



TECNOLOGICO NACIONAL DE MÉXICO

CAMPUS ZONGOLICA

INFORME DE RESULTADOS PROYECTO INTEGRADOR

NOMBRE DEL PROYECTO:

SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE CULTIVOS EN EL ITSZ U.A.
CUICHAPA

INGENIERÍA:

Sistemas Computacionales

SEMESTRE Y GRUPO:

Tercer Semestre

PRESENTA:

Rocío Duran Loyo
Aracely Feliciano Juárez
Sergio Martínez Mendoza
Cinthia Sánchez Aguilar
Estefania Suárez Ramos
Kenia Denisse Trujillo Mendoza
Karol Aimeé Zárate Pérez

ASESOR(ES):

M.S.C. Ricardo Omar Raygoza Cozar
Biol. Isidra Castro Martínez

[CUICHAPA], VERACRUZ, Enero 2025]





ÍNDICE

1. DATOS GENERALES	4
1.1 Nombre de la Asignatura Eje	4
1.2 Competencia específica de la Asignatura Líder.....	4
1.3. Asignaturas de apoyo.....	4
1.4 Lugar donde se realizará (Interno o Externo).	4
2. INTRODUCCIÓN	5
2.1 Antecedentes del proyecto	5
2.2 Contexto del problema:	6
2.3 Tecnología de monitoreo de humedad en suelos:	6
2.4 Proyectos previos y soluciones actuales:.....	7
2.5 Arduino y su papel en proyectos de automatización:.....	7
2.6 Relevancia del monitoreo de humedad para la agricultura sostenible:	7
2.7 Estadísticas y tendencias del proyecto:	8
2.8 Idea de proyecto	10
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	12
4. OBJETIVOS.....	15
4.1 Objetivo General.....	15
4.2 Objetivos Específicos	15
5. MARCO TEÓRICO.	15
Conceptos Básicos	18
Sistema automatizado	20
Ventajas de la Automatización.....	21
Tecnologías Relacionadas	21
Estudios Previos	21
Desafíos y consideraciones	23
6. MÉTODO	25





6.1 Tipo de investigación.....	25
6.2 Objetivo del método.....	26
7. RESULTADOS	43
Componentes principales:	43
Descripción del funcionamiento:.....	43
Funcionamiento detallado del sistema:.....	44
Alarma sonora con buzzer:	44
Control automático de la bomba de agua:	45
Estado intermedio de la bomba de agua:	45
Seguridad y precisión en el procesamiento:.....	45
Aplicaciones del sistema:	46
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
9. LITERATURA CITADA.....	46
1. ANEXOS.....	49





1. DATOS GENERALES

1.1 Nombre de la Asignatura Eje

Estructura de datos

1.2 Competencia específica de la Asignatura Líder.

Conoce, comprende y aplica eficientemente estructuras de datos, métodos de ordenamiento y búsqueda para la optimización del rendimiento de soluciones a problemas del mundo real.

1.3. Asignaturas de apoyo

Clave	Asignatura
ACD0908	Desarrollo Sustentable

1.4 Lugar donde se realizará (Interno o Externo).

Nombre del lugar	Instituto Tecnológico Superior de Zongolica.
Responsable (Interno o Externo)	M.S.C. Ricardo Omar Raygoza Cozar
Contacto (Número o correo)	ricardo_cozar_pd155@zongolica.tecnm.mx
Entregable final	Informe y proyecto



2. INTRODUCCIÓN

2.1 Antecedentes del proyecto

La tecnología de sensores de humedad ha experimentado avances significativos en los últimos años, especialmente en el ámbito agrícola y ambiental. El monitoreo preciso de la humedad del suelo se ha demostrado crucial para mejorar la eficiencia en el uso del agua y optimizar el rendimiento de los cultivos. La integración de sensores de humedad con microcontroladores, como en el caso de Arduino, ha dado lugar a sistemas de monitoreo de bajo costo y fácil implementación, lo que los hace accesibles tanto en zonas rurales como urbanas. Estos avances tecnológicos han abierto nuevas posibilidades en el campo de la agricultura y el medio ambiente, y se han convertido en un área de investigación prometedora para el futuro.

El presente estudio plantea el desarrollo e implementación de un sistema automatizado de riego y monitoreo, diseñado como un prototipo experimental aplicado a una maceta. El objetivo es crear un sistema de riego autónomo capaz de tomar decisiones moderadamente inteligentes para suministrar agua a las plantas en un invernadero y generar reportes sobre el estado de los elementos bióticos, facilitando su control. El sistema está orientado a gestionar múltiples áreas del invernadero mediante la conexión de dispositivos esenciales, sistemas de adquisición de datos y actuadores necesarios para encender y apagar el sistema de bombeo, así como para regular el flujo de agua (González & Pérez, 2020).

Un antecedente relevante es el *Proyecto de Monitoreo de Condiciones del Suelo en Tiempo Real*, desarrollado en 2020, que integró sensores de humedad y temperatura del suelo con comunicación inalámbrica. Este proyecto marcó un hito al permitir a los agricultores recibir alertas en tiempo real sobre cambios en la humedad del suelo, posibilitando decisiones informadas y mejorando la eficiencia de las labores de riego (López et al., 2020).

INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



Asimismo, destaca el *Sistema de Control de Riego Inteligente Basado en IoT*, que incorpora sensores de humedad y temperatura junto con una plataforma en la nube para almacenar y analizar datos históricos. Este sistema permite implementar patrones de riego adaptados a las condiciones específicas del suelo y el clima, logrando mayor sostenibilidad y eficacia (Martínez & Rodríguez, 2021).

Estos antecedentes evidencian el potencial de integrar sensores de humedad con microcontroladores, como Arduino, para desarrollar soluciones de bajo costo que optimicen la gestión del agua, especialmente en la agricultura. La combinación de estas tecnologías ofrece un enfoque eficiente, económico y sostenible para mejorar el riego y reducir el consumo de agua (Jiménez et al., 2019).

2.2 Contexto del problema:

La gestión ineficiente del riego y la falta de monitoreo adecuado en plantas y cultivos pueden generar problemas como el exceso o la insuficiencia de agua, lo cual impacta negativamente tanto en la salud de las plantas como en la productividad agrícola. Esta problemática adquiere especial relevancia en entornos urbanos y en la agricultura, donde resulta fundamental optimizar recursos limitados, como el agua, para garantizar la sostenibilidad (López et al., 2020).

2.3 Tecnología de monitoreo de humedad en suelos:

Tradicionalmente, el monitoreo de la humedad del suelo se ha realizado mediante métodos manuales, como inspecciones visuales, o con sensores que carecen de capacidades para un monitoreo continuo o remoto (Jiménez et al., 2019).

Con los avances tecnológicos, los sensores de humedad del suelo han experimentado importantes mejoras, permitiendo la medición en tiempo real. Además, estos sensores han sido integrados en sistemas de riego automatizado, aunque muchos de ellos

INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



presentan desafíos como costos elevados y dificultades para su implementación en pequeñas escalas o entornos domésticos (Martínez & Rodríguez, 2021).

2.4 Proyectos previos y soluciones actuales:

Se han desarrollado sistemas comerciales para el monitoreo del suelo, como los dispositivos de jardinería inteligente que envían datos a una aplicación móvil. Sin embargo, muchos de estos sistemas son costosos o requieren infraestructura compleja.

Existen proyectos basados en Arduino que utilizan sensores de humedad para monitorear el suelo, enviando datos a través de una pantalla LCD, apps móviles o plataformas en línea. Estos proyectos DIY (hazlo tú mismo) permiten crear soluciones accesibles y personalizables para el monitoreo en tiempo real.

2.5 Arduino y su papel en proyectos de automatización:

Arduino se ha destacado como una plataforma flexible y accesible para proyectos de electrónica, permitiendo la automatización de tareas mediante la integración de sensores y actuadores. Su capacidad para interactuar con diferentes componentes y su bajo costo han facilitado su uso en proyectos agrícolas y de jardinería.

Existen numerosos ejemplos de sistemas basados en Arduino para controlar riego automático según los niveles de humedad, proporcionando una solución eficiente y económica tanto para pequeñas huertas como para cultivos a mayor escala.

2.6 Relevancia del monitoreo de humedad para la agricultura sostenible:

Con el aumento de la preocupación por la sostenibilidad y el uso eficiente de los recursos, el monitoreo de humedad con sistemas tecnológicos, como los basados en Arduino, se ha vuelto crucial para la agricultura de precisión y la gestión eficiente del

INSTITUTO
TECNOLOGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



agua. Esto permite optimizar el riego y evitar desperdicios, contribuyendo a prácticas agrícolas más sostenibles.

2.7 Estadísticas y tendencias del proyecto:

La gestión eficiente del agua representa uno de los mayores desafíos globales, especialmente en el sector agrícola, que utiliza cerca del 70% del agua dulce disponible a nivel mundial. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la demanda de agua destinada a la agricultura podría aumentar en un 50% para el año 2050 debido al crecimiento de la población mundial y al incremento en la demanda de alimentos. Esta realidad plantea una necesidad urgente de implementar soluciones tecnológicas que optimicen el uso del agua y aseguren la sostenibilidad de los recursos hídricos. Una de estas soluciones es el uso de tecnologías de monitoreo ambiental, como los sensores de humedad, que han mostrado un crecimiento notable en los últimos años.

