

Revisión de literatura sobre Sistemas de automatización de riego agrícola mediante tecnologías IoT

Camila Almeida

Unicomfauca
Cauca, Colombia

yadimadronero@u
nicomfauca.edu.
co

Luis Chaguendo
Unicomfauca
Cauca, Colombia

Luischaguendo@unic
omfauca.edu.co

Corin Chantre

Unicomfauca
Cauca, Colombia

Luischaguendo@unicomfauca.
edu.co

0

Resumen La implementación de medidas para mejorar la eficiencia del riego en cultivos resulta fundamental, especialmente considerando la disponibilidad de recursos y los impactos económicos y ambientales. Este artículo presenta una revisión de la literatura enfocada en identificar acciones estudiadas y aplicadas en América latina. Utilizando bases de datos electrónicas, se filtró y agrupó la información relevante según los tipos de tecnologías empleadas en los sistemas de riego automatizado.

Palabras claves – Automatización, riesgos Agropecuarios, IoT

I. INTRODUCCION

La escasez de agua para riego es un problema creciente en la agricultura moderna, y se estima que para 2050 la demanda de agua aumentará en un 55% [1]. Este panorama obliga a buscar soluciones que mejoren la eficiencia en el uso de tan valioso recurso. Entre estas, los sistemas de riego automatizados basados en sensores IoT han surgido como una solución prometedora [2]. Estos sistemas emplean redes de sensores capaces de monitorear parámetros esenciales, como la humedad y la temperatura del suelo, además de diversas condiciones ambientales [3]. A través de la tecnología IoT, la información recopilada por los sensores es transmitida a un sistema de control, que luego activa o desactiva electroválvulas o bombas según los requerimientos hídricos específicos. En comparación con los métodos temporizados tradicionales, los sistemas automatizados han demostrado reducir el desperdicio de agua entre un 20% y un 40% [4].

A pesar de sus claros beneficios, la adopción de estos sistemas sigue siendo limitada en países en vías de desarrollo, como Colombia, debido principalmente a los altos costos de implementación. Esta barrera económica destaca la necesidad de explorar alternativas más accesibles, que aprovechen tecnologías ampliamente disponibles, como los smartphones y microcontroladores [5].

En Colombia, la agricultura es un pilar fundamental de la economía; sin embargo, el inadecuado uso del agua para

riego contribuye a los bajos rendimientos de los cultivos [6]. La incorporación de tecnologías de automatización y monitoreo para gestionar de manera eficiente los recursos hídricos sigue siendo limitada en el país [7]. Frente a esta problemática, el presente artículo tiene como objetivo revisar las alternativas de bajo costo documentadas en la literatura para la integración de IoT en sistemas de riego. El alcance de la revisión se centra en soluciones adecuadas para pequeños y medianos productores, así como en el uso de tecnologías disponibles localmente.

La revisión abarca temas clave, como la selección de sensores y actuadores, hardware y comunicaciones inalámbricas, estrategias de control automático de riego e interfaces de monitoreo. Además, se discuten opciones de implementación en diversos cultivos, teniendo en cuenta factores ambientales y requerimientos hídricos específicos.

Se espera que los hallazgos de este estudio sirvan como base para iniciativas nacionales que promuevan la automatización del riego mediante el uso de IoT, permitiendo aumentar la productividad del sector agrícola mientras se optimiza el uso de los recursos hídricos.

II. METODOLOGIA

Al tratarse de una investigación exploratoria de carácter mixto, se opta por una revisión sistemática para la recolección de información de interés en los temas considerados importantes.

