


REVISTA

JUVENTUD Y CIENCIA SOLIDARIA:

En el camino de la investigación


# Desarrollo de un sistema de riego automatizado para la optimización del uso hídrico en el módulo de hidroponía de la familia Ruis en San Carlos: en el cultivo de lechuga (Lactuca Sativa)


Ismael Asael Villarroel Hidrovo, Mathias Nicolas Ruiz Santos, Eduardo Martín Jaramillo Jetón, Gabriel Isaac Romero Rodriguez, Sebastián Leonardo Jaime Romero




Mi nombre es **Ismael Asael Villarroel Hidrovo**, tengo 17 años y estudio el tercer año BTI de la Unidad Educativa Técnico Salesiano Don Bosco. Me gusta escuchar música del regional mexicano y los autos. Quiero estudiar arquitectura en la universidad.



Mi nombre es **Mathias Nicolas Ruiz Santos**, tengo 17 años y estudio el tercer año BTI de la Unidad Educativa Técnico Salesiano Don Bosco. Me gustan los videojuegos, los autos y tocar la guitarra eléctrica. Quiero estudiar arquitectura en la universidad.



Mi nombre es **Eduardo Martín Jaramillo Jetón**, tengo 17 años y estudio el tercer año BTI de la Unidad Educativa Técnico Salesiano Don Bosco. Me gusta escuchar música, jugar videojuegos y tocar la guitarra eléctrica. Quiero estudiar la carrera de desarrollo de software en la universidad.



Mi nombre es **Gabriel Isaac Romero Rodriguez**, tengo 17 años y estudio el tercer año BTI de la Unidad Educativa Técnico Salesiano Don Bosco. Me gusta hacer ejercicio, practicar guitarra eléctrica y jugar ecuavoley. Quiero estudiar odontología en la universidad.



Mi nombre es **Sebastián Leonardo Jaime Romero**, tengo 17 años y estudio el tercer año BTI de la Unidad Educativa Técnico Salesiano Don Bosco. Me gusta jugar fútbol, salir al aire libre y ver películas. Quiero estudiar ingeniería de sistemas en la universidad.

## Resumen

El presente estudio aborda el desarrollo de un prototipo de sistema de riego automatizado diseñado para optimizar el uso del recurso hídrico en un módulo de hidroponía familiar en el sector de San Carlos, aplicado específicamente a los cultivos de lechuga (Lactuca sativa) y apio (Apium graveolens). El objetivo principal consistió en diseñar e implementar un mecanismo automatizado que regulara el suministro de agua de forma precisa, con el fin de evitar el desperdicio y potenciar el crecimiento de las plantas. La metodología comprendió el análisis del funcionamiento de los sistemas hidropónicos, el modelado en 3D de la infraestructura mediante el programa Blender, la programación de un microcontrolador y la instalación de componentes técnicos como sensores y una bomba de agua sobre una estructura de soporte de tubos de PVC. Como resultado, se obtuvo un ciclo de riego más eficiente y constante, lo que redujo significativamente el consumo de agua y favoreció el desarrollo óptimo de los cultivos. A partir de estos hallazgos, se concluye que la automatización representa una alternativa viable y eficaz para optimizar recursos y simplificar la gestión operativa en sistemas de producción a pequeña escala.


***Palabras clave:*** Automatización, hidroponía, Arduino, riego automático, optimización del agua

## Explicación del tema

El proyecto consiste en crear un sistema de riego hidropónico automatizado para mejorar el uso del agua en el cultivo de lechuga. Para esto se utiliza un microcontrolador ESP32, sensores y una bomba de agua que permiten controlar el riego de forma automática. De esta manera se evita el desperdicio de agua y se mejora el crecimiento de las plantas. La hidroponía es un método de cultivo que permite a las plantas crecer sin necesidad de utilizar tierra. En este sistema, los cultivos se desarrollan directamente en el agua, la cual tiene mezclados los nutrientes exactos que necesitan para crecer sanos. Asimismo, se pueden controlar mucho mejor las condiciones del entorno y, lo más importante, se logra optimizar al máximo el uso del agua, evitando su desperdicio en comparación con la agricultura tradicional [1].