El mercado global de sensores agrícolas, por ejemplo, presenta una tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) estimada en aproximadamente el 12% durante el período 2021-2026. Dentro de este sector, los sensores de humedad del suelo han adquirido una relevancia significativa debido a su capacidad para optimizar sistemas de riego y reducir el consumo de agua entre un 20% y 30%. Esto resulta especialmente crítico en regiones que enfrentan estrés hídrico o donde los recursos son limitados. Además, la adopción de plataformas de hardware de código abierto, como Arduino, ha transformado el acceso a estas tecnologías, permitiendo el desarrollo de proyectos de monitoreo de bajo costo. Arduino, ampliamente reconocido por su versatilidad, facilidad de programación y bajo costo, ha facilitado la incorporación de sensores de humedad en mercados pequeños y medianos, ampliando el alcance de estas herramientas tecnológicas.

El uso combinado de sensores de humedad y microcontroladores como Arduino ha permitido que pequeños agricultores, quienes antes no podían acceder a estas

INSTITUTO
TECNOLOGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274





innovaciones, se benefician de tecnologías que tradicionalmente eran exclusivas de grandes industrias agrícolas. Esta tendencia, conocida como agricultura inteligente o agricultura de precisión, promueve la implementación de soluciones tecnológicas avanzadas en el campo. Entre estas, destacan las basadas en Internet de las Cosas (IoT), en las cuales los sensores de humedad, junto con otros dispositivos, están conectados a redes que permiten el monitoreo en tiempo real de las condiciones del suelo y otros factores ambientales.

En 2023, se estima que alrededor del 35% de las granjas comerciales en países desarrollados utilizaban tecnologías IoT para monitoreo ambiental, mientras que en los países en desarrollo la adopción de estas herramientas crece rápidamente debido a la disminución en los costos de implementación. Este contexto sugiere que los sensores de humedad integrados con plataformas como Arduino tienen un potencial de crecimiento considerable, particularmente en aplicaciones agrícolas que buscan promover la sostenibilidad y optimizar el uso de recursos.

Finalmente, ante el aumento de la demanda de alimentos y las crecientes limitaciones hídricas en diversas regiones del mundo, proyectos que incorporan tecnologías de monitoreo ambiental no solo son una tendencia, sino una necesidad para garantizar la sostenibilidad agrícola a largo plazo. La integración de estas tecnologías en el sector agrícola no solo contribuye a la preservación del agua, sino que también apoya a los agricultores a mejorar sus prácticas y a adaptarse a un entorno cambiante.



2.8 Idea de proyecto

La idea de implementar sistemas de riego automatizados surge como respuesta a la urgente necesidad de gestionar de manera más eficiente el agua, especialmente en regiones donde este recurso es escaso. El agua es esencial para la vida en el planeta, y su manejo sostenible se ha convertido en una prioridad tanto para la preservación de los ecosistemas como para las actividades humanas que dependen de ella. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el estrés hídrico afecta a más de 2.000 millones de personas a nivel mundial, un problema que se agrava por factores como el cambio climático, el aumento de la población y la sobreexplotación de los recursos hídricos (ONU, 2021).

En el ámbito agrícola, que consume alrededor del 70% del agua dulce disponible, el uso de sistemas de riego tradicionales, como la irrigación por inundación, puede resultar ineficiente y perjudicial para el suelo y las plantas debido a la evaporación excesiva y la infiltración (FAO, 2022). Para abordar estas limitaciones, los sistemas de riego automatizados e inteligentes, equipados con sensores de humedad y temperatura, permiten ajustar dinámicamente el riego según las condiciones climáticas y del suelo. Estos sensores recopilan datos en tiempo real, asegurando que el suelo mantenga niveles óptimos de humedad y evitando tanto el desperdicio de agua como el riego insuficiente (Zhang et al., 2020).

La automatización en el riego no solo beneficia el medio ambiente, sino que también ofrece ventajas económicas. Al reducir la dependencia del riego manual, disminuyen los costos laborales y aumenta la eficiencia en el uso de recursos. Para los agricultores, esto se traduce en ahorros significativos de agua y energía, además de una mejora en el rendimiento y la salud de los cultivos. De manera similar, los propietarios de jardines pueden disfrutar de espacios verdes bien cuidados sin el esfuerzo de regarlos manualmente, contribuyendo también al ahorro de agua (Smith et al., 2023).

Una característica destacada de estos sistemas es su capacidad para integrarse con otras tecnologías, como fuentes de energía renovable. Por ejemplo, los paneles solares pueden alimentar las bombas y sensores, creando sistemas autónomos y sostenibles.

INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



Además, la incorporación de interfaces de usuario, como aplicaciones móviles, facilita el monitoreo y control remoto, permitiendo a los usuarios ajustar parámetros y recibir notificaciones sobre el estado del sistema, como niveles bajos de agua o fallos en los sensores (González & Rivera, 2022).

Otro aspecto clave es la flexibilidad de estos sistemas para adaptarse a diferentes condiciones climáticas y necesidades específicas de los cultivos. Los microcontroladores permiten programar umbrales de humedad y temperatura según las estaciones del año o el tipo de planta. Por ejemplo, durante días cálidos, el sistema puede aumentar la frecuencia del riego, mientras que en períodos de lluvia puede reducirlo o suspenderlo por completo, optimizando así el consumo de agua (Chen et al., 2021).

La implementación de tecnologías de monitoreo a largo plazo también permite recopilar y analizar datos sobre el uso del agua y el crecimiento de las plantas, identificando patrones que pueden mejorar la eficiencia del sistema. Esto es especialmente útil en grandes áreas de cultivo o jardines, donde ciertas zonas pueden requerir más agua que otras, posibilitando soluciones personalizadas para optimizar aún más el uso de los recursos (Kumar et al., 2023).

En conclusión, el desarrollo de sistemas de riego automatizados representa un avance significativo en la gestión sostenible del agua, ofreciendo soluciones prácticas y escalables tanto para la agricultura como para aplicaciones domésticas. Estos sistemas no solo abordan la necesidad de conservar los recursos hídricos, sino que también demuestran cómo la innovación tecnológica puede mejorar la calidad de vida y fomentar la sostenibilidad. La integración de sensores avanzados, algoritmos de control y plataformas de gestión remota allana el camino para una gestión más eficiente del agua y otros recursos naturales en el futuro.

INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Planteamiento del problema

La problemática del uso excesivo de agua para riego no es algo nuevo, pero con el avance de la tecnología en los últimos años, el interés por soluciones automatizadas ha aumentado significativamente. Las tecnologías de sensores y microcontroladores, especialmente los sistemas basados en Arduino se han vuelto accesibles y populares en los últimos años debido a su facilidad de uso y bajo costo, permitiendo crear soluciones personalizadas para el control del riego en tiempo real.

Fases del Proyecto



Ilustración 1 Fases del proyecto

La problemática se presenta a través de la ineficiencia en el riego manual, donde muchas veces los sistemas de riego no responden adecuadamente a las condiciones reales del suelo y temperatura.

Los proyectos con Arduino, al ser económicos y accesibles, permiten que estos sistemas sean adoptados en ámbitos domésticos creando un espacio para

innovaciones sencillas que puedan ser replicadas por un amplio público. En este contexto, el problema específico que se aborda en este proyecto es el uso ineficiente de los recursos hídricos para el riego, que se debe a la falta de sistemas que controlen adecuadamente el momento y la cantidad de agua a aplicar en función de la humedad del suelo y la temperatura ambiental.

Justificación

La creciente necesidad de soluciones tecnológicas accesibles y adaptables destaca la importancia de herramientas que promuevan el aprendizaje práctico en electrónica y programación, particularmente en proyectos con un impacto ambiental y social positivo. Uno de los problemas críticos que aborda este proyecto es la ineficiencia en el uso del agua en los sistemas de riego tradicionales, los cuales a menudo operan de forma manual o continua sin considerar las condiciones ambientales reales. Este enfoque puede generar un uso excesivo de agua incluso cuando el suelo ya está húmedo, lo que resulta en una pérdida innecesaria de recursos.

El sistema propuesto ofrece una solución automatizada que monitorea constantemente la humedad del suelo y la temperatura ambiente. Con base en estos datos, el riego solo se activa cuando es estrictamente necesario, optimizando el consumo de agua y aumentando la eficiencia del sistema. Este enfoque permite adaptar el sistema a diversas condiciones climáticas y tipos de suelo mediante la calibración de sensores y el ajuste de umbrales de humedad específicos. Pruebas en diferentes entornos y cultivos ayudarán a establecer puntos de referencia apropiados para cada caso, mientras que su diseño modular posibilitará la integración de sensores adicionales en el futuro para abordar nuevas condiciones o necesidades particulares (Kumar et al., 2023). Uno de los aspectos clave del proyecto es el uso de la plataforma Arduino Uno. Esta herramienta, reconocida por su bajo costo, facilidad de uso y flexibilidad, permite la integración de múltiples componentes electrónicos, como sensores de humedad y temperatura, así como la programación necesaria para controlar el sistema de riego. La amplia comunidad de usuarios y recursos educativos disponibles para Arduino facilita el

INSTITUTO
TECNOLOGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



aprendizaje, la resolución de problemas y la implementación del proyecto, lo que lo convierte en una excelente opción tanto para estudiantes como para profesionales (González & Rivera, 2022).

