un tercio el potencial de crecimiento económico en áreas altamente contaminadas, poniendo en riesgo el bienestar tanto humano como ambiental.

Actualmente en México, una gran cantidad de viviendas padece de escasez de agua o cortes constantes del servicio, esto conduce a que los habitantes adquieran tinacos, cisternas y bombas de agua. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI), México presenta un 82% de viviendas que cuentan con un tinaco, lo que indica que hay casi 2 600 000 de ellos, esto significa que alrededor de 1.1 de cada 10 tinacos en el país se encuentran en esa ciudad. Asimismo, el 57% de las viviendas poseen una cisterna y el 64% cuenta con una bomba para movilizar el agua, ya sea hacia un tinaco o hacia el interior de la vivienda (Hernández, Mojica, Barón, Juárez, & Téllez, 2021).

La jefa de Gobierno de la Ciudad de México, Claudia Sheinbaum Pardo, indicó que en este año 2023, debido a una disminución en el nivel de almacenamiento de las presas del Sistema Cutzamala, la Ciudad de México recibirá una reducción del 24 por ciento en el suministro de agua en comparación con el año 2019, esto implica un cambio de 10.5 metros cúbicos a 8 metros cúbicos por segundo, lo que representa un déficit de 2.5 metros cúbicos (Gobierno de México, 2023).

Claudia Sheinbaum reafirmó el compromiso del gobierno capitalino, de Conagua y del Estado de México para enfrentar la temporada de sequía, anunció que el equipo de gobierno sesionará de dos a tres veces por semana para mantener informada a la población sobre los progresos en las labores y medidas de mitigación ante la

disminución del flujo de agua. También hizo un llamado a los habitantes de la ciudad a ser cuidadosos con el recurso hídrico y a utilizarlo de manera racional.

“Siempre salimos adelante juntos en problemas difíciles como estos en la ciudad, ¿qué podemos hacer? Primero, acciones de ahorro de agua, las más básicas y las que representan más cantidad de agua ahorrada, es no regar los jardines con agua potable, vamos a estar dando en los próximos días distintas acciones para que puedan utilizar agua tratada para el riego de jardines, desde baños cortos hasta no usar agua potable para lavar nuestros vehículos”, recomendó.

Germán Arturo Martínez Santoyo, director general de la Comisión Nacional del Agua, detalló que durante este año 2023, el nivel de almacenamiento de las tres presas que abastecen el Sistema Cutzamala es de 386 millones de metros cúbicos, lo cual equivale al 49.4 por ciento de su capacidad total, esta cifra implica una disminución del 23.4 por ciento en comparación con los registros históricos correspondientes para esta época. Detalló que, hasta el 15 de febrero, se ha registrado una sequía severa en la región alta de la cuenca del río Cutzamala, esta situación ha requerido la implementación de medidas para garantizar el suministro de agua a la población, que también se abastece a través de pozos y del Sistema Lerma.

Con base a esta información, es viable desarrollar un sistema que contribuya a gestionar el consumo de agua, brindando al ser humano un control más sencillo en el manejo de sus bombas y depósitos, ya que el agua es un recurso natural de suma importancia para el ser humano. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-2020 sobre agua para uso y consumo humano “control de la calidad del agua distribuida por los sistemas de abastecimiento de agua”, asegura que el suministro de agua destinado al uso y consumo humano debe cumplir con los estándares de calidad necesarios para prevenir y evitar enfermedades (Secretaría de Gobernación, 2020).

La investigación sobre la eficiencia energética en México se ve involucrada en encontrar diferentes técnicas de ahorro de energía en la reducción y optimización

del consumo que implican los diferentes dispositivos Internet of Things (IoT), como son sensores de medición y actuadores de control. De acuerdo con la Ley de Transición Energética (LTE), su objetivo principal es regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como las obligaciones en materia de energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos (Gobierno de México, 2016). Con base a esta ley, se puede gestionar estrategias y técnicas que le permitan a la sociedad demandar sus mismas necesidades en el ahorro de energía, pero con una reducción económica viable a su necesidad.

Al utilizar tecnología avanzada para el desarrollo de un dispositivo electrónico nos lleva a explorar los beneficios del uso de la tecnología IoT, puesto que monitorear y controlar la automatización de agua en áreas afectadas, y garantizar una distribución equitativa y eficiente del recurso, nos posibilita investigar sobre la viabilidad y efectividad de desarrollar este dispositivo, ya que, se consideran factores como el costo, eficiencia energética, escalabilidad y confiabilidad del recurso. Es necesario tomar en cuenta la infraestructura actual, puesto que, la implementación de este dispositivo involucraría la instalación de un sensor de caudal y de dispositivos de monitoreo en puntos clave de la red de suministro de agua. Asimismo, al abordar estos problemas de investigación, se logrará avanzar en el desarrollo del dispositivo electrónico y como derivación de esto se podrá implementar un sistema embebido que posibilite la medición y control eficiente del suministro de agua en áreas semiurbanas.

Con base al desarrollo electrónico, es necesario resolver como se conecta y configura el sensor de caudal para que el microcontrolador pueda leer y procesar correctamente los datos, puesto que, el microcontrolador debe ser capaz de comunicarse y recibir datos del sensor para la medición del agua. Asimismo, para realizar una medición precisa del agua y controlar su distribución, se deben desarrollar algoritmos adecuados, esto implica resolver cómo se interpretarán y

procesarán los datos del sensor, y cómo se tomarán decisiones para controlar el flujo que este tenga.

1.3 Preguntas de investigación

El desarrollo de un dispositivo electrónico basado en microcontrolador que posibilite la medición y control eficiente del suministro de agua puede ser de vital importancia, ya que, este dispositivo proporcionará una solución tecnológica que permitirá una gestión más efectiva y precisa del abastecimiento del agua, contribuyendo así a mejorar la calidad de vida de las comunidades semiurbanas y promoviendo un uso más sostenible y responsable de este recurso tanpreciado. A continuación, se presentan algunas preguntas de investigación que ayudan a guiar el estudio y desarrollo de un dispositivo electrónico efectivo y exitoso para el monitoreo, y control del suministro de agua en zonas semiurbanas a través de IoT.

1.3.1 Pregunta general

¿Cuáles son los principales beneficios de desarrollar un dispositivo electrónico que permita medir y controlar de manera eficiente el suministro de agua en zonas semiurbanas utilizando tecnología de Internet of Things (IoT)?

1.3.2 Preguntas particulares

1. ¿Cuál es la mejor forma de integrar y calibrar un sensor de caudal en un dispositivo electrónico para garantizar mediciones precisas y confiables?
2. ¿Cuál es la forma más eficiente de garantizar la correcta comunicación y sincronización entre el dispositivo electrónico y otros dispositivos externos, como pantallas de visualización o sistemas de monitoreo remoto?
3. ¿Cuáles son los desafíos específicos que enfrentan las zonas semiurbanas en términos de suministro de agua y cómo puede el dispositivo electrónico abordar eficientemente estos desafíos?

4. ¿Cuáles son los beneficios esperados de utilizar tecnología IoT en el control y monitoreo del suministro de agua en zonas semiurbanas?
5. ¿Cuál sería el impacto potencial de implementar este tipo de dispositivo en términos de gestión eficiente del agua, detección de fugas y reducción del desperdicio?
6. ¿Cuál es el costo estimado de desarrollo, implementación y mantenimiento de un dispositivo electrónico para la medición y control del suministro de agua en zonas semiurbanas utilizando tecnología IoT?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un dispositivo electrónico basado en microcontrolador, equipado con sensores y actuadores, que posibilite la medición y control eficiente del suministro de agua en áreas semiurbanas, aprovechando la tecnología de Internet de las Cosas (IoT).

1.4.2 Objetivos particulares

- Investigar las necesidades y problemáticas específicas del suministro de agua en zonas semiurbanas, considerando factores como la disponibilidad de agua, la infraestructura existente y la demanda de agua de la comunidad.
- Integrar el dispositivo electrónico con la infraestructura existente, como bombas, válvulas y tuberías, con el fin de permitir un control efectivo del suministro de agua y optimizar su distribución.
- Evaluar el rendimiento y la eficacia del dispositivo electrónico en un entorno semiurbano realista, considerando aspectos como la precisión de las mediciones, la estabilidad del control y la eficiencia en la distribución del agua.

- Investigar la viabilidad económica y la sostenibilidad del dispositivo electrónico, considerando factores como los costos de implementación, el mantenimiento y la vida útil del dispositivo.
- Evaluar la aceptación y la satisfacción de los usuarios con respecto al dispositivo electrónico, investigando su percepción, confianza y satisfacción con el suministro de agua en las zonas semiurbanas.

1.5 Justificación de la investigación

México es un país caracterizado por desigualdades en la disponibilidad natural de recursos hídricos, acentuadas por la dispersión de numerosas localidades rurales y las condiciones geográficas y topográficas que albergan múltiples asentamientos humanos. En primer lugar, las zonas semiurbanas a menudo enfrentan desafíos significativos en cuanto a la gestión y distribución del agua, estas áreas suelen tener una infraestructura limitada y recursos escasos para implementar un dispositivo electrónico que permita la medición y control eficiente del agua, como resultado, el suministro de agua puede ser irregular, inconsistente y está expuesto a desperdicios y derroches. Una investigación exhaustiva en este campo es esencial para abordar estos desafíos y lograr mejoras significativas en la eficiencia y eficacia de la distribución del agua en estas zonas.

El desarrollo de un dispositivo electrónico para monitorear y controlar la automatización de agua en las zonas semiurbanas tiene implicancias directas en la calidad de vida de las comunidades. Un suministro de agua confiable y eficiente es crucial para satisfacer las necesidades básicas de los residentes, como el consumo personal, la higiene, la agricultura y el comercio, al mejorar la gestión del suministro de agua, se pueden asegurar condiciones de vida más saludables y productivas para la población semiurbana, esto a su vez puede tener un impacto positivo en el desarrollo económico y social de estas zonas.

La disponibilidad de agua en áreas semiurbanas a menudo enfrenta desafíos específicos, puede haber una mayor presión sobre los recursos hídricos debido al crecimiento demográfico y la urbanización, lo que puede conducir a una mayor demanda de agua. Un dispositivo electrónico para la medición y control del suministro de agua permitiría monitorear el consumo de agua en tiempo real, identificar ineficiencias y realizar ajustes en la distribución, y asignación de agua para garantizar un uso eficiente.

La investigación en este campo tiene una dimensión ambiental significativa, puesto que, mejorar la eficiencia y precisión del agua puede contribuir a la conservación y preservación de los recursos hídricos, esto es especialmente relevante en zonas semiurbanas donde el agua es un recurso limitado y vulnerable. Al implementar tecnologías de medición y control más avanzadas como Internet of Things, se pueden evitar derroches y desperdicios innecesarios, permitiendo un uso más sostenible del agua.

Finalmente, desarrollar este dispositivo electrónico es fundamental para asegurar un suministro de agua adecuado y sostenible en todas las áreas semiurbanas. El acceso a agua potable es un derecho básico para todos los seres humanos, y es fundamental garantizar que las comunidades tengan acceso confiable a este recurso vital, por lo tanto, un dispositivo electrónico ayudaría a lograr esto al proporcionar una herramienta eficiente para gestionar y optimizar el uso del agua en estas zonas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentos teóricos

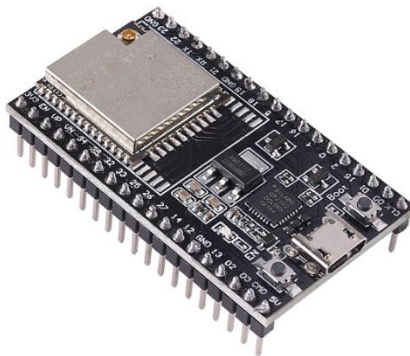
2.1.1 Marco conceptual

2.1.1.1 ESP32

Un ESP32 es un microcontrolador de bajo costo y bajo consumo de energía que ha ganado popularidad en el mundo de la electrónica y la programación, cuenta con un procesador de doble núcleo y ofrece conectividad Wi-Fi y Bluetooth integrada con una frecuencia de 2,4 GHz lo que lo hace ideal para proyectos de Internet of Things (IoT). Fue desarrollado por la empresa Espressif Systems perteneciente a la serie Espressif ES8000, este microcontrolador ofrece una gran cantidad de características y funciones, como procesamiento de datos en tiempo real, comunicación inalámbrica, detección de movimiento y sensorización. En cuanto a su funcionamiento, el microcontrolador ESP32 ejecuta instrucciones de programación almacenadas en su memoria para controlar diferentes componentes electrónicos conectados a él, puede realizar tareas como la lectura de sensores, el control de actuadores y la comunicación con otros dispositivos a través de Wi-Fi o Bluetooth (Bertoleti, 2019).

Figura 2

Microcontrolador ESP32



Fuente: Bertoleti P, 2019

El ESP32 es muy versátil y se puede utilizar en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo IoT, sistemas embebidos, desarrollo de proyectos y prototipado rápido.

Su capacidad de conectividad inalámbrica permite la comunicación con otros dispositivos y servicios en línea, lo que es perfecto para proyectos que requieren la interacción con el mundo digital. Además de sus características de hardware, el esp32 se destaca por su amplio soporte de software, es compatible con el entorno de desarrollo Arduino, lo que facilita la programación y el desarrollo de proyectos. El diagrama en bloque del ESP32 muestra la organización y la conexión de los componentes principales que se encuentran dentro del microcontrolador. A continuación, se describe cada uno de los bloques principales del diagrama:

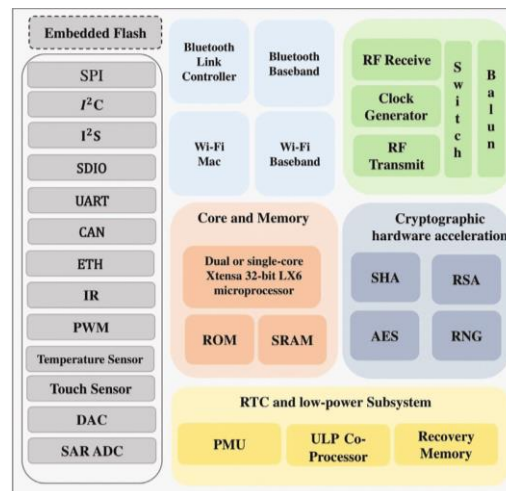
- **CPU:** este bloque representa el procesador central del ESP32, cuenta con un CPU de doble núcleo Xtensa LX6 que trabaja a una frecuencia de reloj de hasta 240 MHz, además, es responsable de ejecutar las instrucciones del programa y realizar las operaciones de procesamiento.
- **Memoria:** el ESP32 tiene varios tipos de memoria que se utilizan para almacenar datos e instrucciones, como las siguientes:
 - **Memoria RAM (Random Access Memory):** el ESP32 tiene una cantidad variable de memoria RAM para almacenar datos y variables temporales durante la ejecución del programa.
 - **Memoria Flash:** el ESP32 cuenta con una memoria Flash integrada que se utiliza para almacenar de forma permanente el programa y los datos, esta memoria Flash puede tener diferentes capacidades según el modelo del microcontrolador.
- **Periféricos:** este bloque representa los periféricos integrados en el ESP32, lo que permiten la interacción con el entorno externo, algunos periféricos son:
 - **GPIO (General Purpose Input/Output):** los pines GPIO son utilizados para la entrada y salida de señales digitales, lo que permite la conexión de componentes externos como sensores, actuadores y pantallas.

