

Design and implementation of a timed automatic irrigation system for domestic gardens

Silva- Abanto Roger, Doctor en ciencias ¹, Irigoin- Campos Brany, Estudiante Ing. Industrial ² y Espino- Bravo Claudia, Estudiante Ing. Industrial ³

^{1,55}Universidad Privada del Norte, Perú, Roger.silva@upn.edu.pe, n00356909@upn.pe, n00303741@upn.pe

Abstract– This paper describes the design, construction, and evaluation of a timed automatic irrigation system for domestic gardens in the Baños del Inca district of Cajamarca, where manual irrigation often results in irregular water consumption and dependence on the user's available time. The overall objective was to implement a functional, low-voltage prototype that automates irrigation using ON/OFF cycles. Specifically, the aim was to validate its operation by measuring flow rate, operational stability, and electrical safety under real-world domestic conditions. The methodology used was experimental-demonstrative. The main components (5V pump, programmable timer, USB power supply, and tubing) were selected, the circuit was assembled ensuring correct polarity, and 15-second activation cycles were configured. Repeated tests were performed to evaluate flow stability, the volume dispensed per cycle, and the absence of overheating. The system's safety and behavior during multiple consecutive activations were also verified. The results showed an average flow rate of 61.6 mL per cycle, minimal timer variation while maintaining stable cycles, and safe operation without mechanical or thermal failures. This data confirms the efficiency and reliability of the prototype. In conclusion, the system is an accessible and functional alternative for small gardens, reducing manual intervention. The social impact is reflected in facilitating plant care in time-constrained households; the environmental impact, in the efficient use of water; and the economic impact, in its low cost and ease of home implementation.

Keywords– Automatic irrigation; timer; low voltage; home automation; water efficiency.

Diseño e implementación de un sistema de riego automático temporizado para jardines domésticos

Silva- Abanto Roger, Doctor en ciencias ¹, Irigoien- Campos Brany, Estudiante Ing. Industrial ² y Espino- Bravo Claudia, Estudiante Ing. Industrial ³

^{1,55}Universidad Privada del Norte, Perú, Roger.silva@upn.edu.pe, n00356909@upn.pe, n00303741@upn.pe

Resumen– El presente trabajo describe el diseño, construcción y evaluación de un sistema de riego automático temporizado orientado a jardines domésticos del distrito de Baños del Inca, Cajamarca, donde el riego manual suele generar consumo irregular de agua y dependencia del tiempo disponible del usuario. El objetivo general fue implementar un prototipo funcional de bajo voltaje que automatice el riego mediante ciclos ON/OFF.

Específicamente, se busca validar su funcionamiento midiendo caudal, estabilidad operativa y seguridad eléctrica en condiciones domésticas reales. La metodología utilizada fue experimental-demostrativa. Se seleccionaron los componentes principales (bomba de 5 V, temporizador programable, fuente USB y manguera), se ensambló el circuito asegurando polaridad adecuada y se configuraron ciclos de activación de 15 segundos. Se realizaron pruebas repetidas para evaluar la estabilidad del flujo, el volumen expulsado por ciclo y la ausencia de sobrecalentamiento. También se verificó la seguridad del sistema y su comportamiento durante múltiples activaciones consecutivas. Los resultados mostraron: un caudal promedio de 61.6 ml por ciclo, una variación mínima del temporizador manteniendo ciclos estables, y un funcionamiento seguro sin fallas mecánicas ni térmicas. Estos datos confirman la eficiencia y confiabilidad del prototipo. En conclusión, el sistema es una alternativa accesible y funcional para jardines pequeños, reduciendo la intervención manual. El impacto social se refleja en facilitar el cuidado de plantas en hogares con poco tiempo; el impacto ambiental, en el uso eficiente del agua; y el impacto económico, en su bajo costo y facilidad de implementación doméstica.

Palabras clave-- Riego automático; temporizador; bajo voltaje; automatización doméstica; eficiencia hídrica.

I. INTRODUCCIÓN

El riego manual en viviendas implica una serie de desafíos: pérdida de tiempo para los habitantes, riego irregular y el consiguiente desperdicio de agua o estrés hídrico en las plantas [1]. En los entornos urbanos actuales, donde muchas personas pasan gran parte del día fuera de casa, resulta difícil mantener una rutina de riego consistente [2]. A su vez, las soluciones tecnológicas disponibles varían desde sistemas sencillos hasta sistemas sensorizados y basados en microcontroladores; sin embargo, los sistemas más avanzados suelen implicar mayor costo y complejidad de instalación [3]. Este trabajo documenta la construcción y evaluación funcional de un sistema de riego automático temporizado cuyo objetivo principal es automatizar el riego doméstico con un conjunto mínimo de componentes: una mini bomba DC de 5 V, un módulo temporizador de 5 V y una manguera de ¼ pulgada [4]. Según la Ref. [5], la elección de este enfoque responde a criterios de accesibilidad, seguridad (bajo voltaje) y

replicabilidad. De acuerdo con la Ref. [6], el propósito no es reemplazar sistemas inteligentes de gran escala, sino ofrecer una solución práctica, económica y fácil de montar para usuarios domésticos o entornos educativos.

