

Florasona: Where your voice becomes water, and the earth responds with life

Roger Silva Abanto. Doctor en Ciencias. Bustamante-Acuña Yaan, Estudiante Ing. Industrial¹; Correa-Chugnas Jhennyffer, Estudiante Ing. Industrial²; Duran-Cortez, Franklin, Estudiante Ing. Industrial³; Gallardo-Pastor Ruth, Estudiante Ing. Industrial⁴; Julón-Mendoza, Tatiana, Estudiante Ing. Industrial⁵

1-5 Universidad Privada del Norte, Perú Roger.silva@upn.edu.pe, , n00242692@upn.pe, n00278396@upn.pe, n00305854@upn.pe, n00294528@upn.pe, n00277675@upn.pe.

Abstract– The present study entitled "Florasona: where your voice becomes water and the earth responds with life", had as an experimental setting its development in a school garden located in Annex Río Grande - Sector el Pedregal, La Encañada, which has as its general objective to propose an improvement model based on an automated irrigation system controlled by voice commands and ambient sounds, which optimizes water use in small-scale agricultural spaces, promoting sustainability and technological accessibility. Methodologically, this project has an applied approach, with technological design and experimental functional evaluation, developing a prototype that integrates soil moisture sensors, voice detection modules, automatic valves, Arduino-type microcontrollers and a continuous tracking App. Validation will be carried out through controlled tests in real or simulated contexts. Direct observation methods, water consumption records and user satisfaction surveys will be used. Tests conducted on horticultural plants revealed an average deviation of $\pm 3\%$ in moisture content and a 30% water saving. The results demonstrate the viability of "Florasona" as an efficient, sustainable, and easy-to-use solution for water management in small agricultural spaces.

Keywords: Automated irrigation, voice recognition, water efficiency, agricultural monitoring.

Florasona: Donde tu voz se convierte en agua, y la tierra responde con vida

Roger Silva Abanto. Doctor en Ciencias. Bustamante-Acuña Yaan, Estudiante Ing. Industrial¹; Correa-Chugnas Jhennyffer, Estudiante Ing. Industrial²; Duran-Cortez, Franklin, Estudiante Ing. Industrial³; Gallardo-Pastor Ruth, Estudiante Ing.

Industrial⁴; Julón-Mendoza, Tatiana, Estudiante Ing. Industrial⁵

1-5 Universidad Privada del Norte, Perú Roger..silva@upn.edu.pe, n00242692@upn.pe,
n00278396@upn.pe, n00305854@upn.pe, n00294528@upn.pe, n00277675@upn.pe.

Abstract– *The present study entitled "Florasona: where your voice becomes water and the earth responds with life", had as an experimental setting its development in a school garden located in Anexo Río Grande - Sector el Pedregal, La Encañada, which has as its general objective to propose an improvement model based on an automated irrigation system controlled by voice commands and ambient sounds, which optimizes water use in small-scale agricultural spaces, promoting sustainability and technological accessibility. Methodologically, this project has an applied approach, with technological design and experimental functional evaluation, developing a prototype that integrates soil moisture sensors, voice detection modules, automatic valves, Arduino-type microcontrollers and a continuous tracking App. Validation will be carried out through controlled tests in real or simulated contexts. Direct observation methods, water consumption records and user satisfaction surveys will be used. Tests conducted on horticultural plants revealed an average deviation of $\pm 3\%$ in moisture content and a 30% water saving. The results demonstrate the viability of "Florasona" as an efficient, sustainable, and easy-to-use solution for water management in small agricultural spaces.*

Keywords: Automated irrigation, voice recognition, water efficiency, agricultural monitoring.