- **ADC (Analog to Digital Converter):** el ADC permite al ESP32 convertir señales analógicas en valores digitales, lo que es útil para leer datos de sensores analógicos.
 - **DAC (Digital to Analog Converter):** el DAC permite al ESP32 convertir valores digitales en señales analógicas, lo que es útil para controlar componentes como altavoces o actuadores analógicos.
 - **UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter):** el interfaz UART permite la comunicación serie asíncrona con otros dispositivos a través de puertos de comunicación.
 - **SPI (Serial Peripheral Interface):** el interfaz SPI permite la comunicación síncrona con otros dispositivos, como sensores y memorias externas, utilizando líneas de datos dedicadas.
 - **I2C (Inter-Integrated Circuit):** el interfaz I2C permite la comunicación entre dispositivos utilizando un par de cables de datos y una línea de reloj compartida.
-
- **Controladores de comunicación:** este bloque representa los controladores que permiten la conectividad inalámbrica del ESP32. Incluye el controlador de Wi-Fi, que permite la conexión a redes inalámbricas, y el controlador de Bluetooth, que permite la comunicación con otros dispositivos compatibles.
-
- **Antenas:** el ESP32 incorpora antenas integradas que se utilizan para transmitir y recibir señales inalámbricas de Wi-Fi y Bluetooth de manera efectiva.
-
- **Fuentes de alimentación:** este bloque incluye los circuitos y componentes relacionados con la gestión de la alimentación eléctrica del ESP32. Esto puede incluir reguladores de voltaje, circuitos de protección y otros componentes relacionados con la alimentación.

- **Pines de conexión:** Estos son los puntos de entrada y salida físicos del ESP32, que permiten la conexión de componentes externos. Los pines de conexión pueden incluir pines GPIO, pines de alimentación, pines de tierra y pines dedicados para funciones específicas.

Figura 3

Diagrama en bloque del ESP32



Fuente: Bertoleti P, 2019

Especificaciones técnicas

Las principales especificaciones técnicas de un ESP32 con relación a la conectividad, seguridad, memoria y otras funcionalidades son las siguientes:

Wi-Fi

- Modelo apoyado a 802.11 b/g/n.
- Soporte para WMM (Wi-Fi multimedia), que permite que aplicaciones envuelvan VoIP, y streams de audio y video sean desenvueltos.
- Es compatible con agregaciones de frame A-MPDU (TX/RX) y A-MSDU (RX), lo que permite aumentar la capacidad de transferencia de datos.
- Cuenta con 4 interfaces virtuales Wi-Fi.
- Soporta el funcionamiento simultaneo como modo Station y SoftAP.

Bluetooth

- Compatible con Bluetooth v4.2 BR/EDR y BLE.
- Clases de transmisión (sin amplificador externo) soportadas: 1, 2 y 3.
- Potencia de transmisión: +12 dBm.
- Sensibilidad de recepción (NZIF) BLE: -97 dBm.
- Tiene Adaptive Frequency Hopping (AFH).
- Comunicación a través UART hasta 4 Mbps.
- Soporta múltiples conexiones en Bluetooth clásico y BLE.
- Le permite hacer scan Bluetooth y operación con perfil advertising de forma simultáneamente.

CPU o memorias

- Microprocesador: Xtense ingle-/dual-core (32 bits) LX6, con un funcionamiento de hasta 600 MIPS.
- ROM: 448 KB.
- SRAM: 520 KB.
- SRAM del RTC: 16 KB.
- Soporte QSPI para múltiples chips de memoria Flash y SRAM.

Osciladores y timers

- Oscilador interno de 8 MHz (con calibración).
- Soporta oscilador externo (a cristal) desde 2 MHz hasta 60 MHz.
- Soporta oscilador externo (a cristal) de 32 kHz para el RTC, lo que permite la calibración de este oscilador.
- Tiene dos grupos de timers, cada grupo tiene 2 timers de 64 bits y 1 timer dedicado al watchdog.

Periferia de hardware (GPIOs, interfaz de comunicación y sensores)

- Hasta 34 GPIOs programables.
- Hasta 18 canales ADC (de 12 bits de resolución).

- Dos DAC de 8 bits.
- Soporte para diez sensores touch.
- Interfaces SPI disponibles: 4.
- Interfaces UART disponibles: 3.
- Soporte para 1 host (SD/eMMC/SDIO) y 1 slave (SDIO/SPI).
- Una interfaz Ethernet con DMA dedicado y soporte a IEEE 1588.
- Una interfaz CAN 2.0.
- Una interfaz IR (TX/RX).
- Un sensor Hall.

Seguridad

- Soporte de boot seguro.
- Soporte para encriptación de memoria Flash.
- Hardware dedicado a la criptografía (aceleración) para: AES, Hash (SHA – 2), RSA, ECC, generación de números aleatorios (RNG).

2.1.1.2 YF-S201

El YF-S201 es un sensor de caudal conocido también como caudalímetro utilizado en aplicaciones electrónicas para medir la cantidad de agua que fluye a través de un conducto. El sensor consta de un rotor y un sensor de efecto Hall que detecta las revoluciones del rotor a medida que el agua fluye, estas revoluciones se convierten en datos eléctricos que pueden ser utilizados para calcular el caudal de agua. Además, este dispositivo electrónico presenta un diseño compacto y funcional, está compuesto por una cubierta de plástico sellada que protege los componentes internos, en su interior, se encuentra un rotor equipado con paletas que giran en respuesta al flujo de agua (Coloma & Rodríguez, 2020).

El sensor tiene una rosca externa en ambos extremos, lo que permite una fácil conexión a una tubería de ½", el rango de medición del YF-S201 abarca desde 1 litro hasta 30 litros por minuto, lo cual lo hace ideal para aplicaciones que requieren una medición precisa del caudal de agua. Este dispositivo encuentra aplicaciones en

sistemas de riego, control de consumo de agua en hogares y monitoreo de procesos industriales, su diseño sellado y su capacidad de conectividad versátil hacen del YF-S201 una opción confiable y eficiente en proyectos electrónicos relacionados con la medición y control de flujo de agua.

El caudalímetro YF-S201 tiene tres cables o mejor conocidos como pines los cuales cumplen con una función especificada a continuación.

- Amarillo: Salida de impulsos.
- Rojo: Potencia 5-24 VDC.
- Negro: Tierra.

Figura 4

Sensor de caudal YF-S201



Fuente: Coloma D & Rodríguez C, 2020

El funcionamiento del sensor YF-S201 se basa en la detección del flujo de agua que pasa por el interior de este haciendo girar su rotor, además cuenta con un sensor de efecto Hall que detecta la velocidad de rotación del rotor. Para asegurar la seguridad y evitar cualquier contacto directo con el agua, el rotor está equipado con un imán fijo, a medida que las paletas del rotor giran, el imán pasa frente al sensor de efecto Hall, generando pulsos eléctricos, lo que permite que ningún componente eléctrico esté expuesto al agua, esta característica garantiza un funcionamiento seguro y confiable del sensor, especialmente en aplicaciones donde la protección contra la humedad es esencial.

La frecuencia de los pulsos generados está directamente relacionada con la velocidad del flujo de agua, utilizando una fórmula de calibración, es posible convertir la frecuencia de los pulsos en una medición precisa del caudal de agua en litros por minuto. Es importante destacar que el YF-S201 debe estar correctamente instalado en una tubería o conducto de agua para garantizar mediciones precisas. Además, puede ser necesario realizar una calibración inicial para ajustar el sensor a las condiciones específicas de la aplicación.

Características

- Modelo: YF-S201.
- Tipo de sensor: Efecto Hall.
- Rango de medición: 1 a 30 litros/min.
- Volumen promedio por pulso: 2.25 mL.
- Pulsos por litro: 450.
- Voltaje de funcionamiento: 5VCC a 24 VCD.
- Capacidad de carga: 10mA (5VCC).
- Corriente de trabajo: 15 mA(5V).
- Factor de conversión: 7.5.
- Precisión: +/- 10%.
- Temperatura de funcionamiento: -25°C a 80°C.
- Material del sensor: Plástico color negro.
- Conexión para tubería: ½ pulgada.

Efecto Hall

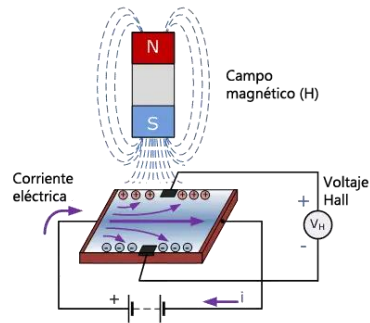
El Efecto Hall se produce cuando un campo magnético influye en la corriente eléctrica que fluye a través de un material conductor, el campo magnético desvía el flujo de electrones en el conductor, lo que a su vez genera la aparición de un campo eléctrico perpendicular o transversal al sentido de la corriente. Cuando un material conductor es atravesado por una corriente eléctrica, los electrones se desplazan en una dirección específica, sin embargo, cuando se aplica un campo magnético

perpendicular a la dirección de la corriente, los electrones son desviados debido a la acción cumulativa de las fuerzas magnéticas, esta desviación de los electrones crea una separación de cargas en el material y da lugar a la aparición de un campo eléctrico transversal. Este campo eléctrico producido por el Efecto Hall es proporcional a la intensidad del campo magnético aplicado y al flujo de corriente en el material conductor, esta propiedad es utilizada en diversos dispositivos y sensores, como el sensor de efecto Hall utilizado en el YF-S201 mencionado anteriormente, que convierte la velocidad de rotación del rotor en pulsos eléctricos a través de la detección del campo magnético.

El funcionamiento del Efecto Hall se basa en la interacción entre un material conductor y un campo magnético externo. A un material conductor se le aplica un voltaje en sus extremos, los electrones comienzan a fluir desde la carga negativa hacia la carga positiva, creando una corriente eléctrica, cuando se acerca un imán al material conductor, la fuerza de Lorentz actúa sobre los electrones en movimiento. Esta fuerza desvía el flujo de electrones, generando una separación de cargas en el material conductor, la acumulación de estas cargas crea un campo eléctrico transversal al sentido de la corriente, conocido como campo Hall. La desviación de las cargas generada por el campo Hall produce un voltaje en el material conductor, que se puede medir como la salida del sensor, este voltaje generado es proporcional a la intensidad del campo magnético aplicado y al flujo de corriente en el material conductor. Este principio es utilizado en la construcción de sensores de efecto Hall, como el mencionado YF-S201, donde el imán fijo en el rotor y el sensor de efecto Hall detectan el flujo de agua, generando un voltaje proporcional al caudal de agua.

Figura 5

Funcionamiento del Efecto Hall



Fuente: Coloma D & Rodríguez C, 2020

2.1.1.3 Generador eléctrico F50-12V

Un generador eléctrico F50-12V se refiere a un componente que se encarga de producir energía eléctrica a partir de una fuente de energía mecánica. El generador eléctrico F50-12V está diseñado para generar una corriente continua (DC) con una tensión nominal de 12 voltios (V), esto significa que convierte la energía mecánica en energía eléctrica con una tensión constante de 12 V. En un sistema embebido, este generador eléctrico puede utilizarse para proporcionar la energía necesaria para alimentar los componentes electrónicos del sistema, como microcontroladores, sensores, actuadores y otros dispositivos.

Figura 6

Generador eléctrico F50-12V



Fuente: Amazon.com.mx, 2023

Con base al funcionamiento del generador eléctrico F50-12V, este requiere una fuente de energía mecánica para funcionar, puede ser accionado por diferentes medios, como una turbina de viento, un motor de combustión interna o cualquier otra fuente de energía mecánica adecuada. La fuente de energía mecánica hace que el eje del generador eléctrico F50-12V gire a una velocidad determinada, el eje está conectado a un rotor que consta de un conjunto de bobinas eléctricas enrolladas alrededor de un núcleo magnético. Al girar el eje y las bobinas del rotor en el campo magnético del núcleo, se produce una inducción electromagnética, esto significa que se generan corrientes eléctricas en las bobinas debido a la interacción entre los campos magnéticos. Las corrientes eléctricas generadas en las bobinas del rotor se recogen y se convierten en una salida de corriente eléctrica, esta corriente eléctrica es una corriente continua (DC) con una tensión nominal de 12 voltios (V), tal como indica el generador eléctrico F50-12V. La corriente eléctrica generada por el generador F50-12V se utiliza para alimentar los componentes electrónicos del sistema embebido, como microcontroladores, sensores, actuadores y otros dispositivos, dicha corriente permite el funcionamiento autónomo del sistema sin depender de fuentes de alimentación externas.

Características

- Modelo: F50-12V
- 0.2 - 1.0mm espacio axial
- Ruido: 5dB
- Conector: Rosca macho de 1/2"
- Presión de trabajo 1.2Mpa
- Corriente nominal máxima: 220mA
- Dimensiones: 86.5*49*32mm
- Peso: 92g

2.1.1.4 Servomotor MG996R

Los servomotores son motores eléctricos que permiten controlar con precisión la posición del eje de giro, se componen de diferentes componentes mecánicos, como

engranajes, una parte electrónica para dirigir el movimiento y una fuente de energía para proporcionar la fuerza necesaria. La principal ventaja de los servomotores es su capacidad para girar hasta 360 grados, lo que los hace adecuados para una amplia gama de aplicaciones, sin embargo, es importante destacar que existen limitaciones en cuanto a su capacidad para girar mientras están en movimiento, esto significa que, dependiendo de la configuración y el control utilizado, es posible que tengan restricciones en su capacidad para realizar giros continuos mientras están en movimiento. Su versatilidad y facilidad de uso lo convierten en una opción preferida para aquellos que buscan un control preciso del movimiento en sus proyectos (Delgado, 2020).

El servomotor MG996R es un tipo de motor servo que se utiliza comúnmente en diversas aplicaciones de control de movimiento, es una versión mejorada del modelo MG996 y se caracteriza por su alta potencia y precisión. Este servo utiliza una señal de control de ancho de pulso modulado (PWM) para determinar su posición y velocidad, esta señal PWM permite controlar el ángulo de rotación del motor, que generalmente tiene un rango de movimiento de 180 grados. El MG996R tiene un torque máximo de aproximadamente 11 kgf.cm, lo que significa que puede generar un alto nivel de fuerza para realizar tareas que requieren movimientos precisos y potentes, además, este servomotor cuenta con un engranaje metálico, lo que le confiere una mayor durabilidad y resistencia.

Figura 7

Servomotor MG996R



Fuente: Delgado J, 2020

El servomotor MG996R funciona mediante el control de una señal de ancho de pulso modulado, esta señal PWM se utiliza para controlar la posición del servomotor y se envía periódicamente en forma de pulsos eléctricos. En cuanto al funcionamiento básico del MG996R se puede resumir en los siguientes pasos:

Al inicio, el servomotor se encuentra en una posición neutral, la posición neutral se define como el punto en el que el eje de giro del motor no está girando, cuando se envía una señal PWM, el servomotor interpreta el ancho de pulso de la señal para determinar la posición a la que debe moverse. El ancho de pulso suele estar en el rango de 1 a 2 milisegundos, dependiendo del ancho de pulso, el servomotor girará el eje de giro hacia una posición específica, por ejemplo, si se envía un ancho de pulso de 1 ms, el servomotor puede girar el eje a 0 grados, mientras que un ancho de pulso de 2 ms puede hacerlo girar a 180 grados. Una vez que el servomotor ha alcanzado la posición deseada, se mantiene en esa posición hasta que se reciba una nueva señal PWM para cambiar su posición, esto se logra mediante el uso de un circuito de retroalimentación que le permite al servomotor ajustarse continuamente para mantenerse en la posición requerida. Es importante tener en cuenta que el funcionamiento específico del servomotor MG996R puede variar según el controlador y la configuración utilizados (Avilés & Frabizzio, 2022).

Características

- Voltaje de alimentación: 4.8 V a 7.2 V.
- Torque: 9.4 kgf.cm (4.8 V) – 11 kgf.cm (6 V).
- Velocidad: 0.17 s/60° – 0.14 s/60°.
- Corriente: 500 mA (4.8 V) – 900 mA (6 V).
- Ángulo de giro: 180°.
- Peso: 55g.
- Rango de temperatura: 0°C – 55°C.