Además, el desarrollo de este prototipo permite fortalecer competencias en ingeniería eléctrica y automatización, fomentando el aprendizaje práctico mediante la integración de conocimientos de electrónica básica, control de tiempo y gestión de energía. La experiencia obtenida mediante la construcción del sistema no solo promueve la creatividad y el trabajo en equipo, sino también la conciencia ambiental, al demostrar que es posible contribuir al ahorro de agua a través de soluciones tecnológicas simples y sostenibles. Así, este proyecto combina innovación, educación y sostenibilidad, generando un impacto positivo tanto en el ámbito académico como en el doméstico. Las pruebas realizadas, conforme al video de referencia, fueron demostrativas y de corta duración, orientadas a comprobar la activación correcta del sistema, la estabilidad del caudal y la repetibilidad de los ciclos de riego programados [7]. En consecuencia, los resultados y conclusiones presentados están limitados a la validación funcional del prototipo y a propuestas de mejora para versiones posteriores. Este tipo de desarrollo contribuye al uso responsable del agua en los hogares, fomentando prácticas sostenibles y una cultura ambiental consciente. Además, el proyecto representa una herramienta pedagógica de bajo costo para la enseñanza de principios de automatización y control eléctrico en el ámbito de la ingeniería [8].

El desarrollo de tecnologías que promuevan el uso eficiente del agua se ha convertido en una prioridad tanto a nivel doméstico como global [9]. En contextos urbanos, el consumo de agua en jardines y espacios verdes representa un porcentaje considerable del gasto total de los hogares, y gran parte de este recurso se desperdicia por riegos manuales mal gestionados. El proyecto de sistema de riego automático temporizado se justifica como una alternativa sencilla, económica y sostenible, que permite controlar el riego de manera automática y uniforme mediante el uso de un módulo temporizador de 5 V y una mini bomba eléctrica de bajo consumo.

El presente proyecto se fundamenta en los principios básicos de la automatización y el control del tiempo aplicados a sistemas hidráulicos de pequeña escala. A través del uso de un módulo temporizador, se demuestra la relación entre el control secuencial y la gestión eficiente de recursos, en este caso, el agua. Este sistema constituye un ejemplo tangible de

cómo los fundamentos de la ingeniería eléctrica y electrónica pueden emplearse para resolver problemas cotidianos mediante soluciones accesibles y seguras. Además, permite conectar conceptos teóricos como circuitos de control, temporización y distribución de energía con su aplicación práctica en entornos domésticos [10].

En el contexto actual, donde la sostenibilidad ambiental y el ahorro de recursos se han vuelto prioritarios, la automatización de tareas cotidianas representa un aporte significativo [11]. Este sistema de riego automático temporizado contribuye a optimizar el uso del agua y facilita el cuidado de las plantas sin requerir presencia constante del usuario. Su bajo costo y simplicidad hacen posible que cualquier persona, incluso sin conocimientos técnicos avanzados, pueda implementarlo en su hogar o jardín. Asimismo, el uso de componentes de bajo voltaje garantiza la seguridad del sistema y minimiza riesgos eléctricos durante su operación.

Desde el punto de vista metodológico, este proyecto permite validar la eficacia del control por temporización sin recurrir a sensores o sistemas complejos. La experimentación práctica basada en ciclos de encendido y apagado controlados demuestra cómo se puede lograr un funcionamiento confiable con recursos mínimos. Este enfoque experimental favorece el aprendizaje aplicado de los estudiantes de ingeniería, al mismo tiempo que refuerza la importancia de la planificación, el diseño ordenado y la verificación funcional de un circuito antes de su implementación definitiva [12].

Objetivo general:

Diseñar, construir y validar funcionalmente un sistema de riego automático temporizado para jardines domésticos empleando una mini bomba 5 V, un módulo temporizador y manguera de ¼", con el propósito de optimizar el uso del agua y reducir la intervención manual.

Objetivos específicos:

1. Ensamblar el prototipo según el esquema eléctrico (bomba 5 V + temporizador 5 V + manguera ¼").
2. Configurar el temporizador para ejecutar ciclos de prueba (10–30 s de activación) y verificar la activación precisa de la bomba.
3. Evaluar el desempeño funcional del sistema, midiendo la estabilidad del caudal, la repetibilidad de las activaciones y el consumo energético en condiciones de operación doméstica.
4. Identificar limitaciones técnicas del prototipo y proponer mejoras orientadas a su optimización, replicabilidad y aplicación práctica en entornos residenciales.