La precisión del sistema se garantiza mediante un proceso de calibración preinstalado y la aplicación de técnicas de filtrado y premediación de datos, que reducen el ruido y mejoran la exactitud de las mediciones. Adicionalmente, el diseño del proyecto permite la incorporación de sensores más avanzados si las condiciones lo requieren, asegurando una monitorización adecuada a largo plazo (Chen et al., 2021).

Este proyecto tiene un impacto significativo en dos áreas principales. En primer lugar, fomenta el desarrollo de habilidades técnicas en electrónica, programación y automatización, lo que resulta especialmente relevante para estudiantes de ingeniería de sistemas. En segundo lugar, promueve beneficios sociales y ambientales al optimizar el uso del agua y fomentar prácticas agrícolas sostenibles. Al automatizar el proceso de riego, se reduce la necesidad de intervención manual, incrementando la eficiencia en campos agrícolas y jardines, y contribuyendo a los objetivos globales de desarrollo sostenible relacionados con la gestión responsable del agua y la promoción de la agricultura sostenible (ONU, 2021).

La plataforma basada en Arduino no solo es accesible desde el punto de vista económico, sino que también es replicable y adaptable a diversas regiones, especialmente en comunidades rurales o con recursos limitados. Este enfoque permite proporcionar soluciones de bajo costo para la gestión eficiente del agua, mejorando la calidad de vida y el bienestar de las comunidades beneficiadas. Además, el diseño escalable del sistema lo hace aplicable tanto a pequeños jardines como a grandes áreas agrícolas, lo que subraya su versatilidad (Smith et al., 2023).

El impacto ambiental del proyecto también es notable, ya que promueve prácticas responsables de manejo del agua y el uso de tecnologías limpias. Al reducir las pérdidas de agua y mejorar la sostenibilidad del riego, este sistema contribuye a mitigar los efectos del estrés hídrico en regiones con recursos limitados y fomenta una gestión más eficiente de los recursos naturales.

INSTITUTO
TECNOLOGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

" Desarrollar un prototipo de sistema de riego automatizado utilizando sensores de temperatura y humedad controlados por Arduino para los cultivos de la U.A. Cuichapa. "

4.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema Arduino para monitorear temperatura y humedad.
- Implementar algoritmos para procesar y almacenar datos eficientemente.
- Automatizar el riego según las necesidades del cultivo.
- Evaluar el prototipo mediante pruebas experimentales.
- Documentar el sistema para facilitar su replicación y escalabilidad.

5. MARCO TEÓRICO.

Actualmente Arduino se ha convertido sin duda en uno de los pilares del movimiento del fabricante en todo el mundo. Desde su llegada representó un fácil acceso para cualquier persona a la tecnología de los microcontroladores. Aunque inicialmente fue pensado y desarrollado para artistas y diseñadores, Debido a su practicidad Arduino rápidamente se convirtió en la herramienta favorita de muchos hacedores, cuya larga lista de usuarios incluye desde niños principiantes interesados en este tipo de tecnologías, hasta las personas más experimentadas en electrónica y robótica.

El sensor de humedad es un aparato de lectura utilizado en espacios interiores para controlar la humedad del aire y la temperatura. Las magnitudes medidas por el sensor de humedad se transforman en una señal eléctrica normalizada, cuya intensidad suele estar comprendida entre 4 y 20 mA.

La automatización de sistemas de riego representa un avance significativo en el manejo eficiente de recursos hídricos y energéticos en la agricultura, jardinería y otras actividades relacionadas. Este marco teórico aborda los principios y fundamentos de los

INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



sistemas de riego automatizados que emplean sensores de temperatura y humedad para optimizar su funcionamiento.

¿Pero por qué Arduino se ha convertido en esa herramienta tan popular alrededor del mundo? A continuación, se listan algunas de las propiedades que llevaron a convertir esta plataforma de desarrollo en todo un fenómeno mundial:

- Fácil uso: El poder de Arduino está en su software no en el hardware, su IDE es extremadamente amigable para cualquier usuario, y su fácil programación atrae día con día a más adeptos. Con unas cuantas líneas de código, puedes hacer prender LEDs, accionar motores, generar sonidos, trabajar con sensores, etc.

Castro Popocha (2008) realizó una investigación orientada al diseño e implementación de un sistema de riego automatizado en tiempo real, cuyo propósito principal fue identificar tanto el momento óptimo como la cantidad adecuada de agua para el riego. Este sistema se fundamentó en el monitoreo constante mediante el uso de tecnologías de información (TI), integrando sensores y dispositivos que permitieran registrar y analizar datos en tiempo real.

El estudio tuvo lugar en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, y abarcó un período de experimentación comprendido entre el 10 de junio y el 11 de septiembre de 2006. La metodología utilizada fue de tipo comparativo, ya que se implementaron y analizaron tres estrategias de riego: el uso de un lisímetro, dispositivo empleado para medir la cantidad de agua evaporada o transpirada; la reflectometría en el dominio del tiempo (TDR), que evalúa la humedad del suelo; y un enfoque basado en el balance hídrico climático, que calcula las necesidades de agua en función de las condiciones meteorológicas y del cultivo. Durante el ciclo completo del cultivo de calabaza (*Cucurbita spp.*), variedad zucchini grey, que tuvo una duración de 94 días, se registró información detallada de cada evento de riego en función de las estrategias aplicadas. El sistema automatizado se complementó con riegos manuales en situaciones específicas, como en

INSTITUTO
TECNOLOGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



los casos en los que, pese a no requerirse agua, era necesario realizar fertirrigación debido a la demanda de fertilizantes, particularmente durante las lluvias. Por otro lado, el sistema de riego automático incluyó tres componentes: un riego inicial, fertirrigación, y riegos complementarios destinados a ajustar las necesidades del cultivo.

Uno de los aspectos destacados de esta investigación es su contribución al entendimiento de la comunicación entre los sistemas de sensores, dispositivos móviles y plataformas web, lo que representa un avance significativo en el desarrollo de tecnologías aplicadas al monitoreo y la automatización agrícola. Además, este estudio proporciona datos valiosos sobre la eficiencia de las estrategias de riego automatizado, promoviendo la sostenibilidad hídrica y la optimización de recursos en el ámbito agrícola. En términos prácticos, los hallazgos de Castro Popocha (2008) sirven como referencia para el diseño de sistemas modernos de monitoreo y automatización agrícola, destacando la importancia de integrar tecnologías innovadoras para mejorar la productividad y reducir el impacto ambiental.

Después de haberse demostrado la utilidad y los beneficios que se obtienen al usar Arduino, se procederá a demostrar la viabilidad del proyecto de investigación al presentar a continuación algunos proyectos similares al que se pretende desarrollar, de la misma manera también se ejemplificará con proyectos que hacen uso de las mismas tecnologías.

INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



Arduino: Un Pilar del Movimiento Maker

Desde su creación, Arduino ha jugado un papel crucial en el movimiento maker al proporcionar una plataforma fácil de usar para proyectos de electrónica y automatización. Su popularidad se debe a varias razones:

Flexibilidad y Versatilidad: Arduino permite trabajar con una amplia variedad de sensores, actuadores y periféricos, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en educación, investigación, prototipos industriales, entre otros.

Accesibilidad: Con precios asequibles y un extenso soporte en línea, Arduino ha eliminado barreras de entrada, facilitando su adopción incluso en regiones con recursos limitados.

Comunidad Global: La comunidad de usuarios y desarrolladores de Arduino es un recurso invaluable, ya que comparten proyectos, tutoriales y bibliotecas de código que enriquecen continuamente el ecosistema.

Integración con Tecnologías Modernas: Arduino se complementa con plataformas como IoT, inteligencia artificial y energías renovables, ampliando su campo de aplicación en el mundo moderno.

Conceptos Básicos

- **Riego Automatizado:** Se define como el uso de tecnologías y dispositivos electrónicos para gestionar la distribución de agua a cultivos o áreas verdes sin necesidad de intervención manual constante. Este enfoque se orienta a maximizar la eficiencia del riego, reducir el desperdicio de agua y garantizar un suministro adecuado a las plantas.

INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



- Fertiirrigación: Fertiirrigar es aportar al suelo los nutrientes que necesitan los cultivos, mediante el agua de riego.
- Sensor de Temperatura: Dispositivo electrónico que mide el nivel de calor en el ambiente o en el suelo, informando sobre condiciones climáticas que pueden afectar la evaporación del agua y el crecimiento de las plantas.
- Sensor de Humedad: Herramienta que mide la cantidad de agua presente en el suelo o en el ambiente. En su aplicación en riego, el sensor de humedad del suelo determina el momento adecuado para regar según las necesidades de las plantas.
- Hacedores: ejecutor, agente, realizador, autor.
- Efectos de la temperatura: Casi todos los higrómetros son calibrados a una temperatura ambiente fija. usualmente esta temperatura es de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por lo tanto las variaciones en la temperatura pueden afectar los resultados de la medición. Muchos sistemas compensan este efecto ya sea electrónicamente o controlando la temperatura del sensor. Electrónica: La instrumentación electrónica moderna es inmune a la temperatura ambiente en los rangos normales. Sin embargo, grandes oscilaciones de temperatura pueden causar errores en diversos componentes electrónicos.
- Presión: Los efectos de la presión son más fáciles de cuantificar y por lo tanto más fáciles de corregir que los efectos de la temperatura. Si se conoce el valor de la presión en el punto de medición su efecto puede corregirse totalmente a condición de que la naturaleza del gas y su comportamiento con la presión sean conocidos.
- LEDs: dispositivo que permite el paso de corriente en un solo sentido y que al ser polarizado emite un haz de luz.
- IDE: es una aplicación de software que ayuda a los programadores a desarrollar código de software de manera eficiente
- Pantalla LCD :son dispositivos diseñados para mostrar información en forma gráfica. LCD significa Liquid Crystal Display (Display de cristal líquido). La mayoría de las pantallas LCD vienen unidas a una placa de circuito y poseen pines de entrada/salida de datos.