2.1.1.5 LCD OLED 128x64

Es un tipo de pantalla que combina la tecnología LCD (pantalla de cristal líquido) con la tecnología OLED (diodo emisor de luz orgánica). La resolución "128x64" indica la cantidad de píxeles de la pantalla, en este caso, la pantalla tiene 128 columnas de píxeles en la dirección horizontal y 64 filas en la dirección vertical, lo que da un total de 8,192 píxeles individuales. El uso de la tecnología OLED en combinación con el LCD ofrece varios beneficios, los paneles OLED permiten un mayor contraste, colores más vibrantes y un mejor ángulo de visión en comparación con los paneles LCD tradicionales, además, los paneles OLED pueden mostrar negros verdaderos, ya que son capaces de apagar individualmente los píxeles para obtener una ausencia total de luz en esas áreas. Esta pantalla de tamaño reducido posee 4 pines de conexión y un controlador SSD1306 que posibilita la visualización de texto, formas e imágenes usando los protocolos I2C y SPI, asimismo, tiene un gran contraste y un consumo mínimo de energía, cuenta con una resolución de 128x64 pixeles lo que permite controlar cada uno de estos de forma individual (Gavilanez, 2020).

Figura 8

LCD OLED 128x64



Fuente: Gavilanez L, 2020

Los displays OLED de tamaño reducido están compuestos por LED fabricados con materiales orgánicos, estas pantallas son utilizadas principalmente en proyectos con

limitaciones de tamaño, ya que son más luminosas y tienen un mayor contraste en comparación con otras tecnologías, además, cuentan con una gran resolución debido a su matriz de puntos y consumen menos energía en comparación con otros tipos de pantallas. La elección de una pantalla OLED de 128x64 píxeles en lugar de una pantalla LCD presenta varias ventajas, en primer lugar, su tamaño más reducido es ideal en proyectos donde se necesita un espacio compacto, además, la pantalla OLED presenta un menor consumo de energía en comparación con las pantallas LCD, lo que contribuye a la eficiencia energética del dispositivo. Un aspecto destacado de las pantallas OLED es que tiene un mayor contraste, lo que permite una mejor visibilidad de la información para el usuario. Otra ventaja importante es la facilidad de comunicación con la tarjeta Raspberry Pi seleccionada, ya que, las pantallas OLED suelen incorporar protocolos de comunicación como I2C y SPI, lo que simplifica en gran medida la conexión y reduce el número de pines requeridos para esta conexión (Quishpe, 2019).

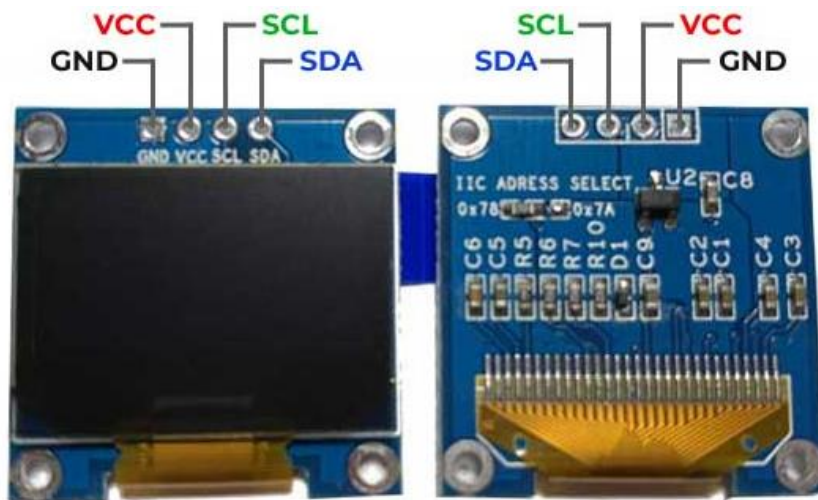
La pantalla LCD OLED de 128x64 funciona mediante la combinación de la tecnología LCD y OLED para generar imágenes y mostrar información, con base a eso, la tecnología OLED utiliza diodos emisores de luz orgánicos para producir luz propia. Un diodo OLED consiste en una capa de material orgánico que emite luz cuando se le aplica una corriente eléctrica, estos diodos se colocan en una matriz de 128 columnas y 64 filas para formar la resolución de 128x64 píxeles de la pantalla. La pantalla LCD actúa como un filtro para controlar la cantidad de luz que pasa a través de los píxeles de OLED, cada píxel de la pantalla LCD OLED tiene una capa de cristal líquido que se puede polarizar eléctricamente para bloquear o permitir que pase la luz de los diodos OLED, al polarizar los píxeles, se pueden generar distintos niveles de brillo y colores en la pantalla. La electrónica de control y los controladores de la pantalla se encargan de enviar las señales adecuadas a cada píxel para controlar su brillo y color, estos controladores también administran la comunicación con la tarjeta o dispositivo al que está conectada la pantalla, como una Raspberry Pi, a través de protocolos como I2C y SPI (Paucar, 2021).

Descripción de pines

- GND: Pin tierra
- VCC: Pin alimentación (1,6 – 6) V
- SCL: Pin señal de reloj 12C
- SDA: Pin señal de datos 12C

Figura 9

Distribución de pines pantalla OLED 128x64



Fuente: Paucar T, 2021

Características

- Voltaje de Operación: 3V – 5.5V DC.
- Interfaz: I2C (dirección I2C: 0x3C).
- Resolución: 128x64 píxeles.
- Monocromo: Píxeles Blancos.
- Ángulo de visión: >160°.
- Bajo consumo de energía: 0.04W cuando todos los píxeles están encendidos.
- Dimensiones: 35mm x 33mm x 3mm.
- Temperatura de trabajo: -30°C ~ 70°C.

2.1.1.6 Potenciómetro 10k Ω

Un potenciómetro es un componente electrónico que tiene la propiedad de tener un valor de resistencia variable de 10.000 ohmios (Ω), también conocido como 10 kilo ohmios (10k Ω). Es decir, es un dispositivo que limita el paso de la corriente eléctrica provocando una caída en la tensión, ya que, al utilizarlo en un circuito conectado en paralelo, se puede controlar la intensidad de la corriente que fluye a través de él. Por otro lado, si se conecta en serie, se puede regular la diferencia de potencial en el circuito, de esta manera, el potenciómetro permite ajustar y controlar de forma precisa estos parámetros eléctricos según las necesidades del circuito o del sistema en el que se utilice. El potenciómetro consta de tres terminales: dos extremos y un terminal móvil, al girar el eje o deslizar el control deslizante, se modifica la posición del terminal móvil en relación con los extremos, alterando así la resistencia total del potenciómetro. Debido a su capacidad para controlar la resistencia y, por lo tanto, el voltaje, el potenciómetro es utilizado para ajustar y controlar distintos dispositivos y sistemas electrónicos, al variar la cantidad de voltaje entregada por el potenciómetro, se puede regular el funcionamiento de los dispositivos de acuerdo a las necesidades específicas, esto los convierte en componentes muy utilizados en aplicaciones como el control de volumen en audio, el ajuste de velocidad en motores, el control de brillo en pantallas, entre otros (Torres & Valderrama, 2020).

Figura 10

Potenciómetro 10K Ω



Fuente: Torres R & Valderrama W, 2020

Características

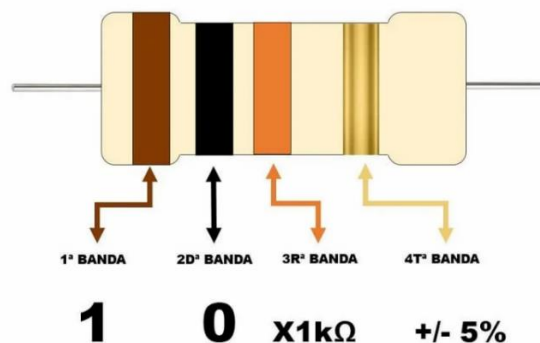
- Resistencia nominal: 10K.
- Ajuste de resistencia: Giratorio.
- Incremento lineal simple.
- Potencia de 1/2 Watt.
- Terminales: 3.
- Modo de cambio de resistencia: Tipo B.
- Peso 13g.

2.1.1.7 Resistencia 10k Ω

Una resistencia es un componente electrónico que tiene un valor de resistencia de 10.000 ohmios (Ω), también conocido como 10 kilo ohmios (10k Ω). La resistencia se utiliza para controlar el flujo de corriente eléctrica en un circuito, en este caso, una resistencia de 10K Ω permite limitar o reducir la corriente que circula a través de un componente o una parte específica del circuito. Las resistencias se clasifican por su valor de resistencia, que se mide en ohmios, y su tolerancia, que indica la variación permitida respecto al valor nominal, una resistencia de 10 kilo ohmios con una tolerancia típica del 5%, significa que su valor real puede variar entre 9.5K Ω y 10.5K Ω (Cirovic, 2020).

Figura 11

Resistencia 10k Ω



Fuente: Cirovic M, 2020

El funcionamiento de una resistencia de 10K Ω se fundamenta en la ley de Ohm, la cual establece que la corriente que fluye por un conductor es proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia. En el caso de una resistencia de 10K Ω , si se aplica una diferencia de potencial (voltaje) a través de ella, la corriente que fluirá a través de la resistencia se calculará utilizando la fórmula: $I = V/R$, donde I es la corriente en amperios, V es el voltaje en voltios y R es la resistencia en ohmios, por ejemplo, si se aplica un voltaje de 5 voltios a una resistencia de 10K Ω , la corriente que fluirá a través de ella será de 0.5 mA (mil amperios), utilizando la fórmula $I = V/R$ ($0.005 \text{ A} = 5 \text{ V} / 10000 \Omega$). La resistencia de 10K Ω funciona disipando energía en forma de calor debido al paso de corriente a través de ella, por lo tanto, es importante asegurarse de que la resistencia esté diseñada para soportar la potencia (energía) disipada y evitar que se sobrecaliente.

Características

- Resistencia Eléctrica: 10 K Ω .
- Resistencia: 1 ohm – 1M ohm.
- Potencia de disipación: 0,25 vatios.
- Fabricante: Genérico.
- Disposición: Tipo Axial.
- Tolerancia: 5%.
- Potencia: 1/4W.

2.1.1.8 Internet of Things

Internet de las Cosas o Internet of Things (IoT), se refiere a la interconexión de dispositivos físicos a través de internet, permitiéndoles comunicarse y compartir datos entre sí. Estos dispositivos, comúnmente llamados "objetos inteligentes" o "dispositivos inteligentes", pueden ser desde electrodomésticos y vehículos hasta sensores en plantas industriales o en el medio ambiente. La idea central detrás del IoT es que estos dispositivos pueden recopilar, intercambiar y analizar datos de manera autónoma, lo que permite generar información útil para optimizar procesos, tomar decisiones más informadas e incluso automatizar tareas. IoT tiene muchas

aplicaciones en diversos sectores, como el hogar inteligente, la salud, la agricultura, la energía y la industria 4.0, entre otros, al conectar objetos a internet, se puede lograr un mayor nivel de control, eficiencia y comodidad en nuestras vidas diarias. Es importante destacar que, debido a la gran cantidad de datos generados por los dispositivos conectados, la seguridad y la privacidad son elementos fundamentales para considerar en el desarrollo y la implementación del IoT (Rivetti, Gamarra, & Parra de Gallo, 2020).

IoT ha incorporado nuevas tecnologías como RFID (Identificación por Radiofrecuencia), que posibilita la identificación automática de datos utilizando etiquetas electrónicas o tags, esto se da a través de una comunicación sin cables entre un lector y un transmisor, se menciona que aparte de esta, hay otras tecnologías relacionadas con la transmisión de datos que son necesarias en el contexto del IoT. Aunque hay una gran cantidad de bibliografía disponible acerca de la arquitectura de procesamiento de IoT, podríamos mencionar como punto de partida el estudio que resume la arquitectura de IoT en siete niveles: Dispositivos, Puentes, Infraestructura de Comunicaciones, Nube/Centro de Datos, Aplicaciones, Administración y Seguridad.

Figura 12

Arquitectura propuesta para IoT.



Fuente: Rivetti E, Gamarra A & Parra de Gallo B, 2020

2.1.2 Marco Referencial

Es importante comprender los sistemas de distribución de agua existentes en zonas semiurbanas, incluyendo la infraestructura de almacenamiento, bombeo y tuberías para el desarrollo de un dispositivo electrónico que permita gestionar y optimizar el uso del agua en estas zonas. El conocimiento de los principios básicos de la hidráulica y la ingeniería de sistemas de distribución de agua ayudará en el diseño y control efectivo del suministro de agua en estas áreas. Para medir el flujo de agua en el dispositivo electrónico, los sensores de caudal son esenciales, ya que pueden incluir tecnologías como medidores electromagnéticos, medidores de turbina o medidores ultrasónicos, así como conceptos de calibración y compensación de velocidad. Para controlar el suministro de agua, es necesario utilizar controladores y actuadores, los controladores pueden incluir algoritmos de control como PID (Proporcional-Integral-Derivativo) y técnicas de control adaptativo, además, los actuadores pueden incluir tecnologías como válvulas motorizadas o bombas de agua y su integración con los controladores.

2.1.2.1 Diseño e implementación de un sistema embebido para la administración del agua en casas habitación

El siguiente artículo muestra la realización de una propuesta de proyecto que utiliza internet de las cosas (IoT) con el fin de obtener información del nivel de agua en los depósitos de una casa habitación, y que, con base a esto se tomen decisiones para la administración de este recurso natural. Para la etapa del diseño conceptual, utilizaron la metodología del despliegue de la función de la calidad Quality Function Deployment (QFD), basada en considerar los requerimientos del cliente para la conceptualización del prototipo.

El problema con los sistemas actuales es que no permiten saber exactamente la cantidad de agua contenida en los depósitos, el sistema propuesto busca saber la cantidad de agua en cada contenedor, tener la información almacenada en una base de datos en la Web, generar recomendaciones de uso del líquido, controlar el llenado y vaciado de los depósitos a distancia. La principal aportación es el uso de

tecnologías como internet de las cosas, cómputo en la nube e histórico de datos para apoyar a tareas cotidianas en el hogar y hacer uso de los recursos naturales de manera responsable.

Como resultado de la realización del diseño e implementación para probar el sistema, se realizaron pruebas en un prototipo utilizando botes que simularon los depósitos en los que se almacena el agua, así como los respectivos componentes del sistema. Asimismo, se muestran capturas del sistema donde se puede observar el funcionamiento de la aplicación Web cumpliendo las restricciones del programa principal y sus subrutinas. Después de aplicar la metodología QFD, obtuvieron el diseño de un sistema que proporciona información hacia una aplicación Web, para que el usuario tenga datos que le ayuden en la toma de decisiones y administración del agua en casas habitación, también se menciona que lograron que los módulos instalados en la toma de agua, los depósitos y las bombas envíen los datos necesarios vía Wi-Fi al servidor, haciendo que la aplicación Web muestre el caudal de la toma domiciliaria, los niveles de agua de los depósitos de la casa, así como controlar el llenado de estos, además de mostrar la hora de última actualización, por lo que alcanzaron el objetivo de implementar un sistema embebido mediante el internet de las cosas que funcione adecuadamente.

Después de realizar las pruebas correspondientes en el prototipo de alto nivel, se reporta que el sistema ejecuta correctamente las instrucciones que recibe de la aplicación, respetando las condiciones de llenado. La implementación de este tipo de sistemas mediante tecnologías contemporáneas como la conectividad a internet, es de gran ayuda para la obtención de datos que al ser procesados se convierten en información que ayuda a los usuarios a la toma de decisiones.

2.1.2.2 Desarrollo de una plataforma interactiva que permita medir y analizar la calidad del agua en zonas rurales de Montería, Córdoba – Colombia.

Este proyecto se centra en el desarrollo de una plataforma Wireless Sensor Network (WSN) basada en el internet de las cosas (IoT), que permita determinar la calidad del agua que se consume en zonas rurales, donde el acceso a este recurso no se hace por acueducto, si no, mediante pozos subterráneos, represas, manantiales, entre otros cuerpos de agua de los cuales puedan abastecerse. Los valores son medidos por sensores electrónicos ambientales, enfocados en la medición de parámetros propios del agua como: pH, temperatura, turbidez, potencial redox, total de solidos disueltos y conductividad eléctrica. Estos datos son leídos por un microcontrolador Particle Photon que se comunica con un sistema embebido Raspberry Pi Zero W, que recibe y los envía a un servidor en la nube, para luego ser consumidos por el sistema web mediante eventos asíncronos, asimismo, mediante los resultados obtenidos comprobar si el agua es apta o no para consumo humano.