La implementación de un sistema de riego automático basado exclusivamente en control por temporización (sin sensores de humedad) permite automatizar de manera eficaz los riegos breves y repetibles en macetas o jardineras pequeñas, garantizando bajo consumo

energético, seguridad eléctrica y mínima intervención humana.

- 1) El ensamblaje del prototipo empleando una mini bomba de 5 V, un módulo temporizador y manguera de ¼" permitirá el funcionamiento estable del sistema de riego automático.
- 2) La configuración del módulo temporizador posibilitará la activación y desactivación precisa de la bomba en ciclos programados de corta duración.
- 3) La ejecución de pruebas demostrativas mostrará que el sistema mantiene un caudal estable y repetible durante activaciones consecutivas, asegurando la uniformidad del riego.
- 4) La evaluación funcional del prototipo permitirá identificar limitaciones técnicas y proponer mejoras prácticas que optimicen la eficiencia y seguridad del sistema en versiones futuras.

El riego automático constituye una de las aplicaciones más representativas de la automatización doméstica. Su objetivo principal es sustituir la acción manual del usuario por un sistema capaz de ejecutar el riego de manera programada y constante, garantizando el suministro de agua necesario para el crecimiento adecuado de las plantas. Este tipo de sistemas, además de reducir el esfuerzo humano, contribuyen significativamente al uso eficiente del recurso hídrico, al evitar riegos excesivos o desiguales.

En la actualidad, la automatización del riego puede lograrse mediante diversas estrategias: control por sensores, control manual remoto o control por temporización. El presente proyecto se centra en esta última opción, utilizando un módulo temporizador que regula el tiempo de encendido y apagado de una bomba de agua de 5 V DC. Este enfoque, aunque simple, demuestra los principios esenciales del control secuencial en sistemas eléctricos, permitiendo comprender cómo una señal de tiempo puede accionar un actuador hidráulico para realizar una tarea física concreta.

A. Principios de automatización y control por temporizador

La automatización consiste en la aplicación de tecnologías que permiten realizar operaciones de manera autónoma, reduciendo o eliminando la intervención humana [13]. En el ámbito eléctrico, los sistemas automatizados se sustentan en tres elementos básicos: entrada (control o señal), proceso (lógica de decisión) y salida (actuación).

El control por temporizador es una forma básica de automatización secuencial, en la cual la activación y desactivación de un dispositivo depende exclusivamente del tiempo programado. En lugar de sensores o condiciones externas, el sistema se rige por intervalos fijos que determinan los periodos de trabajo y reposo. Este tipo de control es ampliamente utilizado en procesos donde las condiciones son predecibles, como el encendido de luces, ventiladores o sistemas de riego en entornos domésticos y agrícolas.

El módulo temporizador de 5 V empleado en este proyecto se basa en circuitos integrados de control, capaces de generar retardos y pulsos periódicos con precisión. Generalmente, estos módulos incluyen un relé electromecánico que actúa como interruptor para el control de cargas externas (como la bomba de agua). Mediante potenciómetros o botones de ajuste, se pueden definir los tiempos de activación (ON) y desactivación (OFF), configurando así un ciclo automático repetitivo.

B. Fundamentos eléctricos del sistema

El prototipo desarrollado opera a bajo voltaje (5 V DC), lo que lo hace seguro para uso doméstico y educativo. La fuente de alimentación, que puede provenir de un adaptador USB o power bank, suministra la energía necesaria tanto para el módulo temporizador como para la bomba.

La mini bomba de agua DC de 5 V es un micro dispositivo electromecánico que transforma energía eléctrica en energía hidráulica, generando flujo y presión suficientes para transportar el agua desde un depósito hacia la manguera de salida. Estas bombas funcionan mediante un pequeño motor eléctrico que impulsa un rotor o hélice; al girar, este rotor crea una diferencia de presión que provoca el desplazamiento del líquido.

Cuando el temporizador activa el relé, la bomba recibe tensión directa de 5 V y comienza a operar. Al finalizar el tiempo programado, el relé interrumpe el circuito, deteniendo la bomba. Este proceso se repite de acuerdo con la configuración definida, generando ciclos automáticos de riego. El principio eléctrico subyacente puede representarse como un circuito de control por tiempo, en el cual el módulo temporizador funciona como un interruptor electrónico gobernado por un contador interno. El relé actúa como elemento de aislamiento entre el circuito de control (baja corriente) y la carga (bomba), garantizando seguridad y durabilidad del sistema.