Esta metodología ha sido seleccionada porque cuenta con todos los elementos necesarios para llevar a cabo la búsqueda de información sobre el tema propuesto. La importancia del mapeo de la revisión sistemática se encuentra en la estructura y pasos que propone para realizar las búsquedas de forma organizada y metodológica, lo que ayuda a generar resultados confiables en la investigación (Fig. 1)

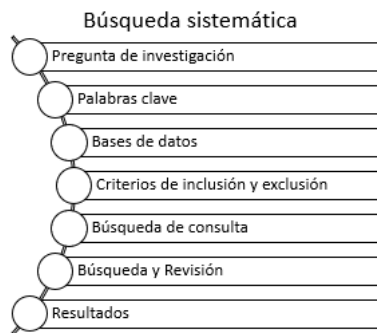


Figura 1. Proceso de revisión sistemática

A. Preguntas de investigación

PI1: ¿Qué variables ambientales son las más medibles en ecosistemas IoT?

PI2: ¿Qué dispositivos de iot se pueden utilizar para diseñar un control la de riego en cultivos?

PI3: ¿Qué ecosistemas de iot para la automatización de riego se han desarrollado?

B. Definiciones básicas

Para tener mayor claridad en los términos utilizados en el documento, se realizó una definición de la tabla de conceptos (Tabla 1). Los conceptos están relacionados con las consultas de búsqueda utilizadas en la revisión sistemática.

Tabla I Definición de conceptos

Palabra	Definición
IoT	Red de dispositivos interconectados que recopilan y comparten datos a través de Internet, permitiendo la automatización y el control remoto.
Sistemas de riego automatizados	Conjuntos de dispositivos y tecnologías que controlan el riego de manera automática, basándose en datos sensoriales y condiciones ambientales
Microcontroladores	Dispositivos electrónicos programables que controlan el funcionamiento de sensores y actuadores en sistemas de riego automatizados.
Sensores	Dispositivos que miden y recopilan datos del entorno.
Actuadores	Dispositivos mecánicos o electrónicos que ejecutan acciones en respuesta a comandos del sistema, como la activación de válvulas o bombas de agua en sistemas de riego.
Conectividad	La capacidad de intercambiar datos entre dispositivos a través de redes.

C. Palabras clave

Para la revisión sistemática, se definió la búsqueda de las palabras clave en inglés y español (Tabla II) para incluir mayores resultados de las búsquedas y permitir una revisión más completa en las bases de datos.

Tabla II Palabras clave

Palabra	Palabra en ingles
Automatización	automation
Riegos agropecuarios	agricultural irrigation
Ecosistemas	Ecosystems
Internet de las cosas	Internet of things

D. Bases de datos

Para el desarrollo de la investigación se definieron cinco bases de datos (Tabla III) para realizar la búsqueda de información de acuerdo a la revisión sistemática. Fueron elegidos por ser los más reconocidos internacionalmente en el área de ingeniería, informática y educación, además de contar con buenos indicadores para la publicación de artículos, conferencias, capítulos de libros y otros.

Tabla III Bases de datos

Nombre de Bd	Link	Acrónimo
Google Scholar	https://scholar.google.com	GS
SCOPUS	www.scopus.com	SCOPUS
Web of science	https://webofknowledge.com	WOS
IEE explore	http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp	IEEE Xplore
Science Direct	www.sciencedirect.com	ScienceDirect

E. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión de la revisión sistemática se definieron de acuerdo con los temas encontrados en el proyecto y las preguntas de investigación para las búsquedas.

Los criterios de inclusión son:

- Artículos publicados entre los años 2019-2024;
- Artículos publicados en congresos, revistas y capítulos de libros;
- Artículos escritos en inglés o español;
- Los artículos encontrados en las bases de datos detalladas en la Tabla 2.

Los criterios de exclusión son:

- Documento no disponible para su descarga;
- Artículos en idiomas distintos al inglés y al español;
- Artículos que no se centran en la la automatización de riegos agrícolas.

Una vez aplicados los criterios básicos de inclusión y exclusión, se revisan los títulos y el resumen de cada

trabajo. Con esta revisión inicial, se decide si el artículo se incluye inicialmente entre los artículos aceptados. Luego de este proceso, se revisa cada artículo de manera general para saber si ayuda a responder las preguntas planteadas en la revisión sistemática.