El desarrollo de una plataforma interactiva de uso práctico que permite realizar mediciones puntuales en diferentes cuerpos de agua da como conclusión que los resultados obtenidos mediante pruebas de campo demostraron ser adecuadas para conocer los parámetros del agua propuestos en este proyecto y conocer si tiene un nivel óptimo según las normas planteadas en el documento. Gracias a la bibliografía consultada se logró comprender la importancia de consumir agua en buenas condiciones y según el conocimiento adquirido a lo largo del desarrollo del proyecto se reforzaron los conocimientos sobre la importancia del internet de las cosas como alternativa para ser aplicadas a estudios ambientales.

2.1.2.3 Diseñar un prototipo de medición de consumo de agua en entornos residenciales mediante el uso de un sistema bajo el estándar IEEE 802.15.4, soportado por un sensor de caudal y registro de información en la nube para el municipio de San Juan de Pasto.

Dentro de este proyecto se encuentra información acerca de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) e Internet de las Cosas (IoT). Se menciona que dentro de las actividades que realiza la empresa proveedora de agua apta para el consumo humano potable del Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, se

destaca la toma de medición de lectura de caudal en cada uno de los hogares, visto lo anterior, consideraron que el método idóneo para llevar esta investigación es el método experimental en la investigación de campo como metodología, donde realizaron soluciones de interconexión de las distintas fases y pruebas, con el fin, de validarlas y que estén en perfecto estado. Además, este proyecto permite contribuir al uso eficiente y consciente del agua, mediante la aplicabilidad de diversas tecnologías, topologías y la viabilidad que determine costo/beneficio para la implementación de la red de acceso.

El proyecto tiene como finalidad, aportar a la optimización de medición de consumo del agua mediante la instalación de un sensor de caudal con referencia YF-S201 en el lugar de vivienda de los usuarios. Estos datos se envían mediante una comunicación inalámbrica con tecnología XBee, luego de dicha recepción y procesado, la información se transmite a la nube en tiempo real. El alcance de esta propuesta tiene como objetivo cambiar el proceso de toma de lectura del caudal mediante una comunicación de red inalámbrica y la respectiva visualización del consumo en tiempo real por parte de la empresa proveedora del servicio, permitiendo así, la toma de decisiones frente al caso. Asimismo, que a largo plazo se aplique esta idea a gran escala en gran parte del municipio de Pasto, mediante las distintas soluciones de conectividad que soporte el modelo de infraestructura de la red de acceso.

Como conclusión obtuvieron que, la creación de un prototipo de medición de consumo de agua en entornos residenciales utilizando un sistema basado en el estándar IEEE 802.15.4, respaldado por un sensor de caudal y el registro de información en la nube, tiene el potencial de mejorar la eficiencia en la gestión del agua, promover el uso responsable y empoderar a los residentes. Este enfoque innovador brinda a las autoridades municipales una mayor visibilidad sobre el consumo de agua y permite a los residentes tomar medidas concretas para reducir su consumo y contribuir a la conservación del recurso hídrico, ya que, en primer lugar, la implementación de un sistema de medición de consumo de agua basado

en el estándar IEEE 802.15.4 permitiría una comunicación inalámbrica confiable y eficiente entre los dispositivos, lo que facilitaría la instalación en las viviendas de los residentes. Este estándar es utilizado ampliamente en aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT), lo que garantiza su compatibilidad y disponibilidad de componentes asequibles y de calidad.

El principal componente del sistema sería el sensor de caudal, que se instalaría en la tubería principal de agua de cada vivienda. Este sensor podría detectar con precisión el flujo de agua entrante y saliente, y transmitir esa información al centro de datos de la nube para su procesamiento y análisis, asimismo, el almacenamiento de datos en la nube garantiza la seguridad y disponibilidad de la información a largo plazo. Se expone que, para los residentes esta solución ofrece varios beneficios, puesto que podrían acceder a una plataforma en línea donde podrían verificar su consumo de agua en tiempo real, establecer metas de ahorro personalizadas y recibir alertas por consumo excesivo o fugas detectadas, esto les permitiría tomar medidas para reducir su consumo y, a su vez, reducir sus facturas de agua. Es importante destacar que este prototipo de medición de consumo de agua puede ser escalable y adaptable a otras áreas residenciales dentro del municipio de San Juan de Pasto, esto permite a la administración municipal expandir gradualmente el alcance del proyecto y ampliar los beneficios a un número cada vez mayor de residentes.

2.1.2.4 Sistema de monitoreo de la calidad del agua basado en IoT, utilizando técnicas de analítica de datos para la detección de anomalías en los acueductos ejecutados por el plan departamental de aguas (PDA) de córdoba.

Este proyecto nos describe el desarrollo de un sistema de seguimiento, utilizando IoT para obtener información a través de dispositivos de medición especializados que posibiliten el registro de datos en tiempo real, mediante el uso de técnicas analíticas descriptivas, se busca identificar irregularidades en los componentes fisicoquímicos del agua destinada para consumo humano. La metodología para

realizar la investigación corresponde a un esquema de investigación conocido como Modelo Integral para el Profesional en Ingeniería, que aplica actividades de documentación, diseño y desarrollo, validación y evaluación experimental. Los resultados entre el método convencional para medición de la calidad del agua para consumo humano en zonas de difícil acceso y el dispositivo basado en IoT para este trabajo, muestran fiabilidad de las medidas realizadas ya que presentan un error relativo promedio inferior al 5%.

Se puede concluir con esta investigación, que el prototipo utilizado puede usarse para informar a los usuarios sobre anomalías de los datos de los parámetros de calidad del agua potable en tiempo real, posibilitando a futuro la creación de una base de datos que se pueda comparar con futuras mediciones en cada sitio en el campo, con el fin de prevenir la salud de las personas.

CAPÍTULO III

DESARROLLO Y METODOLOGÍA

3.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

La fase inicial de este proyecto implica una investigación exhaustiva y un análisis detallado de las necesidades y desafíos específicos relacionados con el suministro de agua en áreas semiurbanas. Inicialmente se realizó un análisis profundo de las infraestructuras existentes, los patrones de consumo de agua y las deficiencias en la distribución de agua con respecto a estas áreas, esta investigación es fundamental para comprender la complejidad de la situación y determinar los puntos críticos que deben abordarse. Durante el proceso de investigación se identificaron los lugares con problemas de suministro y se analizó la infraestructura de tuberías, y sistemas de distribución existentes, además, se investigó sobre aspectos socioeconómicos y ambientales que pueden influir en el acceso al agua de estas áreas. La investigación y análisis en esta etapa son esenciales para garantizar que el proyecto se adapte a las necesidades específicas de las áreas semiurbanas, maximizando así su impacto positivo en la comunidad.

Una vez comprendido las necesidades y desafíos que presentan las zonas semiurbanas, se llevó a cabo la etapa del diseño del dispositivo electrónico basado en microcontrolador, esta etapa implica la toma de decisiones cruciales relacionadas con la arquitectura del dispositivo, la selección de componentes y la definición de las especificaciones técnicas. El dispositivo debe ser lo suficientemente resistente y confiable para funcionar en entornos semiurbanos, donde las condiciones pueden ser diversas y desafiantes, se trabajó en colaboración con ingenieros para garantizar que el dispositivo cumpla con la seguridad y los estándares necesarios. Se realizó una selección detallada de los componentes del dispositivo, como el microcontrolador, el sensor, el generador eléctrico, las resistencias, el servomotor, la pantalla LCD OLED y el potenciómetro. La elección de estos componentes es esencial puesto que es fundamental para la fiabilidad a largo plazo del dispositivo, además se definen las especificaciones técnicas de cada componente, estas especificaciones proporcionan una guía clara para el desarrollo del dispositivo.

Asimismo, el diseño del dispositivo debe ser un proceso altamente iterativo, con pruebas y refinamientos constantes para asegurarse de que se adapte perfectamente a las necesidades, y las condiciones reales de las áreas semiurbanas.

Después de haber completado el diseño inicial del dispositivo, se procedió a la integración del sensor con el actuador, esta fase es fundamental, ya que los sensores son responsables de recopilar datos sobre el suministro de agua, mientras que los actuadores permiten el control remoto de las operaciones relacionadas con el agua. Se selecciono el sensor YF-S201 para medir la variable clave que es el flujo del agua, la elección de este sensor es de muy alta precisión, puesto que es esencial para garantizar que los datos recopilados sean confiables y precisos. La integración con los actuadores, como válvulas y bombas permite la capacidad de acción, y control del dispositivo, estos actuadores pueden utilizarse para abrir o cerrar válvulas, controlar el flujo de agua o activar bombas según sea necesario para optimizar el suministro de agua. La configuración adecuada del sensor con los actuadores es una tarea técnica compleja que requiere una comprensión profunda de la electrónica y la automatización, puesto que se debe garantizar que la integración se realice de manera eficiente y precisa. Una integración exitosa del sensor con los actuadores sienta las bases para la funcionalidad del dispositivo y su capacidad para medir y controlar eficazmente el suministro de agua.

Luego de que el dispositivo electrónico ya se encuentra listo, se enfocó en la implementación de la red IoT, esta fase implica la configuración de la infraestructura de comunicación para así poder conectar el dispositivo a la red IoT, permitiendo la transmisión de datos y comandos a través de Internet. La elección de los protocolos de comunicación es crucial en esta etapa, puesto que se deben seleccionar protocolos que sean seguros y eficientes, ya que deben garantizar la integridad de los datos y la confiabilidad de la comunicación. La conectividad es un desafío importante en áreas semiurbanas, debido a que la infraestructura de telecomunicaciones a veces puede ser limitada, con base a esto se trabajó en la identificación de soluciones para garantizar que el dispositivo pueda conectarse de

manera confiable a la red, incluso en condiciones adversas. La implementación de la red IoT establece la base para la monitorización y el control remoto del suministro de agua, lo que permite a las personas gestionar de manera efectiva los recursos hídricos en estas áreas, también permite la recolección de datos a gran escala y un análisis en tiempo real, lo que lleva a una toma de decisiones más informada y eficiente en la gestión del agua.

A partir de que el dispositivo ya está desarrollado, se llevó a cabo la fase de pruebas y validación, en esta fase es esencial asegurar de que el dispositivo funcione de manera confiable y cumpla con las expectativas. Se llevaron a cabo pruebas en condiciones reales de áreas semiurbanas para evaluar la operación del dispositivo electrónico en situaciones del mundo real, esto implica la monitorización continua del suministro de agua y la observación de cómo el dispositivo responde a diferentes escenarios y desafíos, como son las fluctuaciones en la demanda de agua. Durante estas pruebas, se verificó que el sensor mida con precisión las variables del agua y que los actuadores respondan de manera adecuada a las instrucciones de control, además se identificaron los posibles problemas y se realizaron ajustes en tiempo real. Las pruebas y la validación son esenciales para garantizar que el dispositivo funcione de manera confiable en el entorno real de las áreas semiurbanas y que se pueda confiar en él para gestionar eficazmente el suministro de agua.

Seguidamente de que el dispositivo electrónico esté en funcionamiento, se supervisó y se gestionó la recopilación continua de datos en tiempo real, esta actividad implicó la configuración del registro de datos y la gestión de enormes cantidades de información generada por el dispositivo, y el sensor. La recopilación de datos fue esencial para evaluar el rendimiento del dispositivo electrónico a lo largo del tiempo, puesto que los datos recopilados permiten identificar patrones de consumo y evaluar la eficacia de las medidas de control implementadas, esto incluye la identificación de posibles mejoras en la eficiencia del suministro de agua, la detección de fugas o problemas en la red de distribución y la predicción de futuras demandas de agua.

Por último, se realizó la documentación y la difusión de las actividades realizadas durante el proceso de desarrollo del dispositivo electrónico, dado que estas son cruciales para compartir el conocimiento generado en el proyecto. Se documentaron todos los aspectos del proyecto, desde el diseño del dispositivo hasta los resultados obtenidos en las pruebas y la operación en el campo, esto incluye la creación de informes técnicos detallados que describen la metodología utilizada, los desafíos encontrados, las soluciones implementadas y los resultados obtenidos. La difusión de los hallazgos y avances del proyecto fueron esencial para promover la adopción de soluciones basadas en IoT con respecto al suministro del agua en áreas semiurbanas.

Finalmente, se puede decir que estas actividades son fundamentales para el desarrollo exitoso de un dispositivo electrónico que posibilite la medición y control eficiente del suministro de agua en áreas semiurbanas a través de la tecnología IoT, puesto que proporciona la base necesaria para abordar las necesidades específicas de las comunidades semiurbanas y se aprovecha la tecnología para mejorar la calidad de vida, y la gestión de recursos hídricos en estas áreas.

3.1.1 Cronograma de actividades

Mediante el uso de diagramas de Gantt se presentan las actividades que se realizaron dentro de cada fase del proyecto, ya que este nos ayuda a establecer una estructura lógica y una secuencia temporal de las actividades, así como también estimar los recursos necesarios, identificar dependencias, monitorear el progreso y mejorar la comunicación y coordinación entre el equipo de trabajo.

En primer lugar, se inició la fase inicial del proyecto, dentro de esta fase se llevaron a cabo una serie de actividades esenciales que establecieron las bases para el éxito del proyecto, esta fase fue crucial para asegurar de que se establecieran los fundamentos adecuados, se definieran los objetivos y se planificara la ruta a seguir.

Figura 13

Diagrama de Gantt, fase inicial

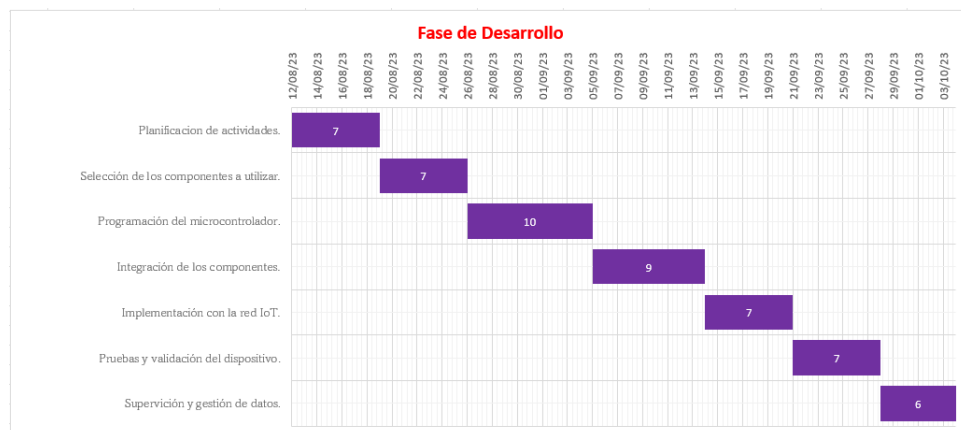


Fuente: Reyes J, 2023

Después de haber realizado las actividades de la fase inicial, se llevó a cabo la fase de desarrollo del proyecto, esta fase fue el núcleo del proceso para que se llevaran a cabo la ejecución planificada, se hicieran ajustes necesarios y se trabajara hacia la consecución de los objetivos, además debía cumplir el propósito de transformar la planificación inicial en acciones concretas y tangibles.