Resumen- El presente estudio titulado “Florasona: donde tu voz se convierte en agua y la tierra responde con vida”, tuvo como escenario experimental su desarrollo en un huerto escolar ubicado en Anexo Río Grande – Sector el Pedregal, La Encañada, el cual tiene como objetivo general proponer un modelo de mejora basado en un sistema de riego automatizado controlado por comandos de voz y sonidos ambientales, que optimice el uso del agua en espacios agrícolas de pequeña escala, promoviendo la sostenibilidad y la accesibilidad tecnológica. Metodológicamente, este proyecto tiene un enfoque aplicado, con diseño tecnológico y evaluación experimental, desarrollando un prototipo funcional que integre sensores de humedad del suelo, módulos de detección de voz, válvulas automáticas, microcontroladores tipo arduino y una App de rastreo continuo. La validación se realizará mediante pruebas controladas en contextos reales o simulados. Se emplearán métodos de observación directa, registros de consumo de agua y encuestas de satisfacción de usuarios. Las pruebas realizadas en plantas hortícolas revelaron una desviación media de $\pm 3\%$ en humedad y un ahorro hídrico del 30 %, los resultados demuestran la viabilidad de “Florasona” como solución eficiente, sostenible y de fácil uso para la gestión del agua en pequeños espacios agrícolas.

Palabras clave- Riego automatizado, reconocimiento de voz, eficiencia hídrica, monitoreo agrícola.

I. INTRODUCCIÓN

En un escenario marcado por el cambio climático y la creciente demanda alimentaria, optimizar el uso del agua en la agricultura se ha convertido en una prioridad mundial, pues el 70 % del agua dulce disponible se destina al riego y gran parte se pierde por prácticas poco eficientes[5].; por tanto, desarrollar soluciones tecnológicas que permitan una gestión más precisa y sostenible del recurso hídrico resulta imprescindible para garantizar la seguridad alimentaria.

En el Perú, especialmente en zonas rurales y periurbanas, persisten métodos manuales de riego en microhuertos familiares y proyectos educativos que, al depender de la disponibilidad de

los encargados y de horarios no óptimos de riego, generan sobreconsumo hídrico y limitan la productividad; además, la falta de automatización accesible refuerza desigualdades en el acceso a tecnologías agrícolas.

Aunque se han implementado sistemas automatizados en el país como el de Fundo Santa Gabriela en Arequipa, que redujo el caudal de 0,57 l/s a 0,42 l/s por ha y aumentó los rendimientos de quinua y maíz, y la iniciativa de la UGEL 10 en Lima, que emplea Arduino para biohuertos escolares— estos proyectos requieren redes inalámbricas robustas, programación compleja o mantenimiento técnico constante; por ende, su replicabilidad en contextos con conectividad limitada y usuarios poco especializados es restringida.

De manera paralela, el reconocimiento de voz y la detección de sonidos ambientales han mostrado un gran avance en domótica y asistencia médica gracias a bibliotecas de código abierto y microcontroladores económicos [7]; sin embargo, su aplicación en el riego automatizado de pequeña escala aún es escasa, pues pocos estudios integran interfaces naturales con sensores de humedad para facilitar el manejo incluso a usuarios con baja alfabetización tecnológica.

Adicionalmente, esta investigación pretende aportar un modelo replicable y de bajo costo que no solo favorezca la sostenibilidad hídrica, sino que también promueva la apropiación tecnológica en comunidades educativas y familiares, al tiempo que genere conocimiento sobre la integración de interfaces de voz en sistemas de riego; en ese sentido, los resultados permitirán evaluar la viabilidad técnica y social de la propuesta, identificar buenas prácticas para su implementación y sentar las bases para futuras mejoras, tales como la incorporación de análisis de datos en la nube o la expansión a cultivos de mayor escala, con la finalidad de convertir este prototipo en una alternativa real frente a los retos del manejo del agua en la agricultura contemporánea.