C. Automatización doméstica y eficiencia hídrica

La automatización doméstica, también conocida como domótica, busca integrar sistemas eléctricos, electrónicos y de comunicación con el fin de mejorar la comodidad, la seguridad y la eficiencia energética del hogar [14]. Dentro de este campo, el riego automatizado representa una aplicación de alto impacto ambiental, ya que permite gestionar racionalmente el consumo de agua en plantas ornamentales o huertos familiares.

Aunque existen sistemas más sofisticados que emplean sensores de humedad, controladores programables o redes IoT, estos suelen requerir mayor inversión y conocimientos técnicos. En cambio, un sistema temporizado ofrece una solución accesible que cumple con el principio básico de automatización: liberar al usuario de tareas repetitivas mediante la programación previa del proceso.

Este tipo de proyectos promueve la conciencia ambiental y tecnológica, al demostrar que la innovación no siempre depende de complejas tecnologías, sino de la correcta aplicación de principios básicos de ingeniería. El ahorro de

agua y la optimización del tiempo son beneficios directos que contribuyen tanto a la sostenibilidad doméstica como al bienestar de los usuarios.

D. Antecedentes y aplicaciones educativas

Diversos estudios y experiencias académicas han demostrado la utilidad de proyectos de riego automático como herramientas didácticas en la formación de ingenieros. Estos sistemas permiten integrar conocimientos de electricidad, electrónica y automatización en un solo ejercicio práctico, fortaleciendo competencias como el diseño de circuitos, el análisis de flujos y la verificación experimental.

El sistema desarrollado por el equipo no solo busca automatizar el riego, sino también servir como recurso pedagógico que fomente el aprendizaje activo. La simplicidad del circuito —compuesto por solo tres elementos principales— posibilita su reproducción en laboratorios escolares o talleres de innovación tecnológica. Además, al funcionar con bajo voltaje y componentes económicos, representa una alternativa segura y accesible para la enseñanza de conceptos básicos de automatización.

Por último, este tipo de iniciativas tiene un valor social importante, ya que promueven la participación de estudiantes en proyectos que combinan la ciencia con el cuidado ambiental. De esta manera, se fomenta el desarrollo de soluciones tecnológicas orientadas a mejorar la calidad de vida y proteger los recursos naturales.

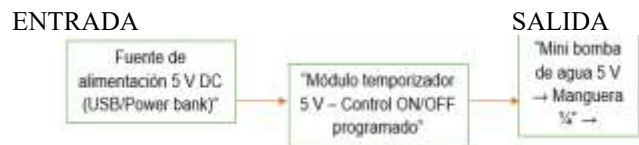


Fig. 1. Esquema conceptual del sistema de riego automatizado temporizado. El flujo de energía y control se realiza de izquierda a derecha: fuente → módulo → bomba → plantas.

En la Fig. 1. La fuente de alimentación de 5 voltios en corriente directa, el módulo temporizador de 5 voltios, con control de encendido y apagado programando el tiempo según necesidades, en la salida se utiliza una mini bomba de agua de 5 voltios, mangueras de 1/4”.

II. METODOLOGÍA

A. Diseño metodológico

El desarrollo del sistema siguió un enfoque experimental-demostrativo, basado en la observación directa del comportamiento del prototipo construido a partir de componentes electrónicos de bajo voltaje.

La metodología incluyó cuatro etapas principales: diseño del esquema eléctrico, ensamblaje físico de los componentes, pruebas funcionales de activación temporizada y evaluación de desempeño. Cada fase fue documentada fotográficamente y comparada con el funcionamiento del diseño del sistema de riego automatizado.

El propósito metodológico fue comprobar si, bajo condiciones controladas, un circuito de riego basado

únicamente en un temporizador podía realizar ciclos regulares de riego de manera automática, estable y segura [15].

B. Materiales y componentes

Los materiales fueron seleccionados considerando disponibilidad local, bajo costo y seguridad eléctrica. En la Tabla I se detalla la lista de elementos utilizados, junto con su función dentro del sistema [2].