**Figura 1.** Hidroponía
Fuente: [1]

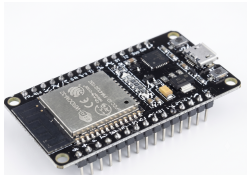
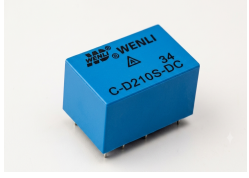
Para lograr este control, los sistemas de riego automatizados se presentan como herramientas clave que permiten regular el suministro de agua sin necesidad de intervención humana constante. Mediante el uso de sensores y microcontroladores, estos equipos detectan en tiempo real las condiciones específicas del cultivo y activan el paso del agua justo en el momento en que las plantas lo necesitan.y de sus contribuciones al desarrollo de habilidades.



**Figura 2.** Sistema de riego
Fuente: [2]

A continuación, presentamos la Tabla 1 con el detalle de los materiales usados en el sistema.

**Tabla 1.** Materiales utilizados en el sistema hidropónico

| Componente | Cantidad | Función | Imagen |
|---|---|---|---|
| ESP32 | 1 | Control y automatización. |  |
| Sensor de nivel de agua | 1 | Monitoreo del nivel de agua. |  |
| Bomba de agua de 12 V | 1 | Impulsión y circulación del agua. |  |
| Tubos de PVC | 6 | Construcción de la estructura hidropónica. |  |
| Fuente de alimentación de 12 V | 1 | Suministro eléctrico del sistema. |  |
| Sensor de pH | 1 | Medición del nivel de acidez o alcalinidad de la solución. |  |
| Relé | 1 | Activación y desactivación de la bomba. |  |

Continúa en la página siguiente

*Continuación de la Tabla 1*

| Componente | Cantidad | Función | Imagen |
|---|---|---|---|
| Depósito de agua | 1 | Almacenamiento de la solución nutritiva. |  |

Fuente: Autores.

Para armar esta estructura, el prototipo de sistema hidropónico que diseñamos es de tipo NFT (*Nutrient Film Technique*), el cual consiste en cultivar las plantas en canales ligeramente inclinados. El agua circula gracias a una manguera que sube el líquido hasta la parte más alta del sistema, donde una pequeña malla se encarga de filtrarlo para que caiga directamente sobre las raíces de los cultivos. Después, al avanzar por la pendiente de los tubos, el agua es recolectada en el otro extremo por otra manguera que la devuelve al tanque de la bomba, cerrando así un ciclo constante y eficiente que evita por completo el desperdicio, tal como se muestra en el esquema del prototipo.