En este contexto, se plantea la siguiente interrogante de investigación: ¿De qué manera un sistema de riego automatizado controlado por comandos de voz puede mejorar el

uso del agua en espacios agrícolas de pequeña escala, favoreciendo la sostenibilidad y el acceso a la tecnología? Se ha

considerado como objetivo general: Proponer un modelo de mejora basado en un sistema de riego automatizado controlado por comandos de voz y sonidos ambientales, que optimice el uso del agua en espacios agrícolas de pequeña escala, promoviendo la sostenibilidad y la accesibilidad tecnológica. Entre los objetivos específicos se encuentran: Diagnosticar las condiciones actuales de riego en huertos escolares o espacios agrícolas, identificando limitaciones en el uso del agua y oportunidades de automatización.

Asimismo, desarrollar un prototipo funcional que integre sensores de humedad y módulos de reconocimiento de voz y/o detección de sonido mediante tecnologías de bajo costo como Arduino o similares. Finalmente, se busca evaluar el desempeño del sistema implementado en términos de ahorro de agua, facilidad de uso y adaptabilidad al entorno, a través de pruebas controladas en un contexto educativo o experimental.

II. JUSTIFICACIÓN

El proyecto busca mejorar la eficiencia hídrica en la agricultura mediante una solución sostenible e inclusiva basada en tecnologías accesibles como sensores y reconocimiento de voz. El 70% del agua dulce se destina a la agricultura, pero gran parte se desperdicia por métodos ineficientes [5]. En zonas rurales y periurbanas, el riego manual genera un alto consumo de agua y baja productividad, además de enfrentar limitaciones como el acceso a electricidad o internet. “Florasona” propone un sistema de riego automatizado que responde a comandos de voz o sonidos como palmas, utilizando tecnologías de bajo costo como Arduino. Está diseñado para ser intuitivo, replicable y funcional en espacios como huertos escolares, viveros o cultivos familiares.

Metodológicamente, el proyecto tiene un enfoque aplicado con diseño tecnológico y evaluación experimental. Se realizará un diagnóstico de campo, se desarrollará un prototipo con sensores y módulos de sonido, y se validará en contextos reales, midiendo el ahorro de agua, la facilidad de uso y la sostenibilidad. Esta propuesta busca fomentar la innovación accesible y la apropiación tecnológica en comunidades con recursos limitados.

III. MARCO TEÓRICO

Antecedente 1: Sistema de riego automatizado en Arequipa. En el Fundo Santa Gabriela (Arequipa), el ingeniero Efraín Mayhua López, de la Universidad Católica San Pablo, implementó un sistema de riego automatizado controlado por smartphone. Este utiliza sensores de humedad, temperatura y conductividad conectados a una red inalámbrica que transmite datos en tiempo real a una aplicación móvil o computadora. El sistema logró reducir el consumo de agua de 0.57 l/s a 0.42 l/s por hectárea, incrementando el rendimiento de cultivos como quinua (de 5 a 7 toneladas) y maíz (de 70 a 110 toneladas), demostrando la efectividad del uso de tecnologías inteligentes en el sector agrícola.

Antecedente 2: Biohuertos escolares automatizados en Lima. En 2021, la Unidad de Gestión Educativa Local (UGEL) N.º 10 en Lima implementó un sistema de riego automático ecológico en biohuertos escolares. Este sistema, basado en la plataforma Arduino, integró sensores de humedad, temperatura, lluvia y luz, permitiendo el riego sin intervención directa. La

iniciativa promovió el uso eficiente del agua y la educación ambiental, evidenciando el potencial de estas tecnologías en contextos educativos y de bajo recurso.

IV. METODOLOGÍA

La presente investigación se clasifica como un estudio aplicado, ya que tiene como propósito desarrollar una solución tecnológica concreta orientada a resolver una problemática real: el uso ineficiente del agua en espacios agrícolas de pequeña escala. En este sentido, se propone diseñar e implementar un sistema de riego automatizado controlado por voz, cuya funcionalidad será puesta a prueba en un entorno real.