Figura 14

Diagrama de Gantt, fase de desarrollo

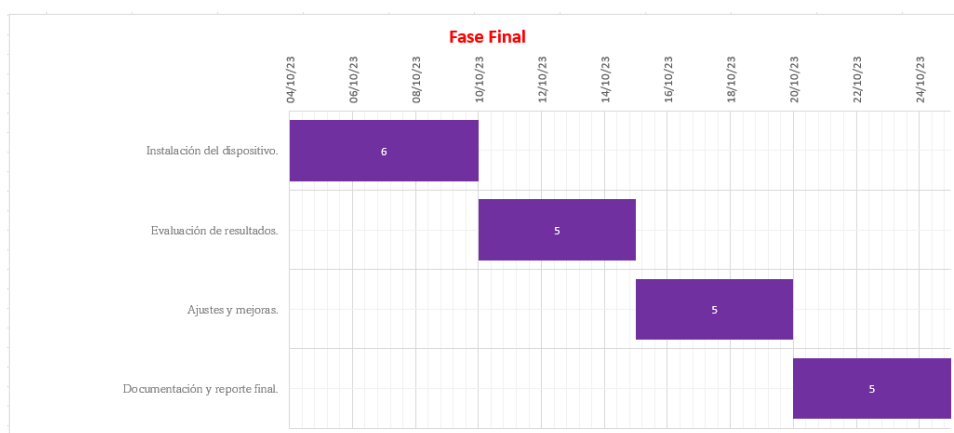


Fuente: Reyes J, 2023

Por último, se llevó a cabo la fase final del proyecto, esta fase fue esencial para asegurar de que el proyecto se cerrara de una manera adecuada y exitosa, asimismo tenía el propósito de cerrar de manera efectiva todas las actividades, entregar los resultados finales y evaluar el éxito del proyecto.

Figura 15

Diagrama de Gantt, fase final



Fuente: Reyes J, 2023

3.2 Alcances y limitaciones

3.2.1 Alcances

En zonas semiurbanas, la gestión del suministro de agua suele ser un desafío, ya que la infraestructura disponible puede ser limitada y el acceso al agua puede ser inestable, por lo mencionado es que se presenta una necesidad de implementar soluciones inteligentes y eficientes que permitan monitorear, y controlar el suministro de agua de manera efectiva, asegurando un uso responsable y sostenible. Desarrollar este proyecto es de vital importancia para abordar los desafíos relacionados con el agua y su gestión en entornos semiurbanos, este proyecto tiene como objetivo proporcionar una solución innovadora y rentable para medir y controlar el suministro de agua en estas zonas, aprovechando las ventajas de la tecnología IoT.

El resultado esperado de este proyecto es la creación de un dispositivo electrónico funcional que permita la medición precisa del suministro de agua y el control eficiente de su flujo. Mediante el aprovechamiento de la tecnología de Internet of Things, este dispositivo se conectará a una red inalámbrica, y enviará datos en tiempo real a una plataforma centralizada de monitoreo y control, ya que, al evaluar la situación actual sobre el suministro de agua en zonas semiurbanas, se recolectará información sobre posibles problemas que puedan presentarse y de igual manera poder identificarlos, tomando en cuenta los lineamientos para el dispositivo final.

Con base a una investigación minuciosa en el mercado, se seleccionará el sensor adecuado para medir la cantidad de agua y los actuadores necesarios para controlar su flujo. Este dispositivo proporciona beneficios significativos, como el monitoreo en tiempo real, el control inteligente del suministro de agua, el uso eficiente del agua, la detección temprana de problemas y la optimización de la infraestructura. Estos beneficios contribuirán a una gestión más efectiva y sostenible del suministro de agua en áreas semiurbanas, mejorando la calidad de vida de los residentes y fomentando un uso responsable de este recurso vital.

3.2.2 Limitaciones

A continuación, se presentan algunas posibles limitaciones que pueden surgir durante el desarrollo del dispositivo electrónico:

1. La transmisión de datos del dispositivo requerirá una red inalámbrica adecuada en el área semiurbana, si la cobertura de la red es limitada o no está disponible en algunas ubicaciones específicas, puede haber desafíos en la comunicación y recopilación de datos.
2. El mantenimiento regular del dispositivo, incluyendo la revisión y calibración del sensor, así como el reemplazo de otros componentes, esto podría resultar costoso y requerir recursos adicionales, es importante tener en cuenta los aspectos logísticos y económicos relacionados con el mantenimiento a largo plazo.

3. La implementación exitosa del dispositivo requerirá la aceptación y adopción por parte de los usuarios en las áreas semiurbanas, es posible que se enfrenten barreras culturales, políticas o técnicas que podrían retrasar o dificultar su implementación.
4. El dispositivo y sus componentes pueden verse afectados por factores ambientales como la humedad, las temperaturas extremas o la exposición a condiciones climáticas adversas, es fundamental garantizar la protección y durabilidad del dispositivo en entornos semiurbanos hostiles.
5. El desarrollo, producción e implementación de este tipo de dispositivo puede implicar costos significativos, es importante evaluar cuidadosamente y considerar la viabilidad financiera a largo plazo, incluyendo los costos de fabricación, operación y mantenimiento.

3.3 Hipótesis

El desarrollo de un dispositivo electrónico basado en microcontrolador, equipado con sensores y actuadores, que utiliza tecnología IoT para medir y controlar el suministro de agua en áreas semiurbanas, conduce a una gestión más eficiente y sostenible del recurso hídrico, impactando positivamente en la reducción de pérdidas, la optimización del consumo y la mejora general del suministro de agua en dichas áreas.

3.4 Diseño y metodología de la investigación

3.4.1 Diseño

Desarrollar un dispositivo electrónico es un proyecto que se propuso como una solución innovadora para abordar el desafío sobre el suministro de agua, para este proyecto se implementó un enfoque de investigación basado en el diseño experimental, este diseño proporciona una estructura sistemática para explorar y evaluar la eficacia del dispositivo en condiciones controladas, permitiendo una comprensión más profunda de su funcionamiento. El diseño experimental es una metodología de investigación que busca establecer relaciones causales entre

variables, es decir, se caracteriza por la manipulación intencionada de la variable independiente y el análisis de su impacto sobre una variable dependiente (Ramos, 2021), en este caso, se utilizó para analizar de manera rigurosa el impacto del dispositivo en la gestión del suministro de agua en áreas semiurbanas, además, se implementó un sub-diseño experimental puro para abordar aspectos específicos de la investigación. En el sub-diseño experimental puro, se forman uno o más grupos de intervención junto con un grupo de control, y la asignación de los participantes a estos grupos se realiza de manera aleatoria y probabilísticamente (Ramos, 2021), este sub-diseño se centró en la evaluación detallada de la eficiencia del dispositivo en condiciones particulares, se seleccionaron variables específicas como la precisión del sensor, la capacidad de respuesta de los actuadores y la conectividad IoT, para después ser sometidas a pruebas específicas, esto permitió un análisis más detallado y una comprensión más profunda de los componentes individuales del dispositivo.

El uso del diseño experimental en el proyecto ofreció varias ventajas, una de las principales radica en la capacidad para realizar pruebas de calibración detalladas, en el caso del proyecto, las pruebas específicas permitieron afinar la precisión de los sensores utilizados para la medición del suministro de agua, ya que identificar y corregir cualquier desviación en las mediciones, garantizó que los datos recopilados fueran confiables y precisos. El diseño experimental también brindó la oportunidad de evaluar la capacidad de respuesta de los actuadores en condiciones diversas, mediante la exposición a diferentes escenarios operativos, se logró determinar la eficacia de los actuadores al ajustarse a cambios en la demanda de suministro de agua. Estas pruebas de respuesta permitieron ajustes específicos para garantizar un rendimiento óptimo del dispositivo en tiempo real, mejorando así su capacidad de adaptación a entornos dinámicos.

Otra ventaja crucial fue la posibilidad de realizar pruebas detalladas de la conectividad IoT del dispositivo, la comunicación fluida y confiable es esencial para el funcionamiento eficiente en un contexto de Internet de las Cosas. El diseño experimental permitió simular diversas condiciones de conectividad y evaluar cómo

el dispositivo manejaba la transmisión de datos, esto condujo a mejoras en la estabilidad de la comunicación, asegurando que el dispositivo pudiera operar de manera efectiva incluso en entornos semiurbanos con desafíos de conectividad. El sub-diseño experimental puro permitió una identificación precisa de áreas de mejora en componentes específicos del dispositivo, ya que, al analizar la variabilidad en las mediciones del sensor, se pudo determinar la fuente de posibles problemas, este nivel de detalle facilitó ajustes precisos y refinamientos en el diseño, abordando problemas potenciales antes de la implementación final. La capacidad de identificar y solucionar problemas a nivel de componentes individuales contribuyó significativamente a la calidad general del dispositivo.

Con base a las contribuciones del diseño experimental al desarrollo del dispositivo, este tipo de diseño proporcionó una metodología robusta para probar hipótesis, validar suposiciones y optimizar el rendimiento del dispositivo. La información recopilada a través de las pruebas experimentales permitió tomar decisiones informadas sobre el diseño y la ingeniería del dispositivo, además, el diseño facilitó la identificación de posibles limitaciones y desafíos, puesto que al exponer el dispositivo a condiciones controladas pero representativas, se pudieron anticipar problemas potenciales antes de la implementación en el entorno semiurbano real, esto permitió un enfoque proactivo en la resolución de problemas, garantizando una mayor confiabilidad y durabilidad del dispositivo en condiciones del mundo real.

Por otra parte, según la direccionalidad del estudio del proyecto, se eligió el diseño de investigación retrospectivo, puesto que este enfoque implica analizar datos históricos y eventos pasados para comprender el contexto, y la evolución del problema, proporcionando una perspectiva valiosa para el desarrollo del dispositivo (Veiga, de la Fuente, & Zimmermann, 2008). El diseño de investigación retrospectivo se caracteriza por examinar eventos o fenómenos pasados para identificar patrones, relaciones causales o factores que puedan haber influido en el resultado actual, en el contexto de este proyecto, se recurrió a datos históricos relacionados con la

gestión del agua en áreas semiurbanas para informar y mejorar el diseño del dispositivo electrónico.

El diseño retrospectivo permitió una profunda contextualización del problema, ya que analizar datos históricos sobre el suministro de agua en áreas semiurbanas proporcionó información esencial sobre los desafíos enfrentados en el pasado, esto incluyó patrones de consumo, problemas de infraestructura, y otros factores que influyeron en la eficiencia del suministro de agua, comprender el contexto histórico facilitó la identificación de áreas críticas que requerían atención en el diseño del dispositivo. La revisión retrospectiva de datos históricos permitió identificar tendencias y patrones en el suministro de agua, por ejemplo, se pudieron identificar períodos de alta demanda, fluctuaciones estacionales y eventos específicos que afectaron el suministro, estos hallazgos fueron cruciales para anticipar escenarios futuros y diseñar un dispositivo capaz de adaptarse a diversas condiciones operativas.

Al examinar proyectos o iniciativas anteriores relacionadas con la gestión del agua en áreas semiurbanas, el diseño retrospectivo proporcionó lecciones valiosas, se analizaron éxitos y fracasos previos, lo que permitió aprender de experiencias pasadas y optimizar el diseño del dispositivo, este enfoque preventivo ayudó a evitar posibles obstáculos al anticipar desafíos basados en la experiencia acumulada a lo largo del tiempo. La revisión retrospectiva también involucró la evaluación de tecnologías previas utilizadas en proyectos similares, esto permitió identificar soluciones que demostraron eficacia en el pasado y que podrían integrarse en el nuevo dispositivo, la adopción de tecnologías probadas redujo el riesgo de fallos y aceleró el desarrollo, aprovechando la experiencia acumulada en proyectos anteriores.

El diseño retrospectivo fomentó un enfoque de aprendizaje continuo a partir de errores pasados, examinar iniciativas previas en la gestión del agua reveló áreas donde se cometieron errores o se subestimaron ciertos desafíos, este conocimiento permitió evitar repeticiones de errores, garantizando una estrategia más sólida y una

implementación más efectiva del dispositivo. Además, la revisión retrospectiva no solo se centró en el pasado lejano, sino también en eventos más recientes que pudieron haber influido en la gestión del agua, esto permitió una alineación más precisa del dispositivo con las necesidades actuales y futuras, por ejemplo, cambios en la demografía, el crecimiento urbano y las tecnologías emergentes fueron considerados para garantizar que el dispositivo fuera escalable y adaptable a cambios en el entorno.

En conclusión, el diseño retrospectivo demostró ser una estrategia integral y eficaz en el desarrollo del dispositivo electrónico, ya que, al aprovechar la riqueza de información contenida en eventos pasados, se logró una comprensión profunda del problema, se identificaron lecciones valiosas y se optimizó el diseño del dispositivo. Este enfoque contribuyó significativamente a la eficiencia y efectividad del dispositivo, destacando la importancia de integrar la experiencia acumulada para avanzar hacia soluciones innovadoras y sostenibles.

3.4.2 Metodología

La investigación exploratoria es un enfoque que se utiliza cuando se abordan problemas o temas relativamente nuevos o poco estudiados, su objetivo principal es proporcionar una comprensión inicial y superficial del tema de investigación (Ramos, 2021). En el contexto de este proyecto, la exploración fue necesaria porque se trataba de un enfoque innovador para abordar el suministro de agua en áreas semiurbanas mediante la incorporación de la tecnología de Internet of Things, dado que este enfoque no tenía un marco de referencia previo, la metodología exploratoria se convirtió en un paso esencial.

La metodología de investigación de tipo exploratoria desempeñó un papel fundamental en el desarrollo del proyecto, ya que este tipo de estudio ayudó significativamente en la investigación al proporcionar una estructura sólida para comprender y abordar los desafíos del proyecto tan innovador, y complejo. La tecnología de Internet of Things se ha convertido en una herramienta poderosa para

abordar problemas en una variedad de campos, incluyendo la gestión de recursos hídricos, sin embargo, su aplicación específica en el contexto de suministro de agua en áreas semiurbanas no estaba bien definida. La metodología exploratoria permitió investigar a fondo esta tecnología, identificar sus aplicaciones potenciales en el proyecto y comprender sus limitaciones y desafíos.

Mediante la revisión de literatura existente en internet, se pudo obtener una visión sólida de cómo esta tecnología podía aprovecharse para mejorar el suministro de agua en áreas semiurbanas, también se identificaron las últimas tendencias y avances en IoT que podrían ser relevantes para el proyecto. Una parte crucial del proyecto era la selección de todos los componentes a utilizar en el dispositivo electrónico para que este permitiera la medición y el control eficiente del suministro de agua, la metodología exploratoria dio lugar para investigar y evaluar una amplia gama de sensores, microcontroladores, generadores eléctricos y más, disponibles en el mercado. Además, a medida que se fue explorando estas opciones, se comprendió mejor las ventajas y desventajas, costos asociados y la compatibilidad con la tecnología IoT, esto fue fundamental para tomar decisiones informadas en la selección de componentes para el dispositivo.

El suministro de agua en áreas semiurbanas a menudo enfrenta desafíos únicos, como una infraestructura menos desarrollada o acceso a internet limitado, esta metodología también permitió investigar estos desafíos de manera detallada. Se realizó entrevistas a personas de las comunidades semiurbanas, se recopilaron datos sobre sus necesidades y limitaciones, y se exploraron soluciones que abordaran estas cuestiones específicas, este enfoque de investigación ayudó a diseñar un dispositivo que no solo se adaptara a las condiciones de las áreas semiurbanas, sino que también aprovechara la tecnología IoT de manera efectiva para superar estos desafíos.

La metodología exploratoria también desempeñó un papel importante en la validación de la viabilidad del proyecto, a medida que se avanzaba en la investigación, se identificaron posibles obstáculos y limitaciones que podrían haber

pasado desapercibidos en un enfoque más tradicional. Al explorar diversas opciones y realizar simulaciones preliminares, se determinó la factibilidad del proyecto y se evaluaron los posibles riesgos involucrados, esto fue esencial para garantizar que el proyecto no solo fuera teóricamente sólido, sino también prácticamente viable. En conclusión, esta metodología no solo ayudó a comprender el panorama general del proyecto sino también permitió explorar a fondo la tecnología, identificar componentes adecuados, comprender los desafíos específicos y validar la viabilidad del proyecto, esta metodología proporcionó una base sólida para el éxito del proyecto.