INSTITUTO
TECNOLOGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



- Shields: Quizás Arduino no lo pueda hacer todo, pero seguro ya existe un shield diseñada para circuitos impresos que ofrecen una extensión de las capacidades de hardware de las tarjetas Arduino.
- El Microcontrolador: Es la parte que procesa toda la información, es donde se graba el código, en el software de Arduino se conoce como "Sketch". Los Microcontroladores que usa Arduino son económicos lo que abarata el costo de la Tarjeta en general.
- Principios de Funcionamiento.

Sistema automatizado

Un sistema automatizado de riego con sensores de temperatura y humedad opera según un flujo de trabajo estructurado:

1. Detección y Monitoreo: Los sensores recopilan datos en tiempo real sobre la temperatura y la humedad del ambiente o del suelo.
2. Procesamiento de Datos: Un controlador (como un microcontrolador o un PLC) analiza la información recolectada según un conjunto de umbrales predefinidos.
3. Activación de Actuadores: Con base en los datos procesados, se activa el sistema de riego (bombas, válvulas, aspersores, etc.).
4. Retroalimentación y Ajustes: Los sensores continúan monitoreando las condiciones, ajustando el riego en tiempo real para evitar el exceso o la deficiencia de agua.

INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



Ventajas de la Automatización

- Eficiencia en el uso del agua: Reduce significativamente el desperdicio al aplicar agua solo cuando y donde es necesario.
- Ahorro de tiempo y esfuerzo: Minimiza la necesidad de intervención manual.
- Adaptabilidad a diferentes condiciones: Los sensores permiten ajustar el riego en función de variaciones climáticas y del estado del suelo.
- Incremento en la productividad: Mejora el crecimiento y la salud de las plantas al proporcionar condiciones óptimas de riego.

Tecnologías Relacionadas

1. Internet de las Cosas (IoT): Los sistemas de riego automatizados pueden integrarse con tecnologías IoT para supervisión y control remoto mediante dispositivos conectados a Internet.
2. Inteligencia Artificial (IA): Algoritmos de IA pueden analizar patrones climáticos y datos de sensores para optimizar el riego de manera predictiva.
3. Energías Renovables: Sistemas alimentados por energía solar o eólica aumentan la sostenibilidad de la automatización del riego.

Estudios Previos

Diversas investigaciones han demostrado la eficacia de los sistemas de riego automatizados. Por ejemplo:

Castro Popocha (2008): Este estudio pionero implementó un sistema de riego automatizado en un cultivo de calabaza, demostrando la eficacia de tecnologías como



INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICA



Km 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



sensores y TDR para mejorar el manejo hídrico. Además, subrayó la importancia de combinar técnicas automatizadas con riegos manuales en situaciones específicas, como la fertirrigación

Perez et al. (2021): Encontraron que el uso de sensores de humedad del suelo redujo el consumo de agua en un 30% en cultivos de maíz.

González y Rodríguez (2019): Documentaron un aumento del 20% en la productividad de cultivos de tomate al integrar sistemas de riego automatizados con sensores de temperatura.

Michael Lorek et al. (Lorek et al., 2014) diseñaron un sensor para mediciones de potencia eléctrica en edificios. En este sistema una placa de desarrollo Raspberry Pi funciona como una estación base para recolectar la información de los dispositivos instalados en el panel. Las mediciones son cercanas a los valores ideales y el sistema mejora drásticamente las estimaciones reales de potencia.

Rubén Herrera Galicia et al. (Galicia et al., 2015) Diseñar e implementar una aplicación para una red inteligente comunicada vía Ethernet que permita monitorear, analizar y controlar, con placas de desarrollo Arduino, Raspberry y un dispositivo móvil, a un sistema automatizado. Para la demostración de la utilidad del sistema desarrollado se aplica este al monitoreo del voltaje y la corriente, y el control de las cargas activadas en una casa residencial con fines de ahorro energético.

INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



Desafíos y consideraciones

Aunque los sistemas de riego automatizados ofrecen múltiples ventajas, también enfrentan retos que deben abordarse para maximizar su efectividad:

- **Costos Iniciales:** La inversión en sensores, microcontroladores y otros componentes puede ser significativa para algunos agricultores.
- **Mantenimiento Técnico:** Los sistemas requieren calibraciones periódicas y reemplazo de componentes para garantizar su precisión y durabilidad.
- **Condiciones Locales:** Es fundamental adaptar los umbrales y parámetros de los sistemas a las necesidades específicas del cultivo y el entorno.
- **Selección adecuada de sensores,** considerando la sensibilidad, precisión y durabilidad.
- **Configuración de umbrales** según las necesidades específicas de las plantas y condiciones locales.
- **Implementación de un sistema de retroalimentación** robusto para asegurar la adaptabilidad a cambios en el entorno.

La integración de Arduino en sistemas de riego automatizados representa un avance significativo en el manejo eficiente del agua y la sostenibilidad agrícola. Su facilidad de uso y accesibilidad, junto con la incorporación de tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT) y la Inteligencia Artificial (IA), ha transformado el panorama de la agricultura moderna, permitiendo un control más preciso y adaptado a las necesidades específicas de los cultivos.

A medida que se superan los desafíos técnicos, económicos y de adopción por parte de los agricultores, estas soluciones continúan mejorando, haciéndose más accesibles y efectivas. El desarrollo continuo en sensores, conectividad y algoritmos de análisis de datos permitirá optimizar aún más el uso de los recursos naturales, reducir el desperdicio de agua y aumentar la productividad agrícola.

INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274





En este contexto, los sistemas basados en Arduino no solo destacan por su versatilidad, sino también por su capacidad de adaptarse a diferentes escalas de producción, desde pequeñas explotaciones agrícolas hasta grandes plantaciones. Por lo tanto, estas tecnologías seguirán desempeñando un papel clave en la construcción de un futuro agrícola más sostenible, eficiente y resiliente frente a los retos del cambio climático y la creciente demanda de alimentos.



6. MÉTODO

6.1 Tipo de investigación.

Este estudio se llevará a cabo bajo un enfoque integral que combina elementos experimentales y comparativos. El enfoque experimental permitirá evaluar la eficacia de los sistemas de automatización y monitoreo implementados, sometiéndolos a condiciones controladas para observar su desempeño en tiempo real. Por otro lado, el diseño comparativo facilitará la contrastación entre los resultados obtenidos con los métodos automatizados y los provenientes de técnicas tradicionales, lo que permitirá identificar fortalezas, debilidades y áreas de mejora en ambas aproximaciones.

Además, el estudio estará respaldado por un diseño descriptivo, que tiene como finalidad documentar de manera sistemática y detallada cada uno de los aspectos relacionados con el funcionamiento de los sistemas tecnológicos empleados. Esto incluirá la descripción de los sensores, las plataformas digitales y los procesos de comunicación entre dispositivos, así como las interacciones de los usuarios con estas tecnologías.

Para garantizar una perspectiva más amplia y profunda, se adoptará un enfoque mixto que integre métodos cuantitativos y cualitativos. Desde la perspectiva cuantitativa, se recopilarán y analizarán datos relacionados con la eficiencia de los sistemas, como el uso del agua, el rendimiento de los cultivos y la precisión en el monitoreo de variables climáticas y del suelo. Simultáneamente, el enfoque cualitativo permitirá capturar las percepciones, experiencias y observaciones de los actores involucrados en la implementación de los sistemas, brindando una visión complementaria que enriquecerá el análisis general del estudio.

Esta combinación de enfoques y diseños garantizará una investigación sólida y multifacética, capaz de generar conclusiones significativas y aplicables al contexto de los cultivos del ITSZ U.A. Cuichapa.

INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



6.2 Objetivo del método.

El objetivo central del método es diseñar, implementar y evaluar un sistema automatizado de riego y monitoreo aplicado a una maceta como prototipo experimental. Este enfoque busca demostrar la viabilidad y eficacia de los sistemas tecnológicos en un entorno controlado, donde se puedan replicar condiciones similares a las de un cultivo a mayor escala, pero en un espacio reducido y manejable.

El diseño del sistema estará orientado a integrar sensores especializados capaces de medir parámetros clave, como la humedad del sustrato y temperatura ambiental. Estos sensores estarán conectados a plataformas móviles y herramientas web que permitirán la recopilación y visualización de datos en tiempo real. Esto facilitará la toma de decisiones precisas sobre las necesidades de riego de la planta.

En la etapa de implementación, el sistema será instalado en una maceta que contendrá un cultivo representativo. Se configurarán los dispositivos para automatizar el suministro de agua según los datos proporcionados por los sensores. Asimismo, se realizarán pruebas para verificar el correcto funcionamiento de la comunicación entre los sensores y las plataformas digitales.