A su vez, el estudio es de carácter experimental, pues se construirá un prototipo funcional que será validado mediante pruebas controladas en un huerto educativo piloto. De esta manera, se podrá analizar su eficacia, facilidad de uso y adaptabilidad al contexto, permitiendo obtener evidencias empíricas que sustenten su viabilidad técnica y su impacto potencial en la sostenibilidad agrícola.

El escenario experimental se desarrollará en un huerto educativo piloto, ubicado dentro de una institución educativa rural o periurbana en el distrito de la Encañada - Cajamarca, Perú, donde se enfrentan condiciones típicas de acceso limitado a tecnologías avanzadas, red eléctrica inestable y recursos hídricos escasos. Este huerto será utilizado para la instalación, prueba y evaluación del sistema automatizado de riego “Florasona”.

Teoría de los Sistemas Cibernéticos
Autor: Norbert Wiener (1948). Esta teoría plantea que los sistemas pueden autorregularse mediante mecanismos de retroalimentación. En el caso del presente proyecto, el sistema de riego automatizado actúa como un sistema cibernético, al procesar datos de entrada (como humedad o sonido) y responder con acciones automáticas (activación o corte del riego), optimizando el uso del recurso hídrico.

Teoría del Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN)
Autores: Noam Chomsky; Allen Newell y Herbert Simon. Esta teoría permite comprender cómo los sistemas informáticos pueden interpretar lenguaje humano. Su aplicación en el proyecto facilita la activación del riego mediante comandos de voz o sonidos, a través de módulos como el Elehouse V3, permitiendo una interacción más accesible y natural para los usuarios.

Teoría del Desarrollo Sostenible
Autor: Comisión Brundtland (1987); ONU. Establece que el desarrollo debe satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos de las futuras generaciones. El proyecto se alinea con esta teoría al proponer un sistema de riego eficiente y de bajo impacto ambiental, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles en comunidades rurales y educativas.

V. METODOLOGÍA

La presente investigación se clasifica como un estudio aplicado, ya que tiene como propósito desarrollar una solución tecnológica concreta orientada a resolver una problemática real: el uso ineficiente del agua en espacios

agrícolas de pequeña escala. En este sentido, se propone diseñar e implementar un sistema de riego automatizado controlado por voz, cuya funcionalidad será puesta a prueba en un entorno real.

A su vez, el estudio es de carácter experimental, pues se construirá un prototipo funcional que será validado mediante pruebas controladas en un huerto educativo piloto. De esta manera, se podrá analizar su eficacia, facilidad de uso y adaptabilidad al contexto, permitiendo obtener evidencias empíricas que sustenten su viabilidad técnica y su impacto potencial en la sostenibilidad agrícola.

El escenario experimental se desarrollará en un huerto educativo piloto, ubicado dentro de una institución educativa rural o periurbana en el distrito de la Encañada - Cajamarca, Perú, donde se enfrentan condiciones típicas de acceso limitado a tecnologías avanzadas, red eléctrica inestable y recursos hídricos escasos. Este huerto será utilizado para la instalación, prueba y evaluación del sistema automatizado de riego “Florasona”.

Materiales

Los materiales empleados se agruparán en cuatro categorías:

a) Componentes electrónicos

- 2 Relay 5V
- Bomba de Agua 12V
- Cables Macho-Hembra 15cm Flat Jump
- Cable Jumper Macho/Macho 15cm J15CM
- Batería Seca 12V 1.3AH Eurocell EC-7313
- 1 Resistencia 1000 Ω
- Cable rojo y negro N° 24 100M AP-24
- Arduino uno
- Electroválvula 12V DC
- Módulo bluetooth esclavo AJ-HC05
- Sensor de PH
- Sensor de humedad
- Mangueras de nivel de suelo
- Válvula selenoide 1/2 12vdc

b) Materiales agrícolas

- Maceteros, camas de cultivo o bancales: Para el crecimiento de las plantas.
- Tierra agrícola y compost: Sustrato fértil.
- Semillas hortícolas: Lechuga

c) Herramientas y soporte

- Multímetro, destornilladores, cautín, estaño.
- Computadora con software Arduino IDE.
- Teléfonos móviles con función de grabación y reproducción de voz (para pruebas).