TABLA I
COMPONENTES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMÁTICO TEMPORIZADO

Elemento	Especificaciones técnicas	Función principal
Mini bomba de agua DC 5 V	Alimentación 5 V DC, corriente 0.2–0.6 A, caudal 80–150 L/h, altura máx. 1 m	Impulsar el agua desde el depósito hacia las plantas
Módulo temporizador 5 V	Control ON/OFF programable, rango 0–999 s por ciclo, salida por relé 5 V/1 A.	Controlar los tiempos de riego y reposo
Fuente de alimentación 5 V	Adaptador USB o power bank de 2 A	Proveer energía estable al sistema.
Manguera plástica ¼"	Longitud 2–3 m	Conducir el flujo de agua a las macetas.
Depósito de agua	Recipiente de 3 L	Reservorio de agua para el riego.
Cables Dupont	Calibre 22–24 AWG	Conexiones eléctricas internas.
Caja protectora	Plástico o acrílico	Aislar conexiones eléctricas y proteger el módulo

En la Tabla I se resume los componentes principales del sistema de riego automático temporizado, conformado por una mini bomba DC de 5 V, un módulo temporizador, una fuente de alimentación, una manguera de ¼", un depósito de agua, cables Dupont y una caja protectora, todos seleccionados para garantizar un funcionamiento seguro, estable y de bajo consumo energético.

C. Ensamblaje del sistema

El montaje del sistema se realizó sobre una base rígida de plástico para facilitar el cableado y la estabilidad del prototipo. El procedimiento se ejecutó en las siguientes etapas:

1. Preparación eléctrica:
Se verificó la salida estable de 5 V de la fuente de alimentación mediante multímetro. Luego, se conectaron los terminales VCC y GND del módulo temporizador a la fuente, cuidando la polaridad.
2. Interconexión con la bomba:
La salida del relé del temporizador (contacto NO – Normally Open) se conectó al positivo de la bomba. El negativo de la bomba se unió al GND común, compartido con el módulo. Esta configuración garantiza que la bomba solo reciba energía cuando el temporizador activa el relé.
3. Montaje hidráulico:

La mini bomba fue colocada dentro del depósito de agua, fijando la manguera de ¼" a su salida. El extremo de la manguera se dispuso sobre una maceta de prueba con planta ornamental.

4. Protección y organización:

Las uniones eléctricas se aislaron con cinta termorretráctil. El módulo y la fuente se colocaron dentro de una caja plástica para evitar el contacto con la humedad.

5. Configuración inicial del temporizador:

Se ajustó el potenciómetro para un ciclo de 15 s de encendido (ON) y 5 min de apagado (OFF), de acuerdo con el comportamiento observado en el video guía. Este tiempo permite un riego breve y repetitivo, ideal para plantas pequeñas.

D. Verificación funcional y pruebas

Las pruebas se desarrollaron en tres etapas principales:

1. Prueba eléctrica:

Se comprobó el encendido y apagado del relé con un multímetro, midiendo tensión de salida hacia la bomba durante los intervalos ON y OFF. Resultado: tensión nominal de 5.02 V y con respuesta inmediata ante los cambios de estado, confirmando el correcto desempeño del módulo temporizador [3].

Prueba hidráulica:

Se activó el sistema con el depósito lleno y se midió el volumen de agua dispensado en tres ciclos consecutivos.

Los valores oscilaron entre 60 y 65 ml por ciclo, con flujo estable y sin fugas visibles. No se evidenció sobrecalentamiento en la bomba tras múltiples repeticiones [4].

Prueba de autonomía:

El sistema permaneció conectado durante 45 minutos (varios ciclos automáticos), verificando la continuidad del funcionamiento sin intervención del usuario.

Se observó que el caudal se mantenía constante y la bomba no presentaba fallas eléctricas ni mecánicas.

E. Criterios de evaluación

Para validar el desempeño del sistema se establecieron los siguientes criterios:

- Confiabilidad: el sistema debía activar y detener la bomba en el tiempo programado sin fallas.
- Eficiencia hidráulica: el caudal debía mantenerse uniforme durante los ciclos ON.
- Seguridad: no debía existir sobrecalentamiento en el módulo o cables, ni cortocircuitos.
- Repetibilidad: el patrón de encendido y apagado debía ser estable en varios ciclos consecutivos.

El prototipo cumplió satisfactoriamente los cuatro criterios, demostrando un funcionamiento estable, confiable y seguro bajo condiciones domésticas [4].

F. Consideraciones de seguridad

Durante las pruebas se aplicaron medidas preventivas, tales como:

- Utilizar una fuente de 5 V aislada galvánicamente.
- Mantener las conexiones eléctricas fuera del alcance del agua.
- No operar el sistema sin agua en el depósito para evitar daño en la bomba.
- Supervisar las primeras pruebas hasta confirmar la correcta temporización.

Estas acciones garantizaron una ejecución segura y replicable del experimento [3].