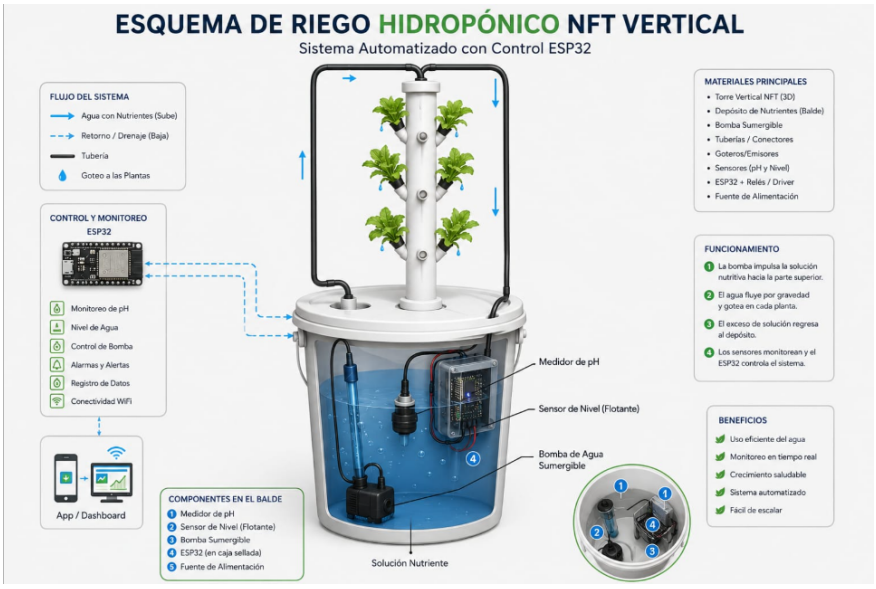



**Figura 3.** Esquema Hidropónico
Fuente: Autores con ayuda de IA

Para la automatización de este prototipo, se utiliza un ESP32 como microcontrolador principal, el cual funciona como el "cerebro" encargado de coordinar todo el sistema. Este componente está conectado directamente a un medidor de pH, un sensor de nivel de agua tipo flotador y una bomba que mantiene el líquido en constante circulación. Físicamente, la estructura vertical está armada con tubos de PVC y el tanque principal de agua se encuentra protegido por una caja de madera, mientras que todo el monitoreo se realiza desde una aplicación móvil desarrollada en Flutter 3. El funcionamiento es muy eficiente: los sensores envían datos en tiempo real al ESP32; si el nivel de agua se mantiene dentro del rango programado, la

bomba trabaja con total normalidad, pero si detecta que sale de los límites seguros, el sistema lanza una alerta inmediata al teléfono del usuario para permitir ajustes a distancia. De esta manera, el agua recircula de forma cerrada para no desperdiciar ni una sola gota, y la aplicación muestra el estado del pH y el nivel del agua en todo momento, garantizando un control automático y sin complicaciones.

Para entender su funcionamiento a fondo, la arquitectura electrónica de este prototipo se divide en tres etapas fundamentales: entrada, control y salida. En la primera fase, correspondiente a la entrada, los sensores se encargan de medir las condiciones de sistema de cultivo. Toda esta información es enviada de inmediato al microcontrolador ESP32, el cual lidera la etapa de control; aquí, el dispositivo procesa los datos recibidos en tiempo real y toma la decisión de cuándo activar el riego.

Finalmente, en la etapa de salida, se ejecuta la acción mediante el encendido de la bomba de agua, la cual distribuye el líquido hacia las plantas dentro del módulo hidropónico, completando así el proceso que se detalla en el diagrama de bloques del sistema.

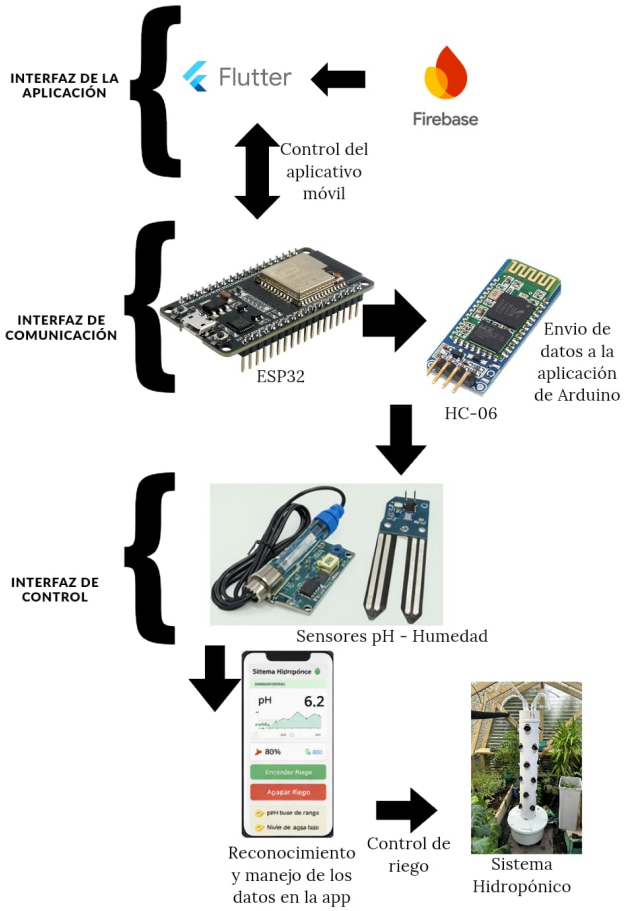



**Figura 4.** Diagrama de bloques
Fuente: Autores

El funcionamiento de este diagrama de flujo comienza cuando el sensor detecta las condiciones del sistema de cultivo. Si el nivel de humedad o agua es inferior al valor establecido, el microcontrolador activa la bomba de agua para iniciar el riego. Cuando el sistema detecta que el nivel adecuado ha sido alcanzado, la bomba se detiene automáticamente. Este proceso se repite constantemente para mantener un riego adecuado en las plantas, tal como se muestra en el diseño del sistema.