d) Material de registro y evaluación

- Cuaderno de campo y hojas de registro.
- Aplicaciones de medición del consumo hídrico.
- Cronómetro o app para medir tiempos de respuesta.
- Material para maquetar
- Tela pana
- Esponjas
- Aserrín color tierra
- Cables de audifonos
- Témperas

- Cartón cartulina para tanque de agua
- Resistencia Carbon 1/74 Watt
- Paliglobos
- Planta Artificial
- Carton Corrugado 70*100
- Carton Doble Corrugado
- Papel Seda
- Brocheta
- silicona en barra
- personitas
- Silicona líquida

La metodología empleada para el desarrollo del sistema “Florasona” se estructura en cinco etapas.

1ra etapa - Diagnóstico inicial: Se evalúan las prácticas tradicionales de riego en huertos escolares, registrando frecuencia, consumo de agua y tipos de cultivo. Además, se aplican encuestas a usuarios (profesores y estudiantes) para conocer su familiaridad con la tecnología.

2da etapa - Diseño y montaje del prototipo: Se ensamblan los componentes electrónicos sobre una protoboard, incluyendo el sensor de humedad, el módulo de sonido/voz, el Arduino y el sistema de riego. Se utilizan maceteros y tierra agrícola para simular un entorno real.

3ra etapa - Programación: Utilizando el software Arduino IDE, se desarrolla el código en C++ que integra las condiciones del sensor de humedad y el comando acústico para activar el riego. Se configuran umbrales y tiempos de riego.

4ta etapa - Pruebas funcionales: Se verifica el sistema en diferentes niveles de humedad y entornos sonoros. Se mide el tiempo de respuesta, la cantidad de agua utilizada y el comportamiento del sistema. También se valida el funcionamiento con energía solar.

5ta etapa - Evaluación y ajustes: Se comparan los resultados del riego automatizado con los del método manual, analizando el ahorro de agua y la experiencia del usuario. Según los resultados, se realizan ajustes técnicos y se valida la propuesta final.

Para la recolección y análisis de datos, se emplearon técnicas como la observación directa, el análisis comparativo y la aplicación de encuestas con escala Likert, lo que permitió evaluar tanto el funcionamiento técnico como la percepción de los usuarios. En cuanto a los recursos tecnológicos, se utilizaron sensores de humedad, módulos de sonido, una placa Arduino UNO, electroválvulas, una bomba de agua y un sistema de energía solar, integrados mediante el software Arduino IDE, el cual permitió programar la lógica operativa del sistema.

Asimismo, se incorporaron recursos agrícolas como maceteros, tierra agrícola, compost y semillas de lechuga, que sirvieron para simular un entorno de cultivo real. Para el proceso de evaluación, se emplearon instrumentos como cuadernos de campo, hojas de registro, cronómetros, medidores de humedad y aplicaciones móviles diseñadas para calcular el consumo hídrico. Finalmente, se utilizaron

materiales de maqueta como cartón, témperas, silicona, plantas artificiales y tela pana, los cuales facilitaron la representación visual del sistema.

VI. RESULTADOS

TABLA 1
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL SENSOR DE

HUMEDAD DEL SUELO		
Humedad real (%)	Lectura Arduino (%)	Desviación (%)
15	18	+3
50	48	-2
80	83	+3

Nota. La tabla 1 muestra la comparación entre la humedad medida con un higrómetro de referencia (“Humedad real”) y la lectura obtenida por el sensor FC-28 conectada al arduino, además se observa una desviación media máxima de ± 3 %, lo que confirma una precisión adecuada para control de riego en rango 10–90 %.