F. Cadena de búsqueda

De acuerdo con las palabras clave definidas en la Tabla II, se formuló la siguiente cadena de búsqueda principal para la revisión de la literatura:

(automatización OR control OR optimización) AND ("Riegos agropecuarios" OR riegos OR irrigación agrícola) AND (ecosistemas OR sistemas) AND (IoT OR "internet de las cosas" OR "redes de sensores" OR "dispositivos inteligentes").

Esta cadena permite abarcar un amplio espectro de estudios relacionados con la automatización, control y optimización de los sistemas de riego agropecuarios, haciendo énfasis en las tecnologías basadas en IoT y ecosistemas relacionados.

G. Extracción de datos

Una vez hallado los artículos con la cadena de búsqueda, se plasmaron sobre una hoja de cálculo que contiene los campos Tabla III

Tabla III Campos	
Ítem	Valor
Base de datos	Texto
Título	Nombre del articulo
Autores	Nombres de Autores
Año	entero
Nacional o internacional	Binario
Palabras Clave	Texto
Grado de Interés	decimal de 1-5
¿Qué hace?	Texto
Problema	lo que le falta al articulo
Conceptos	Texto
Evaluated si/no	binario 1/0
Calificación	decimal de 1-5
Resultado	Texto
¿Como se evaluó?	Texto
Url	Link

Sin embargo, los artículos incluidos en la matriz de Excel fueron los que pasaron los filtros y criterios de inclusión.

Como se muestra a continuación:

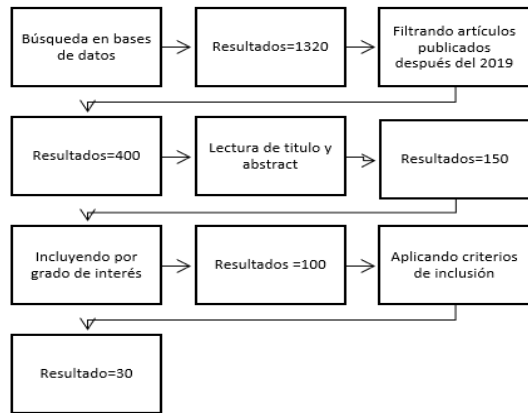


Figura 2. Número de artículos incluidos durante el proceso de selección de estudios.

H. Análisis y clasificación

Los artículos fueron clasificados por año para analizar su tendencia, mostrando fluctuaciones en la producción académica sobre riego automatizado. En 2020, hubo un aumento notable en las publicaciones, reflejando un mayor interés en IoT y eficiencia hídrica. Aunque la producción se estabilizó en los años siguientes, se observó un repunte en 2023, sugiriendo que el campo sigue evolucionando impulsado por avances tecnológicos y la necesidad de soluciones eficientes para la gestión del agua.

Tabla IV Artículos por año	
Año	Cantidad
2019	2
2020	6
2021	3
2022	3
2023	9
2024	3

Además, se realizó una clasificación para tener una perspectiva global (Tabla 5) sobre la relevancia de la investigación, donde se obtuvo que internacionalmente hay un mayor desarrollo global en sistemas de riego automatizados, aunque el interés en el ámbito nacional está creciendo

Tabla V Artículos por localización	
Localización	Cantidad
Nacional	9
Internacional	17

III. RESULTADOS

En el contexto de los sistemas de riego automatizado basados en IoT, la medición precisa de variables ambientales juega un papel crucial en la optimización de los recursos hídricos y en el fomento del crecimiento saludable de los cultivos. Variables como la humedad

del suelo, la temperatura del aire y la radiación solar son fundamentales para determinar las necesidades exactas de riego en tiempo real. Al integrar sensores avanzados que monitorean estas variables, los sistemas de riego pueden ajustar automáticamente la cantidad y frecuencia del agua suministrada, reduciendo el desperdicio y asegurando que los cultivos reciban la cantidad justa de humedad. Esta capacidad de adaptación no solo mejora la eficiencia del riego, sino que también contribuye a una gestión más sostenible y económica del agua, clave para enfrentar los desafíos asociados con el cambio climático y la creciente demanda de recursos en la agricultura moderna.[8]

De acuerdo con los artículos revisados, las variables ambientales más comúnmente medidas en sistemas de riego automatizado son la humedad del suelo, la temperatura, la humedad relativa, y la luminosidad (ver tabla VI). Para medir estas variables de manera eficiente, se utilizan diversos tipos de sensores.