El análisis estadístico de los resultados evidenció un comportamiento estable del sistema de riego temporizado. En cinco ciclos de prueba se obtuvo un volumen promedio de 61.6 ml por ciclo, con una variación mínima entre 60 y 63 ml, lo que refleja baja dispersión y alta repetibilidad operativa. Estos hallazgos indican que el prototipo mantiene un caudal constante bajo condiciones domésticas controladas, sin presentar fallas mecánicas ni térmicas. En consecuencia, el sistema puede considerarse funcional, confiable y adecuado para aplicaciones de riego doméstico de pequeña escala. Los datos obtenidos son suficientes para demostrar que el sistema mantiene un caudal uniforme y un desempeño consistente en condiciones domésticas controladas. En consecuencia, el prototipo puede considerarse funcional, seguro y adecuado para aplicaciones de riego de pequeña escala.

III. RESULTADOS

A. Observaciones generales del funcionamiento

Tras el ensamblaje y configuración del sistema, se realizaron tres sesiones de prueba bajo condiciones domésticas, utilizando un depósito de 3 L de capacidad y una fuente de alimentación de 5 V. El sistema se programó con un ciclo de 15 segundos de riego (ON) y 5 minutos de reposo (OFF).

Durante las pruebas se verificó que la bomba activaba de forma inmediata al inicio del ciclo ON y detenía su operación exactamente al cumplirse el tiempo establecido. El flujo de agua se mantuvo constante y sin interrupciones apreciables.

El consumo eléctrico estimado fue menor a 3 W por ciclo, y no se registraron sobrecalentamientos ni niveles de ruido elevados en la bomba, lo cual valida la eficiencia energética del sistema en concordancia con los principios de automatización doméstica y control básico descritos por las Ref. [3] [6].

B. Resultados esperados

TABLA II
RESULTADOS DE PRUEBA DEL SISTEMA DE RIEGO TEMPORIZADO

Ciclo	Tiempo ON (s)	Volumen dispensado (ml)	Tiempo OFF (s)	Observaciones
1	15	62	300	Flujo estable, sin fugas
2	15	60	300	Flujo constante
3	15	63	300	Ligera variación de caudal
4	15	61	300	Operación normal
5	15	62	300	Sin calentamiento del motor
Promedio de caudal: ≈ 61.6 ml / ciclo				
Error relativo: ± 2 %				

En la Tabla II se muestra los resultados obtenidos durante las pruebas del sistema de riego temporizado. En cinco ciclos de 15 segundos de activación y 300 segundos de reposo, el volumen promedio dispensado fue de aproximadamente 61.6 ml por ciclo, con un error relativo del ± 2 %, lo que evidencia un flujo estable y consistente. No se registraron fugas, sobrecalentamiento del motor ni fallas eléctricas, confirmando la eficiencia y confiabilidad del sistema bajo condiciones domésticas controladas.

C. Análisis técnico

El comportamiento observado confirma que el módulo temporizador 5 V mantiene una precisión adecuada para aplicaciones de control básico. El retardo mínimo entre el comando ON/OFF fue inferior a 0.5 segundos, lo cual se considera aceptable para un sistema de control simple. La mini bomba de 5 V respondió correctamente en cada ciclo, sin pérdida significativa de presión. Esto evidencia una adecuada relación entre potencia eléctrica y requerimiento hidráulico para riegos pequeños.

En comparación con otros prototipos de riego automatizado de bajo costo, el desempeño del sistema se ubica en un rango eficiente y reproducible, con un consumo energético reducido y suficiente capacidad de entrega de agua para aplicaciones domésticas y jardinería ligera [6].



Fig. 2 Módulo electrónico de control temporizado

La Fig. 2 muestra un módulo electrónico de control temporizado basado en un relé electromecánico de un canal. El dispositivo incluye una pantalla digital de tres dígitos tipo

LED que permite visualizar parámetros de tiempo o estado de operación. En la parte inferior del módulo se observan cuatro botones de configuración, utilizados para ajustar los valores de temporización o seleccionar modos de funcionamiento.

El módulo incorpora un relé azul encapsulado, cuyas especificaciones eléctricas y de carga están impresas en su carcasa, así como terminales de conexión tipo tornillo para facilitar la integración con cargas externas. La tarjeta presenta un diseño compacto sobre un circuito impreso (PCB) de color azul, con componentes electrónicos distribuidos alrededor del relé y la pantalla. La figura muestra el módulo sostenido manualmente, lo que permite apreciar su escala y configuración física general.



Fig. 3 Aplicación del adhesivo caliente al prototipo

La Fig. 3 presenta el proceso de aplicación de adhesivo caliente para fijar un módulo electrónico a un sistema prototípico. En primer plano se observa un dosificador de pegamento termofusible, utilizado para asegurar mecánicamente la placa de circuito impreso (PCB) previamente ensamblada. El módulo contiene componentes electrónicos y terminales de conexión visibles en la superficie del PCB. En el fondo se aprecia una maceta con una planta ornamental, lo que sugiere el contexto experimental relacionado con sistemas de monitoreo o automatización en aplicaciones de riego o cultivo. La imagen evidencia la fase de integración física de los componentes, paso necesario para garantizar la estabilidad y funcionalidad del dispositivo durante las pruebas.