TABLA 2
PRUEBAS DE ACTIVACIÓN/DEACTIVACIÓN DEL RIEGO

% Humedad (suelo)	Estado válvula
60	OFF
50	ON
45	ON
30	ON

Nota. En la tabla 2 se registran los estados de la electroválvula frente a distintos niveles de humedad, el sistema activa el riego (ON) cuando la humedad cae por debajo o igual al umbral del 50 %, y lo desactiva (OFF) al superarlo, con un tiempo de respuesta inferior a 1 s.

TABLA 3
MONITOREO DE PH

Día	pH mínimo	pH máximo	pH medio
1	5.4	7.0	6.2
3	5.6	6.8	6.1
5	5.5	6.5	6.0

Nota. En la tabla 3 se registra la evolución diaria del pH de las plantas durante cinco días, el sistema mantiene el pH dentro del rango óptimo 5.5 -- 6.5 tras calibraciones iniciales, con un pH medio cercano a

6.1.

paquetes. El tiempo medio de refresco fue de 6,8 s ($\sigma=0,3$ s), garantizando una comunicación fluida y casi en tiempo real con el sistema de riego.

TABLA 6
DESEMPEÑO DEL COMANDO DE VOZ EN DISTINTOS ENTORNOS

Condición	Precisión (%)	Recall (%)	F1-Score (%)	Tiempo de respuesta (ms)
Silencioso	96	94	95	340
Ruido moderado	90	88	89	365
Ruido alto	85	82	83	390

Nota. La tabla 6 muestra el rendimiento del reconocimiento del comando de voz en tres condiciones acústicas: ambiente silencioso, ruido moderado (con SNR ≈ 20 dB) y ruido alto (SNR ≈ 10 dB), en un entorno silencioso, el sistema alcanza una precisión del 96 % y un F1-Score del 95 %, con un tiempo de respuesta promedio de 340 ms, lo que confirma una detección muy fiable, al aumentar el nivel de ruido, tanto la precisión como el recall caen ligeramente (hasta 85 % y 82 % respectivamente en ruido alto), y el tiempo de respuesta aumenta a 390 ms, los resultados de la tabla indican que, aunque el módulo de voz “Florasona” mantiene un desempeño aceptable incluso en condiciones ruidosas, es recomendable entrenar y calibrar modelos adicionales o incorporar filtrado de audio si se prevé operar en ambientes con alto nivel de interferencia sonora.

TABLA 7
AUTONOMÍA CON ENERGÍA SOLAR

Condición	Riego automático (h)	Monitorización sensores + BT (h)
Sol pleno	Ilimitado ¹	Ilimitado ¹
Día nublado	12	24
Noche / sin sol	0	24

¹ Mientras exista irradiación suficiente para equilibrar consumo y carga de la batería.

Nota. La tabla 7 muestra de forma clara la autonomía del sistema “Florasona” bajo tres condiciones de luz. En sol pleno, el panel solar mantiene el riego y la carga de la batería de forma continua; en días nublados, permite hasta 12 h de riego automático y mantiene la monitorización completa (sensores y Bluetooth) durante 24 h gracias a la

batería de respaldo; finalmente, durante la noche o en ausencia total de luz, el riego se detiene pero los sensores y la comunicación con la app

TABLA 4
 CONSUMO DE AGUA Y AHORRO FRENTE AL RIEGO
 MANUAL

Método	Volumen agua (L)	Ahorro (%)
Manual	3,0	5%
“Florasona”	2,1	30 %

Nota. La tabla 4 muestra la comparación del volumen de agua utilizado en un ciclo de 10 min, el riego automatizado “Florasona” reduce en un 30 % el consumo respecto al método manual, validando la eficiencia hídrica del sistema.

TABLA 5
 DESEMPEÑO DE LA APP MÓVIL (BLUETOOTH HC-05)

Parámetro	Valor
Duración del monitoreo	2 h
Eventos registrados	> 1 000
Tiempo medio de actualización	6,8 s
Desviación estándar(σ)	0,3 s
Pérdida de paquetes	0 %

Nota. En la tabla 5 se observa que durante 2 horas de monitoreo continuo, la aplicación recibió más de 1 000 lecturas sin pérdida de siguen activos durante 24 h, este comportamiento garantiza un equilibrio entre eficiencia hídrica y monitoreo constante, incluso sin acceso a la red eléctrica.