En el caso de la humedad del suelo, los estudios muestran una preferencia por los sensores de referencia YL, que utilizan dos sondas para hacer pasar corriente a través del suelo y luego medir la resistencia eléctrica, lo que permite determinar el nivel de humedad. A medida que aumenta la cantidad de agua en el suelo, este conduce la electricidad más fácilmente (menor resistencia), mientras que el suelo seco ofrece mayor resistencia. Estos sensores destacan por estar fabricados con materiales resistentes a la corrosión, lo que les otorga una excelente vida útil, además de ser asequibles y funcionales [9].

Para medir la temperatura y la humedad relativa, los autores suelen optar por los sensores DHT11 o DHT22, ya que son capaces de medir ambas variables simultáneamente. Aunque ambos sensores funcionan de manera similar, el DHT22 ofrece rangos de medición más amplios y una mayor resolución en comparación con el DHT11, lo que lo hace más preciso. No obstante, el DHT22 es algo más costoso y tiene un ciclo de operación ligeramente más largo [10].

Finalmente, para medir la luminosidad, la mayoría de los autores optan por fotorresistores. Estos dispositivos electrónicos presentan una resistencia que disminuye a medida que aumenta la intensidad de la luz incidente, lo que los hace ideales para detectar cambios en los niveles de luz en el entorno [11]

Tabla VI variables y sensores identificadas

Variable	Sensores
Humedad del suelo	Sensor YL
Temperatura y humedad	DHT11
	DHT22
luminosidad	Fotorresistores

Por otro lado, el análisis de la literatura revisada reveló que los actuadores más utilizados en los sistemas de riego automatizados son las electrobombas, electroválvulas y aspersores (Tabla VII). Estos dispositivos son preferidos por su eficiencia en la gestión del agua y su capacidad para integrarse fácilmente con sistemas automatizados de control [12]. Las electrobombas son esenciales para transportar el agua desde su fuente hasta el sistema de riego, mientras que las electroválvulas permiten un control preciso del flujo de agua hacia las diferentes áreas de cultivo [13]. Los aspersores, por su parte, son ideales para la distribución uniforme del agua en la superficie del suelo, lo que mejora la cobertura y reduce el desperdicio.[14]

Asimismo, se encontró que los microcontroladores más utilizados en estos sistemas son el Raspberry Pi, ESP y Arduino, debido a su versatilidad, capacidad de procesamiento y compatibilidad con una amplia gama de sensores y actuadores. Estos microcontroladores permiten la implementación de sistemas de riego automatizados a un costo relativamente bajo, manteniendo un alto nivel de personalización y eficiencia.[15]

En cuanto a los medios de comunicación, los más comunes fueron Wi-Fi, Bluetooth y LoRa. Wi-Fi y Bluetooth se eligen por su disponibilidad y facilidad de uso en entornos controlados y de corta distancia, mientras que LoRa se destaca en aplicaciones donde se requiere comunicación a largas distancias, con bajo consumo de energía, como es el caso de grandes extensiones agrícolas.[16]

Tabla VII Componentes electrónicos identificados

Actuador	Micro controlador	Módulos de comunicación
Electrobomba	Raspberry Pi	WIFI
Electroválvula	ESP	Bluetooth
Aspersor	Arduino	LoRa
Válvula Solenoide		

En conjunto forman un sistema de riego automatizado altamente eficiente. Los sensores recopilan datos cruciales sobre el entorno, como la humedad del suelo, la temperatura, la humedad relativa y la luminosidad. Estos datos son enviados a los microcontroladores como el Raspberry Pi, ESP o Arduino, que procesan la información en tiempo real. Basándose en los umbrales previamente definidos, el microcontrolador toma decisiones automáticas, como activar una electrobomba para mover el agua hacia el sistema de riego, abrir o cerrar electroválvulas para controlar el flujo de agua, o activar aspersores para distribuir el agua de manera eficiente. La comunicación entre estos componentes se

realiza a través de medios como Wi-Fi, Bluetooth o LoRa, dependiendo del tamaño del área y las necesidades específicas del sistema. De esta manera, se garantiza un riego preciso y optimizado, reduciendo el desperdicio de agua y mejorando la productividad agrícola.