3.5 Selección de la muestra

La selección de muestra es un paso crítico en cualquier proyecto de investigación, y el proyecto para desarrollar un dispositivo electrónico no fue la excepción, en este caso, se optó por la selección de muestra no probabilística por conveniencia, un enfoque que se adecuaba a las particularidades del proyecto y que permitió maximizar la eficiencia en la identificación y participación de los participantes. El muestreo no probabilístico por conveniencia se eligió conscientemente para este proyecto debido a varias consideraciones prácticas y operativas, este método de selección de muestra implica elegir participantes o unidades de estudio basándose en su disponibilidad y accesibilidad, en lugar de utilizar un proceso aleatorio (Hernández, 2021).

En el contexto de este proyecto, la disponibilidad de participantes adecuados era un factor crítico, al enfocarse en la selección de muestra por conveniencia, se pudo acceder fácilmente a individuos o comunidades que estaban directamente involucrados en la gestión del agua en áreas semiurbanas, la conveniencia de acceso a estas poblaciones permitió una rápida identificación de las necesidades y desafíos específicos que el dispositivo debía abordar. La selección de muestra por conveniencia también permitió identificar comunidades o individuos que ya tenían cierto nivel de familiaridad o acceso a dispositivos IoT, dado que el proyecto se centraba en la implementación de la tecnología IoT en entornos semiurbanos, la

accesibilidad a esta tecnología por parte de los participantes fue decisiva, puesto que esto facilitó la integración del dispositivo en entornos donde la tecnología ya estaba presente.

Por otro lado, el muestreo no probabilístico por conveniencia agilizó significativamente la recopilación de datos, puesto que, en lugar de depender de procesos de selección más complejos y demorados, se identificaron y reclutaron participantes de manera rápida, y eficiente, esto fue esencial dentro de este proyecto dado que el tiempo era un factor crítico y se buscaba implementar soluciones efectivas en un plazo específico. A pesar de sus ventajas, la selección de muestra por conveniencia también tiene sus desafíos y limitaciones, uno de los principales es el riesgo de sesgo en la muestra, ya que los participantes seleccionados pueden no representar completamente la diversidad de la población objetivo, para abordar esto, se aplicaron criterios claros para garantizar que la muestra reflejara, en la medida de lo posible, la diversidad de contextos semiurbanos relevantes para el proyecto.

3.6 Recolección de datos

La recolección de datos desempeña un papel crucial en cualquier proyecto de desarrollo tecnológico, y para este proyecto se optó por la utilización del sensor YS-F201. El sensor YS-F201 fue seleccionado cuidadosamente debido a sus características específicas que se alineaban con las necesidades del proyecto, este sensor, diseñado para medir y monitorear diversos parámetros relacionados con el flujo del agua, jugó un papel fundamental en la obtención de datos precisos y en tiempo real, ya que está diseñado para funcionar de manera confiable incluso en condiciones adversas, demuestra ser ideal para el proyecto, puesto que resiste variaciones en la presión del agua, cambios climáticos y otros factores ambientales, garantizando una recolección de datos constante y precisa a lo largo del tiempo.

Uno de los aspectos críticos en el proyecto era la medición precisa del caudal de agua, el sensor YS-F201 se destaca por su capacidad para medir el flujo de agua con alta precisión, integrado en el dispositivo electrónico, este sensor permite

cuantificar con exactitud la cantidad de agua que se movía a través del dispositivo, esto resultó esencial para el control eficiente del suministro de agua y para identificar posibles fugas o anomalías en el flujo. Otra característica fundamental del sensor YS-F201 fue su capacidad de comunicación en tiempo real, la integración de este sensor con la tecnología IoT permitió la transmisión instantánea de datos a una plataforma centralizada, esta capacidad de comunicación en tiempo real fue crucial para tomar decisiones rápidas y eficientes en la gestión del suministro de agua, y para responder a cambios inmediatos en las condiciones del entorno.

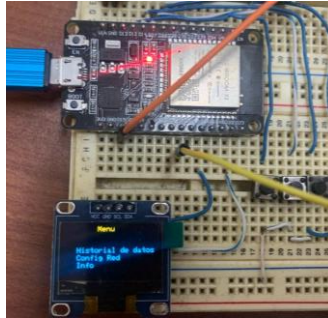
En la fase inicial del proyecto, el sensor YS-F201 se integra en el diseño del dispositivo durante la fase de prototipado, se llevaron a cabo pruebas exhaustivas para asegurar que el sensor funcionara de acuerdo con las especificaciones requeridas y que proporcionara datos precisos en condiciones simuladas. Durante la implementación con la tecnología IoT, el sensor YS-F201 fue clave en la transmisión eficiente de datos a la plataforma central, la capacidad de este sensor para comunicarse en tiempo real facilitó la monitorización remota y la toma de decisiones basada en datos en cualquier momento. En la fase de pruebas en campo, la resistencia del sensor YS-F201 se puso a prueba en entornos semiurbanos del mundo real, los datos recopilados durante estas pruebas validaron la eficacia continua del sensor en condiciones prácticas y proporciono información valiosa para ajustes finales en el diseño y la implementación.

3.6.1 Ensamble y simulación

Para lograr una gestión eficiente del agua se llevó a cabo el ensamblaje y la simulación de la parte electrónica encargada de controlar la posición del émbolo, este proceso se realizó en un protoboard para verificar la conexión a internet, dado que en la etapa de simulación no fue posible validar esta funcionalidad. La Figura 16 muestra el montaje en el protoboard, destacando la integración de los componentes electrónicos para el control preciso del émbolo y, por ende, la optimización en el manejo del suministro de agua.

Figura 16

Ensamble y simulación de la parte electrónica que controlará la posición del émbolo para el control eficiente de agua



Fuente: Cortes M, 2023

Mediante el dispositivo ESP32, se facilita la administración de redes mediante la interacción con la botonera y la pantalla LCD OLED de 128x64, estas herramientas permiten no solo establecer y modificar la conexión a internet, sino también gestionar de manera efectiva las preferencias de red. La Figura 17 ilustra detalladamente cómo se lleva a cabo este proceso, evidenciando la funcionalidad de administración de redes mediante la interfaz de la botonera y la visualización en la pantalla OLED.

Figura 17

Administración de redes por medio de la botonera y el LCD OLED 128x64



Fuente: Cortes M, 2023

3.6.2 Selección del instrumento

3.6.2.1 Bitácora de actividades

Esta bitácora documentará las actividades en fechas específicas, observaciones y resultados obtenidos durante la implementación, y prueba del dispositivo en condiciones reales, desde la instalación de sensores hasta la integración de datos demográficos y de la comunidad, cada paso es esencial para comprender y mejorar la gestión del suministro de agua en estas áreas. A través de esta bitácora, se proporcionará una visión detallada del proceso de recopilación de datos, destacando los desafíos enfrentados, las lecciones aprendidas y la contribución de cada dato recopilado a la efectividad del dispositivo y al éxito general del proyecto.

Tabla 1

Bitácora de actividades del día 05 de agosto de 2023

Fecha:

05 de agosto de 2023

Actividades realizadas:

- Encuesta comunitaria para recopilar percepciones sobre el suministro de agua.
- Análisis de las respuestas de la encuesta para identificar preocupaciones y expectativas de la comunidad.
- Entrevistas con residentes para obtener comentarios adicionales.

Observaciones:

- La encuesta reveló inquietudes sobre la irregularidad en el suministro de agua.
- Los comentarios de los residentes resaltaron la importancia de la confiabilidad y la equidad en el acceso al agua.

Fuente: Reyes J, 2023

Tabla 2

Bitácora de actividades del día 26 de agosto de 2023

Fecha:

26 de agosto de 2023

Actividades realizadas:

- Instalación de sensores de caudal en puntos clave de la red de suministro de agua.
- Configuración del microcontrolador para recopilar datos de los sensores.
- Inicio de la recolección de datos de caudal durante las primeras 24 horas.

Observaciones:

- Se registró una variabilidad en el caudal de agua a lo largo del día.
- Los sensores respondieron de manera adecuada a los cambios en la demanda.

Fuente: Reyes J, 2023

Tabla 3

Bitácora de actividades del día 21 de septiembre de 2023

Fecha:

21 de septiembre de 2023

Actividades realizadas:

- Monitoreo de datos ambientales para evaluar su impacto en la gestión del agua.
- Pruebas de los actuadores para evaluar la capacidad de control del sistema.
- Revisión de datos históricos para identificar patrones a largo plazo.

Observaciones:

- Se verificará una evaluación entre condiciones climáticas y cambios en la demanda de agua.
- Los actuadores respondieron eficientemente a las señales de control.

Fuente: Reyes J, 2023

Tabla 4

Bitácora de actividades del día 10 de octubre de 2023

Fecha:

10 de octubre de 2023

Actividades realizadas:

- Revisión de datos de la red de suministro para identificar posibles fugas.
- Análisis de la eficacia del dispositivo en situaciones de emergencia.
- Documentación de los resultados obtenidos hasta el momento.

Observaciones:

- Se identificaron pequeñas fugas que fueron controladas eficientemente por el dispositivo.
- La capacidad de respuesta en situaciones de emergencia destaca la utilidad del sistema.

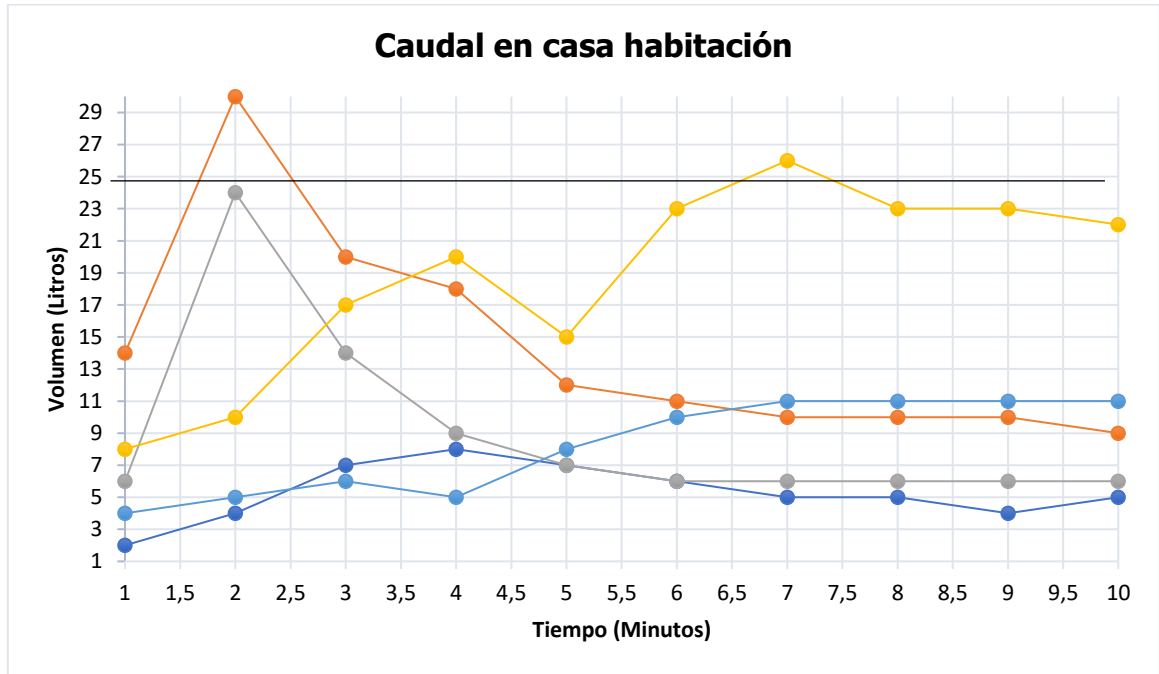
Fuente: Reyes J, 2023

3.7 Análisis de datos

Para la obtención de los primeros resultados se diseñaron cinco dispositivos que se instalaron y ajustaron de manera que estuvieran conectados a internet, y pudieran establecer comunicación con el sistema experto encargado de manipularlos. La Figura 18 muestra los datos recopilados por el caudalímetro en dichas cinco viviendas.

Figura 18

Gráfica en donde se muestra la distribución del caudal en 5 casas habitación de una región de Jalacingo, Ver.



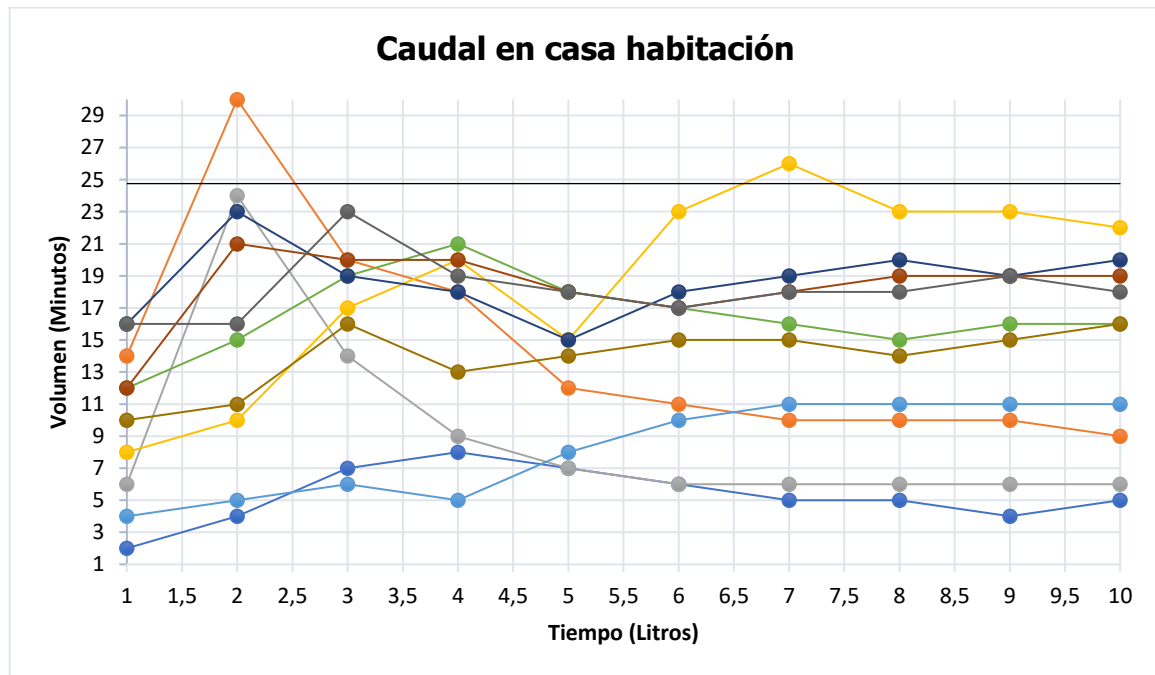
Fuente: Reyes J, 2023

Con base a lo anterior, se intenta lograr que las representaciones gráficas del caudal se acerquen lo más posible a la media (resaltada en color negro en la gráfica). Se confirma que el proceso de adquisición de datos se llevó a cabo de manera correcta.

Los resultados posteriores, como se evidencia en la Figura 19, exhiben valores idénticos a los presentados en la Figura 18, pero con datos obtenidos mediante la regulación del área ajustable del dispositivo, esta regulación, bajo el fenómeno de ariete, logra un aumento significativo en la presión y, por fin, en el caudal suministrado a las viviendas, no obstante, aún no se ha logrado un control equitativo. El propósito de esta implementación fue evaluar la funcionalidad del émbolo controlado por cremallera y piñón, mediante la fuerza proporcionada por el servomotor.