VII. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el proyecto “Florasona” confirman la viabilidad técnica y funcional de un sistema de riego automatizado controlado por comandos de voz y detección de sonido, orientado a espacios agrícolas de pequeña escala en contextos con limitaciones tecnológicas. La discusión se aborda en función de cinco ejes clave: precisión del sistema, eficiencia hídrica, usabilidad en condiciones reales, sostenibilidad energética y accesibilidad tecnológica.

La calibración del sensor de humedad del suelo (Tabla

1) evidenció una desviación máxima de ± 3 %, lo cual es aceptable para fines agrícolas básicos. Esta precisión permitió una gestión adecuada del umbral de humedad, como se observa en la Tabla 2, donde la activación y desactivación del riego ocurrió de forma consistente y con un tiempo de respuesta menor a 1 segundo. Adicionalmente, el monitoreo del pH (Tabla 3) muestra que el sistema fue capaz de mantener el pH del sustrato dentro de los rangos óptimos (5.5 – 6.5), lo que contribuye a una mejor absorción de nutrientes y salud de las plantas.

Uno de los hallazgos más significativos se refiere al ahorro de agua. La comparación entre el riego manual y el sistema “Florasona” (Tabla 4) indica una reducción del consumo hídrico del 30 % durante un ciclo de 10 minutos, validando así la premisa del proyecto sobre la mejora en el uso del

recurso hídrico mediante la automatización accesible. Este resultado respalda también los objetivos del desarrollo sostenible, especialmente el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) y el ODS 12 (Producción y consumo responsables).

El módulo de reconocimiento de voz mostró un alto rendimiento en condiciones controladas (Tabla 6), alcanzando un F1-Score del 95 % en ambientes silenciosos y manteniendo un desempeño aceptable (83 %) incluso en presencia de ruido elevado. Esto demuestra la robustez del sistema en entornos reales, aunque también evidencia la necesidad de mejoras adicionales, como la implementación de filtros de audio o algoritmos de aprendizaje automático para entornos con alta interferencia sonora.

Los resultados obtenidos en condiciones variables de luz (Tabla 7) destacan la eficiencia del sistema con energía solar. En días nublados, el sistema mantuvo su funcionalidad completa por 24 horas y logró hasta 12 horas de riego automático. Durante la noche, si bien el riego se detiene, el monitoreo y la conectividad Bluetooth se mantienen. Esto valida la viabilidad del sistema en comunidades sin acceso constante a la red eléctrica y refuerza su aplicabilidad como herramienta sostenible.

El uso de tecnologías de bajo costo como Arduino y módulos Bluetooth, sumado a una interfaz de interacción basada en voz y sonidos naturales (como palmas), facilita el acceso a usuarios con poca alfabetización digital, como se observó en las pruebas piloto con estudiantes y docentes. La buena respuesta del sistema, junto con la valoración positiva obtenida mediante encuestas de satisfacción, sugiere un alto potencial de apropiación tecnológica en contextos educativos y comunitarios.

En relación con antecedentes como el del Fundo Santa Gabriela (Arequipa) o los biohuertos escolares de Lima, el presente prototipo presenta ventajas clave: menor dependencia de redes inalámbricas complejas, menor necesidad de mantenimiento técnico y una interfaz más intuitiva. Si bien los sistemas anteriores lograron notables mejoras en rendimiento agrícola, su replicabilidad en entornos rurales era limitada. “Florasona” responde a esta brecha, al ofrecer una alternativa accesible, funcional y adaptable.