Sistemas desarrollados:

En puerto Colombia se llevó a cabo un trabajo de grado que consistía en el diseño de un prototipo de riego automatizado para cultivos agrícolas pequeños, el sistema consta de un conjunto de sensores para medir la humedad del suelo, la temperatura y la humedad ambiente, y un controlador Arduino Nano que se encarga de activar la bomba de riego en función de los valores de los sensores y de la programación previa del usuario.[17]

Estudiantes de Ingeniería de sistemas de la universidad de Córdoba desarrollaron un sistema automatizado de riego para cultivos de Berenjena, con el objetivo de optimizar el uso del agua y mejorar la eficiencia del riego. Para ello emplearon sensores de humedad, temperatura y nivel de agua un microcontrolador Arduino Uno, que fue elegido por su facilidad de programación y su capacidad para integrar múltiples dispositivos. El Arduino activa actuadores como electroválvulas y bombas de agua, controlando de manera eficiente el flujo de agua hacia las áreas de riego. El proyecto fue desarrollado con el propósito de ofrecer una solución económica y accesible para pequeños y medianos agricultores [18].

Estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana de guayaquil Ecuador llevaron a cabo el desarrollo de un sistema automatizado de riego que combina tecnologías de aspersión y goteo. Utilizaron PLC Logo y herramientas de IoT, que permite el monitoreo y control en tiempo real de variables como temperatura, humedad del suelo y suministro de agua. implementaron sensores para recopilar datos, y Logo Web Editor para la visualización de estos parámetros. Los resultados muestran un sistema híbrido que se adapta a las necesidades de riego de las plantas, logrando un uso más eficiente del agua.[14]

Estudiantes de ingeniería electrónica de la universidad politécnica salesiana en Cuenca Ecuador diseñaron e implementaron un sistema de riego para cultivos de maíz que permite a los agricultores monitorear y controlar el riego manualmente a través de una aplicación web. Para lograrlo utilizaron tecnologías como sensores de temperatura y humedad del suelo, así como placas Heltec WiFi LoRa para la comunicación a larga distancia. Al ser una solución económica y eficiente, este sistema no solo mejoró la gestión del riego, sino que también promovió un uso sostenible de los recursos hídricos, contribuyendo a una producción agrícola más efectiva.[19]

El Smart Drip System es un sistema de riego automatizado desarrollado por estudiantes del colegio

mayor del Cauca que optimiza el uso del agua en cultivos mediante el monitoreo de variables climáticas y la salinidad del suelo, utilizando una arquitectura basada en Internet de las Cosas (IoT). Este sistema emplea Wi-Fi para la comunicación y motores reductores para el control de bombas, ha demostrado aumentar la eficiencia del riego en un 80%, reduciendo costos y mano de obra. Realizaron pruebas sobre cultivos de mora evidencian su efectividad y potencial para mejorar la agricultura de precisión.[20]

Estudiantes de ingeniería electrónica y telecomunicaciones de la universidad católica de Colombia diseñaron e implementaron un sistema de riego automatizado para cultivos urbanos de una fundación, con el objetivo de mejorar la producción de alimentos de alta calidad y reducir las pérdidas en el proceso de cultivo. El sistema lo desarrollaron utilizando Raspberry pi y Arduino comunicados inalámbricamente por wifi, sensores de temperatura y humedad y electroválvulas como actuadores, lo que permitió mejorar las condiciones de cultivo desde la germinación hasta la cosecha.[21]