Figura 19

Comparación de caudales bajo la manipulación del área por donde está fluyendo el agua en el diseño de la válvula



Fuente: Reyes J, 2023

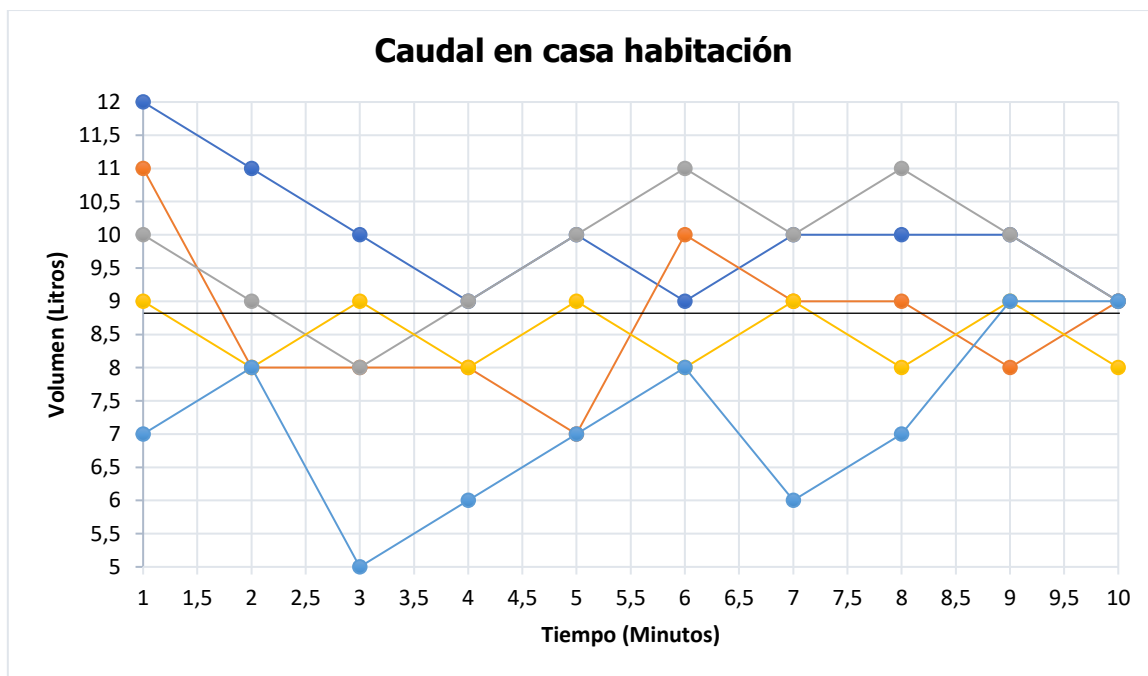
CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Para los últimos resultados se muestra el procedimiento para lograr una distribución equitativa, esta muestra consistió en calcular la media y tratar de ajustar mediante el sensor, el caudal para las cinco viviendas, sin embargo, se observó una desviación estándar debido a que la presión y el consumo en otras viviendas que no formaban parte de la muestra afectaron gradualmente el resultado obtenido, a pesar de ello, se evidencia una mejora en la distribución del agua en los sujetos analizados. La Figura 20 exhibe la gráfica de los nuevos datos obtenidos al ajustar, con la ayuda del sistema experto, los valores a un nivel equitativo.

Figura 20

Caudales obtenidos gracias a la igualación del caudal promedio para todas las casas habitación



Fuente: Reyes J, 2023

El análisis de los resultados obtenidos en el proyecto de desarrollo del dispositivo electrónico orientado a la gestión eficiente del suministro de agua en áreas semiurbanas revela hallazgos significativos y prometedores. Para evaluar la efectividad del dispositivo y demostrar la validez de las mejoras introducidas, se llevó

a cabo un análisis de varianza de un solo factor ANOVA, este análisis busca determinar si hay un cambio significativo en las variables medidas, proporcionando una base estadística sólida para respaldar las observaciones y conclusiones obtenidas en el estudio.

La Tabla 5 presenta los resultados detallados del análisis ANOVA, donde los valores de la columna F y el Valor crítico de F se compara en relación a lo siguiente:

- Si *Valor critico de F* > *F* no hubo cambios en las muestras.
- Si *F* > *Valor critico de F* hubo cambios en las muestras.

Tabla 5

Análisis de varianza de un solo factor

Resumen						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	50	555	11.1	46.5408163		
Columna 2	50	441	8.82	1.94653061		
Análisis de varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	129.96	1	129.96	5.36057377	0.02268251	3.93811108
Dentro de los grupos	2375.88	98	24.2436735			
Total	2505.84	99				

Fuente: Reyes J, 2023

Como se puede observar, se deduce que:

$$F = 5.36057377 > \text{Valor critico de } F = 3.93811108$$

Entonces, se reconoce que se han producido alteraciones significativas en las muestras, lo que llevó a una adaptación adecuada de los datos con el fin de garantizar una distribución justa y equitativa del agua entre ellas. Estos valores son fundamentales para validar la hipótesis de que el dispositivo ha generado mejoras estadísticamente significativas en la gestión del suministro de agua en áreas

semiurbanas, los valores de la columna F se han calculado como medida de la variabilidad entre los grupos de datos, mientras que el Valor crítico de F establece el umbral de significancia estadística, la comparación de estos valores permite evaluar si las diferencias observadas son consistentes con cambios reales y no simplemente el resultado del azar.

Los resultados obtenidos en este análisis de varianza apuntan a cambios significativos en las variables medidas. La relación entre los valores de F y el Valor crítico de F indica una correlación positiva, respaldando la premisa de que el dispositivo ha logrado mejoras sustanciales en la eficiencia y control del suministro de agua en áreas semiurbanas. En resumen, el análisis de varianza refuerza la validez y relevancia de los resultados obtenidos en el proyecto, este enfoque estadístico proporciona una sólida base cuantitativa para respaldar las observaciones cualitativas, destacando la eficacia del dispositivo electrónico basado en microcontrolador y tecnología IoT en la transformación positiva de la gestión del agua en entornos semiurbanos. Este análisis no solo valida los logros del proyecto, sino que también destaca la importancia de abordar estos desafíos con enfoques fundamentados y científicos.

Por otro lado, a partir de los datos recopilados durante las pruebas de implementación en situaciones reales, se presenta un análisis detallado de los resultados obtenidos en cada una de las viviendas monitoreadas. La Figura 21 exhibe la instalación del dispositivo electrónico y presenta los resultados en tiempo real obtenidos en la primera casa habitación, estos resultados destacan el rendimiento y la eficacia del dispositivo implementado en un entorno habitacional.

Figura 21

Dispositivo electrónico instalado en el tinaco de la primera casa habitación



Fuente: Cortes M, 2023

La instalación del dispositivo electrónico y los resultados en tiempo real en la segunda casa habitación se muestran en la Figura 22.

Figura 22

Dispositivo electrónico instalado en el tinaco de la segunda casa habitación



Fuente: Cortes M, 2023

En la Figura 23, se muestra la implementación del dispositivo electrónico, así como también se presentan los resultados en tiempo real obtenidos de la tercera casa habitación.

Figura 23

Dispositivo electrónico instalado en el tinaco de la tercera casa habitación



Fuente: Cortes M, 2023

Por otro lado, la instalación del dispositivo electrónico en la cuarta casa habitación y los resultados en tiempo real se presentan en la Figura 24.

Figura 24

Dispositivo electrónico instalado en el tinaco de la cuarta casa habitación



Fuente: Cortes M, 2023

En la Figura 25 se exhibe la instalación del dispositivo electrónico y los resultados en tiempo real obtenidos de la quinta casa habitación.

Figura 25

Dispositivo electrónico instalado en el tinaco de la quinta casa habitación



Fuente: Cortes M, 2023

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

5.1 Conclusión general

El desarrollo del dispositivo electrónico diseñado para la gestión eficiente del suministro de agua en áreas semiurbanas, mediante la integración de microcontroladores, sensores y actuadores, ha culminado en valiosas conclusiones que destacan tanto los logros como las oportunidades de mejora en este proyecto innovador. En primer lugar, los resultados obtenidos durante las pruebas y experimentos han confirmado la efectividad del dispositivo en la medición precisa y el control optimizado del suministro de agua. La capacidad de recopilación de datos en tiempo real proporcionada por los sensores integrados ha permitido una toma de decisiones informada, revelando la potencial transformación en la gestión del recurso hídrico en entornos semiurbanos.

Las conclusiones derivadas de la implementación de un análisis de varianza (ANOVA) refuerzan la validez estadística de las mejoras observadas, respaldando la premisa de que el dispositivo marca un cambio significativo en la eficiencia del suministro de agua, esta validación cuantitativa fortalece la credibilidad de los resultados cualitativos obtenidos a lo largo del proyecto. Asimismo, la experiencia adquirida durante el desarrollo de este proyecto ha proporcionado valiosas lecciones tanto a nivel profesional como personal, desde una perspectiva profesional, la planificación y ejecución del proyecto han mejorado significativamente las habilidades técnicas, especialmente en el diseño y desarrollo de dispositivos electrónicos complejos. Además, la gestión de datos en tiempo real y la integración de tecnología IoT han enriquecido la comprensión de cómo la innovación puede abordar desafíos ambientales.

A nivel personal, la dedicación y el compromiso con este proyecto han fomentado la paciencia y la perseverancia, puesto que la resolución de desafíos técnicos y la adaptación a contratiempos han fortalecido la capacidad de afrontar situaciones complejas, además, la conciencia sobre la importancia de abordar problemas medioambientales y contribuir a soluciones sostenibles ha sido una lección de vida significativa.

5.2 Conclusión relativa a los objetivos específicos

El desarrollo del dispositivo electrónico destinado a mejorar la gestión del suministro de agua en áreas semiurbanas ha arrojado conclusiones significativas en relación con los objetivos específicos establecidos al inicio del proyecto. La investigación detallada de las necesidades y problemáticas específicas del suministro de agua en zonas semiurbanas ha arrojado luz sobre desafíos cruciales, la consideración de factores como la disponibilidad de agua, la infraestructura existente y las demandas comunitarias ha permitido una adaptación precisa del dispositivo a las condiciones, y requerimientos locales, este enfoque contextual ha sido esencial para asegurar la pertinencia y efectividad del dispositivo.

La integración exitosa del dispositivo con la infraestructura preexistente ha sido un logro fundamental, puesto que la capacidad de conectarse de manera eficiente con elementos clave como bombas, válvulas y tuberías ha permitido una gestión más efectiva y optimizada del suministro de agua, esta integración fluida ha demostrado que la implementación del dispositivo puede realizarse sin perturbaciones significativas en la infraestructura existente. Por otro lado, la evaluación del rendimiento del dispositivo en un entorno semiurbano real ha generado conclusiones alentadoras, ya que la precisión en las mediciones, la estabilidad en el control y la eficiencia en la distribución del agua han superado las expectativas, estos resultados respaldan la capacidad del dispositivo para operar de manera confiable y efectiva en condiciones del mundo real, un indicador esencial de su aplicabilidad y utilidad práctica.

La investigación de viabilidad económica y sostenibilidad ha revelado un equilibrio positivo entre costos y beneficios, los costos de implementación, mantenimiento y la vida útil del dispositivo se han demostrado razonables en comparación con los beneficios derivados de la mejora en la gestión del agua, este hallazgo respalda la perspectiva de que la adopción del dispositivo puede traducirse en mejoras económicas y sostenibilidad a largo plazo. En conclusión, las metas establecidas en los objetivos específicos han sido no solo alcanzadas, sino superadas, este proyecto

no solo representa una mejora técnica en la gestión del agua en áreas semiurbanas, sino un paso significativo hacia la implementación práctica de soluciones innovadoras.

5.3 Conclusión relativa al objetivo general

El proyecto ha logrado con éxito su objetivo general al desarrollar un dispositivo electrónico basado en microcontrolador que integra sensores y actuadores para la medición y control eficiente del suministro de agua en áreas semiurbanas mediante la tecnología IoT. Los resultados obtenidos no solo demuestran la viabilidad técnica de la solución propuesta, sino que también resaltan su impacto positivo en la gestión del agua y, por ende, en la calidad de vida de las comunidades semiurbanas beneficiadas. Este proyecto sienta las bases para futuras iniciativas que busquen abordar desafíos similares en la gestión de recursos críticos a través de soluciones innovadoras basadas en la IoT.

5.4 Recomendaciones

En cuanto a las recomendaciones, se sugiere explorar posibles colaboraciones con entidades gubernamentales y organizaciones no gubernamentales para la implementación a mayor escala de este dispositivo en áreas semiurbanas, la difusión y concientización sobre la tecnología desarrollada pueden maximizar su impacto, asegurando que las comunidades se beneficien plenamente de sus capacidades.

Para futuros trabajos, una vez que sea factible su implementación en una ciudad, se contempla la creación de un sistema de control digital que garantice un funcionamiento con la precisión deseada, abarcando a todos los residentes de un municipio. Por otro lado, se evalúa la posibilidad de desarrollar una aplicación móvil compatible con diversas plataformas, con el propósito de que los usuarios puedan verificar sus consumos de agua y calcular las tarifas correspondientes, además, se tiene en mente extender esta propuesta a regiones donde la escasez de agua es una preocupación apremiante, con el objetivo de distribuir este recurso vital de manera equitativa.

CAPÍTULO VI

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

El desarrollo del dispositivo electrónico para la gestión eficiente del suministro de agua en áreas semiurbanas ha sido un proceso enriquecedor que ha cultivado habilidades especializadas en diversas áreas. A continuación, exploraremos detalladamente las competencias específicas adquiridas durante este proyecto innovador, desde la programación precisa de microcontroladores hasta la integración experta de sensores y actuadores, cada aspecto ha contribuido a un conjunto integral de habilidades que destacan la capacidad del equipo para abordar desafíos tecnológicos complejos.

- Durante el proceso del proyecto se adquirieron habilidades avanzadas en la programación de microcontroladores, utilizando lenguajes de programación específicos para garantizar un funcionamiento óptimo del dispositivo, ya que la capacidad de programar eficientemente el microcontrolador es esencial para la integración exitosa de los componentes del sistema.
- Se ha logrado una habilidad en el diseño de circuitos electrónicos para asegurar la conectividad y la interacción adecuada entre los sensores, actuadores y el microcontrolador, esto implica la comprensión profunda de la electrónica analógica y digital, así como la capacidad para resolver desafíos específicos del proyecto.
- El proyecto ha implicado la selección y la integración de sensores para la medición precisa de variables relacionadas con el suministro de agua, además, se han incorporado actuadores para permitir el control remoto y automático del flujo de agua, este aspecto del proyecto ha mejorado significativamente las competencias en la aplicación práctica de sensores y actuadores.
- La implementación de tecnología de Internet de las Cosas ha sido una parte fundamental del proyecto, esto ha requerido el desarrollo de habilidades en

la configuración de la conectividad inalámbrica, la transmisión de datos y la seguridad en la comunicación entre el dispositivo y la plataforma de gestión.

El desarrollo de este dispositivo electrónico ha sido un logro significativo, no solo en términos tecnológicos, sino también en la aplicación práctica de competencias clave. La combinación de programación de microcontroladores, diseño de circuitos, integración de sensores y actuadores, y la implementación de IoT demuestra el compromiso del equipo con la innovación tecnológica para abordar desafíos cruciales en la gestión del agua en entornos semiurbanos. Estas competencias especializadas no solo demuestran la destreza técnica adquirida durante el proyecto, sino que también subrayan el compromiso del equipo con la innovación sostenible. La combinación de habilidades en programación, electrónica y conectividad ha creado un dispositivo que no solo responde a las necesidades prácticas de la gestión del agua, sino que también representa un paso significativo hacia un futuro más consciente y responsable en la utilización de recursos naturales.