Finalmente, la evaluación se centrará en analizar el desempeño del prototipo en términos de eficiencia hídrica, respuesta del cultivo a las condiciones controladas y facilidad de uso del sistema automatizado. Este modelo a escala busca validar la tecnología propuesta, sentando las bases para su posible aplicación en sistemas más amplios en el futuro, mientras se optimiza el manejo de recursos en el entorno experimental del ITSZ U.A. Cuichapa.

INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



6.3 Diseño.



Para realizar el prototipo fue necesario diseñar y delimitar en donde se concentrarían las plantas para su correcto monitoreo.

Se elaboro un diseño digitalmente para presentarlo a un carpintero y que prosiguiera con la elaboración.

Ilustración 2Diseño digital de la maceta

Se opto por una maceta de diseño rectangular fabricada en madera, con acabado rústico y barnizado en tonos oscuros. La estructura presenta un compartimento inferior cerrado y un espacio superior abierto sostenido por dos pilares laterales. Su diseño compacto y sencillo resulta adecuado para interiores o exteriores, ofreciendo estabilidad y resistencia para sostener plantas de tamaño mediano. El acabado presenta un toque artesanal que resalta las vetas de la madera, brindando un aspecto estético funcional y decorativo.



Ilustración 3Maceta terminada

6.4 Primeras pruebas.

Para iniciar se realizaron algunas pruebas que consistían en probar los sensores de humedad y temperatura por separado.

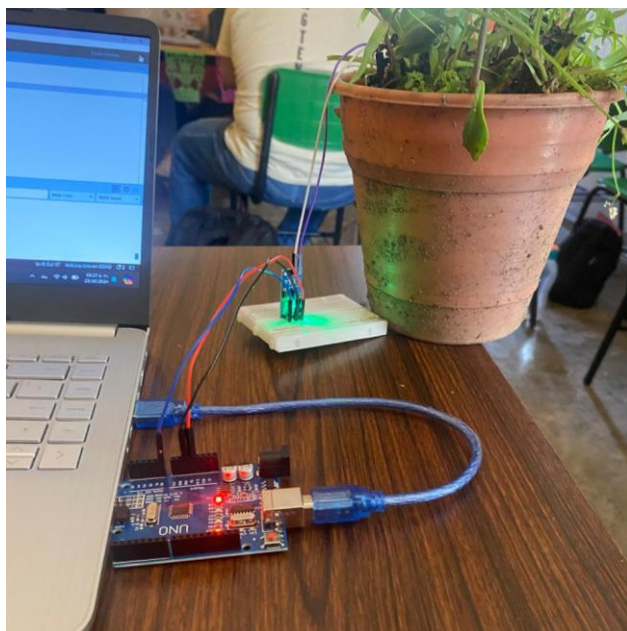


Ilustración 4 Prueba al sensor de humedad

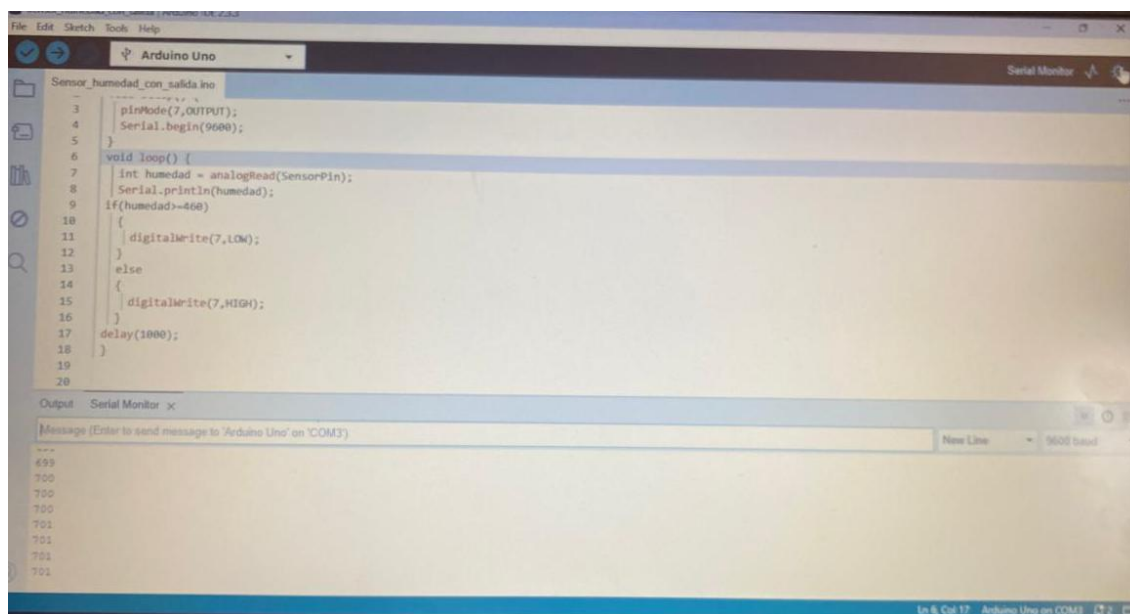


Ilustración 5 Código y resultado

6.5 Desarrollo del Código Final.

Después de hacer las pruebas correspondientes y corregir los errores el código se divide de la siguiente manera:

```
sketch_dic13b.ino
1  #include <Wire.h>
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3  #include <DHT.h>
4
5  // Configuración del LCD I2C (dirección 0x27 es común, ajusta si es diferente)
6  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
7
8  // Configuración del sensor DHT
9  #define DHTPIN 2
10 #define DHTTYPE DHT11
11 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
12
13 // Pines para LEDs, buzzer y bomba de agua
14 #define LED_TEMP 8
15 #define LED_HUMEDAD 9
16 #define BUZZER 10
17 #define BOMBA_PIN A3
18
19 // Pin del sensor de humedad del suelo
20 const int sensorPin = A0;
21
22 // Variables
23 int humedadSuelo;
24
25 void setup() {
26     // Inicialización
27     Serial.begin(9600);
28     dht.begin();
```

Ilustración 6 Líneas 1-28 del Código Final.

```
sketch_dic13b.ino
29
30 // Inicializar LCD
31 lcd.init();
32 lcd.backlight(); // Activar retroiluminación
33 lcd.setCursor(0, 0);
34 lcd.print("Iniciando...");
35 lcd.setCursor(0, 1);
36 lcd.print("ISC 303 CUICHAPA");
37 delay(5000);
38
39 // Configurar pines de salida
40 pinMode(LED_TEMP, OUTPUT);
41 pinMode(LED_HUMEDAD, OUTPUT);
42 pinMode(BUZZER, OUTPUT);
43 pinMode(BOMBA_PIN, OUTPUT);
44
45 digitalWrite(LED_TEMP, LOW);
46 digitalWrite(LED_HUMEDAD, LOW);
47 digitalWrite(BUZZER, LOW);
48 digitalWrite(BOMBA_PIN, LOW); // Asegurar que la bomba esté apagada al inicio
49 }
50
51 void loop() {
52     delay(3000);
53
54     // Leer datos del sensor DHT
55     float humedad = dht.readHumidity();
56     float temperatura = dht.readTemperature();
57 }
```

Ilustración 7 Líneas 29 - 56 del Código Final



INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICA



Km 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820 WhatsApp: 272 123 4274




```
sketch_dic13b.ino

57
58 if (isnan(humedad) || isnan(temperatura)) {
59     Serial.println("Error al leer DHT!");
60     return;
61 }
62
63 // Leer humedad del suelo
64 int valorHumedadSuelo = analogRead(sensorPin);
65 humedadSuelo = map(valorHumedadSuelo, 1023, 0, 0, 100);
66
67 // Mostrar datos en el monitor serie
68 Serial.print("Temp: ");
69 Serial.print(temperatura);
70 Serial.print(" C, Hum: ");
71 Serial.print(humedad);
72 Serial.print(" %, Suelo: ");
73 Serial.print(humedadSuelo);
74 Serial.println(" %");
75
76
77 // Mostrar datos en la pantalla LCD
78 lcd.setCursor(0, 0);
79 lcd.print("Temp: ");
80 lcd.print(temperatura);
81 lcd.print("C ");
82 lcd.setCursor(0, 1);
83 lcd.print("Hume. Suelo: ");
84 lcd.print(humedadSuelo);
85 lcd.print("% ");
```

Ilustración 8 Líneas 57 - 85 del Código Final.

```
sketch_dic13b.ino

86
87 // Control de LEDs y buzzer
88 digitalWrite(LED_TEMP, temperatura >= 30 ? HIGH : LOW);
89 digitalWrite(LED_HUMEDAD, humedadSuelo >= 60 ? HIGH : LOW);
90
91 if (temperatura >= 30) {
92     sonarBuzzer(3000);
93 }
94
95 // Control de la bomba de agua
96 if (humedadSuelo < 60) { // Si la humedad es menor al 60%, enciende la bomba
97     digitalWrite(BOMBA_PIN, HIGH);
98     Serial.println("Bomba encendida");
99 } else if (humedadSuelo >= 80) { // Si la humedad llega al 80% o más, apaga la bomba
100     digitalWrite(BOMBA_PIN, LOW);
101     Serial.println("Bomba apagada - Humedad alta");
102 } else { // Si la humedad está entre 60 y 79, apaga la bomba por seguridad
103     digitalWrite(BOMBA_PIN, LOW);
104     Serial.println("Bomba apagada");
105 }
106 }
107
108 // Función para hacer sonar el buzzer
109 void sonarBuzzer(int duracion) {
110     unsigned long startTime = millis();
111     while (millis() - startTime < duracion) {
112         digitalWrite(BUZZER, HIGH);
113         delay(100);
114         digitalWrite(BUZZER, LOW);
115         delay(100);
116     }
117 }
118
```