En la universidad de Coruña en España, estudiantes obtuvieron mención de honor diseñar y desarrollar un sistema de riego autosuficiente y autogestionable, que pudiera ser controlado de manera remota, integrando tanto hardware como software para optimizar el uso del agua, utilizando herramientas como bootstrapp , html, springbbot. Para lograr esto, el equipo implementó la metodología Scrum, que facilitó la organización del trabajo y la adaptación continua a lo largo del proceso, permitiendo documentar tanto los éxitos como los errores en cada sprint. A través de la colaboración efectiva lograron un prototipo hardware funcional que demuestra el potencial del sistema en un entorno real. el proyecto se considera satisfactorio, ya que no solo se alcanzaron los objetivos iniciales, sino que también se sentaron las bases para futuros desarrollos y mejoras en el sistema de riego.[22]

IV. CONCLUSIONES

La revisión de la literatura realizada sobre sistemas de riego automatizado basados en IoT reveló que **estos sistemas son altamente eficaces para la optimización del uso del agua en la agricultura.**

Varios estudios y autores corroboran que la implementación de tecnologías IoT en el riego permite un manejo más preciso y eficiente del recurso hídrico, resultando en mejoras significativas en la productividad agrícola.

Las variables ambientales críticas que se monitorizan incluyen la humedad del suelo, la temperatura, la humedad relativa y la luminosidad, siendo estas las más relevantes para el ajuste de los sistemas de riego. Los microcontroladores predominantes en estos sistemas son Arduino, ESP y Raspberry Pi, mientras que los actuadores más utilizados son válvulas, bombas y aspersores. La evidencia sugiere que los sistemas de

riego automatizado no solo optimizan el consumo de agua, sino que también favorecen un incremento en la producción de los cultivos. Este enfoque tecnológico no solo contribuye a una mayor eficiencia en la gestión de recursos, sino que también avanza hacia una agricultura más sostenible y adaptable a las condiciones ambientales. En síntesis, los sistemas de riego automatizado utilizando IoT representan una solución prometedora y efectiva para enfrentar los desafíos del riego en la agricultura moderna.