CAPÍTULO VII

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Avilés, M., & Frabizzio, D. (2022). *Diseño e implementación de robots de competencia: Diseño e implementación del robot de competencia categoría carrera de bípedos*. México: Repositorio Digital Escuela Politécnica Nacional.
- Bertoleti, P. (2019). *Proyectos con ESP32 y LoRa*. Brasil: Instituto Newton C Braga.
- Cirovic, M. M. (2020). *Electrónica fundamental: Dispositivos, circuitos y sistemas*. Barcelona: Reverté, S.A.
- Coloma, D., & Rodríguez, C. (2020). *Diseño e implementación de prototipo electrónico inalámbrico para el monitoreo de consumo de agua usando tecnología de bajo costo en los hogares con acceso a internet de la Parroquia el Laurel*. Ecuador: Repositorio Nacional en Ciencias y Tecnología.
- Delgado, J. C. (2020). *Diseño y construcción de un robot cartesiano automatizado para un sistema de hilatura: Transporte de un filamento polimérico*. Aguascalientes: Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México.
- Gavilanez, L. A. (2020). *Medidor de CO2 y temperatura para invernadero UTN*. Ecuador: Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte.
- Gobierno de México. (2016). *Ley de Transición Energética*. México: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.
- Gobierno de México. (2023). *Presentan Conagua, gobierno de la Ciudad de México y del Estado de México "Estrategia de atención ante la temporada de estiaje 2023"*. México: Comisión Nacional del Agua.
- Gobierno de México. (2023). *Semana Mundial del Agua 2023*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Hernández, D., Mojica, Y., Barón, L., Juárez, E., & Téllez, D. (2021). *Diseño e implementación de un sistema embebido para la administración del agua en casa habitación*. Ecatepec: Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

- Hernández, O. (2021). *Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen*. Cuba: Revista Cubana de Medicina General Integral.
- Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán. (2023). *Antecedentes Históricos*. Teziutlán: Plataforma de apoyo educativo.
- López, S. (2023). *Escasez de agua y sequía en México: Crisis actual*. México: Centro de Investigación en Política Pública.
- Paucar, T. V. (2021). *Sistema de medición y adquisición de datos del potencial de hidrogeno (PH) para un fotobiorreactor de microalgas*. Ecuador: Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte.
- Quishpe, I. A. (2019). *Plataforma para experimentación naturalística en bicicletas: Sistema embebido*. Ecuador: Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte.
- Ramos, C. (2021). *10 los alcances de una virtualidad*. Ecuador: Diseños de investigación experimental.
- Rivetti, E., Gamarra, Á., & Parra de Gallo, B. (2020). *Proyecto de creación de un laboratorio de forensia de IoT*. Argentina: Revista digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza.
- Secretaría de Gobernación. (2020). *Norma Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-2020, agua para uso y consumo humano. Control de la calidad del agua distribuida por los sistemas de abastecimiento de agua*. México: Diario Oficial de la Federación.
- Torres, R., & Valderrama, W. (2020). *Control de velocidad y sentido de giro para un motor DC*. Revista Infometric@ - Serie Ingeniería, Básicas y Agrícolas, 106-107.
- Veiga, J., de la Fuente, E., & Zimmermann, M. (2008). *Modelos de estudios en investigación aplicada: conceptos y criterios para el diseño*. Madrid: Medicina y seguridad del trabajo.

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

Figura 26

Carta de asignación de asesoría de residencia profesional



TEC
de Teziutlán

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN

ASUNTO: ASIGNACIÓN DE ASESORÍA DE RESIDENCIA PROFESIONAL
Teziutlán, Puebla, 21/julio/2023

MIGUEL AGUILAR CORTÉS
PERSONAL DOCENTE
PRESENTE

Por medio del presente me permito informarle que ha sido designado (a) asesor (a) para el proyecto de residencia profesional como a continuación se detalla:

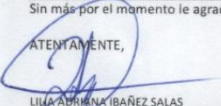
Alumno (a): REYES VIVEROS JHOALYS
No. de Control: 19TE0602
Carrera: INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES
Sistema: ESCOLARIZADO
Proyecto: DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA LA MEDICIÓN Y CONTROL DE SUMINISTRO DE AGUA EN ZONAS SEMIURBANAS A TRÁVES DE IOT
Empresa: INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN

Así mismo se le solicita al asesor (a) y estudiante garantizar que el proyecto tenga la calidad y la presentación de un trabajo profesional, por tal motivo los trabajos se deberán redactar con las especificaciones que marca la Guía de Trabajos Profesionales entregada en su correo electrónico institucional, en la Carpeta de Archivos Académicos de Residencia Profesional.

El (la) alumno (a) se deberá entrevistar con el (la) asesor (a) para la elaboración del cronograma del trabajo, esta entrevista puede ser presencial o virtual si existe una contingencia ajena a ambas partes y fechas de revisiones el día:	Del 21/07/23 al 29/07/23
Así mismo el (la) alumno (a) enviará una copia de este cronograma firmada a la División de Carrera para dar fe del cumplimiento de trabajo residente-asesor (a) y tendrá que ser entregado a más tardar el día:	Del 04/08/23 al 05/08/23
El (la) alumno (a) reportará a la División de Carrera mediante oficio algún cambio que pudiese surgir en título del proyecto, de empresa o de asesor (a) por recomendaciones de su asesor (a) interno (a), externo (a) o por alguna contingencia o situación especial.	Del 15/08/23 al 26/08/23
La última revisión al trabajo por el (la) asesor (a) y recomendaciones para correcciones o reporta a la División de Carrera aquellos casos en que no se ha establecido contacto con el (la) alumno (a) para notificar la reprobación de la residencia profesional.	Del 03/11/23 al 04/11/23
El (la) asesor (a) da la orden al alumno (a) de guardar en formato pdf.	Del 17/11/23 al 18/11/23
El alumnado entregará el proyecto final en formato PDF a su asesor (a) y a la División de Carrera, por correo electrónico, a cambio su asesor(a) descargará la liberación de residencia del Módulo de Residencias Profesionales ubicado en la "Guardia Mapache" la firmará y la entregará al estudiante y éste a la División de Carrera y al Departamento de Residencias Profesionales y Servicio Social. El(la) asesor(a) deberá corroborar el nombre correcto del título del proyecto antes de firmar la liberación, el alumnado deberá recibirlo y de igual manera deberá corroborar que la liberación tenga todos sus datos correctos incluyendo su título.	Del 24/11/23 al 25/11/23
Terminando el proceso de residencia profesional el alumnado solicita a la Subdirección Académica el trámite de titulación mediante el formato "Solicitud de Opción", acompañada de la copia de la liberación de residencia profesional (si opta por esa opción), si opta por tesis entregará su borrador de tesis de manera digital, subiendo su documentación en la liga que le será compartida en la plática de titulación.	Del 24/11/23 al 25/11/23
La Subdirección Académica solicitará a las Divisiones de Carrera la autorización para opción de titulación y en caso de tesis solicitará la comisión revisora.	Del 28/11/23 al 15/12/23
Las Divisiones de Carrera conformarán las comisiones y notificarán a la Subdirección Académica el resultado.	Del 18/12/23 al 30/12/23
La Subdirección Académica notificará a las comisiones revisoras y entregará el trabajo inicial de tesis de manera digital y informando al mismo tiempo al Alumnado.	Del 02/01/24 al 06/01/24
Las comisiones revisoras tendrán una semana para enviar las observaciones al alumnado y el alumnado tendrá otra semana para realizar las correcciones.	Del 09/01/24 al 13/01/24
La Subdirección Académica solicitará a la comisión revisora notifique su dictamen de liberación de tesis y notificará al alumnado para que el último entregue el trabajo final de tesis de manera digital. Una vez concluido este proceso se inicia la programación de examen profesional aunado a liberación de expediente del Departamento de Control Escolar.	Del 16/01/24 al 20/01/24

Sin más por el momento le agradezco su atención.

ATENTAMENTE,



LILIA ADRIANA IBÁÑEZ SALAS
DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES O
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
ccp. Archivo



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
GOBIERNO DEL ESTADO
S.E.P.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE TEZIUTLÁN**
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES

R08/06/2023

"La Juventud de México" 2023

F-SAC-08

Fuente: División de Ingeniería en Sistemas Computacionales ITST, 2023

Figura 27

Dictamen de comisión revisora

**EDUCACIÓN**
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO**
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico Superior
de Teziutlán

Asunto: **Asignación de Asesor(a), Comisión Revisora, Entrega de Trabajo Profesional y Dictamen**

Teziutlán, Puebla, **03/enero/2024**

Asesor(a): **MIGUEL AGUILAR CORTES**
Integrante de Comisión Revisora: **HERIBERTO HERNANDEZ RODRIGUEZ**
Integrante de Comisión Revisora: **MARCO ANTONIO AGUILAR CORTES**
Presentes

Por este medio me permito informar que ha sido asignado como asesor(a) y comisión revisora del trabajo profesional que se convertirá en Tesis de:

Alumno(a): **REYES VIVEROS JHOALYS**
Apellido paterno/materno/nombre (s)

Número de Control: **19TE0602** Licenciatura o Posgrado: **INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

Plan: **2010** Correo Electrónico: **L19TE0602@TEZIUTLAN.TECNM.MX**

Cuyo tema es: **DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA LA MEDICION Y CONTROL DE SUMINISTRO DE AGUA EN ZONAS SEMIURBANAS A TRAVES DE IOT**

25 palabras (máximo)

Se ha enviado a su correo institucional el trabajo profesional o de grado, por lo cual la comisión revisora tendrá 5 días hábiles para realizar las observaciones al alumnado, el(la) interesado(a) tendrá igualmente **5 días** para corregir y las enviará al correo electrónico institucional de la comisión revisora, agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de licenciatura o de posgrado de nuestro alumnado egresado.

Dictamen de Comisión Revisora, Aprobación de Impresión o Grabación y Autorización para subirla al Repositorio del TecNM

Siendo el día: 31 de enero de 2024 se reunieron los miembros de la comisión para revisar el trabajo asignado y una vez analizado se decidió liberarlo y aprobarlo para su grabación y programación de examen profesional.

MIGUEL AGUILAR CORTES
Nombre y Firma del(la) Asesor(a)

HERIBERTO HERNANDEZ RODRIGUEZ
Nombre y Firma de Integrantes de la Comisión Revisora

MARCO ANTONIO AGUILAR CORTES
Nombre y Firma de Integrante de la Comisión Revisora

**MYRIAM SANCHEZ PEREZ**
Subdirección Académica

R08/06/2023
Folio:36

GOBIERNO DEL ESTADO
S.E.P.
INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE TEZIUTLÁN
SUBDIRECCIÓN
ACADÉMICA

F-SAC-18

**TEC**
de Teziutlán

**100% PLASTIC FREE**

**PUEBLA**

Fracción 1 y 11 s/n Aire Libre, Teziutlán, Puebla, C.P. 73960 Tels. 231 311 4000 / 4001 / 4002 / 4003
e-mail: itsteziutlan@hotmail.com | www.teziutlan.tecnm.mx

**2024**
Felipe Carrillo
PUERTO
GOBIERNO DEL ESTADO DE PUEBLA

Fuente: Subdirección Académica ITST, 2024

Figura 28

Carta de autorización, consulta y publicación

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL(LA) AUTOR(A) PARA LA CONSULTA Y
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

El que suscribe:

JHOALYS

REYES

VIVEROS

Con Número de
Control **19TE0602**

Perteneciente al
Programa **INGENIERÍA EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES**
Educativo

Por este conducto me permito informar que he dado mi autorización para la consulta y publicación electrónica del trabajo de investigación en los repositorios académicos.

Registrado con el
producto: **TESIS**

Cuyo Tema es:

**DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA LA MEDICIÓN Y CONTROL DE SUMINISTRO
DE AGUA EN ZONAS SEMIURBANAS A TRAVÉS DE IOT**

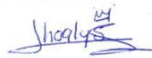
Correspondiente al periodo:

AGOSTO-DICIEMBRE 2023

Y cuyo(a) director(a) de tesis es:

M.S.C. MIGUEL AGUILAR CORTES

ATENTAMENTE



JHOALYS REYES VIVEROS

Nombre y firma

Fecha de emisión: **20/01/2024**
c.c.p. Subdirección Académica

Fuente: Subdirección Académica ITST, 2024

Figura 29

Formato de licencia de uso

LICENCIA DE USO OTORGADA POR Jhoalys Reyes Viveros, de nacionalidad Mexicana, mayor de edad, con domicilio ubicado en la calle Privada 10 de Mayo #8, Colonia La Garita en la Ciudad de Teziutlán, Puebla, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor(a) de la tesis denominada “Desarrollo de un sistema embebido para la medición y control de suministro de agua en zonas semiurbanas a través de IoT” en adelante “LA OBRA” quien para todos los fines del presente documento se denominará “EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR”, a favor del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán del Tecnológico Nacional de México, la cual se registrá por las clausulas siguientes:

PRIMERA –OBJETO: “EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR”, mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de “LA OBRA”, para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA - TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA -ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de “LA OBRA” en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (en red), mensaje de datos o similar, conocido o por conocerse.

CUARTA – EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán; por lo tanto, “EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR” conserva los derechos patrimoniales y morales de “LA OBRA”, objeto del presente documento.

QUINTA – CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que “EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR” es el(la) único(a), primigenio(a) y perpetuo(a) titular de los derechos morales sobre “LA OBRA”; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

SEXTA – AUTORÍA: “EL(LA) AUTOR(A) Y/O EL(LA) TITULAR” manifiesta ser el(la) único(a) titular de los derechos de autor que derivan de “LA OBRA” y declara que el material objeto del presente fue realizado por él(ella), sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el(la) único(a) responsable. Dado en la Ciudad de Teziutlán, Puebla, a los quince días del mes enero de 2024.

“EL(LA) AUTOR(A) Y/O
EL(LA) TITULAR”,



Jhoalys Reyes Viveros
Nombre y Firma

“EL INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE TEZIUTLÁN”



Arminda Juárez Arroyo
Directora General
Nombre, Firma y Sello

Fuente: Subdirección Académica ITST, 2024

Índice de figuras

Figura 1 Organigrama del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.	15
Figura 2 Microcontrolador ESP32	25
Figura 3 Diagrama en bloque del ESP32.....	28
Figura 4 Sensor de caudal YF-S201.....	31
Figura 5 Funcionamiento del Efecto Hall	34
Figura 6 Generador eléctrico F50-12V	34
Figura 7 Servomotor MG996R	36
Figura 8 LCD OLED 128x64	38
Figura 9 Distribución de pines pantalla OLED 128x64.....	40
Figura 10 Potenciómetro 10K Ω	41
Figura 11 Resistencia 10k Ω	42
Figura 12 Arquitectura propuesta para IoT.....	44
Figura 13 Diagrama de Gantt, fase inicial	56
Figura 14 Diagrama de Gantt, fase de desarrollo	56
Figura 15 Diagrama de Gantt, fase final.....	57
Figura 16 Ensamble y simulación de la parte electrónica que controlará la posición del émbolo para el control eficiente de agua	68
Figura 17 Administración de redes por medio de la botonera y el LCD OLED 128x64	68
Figura 18 Gráfica en donde se muestra la distribución del caudal en 5 casas habitación de una región de Jalacingo, Ver.	72
Figura 19 Comparación de caudales bajo la manipulación del área por donde está fluyendo el agua en el diseño de la válvula	73
Figura 20 Caudales obtenidos gracias a la igualación del caudal promedio para todas las casas habitación	75
Figura 21 Dispositivo electrónico instalado en el tinaco de la primera casa habitación	78

Figura 22 Dispositivo electrónico instalado en el tinaco de la segunda casa habitación	78
Figura 23 Dispositivo electrónico instalado en el tinaco de la tercera casa habitación	79
Figura 24 Dispositivo electrónico instalado en el tinaco de la cuarta casa habitación	79
Figura 25 Dispositivo electrónico instalado en el tinaco de la quinta casa habitación	80
Figura 26 Carta de asignación de asesoría de residencia profesional	92
Figura 27 Dictamen de comisión revisora	93
Figura 28 Carta de autorización, consulta y publicación.....	94
Figura 29 Formato de licencia de uso.....	95

Índice de tablas

Tabla 1 Bitácora de actividades del día 05 de agosto de 2023	69
Tabla 2 Bitácora de actividades del día 26 de agosto de 2023	70
Tabla 3 Bitácora de actividades del día 21 de septiembre de 2023.....	70
Tabla 4 Bitácora de actividades del día 10 de octubre de 2023.....	71
Tabla 5 Análisis de varianza de un solo factor	76