Ilustración 9 Líneas 86 - 118 del Código Final

1. Inclusión de Bibliotecas

- Referencia:

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
#include <DHT.h>
```

Estas bibliotecas permiten el control del LCD, la comunicación I2C y la interacción con el sensor DHT11.

2. Declaración de Periféricos

- LCD I2C:

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```

Se configura un LCD con dirección 0x27 y dimensiones 16x2.

- Sensor DHT:

```
#define DHTPIN 2
```

```
#define DHTTYPE DHT11
```

```
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
```

El sensor DHT11 se conecta al pin digital 2 y se inicializa con el tipo correspondiente.

- Pines de salida:

```
#define LED_TEMP 8
```

```
#define LED_HUMEDAD 9
```

```
#define BUZZER 10
```

```
#define BOMBA_PIN A3
```

Se definen los pines para LEDs, buzzer y la bomba de agua.

- Sensor de humedad del suelo:

```
const int sensorPin = A0;
```

Se utiliza el pin analógico A0 para leer el sensor de humedad del suelo.

3. Variables Globales

- Referencia:

```
int humedadSuelo;
```

Almacena la humedad del suelo mapeada en porcentaje (0-100%).

4. Configuración Inicial (setup)

- Inicialización del puerto serie y sensores:

```
Serial.begin(9600);
```

```
dht.begin();
```

Se configura la comunicación serie y se inicializa el sensor DHT11.

- Inicialización del LCD:

```
lcd.init();
```

```
lcd.backlight();
```

```
lcd.setCursor(0, 0);
```

```
lcd.print("Inicializando...");
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("ISC 303 CUICHAPA");
```

```
delay(5000);
```

Se prepara el LCD, mostrando un mensaje inicial durante 5 segundos.

- Configuración de pines de salida:

```
pinMode(LED_TEMP, OUTPUT);
```

```
pinMode(LED_HUMEDAD, OUTPUT);
```

```
pinMode(BUZZER, OUTPUT);
```

```
pinMode(BOMBA_PIN, OUTPUT);
```

```
digitalWrite(LED_TEMP, LOW);  
digitalWrite(LED_HUMEDAD, LOW);  
digitalWrite(BUZZER, LOW);  
digitalWrite(BOMBA_PIN, LOW);
```

Los periféricos se configuran como salidas y se apagan inicialmente.

5. Lógica Principal (loop)

a) Lectura de Sensores

- DHT11 (temperatura y humedad relativa):

```
float humedad = dht.readHumidity();  
float temperatura = dht.readTemperature();
```

Se obtienen los valores de temperatura y humedad del aire.

- Sensor de humedad del suelo:

```
int valorHumedadSuelo = analogRead(sensorPin);  
humedadSuelo = map(valorHumedadSuelo, 1023, 0, 0, 100);
```

Se lee el sensor analógico y se convierte el valor a porcentaje.

b) Gestión de Errores

- Referencia:

```
if (isnan(humedad) || isnan(temperatura)) {  
    Serial.println("Error al leer DHT!");  
    return;  
}
```

Si los valores de temperatura o humedad son inválidos, se muestra un mensaje de error.



c) Salida de Datos

- Monitor serie:

```
Serial.print("Temp: ");  
Serial.print(temperatura);  
Serial.print(" C, Hum: ");  
Serial.print(humedad);  
Serial.print(" %, Suelo: ");  
Serial.print(humedadSuelo);  
Serial.println(" %");
```

Se imprimen los valores en el monitor serie.

- Pantalla LCD:

```
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("Temp: ");  
lcd.print(temperatura);  
lcd.print("C ");  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("Hume. Suelo: ");  
lcd.print(humedadSuelo);  
lcd.print("% ");
```

Se actualizan los valores en la pantalla LCD.

d) Control de LEDs

- LED_TEMP:

```
digitalWrite(LED_TEMP, temperatura >= 25 ? HIGH : LOW);
```

Se enciende si la temperatura es mayor o igual a 25°C.

- LED_HUMEDAD:

```
digitalWrite(LED_HUMEDAD, humedadSuelo >= 10 ? HIGH : LOW);
```

Se enciende si la humedad del suelo supera el 10%.



e) Control del Buzzer

- Referencia:

```
if (temperatura >= 28) {  
    sonarBuzzer(3000);  
}
```

Si la temperatura supera los 28°C, se activa la alarma sonora.

f) Control de la Bomba de Agua

- Referencia:

```
if (humedadSuelo > 40) {  
    digitalWrite(BOMBA_PIN, HIGH);  
    Serial.println("Bomba encendida");  
} else {  
    digitalWrite(BOMBA_PIN, LOW);  
    Serial.println("Bomba apagada");  
}
```

La bomba se enciende si la humedad del suelo es inferior al 40% y se apaga en caso contrario.

6. Función Auxiliar (sonarBuzzer)

- Referencia:

```
void sonarBuzzer(int duracion) {  
    unsigned long startTime = millis();  
    while (millis() - startTime < duracion) {  
        digitalWrite(BUZZER, HIGH);  
        delay(100);  
        digitalWrite(BUZZER, LOW);  
        delay(100);  
    }  
}
```


Controla el buzzer para emitir alertas intermitentes durante el tiempo especificado.

Este código implementa un sistema automatizado para monitorear y controlar temperatura, humedad del aire y del suelo. Utiliza sensores, un LCD, LEDs, un buzzer y una bomba de agua para alertar y actuar según las condiciones ambientales. Es adaptable, escalable y aplicable a proyectos de agricultura, jardinería o educativos, ofreciendo una solución eficiente para la supervisión ambiental.

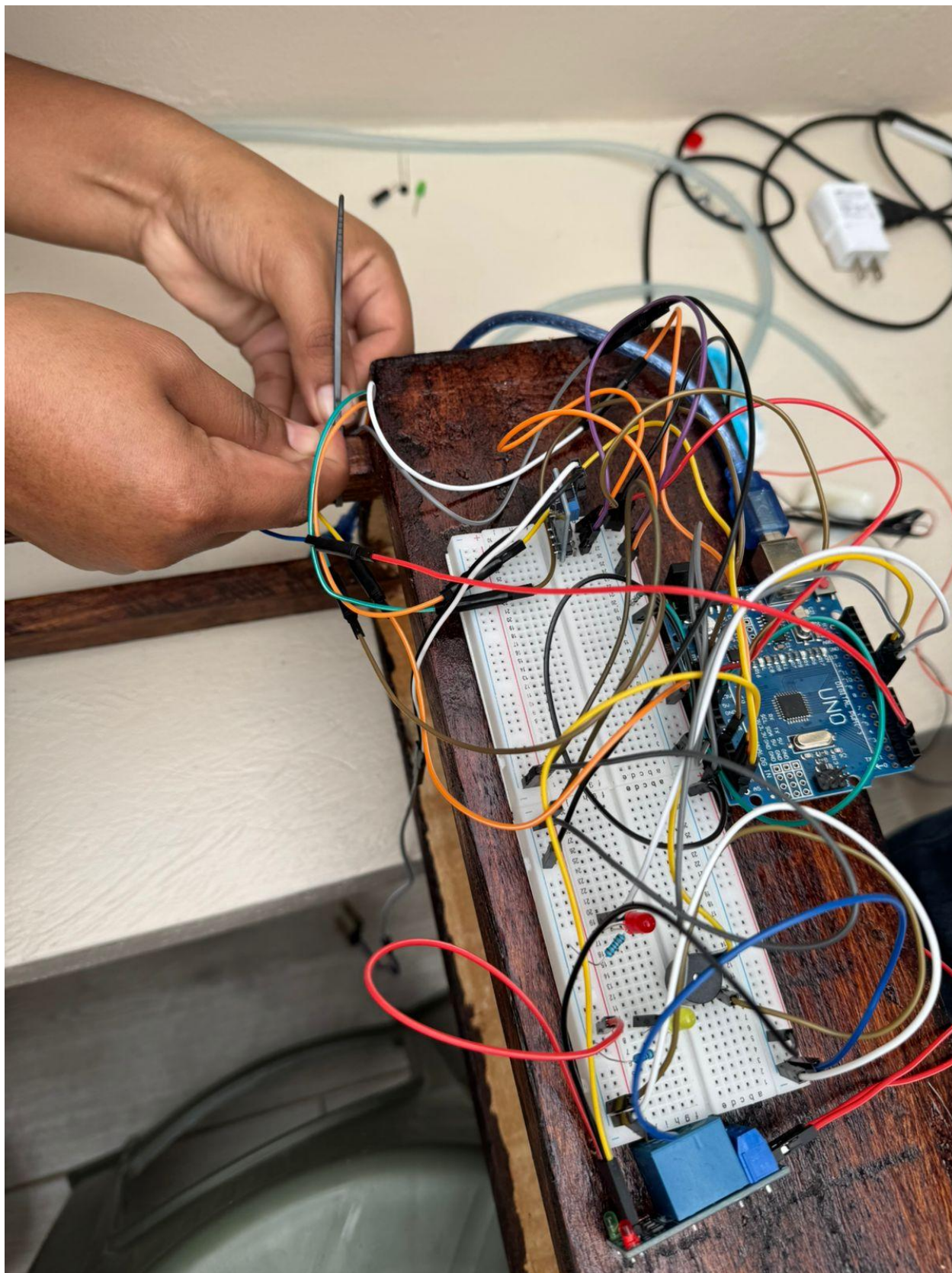
6.6 Ensamblaje.

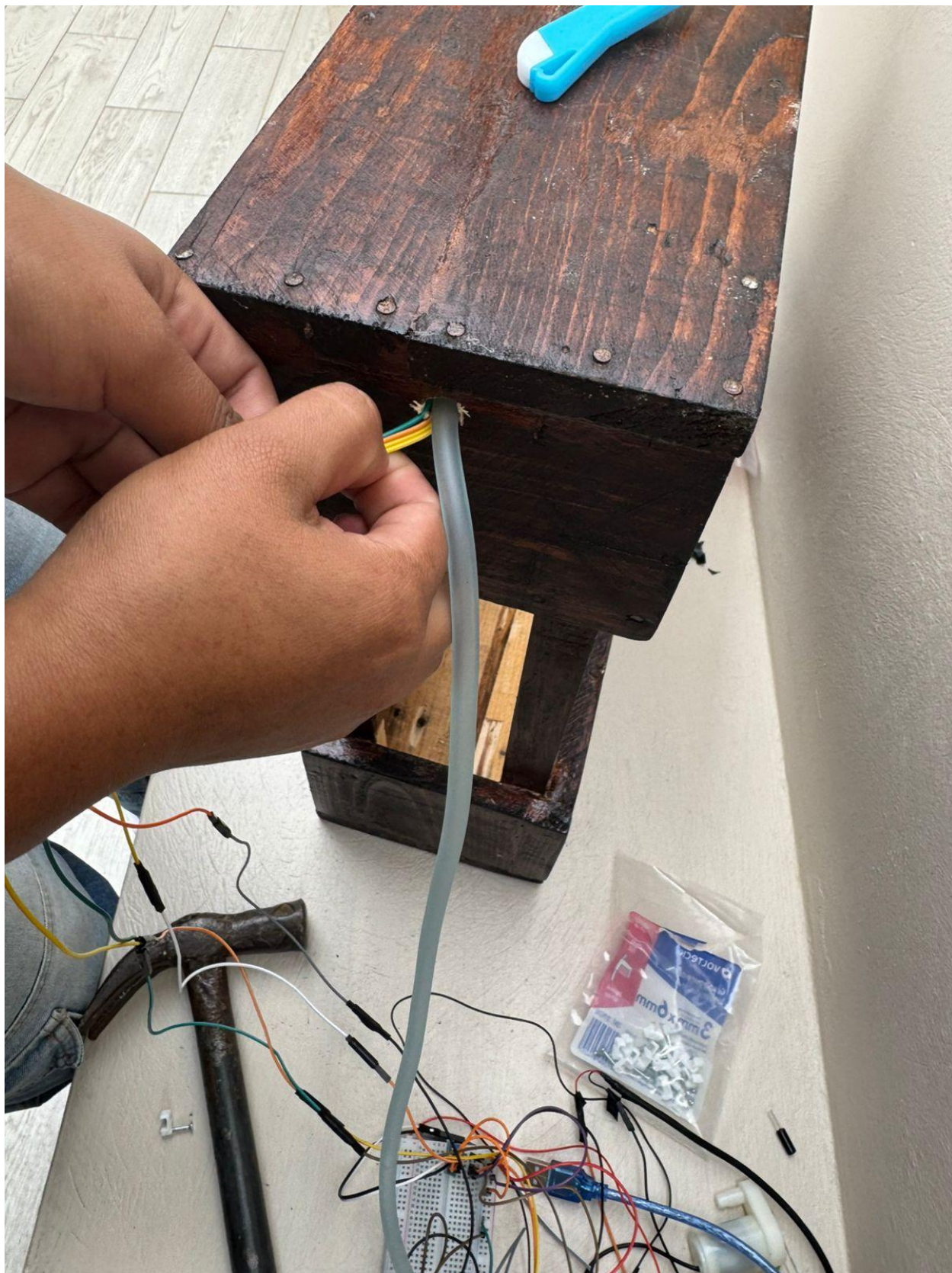


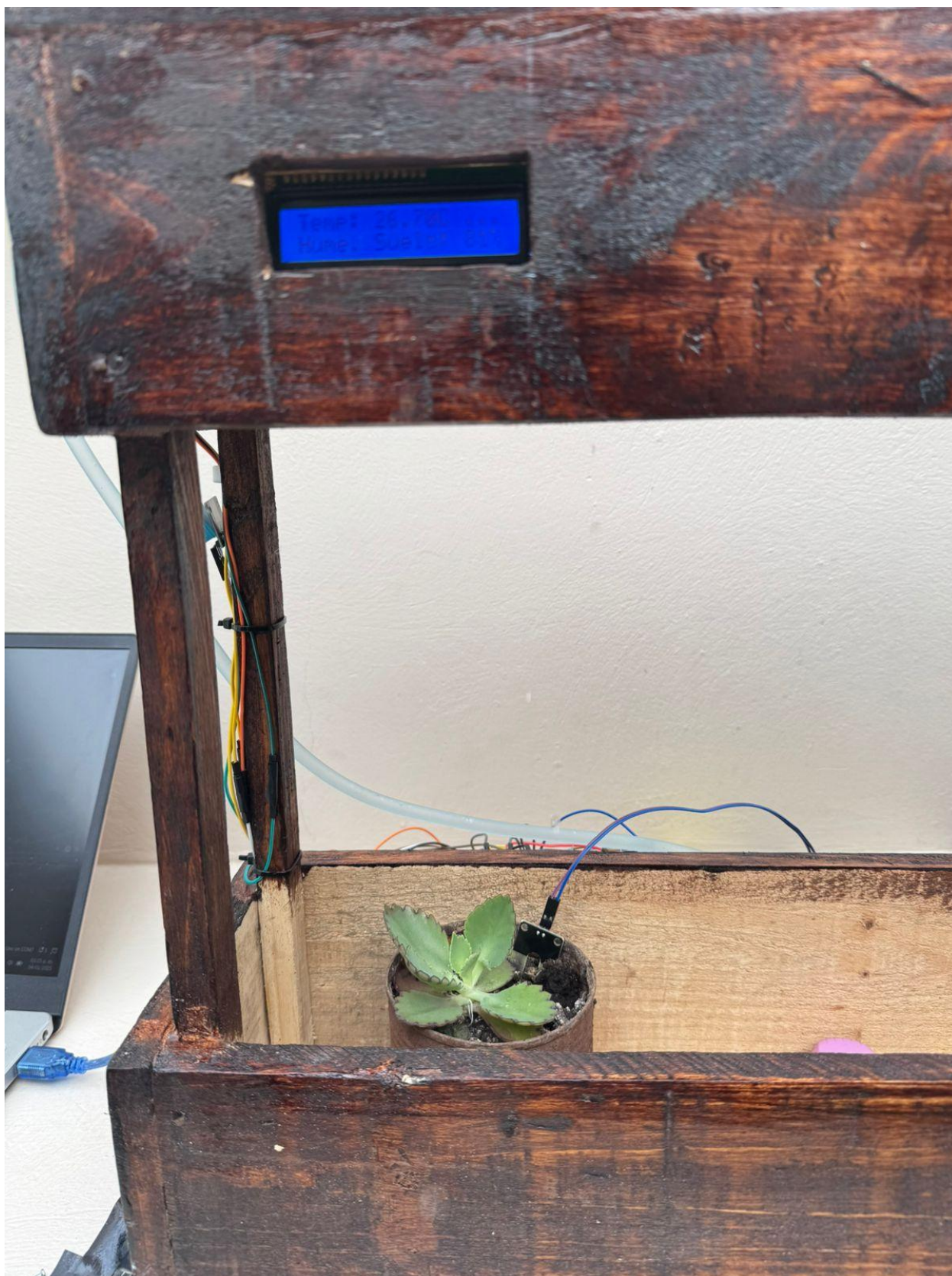












7. RESULTADOS

El sistema está orientado a aplicaciones agrícolas y de jardinería, ofreciendo una solución eficiente para gestionar las condiciones del entorno de cultivo. Este sistema integra diversos componentes electrónicos, como un sensor de temperatura y humedad (DHT11), un sensor de humedad del suelo, una pantalla LCD, luces LED, un zumbador y una bomba de agua, todos ellos coordinados mediante un microcontrolador compatible con Arduino.

Componentes principales:

- **Microcontrolador:** Arduino actúa como el núcleo del sistema, procesando datos y controlando las salidas.
- **Sensor DHT11:** Mide la temperatura y la humedad del ambiente.
- **Sensor de humedad del suelo:** Monitorea el nivel de humedad en la tierra.
- **Pantalla LCD I2C:** Presenta en tiempo real los valores de temperatura y humedad.
- **Indicadores y actuadores del sistema:**
- **LEDs:** Proporcionan una señal visual que refleja el estado de la temperatura y la humedad del suelo.
- **Buzzer:** Emite una alerta sonora si la temperatura excede un umbral predefinido.
- **Bomba de agua:** Se activa de manera automática para irrigar el suelo cuando los niveles de humedad caen por debajo de un valor establecido.

Descripción del funcionamiento:

Inicialización:

Durante la ejecución de la función setup(), se lleva a cabo la configuración inicial de todos los componentes:

-  Se inicializa la pantalla LCD, que muestra un mensaje de bienvenida.

- Los pines asignados a los LEDs, el buzzer y la bomba de agua se configuran como salidas para su correcto funcionamiento.

Funcionamiento detallado del sistema:

Mensajes de inicialización:

Al encenderse, la pantalla LCD muestra los mensajes *"Inicializando..."* y *"ISC 303 CUICHAPA"* durante 5 segundos, indicando que el sistema está preparado para operar.

Lectura de datos:

En cada iteración del programa principal (loop), el sistema recopila los siguientes datos:

- **Temperatura y humedad ambiental:** Utilizando el sensor DHT11.
- **Humedad del suelo:** Mediante la lectura analógica del sensor conectado al pin A0. Este valor se transforma en un porcentaje empleando la función `map()`. Los datos obtenidos se envían al monitor serie para fines de depuración y se muestran en tiempo real en la pantalla LCD con el siguiente formato:
 - Línea 1: Temperatura en grados Celsius.
 - Línea 2: Porcentaje de humedad en el suelo.

Control de LEDs:

Los LEDs proporcionan una señal visual según las lecturas del sistema:

- El LED indicador de temperatura (conectado al pin 8) se activa cuando la temperatura alcanza o supera los 30 °C.
- El LED indicador de humedad del suelo (conectado al pin 9) se enciende si los niveles de humedad caen por debajo del umbral establecido.

Alarma sonora con buzzer:

Cuando la temperatura alcanza o supera los 30 °C, se activa una alarma mediante el buzzer. La función `sonarBuzzer()` genera un sonido intermitente que dura 3 segundos, proporcionando una alerta acústica efectiva.

TECNOLOGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICA

Km 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820 WhatsApp: 272 123 4274



Control automático de la bomba de agua:

La bomba de agua, conectada al pin A3, opera automáticamente en función de los niveles de humedad del suelo:

- Si la humedad del suelo es inferior al 60%, la bomba se activa para iniciar el riego.
- Una vez que la humedad alcanza o supera el 80%, la bomba se desactiva para evitar un riego excesivo y conservar agua.

Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM7')