V. REFERENCIAS

- [1] R. Zhong *et al.*, “Impact of international trade on water scarcity: An assessment by improving the Falkenmark indicator,” *J Clean Prod*, vol. 385, p. 135740, Jan. 2023, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2022.135740.
- [2] R. Mulenga, J. Kalezi, S. K. Musonda, and S. Silavwe, “Applying Internet of Things in Monitoring and Control of an Irrigation System for Sustainable Agriculture for Small-Scale Farmers in Rural Communities,” *2018 IEEE PES/IAS PowerAfrica, PowerAfrica 2018*, pp. 841–845, Nov. 2018, doi: 10.1109/POWERAFRICA.2018.8521025.
- [3] J. Gutierrez, J. F. Villa-Medina, A. Nieto-Garibay, and M. A. Porta-Gandara, “Automated irrigation system using a wireless sensor network and GPRS module,” *IEEE Trans Instrum Meas*, vol. 63, no. 1, pp. 166–176, Jan. 2014, doi: 10.1109/TIM.2013.2276487.
- [4] C. Técnicas Aplicadas, L. I. Gustavo Viera Molina, and C. I. Orlando Guilcaso Molina, “Utilización de sensores IoT para la automatización de sistemas de riego,” *Dominio de las Ciencias*, vol. 9, no. 4, pp. 1731–1748, Nov. 2023, doi: 10.23857/DC.V9I4.3691.
- [5] R. Ande, B. Adebisi, M. Hammoudeh, and J. Saleem, “Internet of Things: Evolution and technologies from a security perspective,” *Sustain Cities Soc*, vol. 54, p. 101728, Mar. 2020, doi: 10.1016/J.SCS.2019.101728.
- [6] A. O. Beltran, “Plataformas Tecnológicas en la Agricultura 4.0: una Mirada al Desarrollo en Colombia,” *CESTA*, vol. 3, no. 1, pp. 9–18, Mar. 2022, doi: 10.17981/CESTA.03.01.2022.02.
- [7] R. Junguito-Bonnet, C. Caballero-Argáez, J. J. Perfetti-del Corral, and E. López-Enciso, “Episodios de la historia de la agricultura en Colombia,” *Episodios de la historia de la agricultura en Colombia*, Nov. 2022, doi: 10.32468/BOOK_9789586644549.
- [8] S. V. Kumar, C. D. Singh, K. Upendar, and A. Buccolieri, “Article no.CJAST.64075 Reviewers: (1) Sanjay Kumar Gupta,” *Journal of Applied Science and Technology*, vol. 39, no. 45, pp. 15–26, 2020, doi: 10.9734/cjast/2020/v39i4531156.
- [9] “Sensor de humedad en suelo YL-69.” Accessed: Aug. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.electronicoscaldas.com/en/sensores-de-humedad-lluvia-inundacion/461-sensor-de-humedad-en-suelo-yl-69.html>
- [10] “Artículo | Omniblog.” Accessed: Aug. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.omniblog.com/sensor-temperatura-humedad-DHT11-DHT22.html>
- [11] “Fotoresistor – Industrias GSL.” Accessed: Aug. 22, 2024. [Online]. Available: <https://industriassgsl.com/blogs/automatizacion/fotoresistor?srsId=AfmBOoqJq8fY5C6ssNjgOgwcal6ue6rUOCIn-814tDO8x-KeOO-HyLVw>
- [12] Y. V. Villegas and Y. S. Casadiego, “Implementación de sensores en los sistemas de riego automatizado,” *Documentos de Trabajo ECAPMA*, vol. 3, no. 1, Dec. 2019, doi: 10.22490/ECAPMA.3417.
- [13] “¿Qué es y para qué sirve una electroválvula? - Sertecriego.” Accessed: Aug. 22, 2024. [Online]. Available: <https://sertecriego.com/que-es-y-para-que-sirve-una-electrovalvula/>
- [14] A. E. Sánchez Pazmiño and R. E. Torsys Sudario, “Desarrollo de un sistema inteligente de riego que combina aspersión y goteo monitoreado mediante IOT y aplicación móvil,” 2023, Accessed: Aug. 21, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24993>
- [15] “Qué Es un Microcontrolador, Funcionamiento y Tipos.” Accessed: Aug. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.redeweb.com/actualidad/que-es-un-microcontrolador/>
- [16] “Cómo se conectan los dispositivos IoT a la red: información detallada | VIU Perú.” Accessed: Aug. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.universidadviu.com.pe/actualidad/nuestros-expertos/como-se-conectan-los-dispositivos-iot-la-red>
- [17] J. D. Florián Gómez, “Diseño de sistema de riego y monitoreo de variables mediante IOT en los cultivos automatizado con Arduino,” Jun. 02, 2023, *Universidad Antonio Nariño*. Accessed: Aug. 21, 2024. [Online]. Available: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/8787>
- [18] E. J. Ramírez Díaz and J. D. Vergara Sierra, “Sistema de riego automatizado basado en iot utilizando variables ambientales para cultivos de berenjena en la finca la esperanza del municipio de Chinú-Córdoba,” Jun. 02, 2020. Accessed: Aug. 21, 2024. [Online]. Available:

<https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/2706>

- [19] M. E. Astudillo Castillo, “Diseño e implementación de un sistema de riego IOT para sembríos de maíz,” 2024, Accessed: Aug. 21, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27292>
- [20] D. Perez, K. Marceles, E. Palta, and G. Elías, “Sistema de riego con tecnología IoT: Smart Drip System”.
- [21] V. Cortes, C. Marco, and F. V. Garcia, “UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES BOGOTÁ 2020”.
- [22] S. García, R. Dirección, : Carlos, and F. Lozano, “Sistema de monitorización ambiente y automatización de sistema de riego basado en IoT,” 2021, Accessed: Aug. 21, 2024. [Online]. Available: <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/29640>