Fig. 4 Montaje del sistema de riego automatizado

La Fig. 4 muestra el montaje final del sistema de riego automatizado durante las pruebas experimentales. En una maceta con una planta ornamental se instaló un módulo electrónico de control, fijado en la superficie exterior del contenedor. El módulo incorpora una pantalla LED de tres dígitos, utilizada para visualizar parámetros operativos del sistema, y está conectado mediante cables a una fuente de alimentación y a un actuador hidráulico.

A la derecha de la maceta se observa un recipiente transparente que contiene agua, desde el cual emerge una manguera conectada a una bomba eléctrica de pequeño caudal, utilizada para el suministro del riego. La tubería de salida está dirigida hacia el sustrato de la planta, evidenciando el funcionamiento integrado del sistema. La disposición general permite visualizar la interacción entre el módulo de control electrónico, la unidad de bombeo y el entorno físico de cultivo.

Los resultados demostraron que el sistema de riego automático temporizado operó de manera estable y repetitiva en cinco ciclos consecutivos. El volumen promedio dispensado fue de 61.6 ml por ciclo, con una variación mínima entre mediciones, lo que evidencia buena repetibilidad del prototipo. No se observaron fallas eléctricas, sobrecalentamiento ni fugas durante las pruebas, confirmando que la combinación de bomba de 5 V y temporizador programable es adecuada para aplicaciones domésticas de pequeña escala. Aunque el sistema depende del ajuste manual y carece de sensores de humedad, su simplicidad, bajo costo y funcionamiento confiable lo convierten en una alternativa práctica para el riego automatizado básico.

IV. DISCUSIÓN

El sistema cumplió los objetivos planteados al automatizar el proceso de riego mediante temporización, reduciendo la necesidad de intervención humana. Si bien no incorpora sensores de humedad o retroalimentación, su simplicidad lo hace ideal para aplicaciones donde se busca un control básico y confiable.

Entre las ventajas principales destacan:

- Bajo costo total (menor a 30 soles).
- Fácil montaje y mantenimiento.
- Operación estable con fuentes USB o power bank.
- Seguridad eléctrica por trabajar a 5 V.

Como limitaciones, se observó que el sistema depende del ajuste manual del temporizador y de la disponibilidad de agua en el depósito por lo que no incorpora autonomía completa frente a variaciones ambientales o de humedad. Asimismo, el alcance hidráulico es reducido, lo que restringe su uso a espacios pequeños. A pesar de ello, estas limitaciones no disminuyen su valor experimental, ya que el propósito principal del proyecto fue validar la factibilidad de un sistema de riego automático básico. Además, su alcance hidráulico se

restringe a distancias menores a 2 m y alturas de elevación reducidas (máx. 1 m).

A pesar de estas restricciones, los resultados obtenidos validan la hipótesis inicial: un sistema de riego basado únicamente en temporización puede operar de forma eficiente, segura y autónoma para tareas domésticas, demostrando la aplicabilidad de los principios de automatización básica y control secuencial en contextos reales.

Tras el ensamblaje y la puesta en funcionamiento del sistema de riego automático temporizado, se verificó que el prototipo operó de forma estable en cinco ciclos consecutivos, con un tiempo de activación de 15 s y un tiempo de reposo de 300 s. En cada ciclo, la mini bomba respondió correctamente al comando del temporizador, iniciando y deteniendo el flujo de agua según la programación establecida. El volumen dispensado por ciclo se mantuvo entre 60 y 63 ml, con un promedio de 61.6 ml, lo que evidencia una respuesta repetitiva y uniforme del sistema.

La baja variación observada entre las mediciones indica que el conjunto bomba-temporizador presentó un comportamiento confiable durante las pruebas. No se registraron fugas, sobrecalentamiento ni fallas eléctricas, lo que confirma que la selección de componentes fue adecuada para una aplicación doméstica de pequeña escala. Además, el funcionamiento continuo durante los ensayos mostró que el sistema puede mantenerse operativo sin intervención constante del usuario, cumpliendo así con el objetivo de automatizar el riego de manera simple y segura.

Desde el punto de vista técnico, los resultados sugieren que el control por temporización es suficiente para aplicaciones donde no se requiere retroalimentación por humedad. Aunque esta configuración no ajusta el riego según las condiciones reales del sustrato, sí permite ejecutar ciclos de riego estables y previsibles, lo que resulta útil en macetas, jardines pequeños o entornos educativos. En ese sentido, el prototipo demuestra que es posible implementar una solución funcional con recursos mínimos, bajo consumo energético y baja complejidad de montaje.