```
Temp: 21.00 C, Hum: 77.00 %, Suelo: 1 %  
Bomba encendida  
Temp: 21.00 C, Hum: 77.00 %, Suelo: 3 %  
Bomba encendida
```

Estado intermedio de la bomba de agua:

Cuando la humedad del suelo se encuentra entre el 60% y el 79%, la bomba permanece apagada como medida de seguridad para evitar un riego innecesario. Además, el estado de la bomba se registra en el monitor serie para mantener informado al usuario.



Seguridad y precisión en el p

El sistema valida las lecturas del sensor DHT11 antes de utilizarlas. Si los datos no son válidos, se muestra un mensaje de error en el monitor serie y se omite la iteración actual del ciclo para garantizar la fiabilidad del sistema.

Aplicaciones del sistema:

Este sistema tiene una amplia gama de usos prácticos en diferentes contextos, tales como:

- **Agricultura:** Automatización del riego y monitoreo de las condiciones ambientales para maximizar la eficiencia en el cultivo y promover un crecimiento óptimo de las plantas.
- **Jardinería:** Cuidado y mantenimiento de plantas, ya sea en interiores o exteriores, con riego automatizado y control ambiental.
- **Investigación:** Realización de experimentos que requieran un monitoreo preciso y controlado de la temperatura y humedad, facilitando la obtención de resultados confiables.
- El sistema implementado ofrece una solución eficiente para gestionar las condiciones ambientales a través del uso de sensores y dispositivos electrónicos. Su funcionamiento automatizado minimiza la necesidad de intervención manual, garantizando que se mantengan las condiciones ideales para el cultivo. Gracias a su diseño modular, el sistema puede ampliarse y adaptarse fácilmente a los requerimientos específicos de cada usuario. Este proyecto demuestra cómo la tecnología puede simplificar tareas diarias y contribuir significativamente al desarrollo sostenible.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9. LITERATURA CITADA

1. González, P., & Pérez, L. (2020). Diseño de sistemas de automatización en invernaderos. *Revista de Innovación Tecnológica*, 15(2), 45-60.
2. Jiménez, R., Torres, F., & Vargas, M. (2019). Uso de sensores de humedad y microcontroladores en la agricultura. *Tecnología y Desarrollo Sustentable*, 8(1), 22-35.

INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICAKm 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



3. López, J., Martínez, C., & Sánchez, D. (2020). Proyecto de monitoreo de condiciones del suelo en tiempo real. *Avances en Ciencias Agrícolas*, 12(4), 67-74.
4. Martínez, A., & Rodríguez, J. (2021). Sistema de control de riego inteligente basado en IoT. *Ciencia e Innovación Tecnológica*, 19(3), 89-102.
5. Salcedo, Torres Abio Diógenes. "Diseño de un sistema automatizado para riego por goteo para palta Hass." Bachelor's thesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6072>.
6. Jiménez, R., Torres, F., & Vargas, M. (2019). Uso de sensores de humedad y microcontroladores en la agricultura. *Tecnología y Desarrollo Sustentable*, 8(1), 22-35.
7. López, J., Martínez, C., & Sánchez, D. (2020). Proyecto de monitoreo de condiciones del suelo en tiempo real. *Avances en Ciencias Agrícolas*, 12(4), 67-74.
8. Martínez, A., & Rodríguez, J. (2021). Sistema de control de riego inteligente basado en IoT. *Ciencia e Innovación Tecnológica*, 19(3), 89-102.
9. FAO. (2023). **Gestión del agua y tecnologías agrícolas: Tendencias y proyecciones globales**. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
10. Chen, L., Wang, H., & Zhang, J. (2021). **Smart irrigation systems: A review of technologies and applications**. *Journal of Agricultural Engineering*, 12(3), 45–60.
11. FAO. (2022). **El uso sostenible del agua en la agricultura**. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
12. González, P., & Rivera, S. (2022). **Aplicaciones móviles para la gestión del agua: Casos de éxito en la agricultura**. *Revista de Tecnología y Sostenibilidad*, 8(4), 15–22.
13. Kumar, R., Patel, V., & Sharma, P. (2023). **IoT-based water management in agriculture**. *Sustainable Development Journal*, 18(2), 30–45.
14. ONU. (2021). **Informe mundial sobre el desarrollo del agua 2021**.



Organización de las Naciones Unidas.

Km 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274



15. Smith, A., Johnson, M., & Lee, R. (2023). **Economic and environmental benefits of automated irrigation systems.** *Environmental Science Reviews*, 25(1), 65–80.
16. Zhang, Q., Li, X., & Zhao, T. (2020). **Advancements in soil moisture sensor technology for precision agriculture.** *Agricultural Innovations Quarterly*, 14(2), 120–134.
17. Maher Electrónica. (s. f.). *Sistema de riego automático.* Recuperado el 4 de enero de 2025, de <https://www.maherelectronica.com/sistema-riego-automatico/>
18. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (s. f.). *El fertirriego.* Gobierno de México. Recuperado el 4 de enero de 2025, de <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-fertirriego>
19. Hengko. (s. f.). *How does temperature and humidity sensor work?* Recuperado el 4 de enero de 2025, de <https://www.hengko.com/es/news/how-does-temperature-and-humidity-sensor-work>
20. Real Academia Española. (s. f.). *Hacedor.* En *Diccionario de la lengua española* (23.^a ed.). Recuperado el 4 de enero de 2025, de <https://dle.rae.es/hacedor>
21. Hiru. (s. f.). *Concepto y medida de la temperatura.* Recuperado el 4 de enero de 2025, de <https://www.hiru.eus/es/fisica/concepto-y-medida-de-la-temperatura>
22. Fundación Aquae. (s. f.). *¿Sabes para qué sirve Arduino?* Recuperado el 4 de enero de 2025, de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/sabes-arduino-sirve/>
23. Tecneu. (s. f.). *Monitoreando la presión: Guía paso a paso para utilizar un sensor de presión con Arduino.* Recuperado el 4 de enero de 2025, de <https://www.tecneu.com/blogs/tutoriales-de-electronica/monitoreando-la-presion-guia-paso-a-paso-para-utilizar-un-sensor-de-presion-con-arduino>
24. AutoSolar. (s. f.). *¿Cuál es el significado de las siglas LED?* Recuperado el 4 de enero de 2025, de <https://autosolar.es/eficiencia-energetica/cual-es-el-significado-de-las-siglas-led>

25. Amazon Web Services (AWS). (s. f.). *¿Qué es un IDE?* Recuperado el 4 de enero de 2025, de [https://aws-amazon-com.translate.google.com/what-is/ide/?x_tr_sl=en&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=wa](https://aws.amazon-com.translate.google.com/what-is/ide/?x_tr_sl=en&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=wa)
26. Autor(es). (Año de publicación). *Arduino: Aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes*. Ediciones ENI. Recuperado el 4 de enero de 2025, de <https://www.ediciones-eni.com/libro/arduino-aprender-a-desarrollar-para-crear-objetos-inteligentes-9782409000447/los-shields>

1. ANEXOS



INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICA



Km 4 Carretera a la Compañía S/N Tepetitlanapa,
Zongolica, Ver. C.P. 95005

Tel. 278 688 0820. WhatsApp: 272 123 4274