Imagen 1. Prototipo Florasona



VIII. CONCLUSIONES

El sistema “Florasona” cumplió el objetivo general de optimizar el uso del agua mediante un modelo de riego automatizado activado por comandos de voz y sensores ambientales, demostrando una precisión de humedad con desviaciones medias de ± 3 % y un control de pH eficiente en el rango 5,5–6,5 para ajustar la dosificación hídrica y nutrimental, lo que se traduce en un ahorro del 30 % de agua frente al método manual de 10 min (3,0 L vs. 2,1 L)

Al diagnosticar las prácticas tradicionales de riego en huertos escolares, las lecturas del sensor FC-28 pusieron de manifiesto fluctuaciones que generan riego excesivo y pérdidas de agua, y la respuesta rápida de la electroválvula (< 1 s al cruzar el umbral del 50 % de humedad) evidenció la viabilidad de un sistema automático con menor variabilidad y mayor consistencia

La integración del módulo de voz permitió reconocer el comando único “riega” con F1-Scores desde 95 % en ambiente silencioso hasta 83 % en ruido alto y tiempos de respuesta de 340 ms a 390 ms, validando así el uso de interfaces naturales de bajo costo que facilitan la interacción de usuarios sin experiencia tecnológica.

El prototipo demostró también una autonomía energética robusta gracias a un panel solar de 5 W y una batería de 12 V 1,3 Ah, logrando riego automático continuo en días soleados, 12 h de operación en días nublados y monitorización de sensores y Bluetooth durante 24 h sin luz solar, mientras que la app móvil refrescó datos cada 6,8 s ($\sigma=0,3$ s), reforzando la percepción de un sistema confiable y de respuesta casi inmediata

El sistema “Florasona” sienta las bases para una solución sostenible y accesible en contextos de baja conectividad, con potencial para ampliar el vocabulario de comandos, incorporar análisis de datos en la nube y adaptar el diseño a cultivos de mayor escala para enfrentar los retos del manejo hídrico en la agricultura contemporánea.

solares- en-zonas-agricolas [3] Cadena SER. (2025). La Vall d'Uixó automatiza ya el 65% del riego en zonas verdes para mejorar la eficiencia hídrica. <https://cadenaser.com/comunitat-valenciana/2025/04/30/la-vall-duixo-automatiza-ya-el-65-del-riego-en-zonas-verdes-para-mejorar-la-eficiencia-hidrica-radio-castellon>

[4] Carrillo, A., & Miranda, A. (2023). *Sistema de riego inteligente y ecológico para las áreas verdes en Lima Metropolitana utilizando IoT* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. RENATI. <http://hdl.handle.net/10757/672045>

[5] FAO. (2021). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture – Systems at breaking point*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org>

[6] Locke, J. (2019). IoT en la agricultura: 10 casos de uso de tecnologías agrícolas inteligentes. Digi.com. <https://es.digi.com/blog/post/iot-in-agriculture>

[7] Nassif, A. B., Shahin, I., & Attili, I. (2021). Voice recognition in smart environments: A systematic review. *Applied Sciences*, 11(2), 738. <https://doi.org/10.3390/app11020738>

[8] SENASA. (2015). Arequipa: Desarrollan sistema de riego automatizado controlado por un smartphone. *SENASA Contigo*. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/arequipa-desarrollan-sistema-de-riego-automatizado-controlado-por-un-smartphone>

[9] Vázquez, I. (2022). Jardín inteligente: Cómo gestionar el tuyo desde el teléfono móvil. *BAUHAUS*. <https://blog.bauhaus.es/jardin-inteligente-como-gestionar>

REFERENCIAS

[1] Agricultura inteligente: qué es, beneficios y principales tecnologías. (2022). TOTVS. <https://es.totvs.com/blog/cat-agroindustria/agricultura-inteligente-que-es-beneficios-y-principales-tecnologias>

[2] Agrovoltaica: Paneles solares en terrenos agrícolas y rurales. (2023). Serenovables.com. <https://serenovables.com/agrovoltaica-paneles->