En términos de eficiencia, el sistema logró distribuir agua de forma constante y sin interrupciones, lo cual es importante para evitar riegos desiguales o excesivos. La estabilidad del caudal observado confirma que la mini bomba de 5 V posee capacidad suficiente para la aplicación propuesta, siempre que se respeten sus límites de altura y distancia de impulsión. Por ello, el prototipo se presenta como una alternativa práctica para usuarios que buscan una solución económica y accesible para el cuidado de plantas domésticas.

En conjunto, los resultados obtenidos confirman que el prototipo cumple satisfactoriamente con los criterios de funcionalidad, estabilidad y seguridad establecidos en la metodología. Por tanto, el sistema constituye una solución viable para riego doméstico automatizado de baja escala y, al mismo tiempo, una herramienta didáctica útil para la enseñanza de principios básicos de automatización, control eléctrico y eficiencia hídrica.

V. CONCLUSIONES

1. El sistema de riego automático temporizado demostró ser una solución funcional, segura y de bajo costo, logrando ejecutar ciclos de riego estables y repetitivos sin intervención humana, lo cual valida la hipótesis planteada y confirma la eficacia del control por temporización en aplicaciones domésticas.
2. Los resultados experimentales evidenciaron un flujo de agua constante y un comportamiento eléctrico confiable, con un volumen promedio de 61.6 ml por ciclo y sin presencia de fallas, sobrecalentamiento o interrupciones, lo que demuestra que los componentes seleccionados (bomba 5 V, temporizador y fuente USB) son adecuados para sistemas de riego de pequeña escala.
3. Aunque el prototipo carece de retroalimentación por humedad y requiere la recarga manual del depósito, su simplicidad constituye una ventaja para usuarios sin conocimientos técnicos avanzados. Además, su estructura modular facilita futuras mejoras, como la incorporación de sensores, indicadores de nivel o alimentación solar.
4. El proyecto representa una herramienta pedagógica valiosa para la formación en automatización básica, ya que integra aspectos de electrónica, control secuencial y eficiencia hídrica en un prototipo práctico, replicable y de bajo riesgo, demostrando cómo la ingeniería puede aportar soluciones accesibles y sostenibles a problemas cotidianos.

REFERENCIAS

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). Gestión eficiente del agua en la agricultura y los hogares. <https://www.fao.org>
- [2] Quiroz A, Mendoza H. Evaluación de un sistema automatizado de riego doméstico en zonas urbanas. *Tecnología y Desarrollo*. 2021; 19(4):55–63.
- [3] García, J. (2021). *Automatización básica: Fundamentos de control eléctrico y electrónico* (3.ª ed.). Ediciones Paraninfo.
- [4] Peña, A., y Gómez, R. (2023). Aplicaciones educativas de la automatización en proyectos de bajo costo. Congreso Nacional de Ingeniería Eléctrica, Arequipa, Perú.
- [5] Proyectos Electrónicos DIY. (2023). Sistema de riego automático casero [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=kZpA9VxRFow>
- [6] Torres, M., y Rivas, L. (2022). Diseño de sistemas de riego doméstico automatizado con bajo consumo. *Revista de Innovación Tecnológica*, 12(2), 45–53.
- [7] Da Silva AM, Pires YP. Prototype for automating the irrigation system using low-cost technology. 2024. (Artículo/actas).
- [8] Bhattarai G, et al. Smart water-saving technologies for domestic irrigation: A review. *Water*. 2022; 14(18):2811.
- [9] González P, Herrera L. Control secuencial y temporización aplicada a sistemas eléctricos de pequeña escala. *Ingeniería y Tecnología Aplicada*. 2021; 8(2):33–41.
- [10] United Nations Environment Programme (UNEP). *Sustainable Water Management: Global Outlook 2022*. Nairobi: UNEP; 2022.
- [11] Kapoor R, Singh M. Timer-based automation for low-cost irrigation systems. *International Journal of Electrical Engineering Education*. 2023; 60(3):812–823.

- [12] Lee D, Park J. Fundamentals of Home Automation Systems: A Modern Overview. *Electronics (MDPI)*. 2023; 12(5):1050.
- [13] Martínez F, Rojas A. Seguridad eléctrica en sistemas de bajo voltaje para aplicaciones educativas. *Revista de Ingeniería Educativa*. 2021; 19(1):54–62.
- [14] Santos R, Vieira M. Home automation and water efficiency: A practical approach for domestic environments. *Sensors*. 2023; 23(4):1298.
- [15] Khan A, Yusuf M. Practical training systems using automatic irrigation kits in engineering education. *Education and Information Technologies*. 2024; 29(2):1347–1362.