**Diagrama de Flujo**

El funcionamiento del sistema comienza cuando el sensor detecta las condiciones del sistema de cultivo. Si el nivel de humedad o agua es inferior al valor establecido, el microcontrolador Arduino activa la bomba de agua para iniciar el riego. Cuando el sistema detecta que el nivel adecuado ha sido alcanzado, la bomba se detiene automáticamente. Este proceso se repite constantemente para mantener un riego adecuado en las plantas, como se muestra en la figura 5.

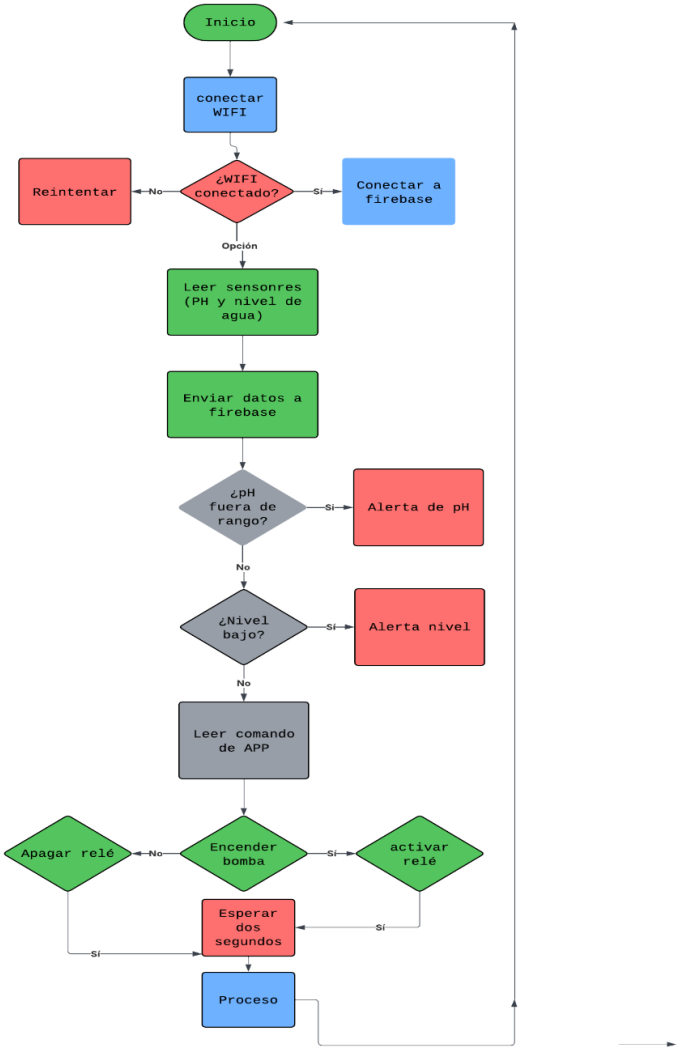



**Figura 5.** Diagrama de flujo de las luminarias
Fuente: Autores

En cuanto a la construcción y desarrollo, se realizó la simulación del circuito eléctrico del sistema. En este diagrama se muestran las conexiones entre el ESP32, el sensor de pH, el sensor de nivel de agua, la bomba y el módulo relé que controla la activación de la bomba. Esta simulación permite validar la lógica de control y las conexiones electrónicas antes de construir el prototipo físico. En otras palabras, es un paso intermedio que asegura que todos los componentes funcionen correctamente y que el ESP32 pueda manejar el riego de manera automatizada según las lecturas de los sensores, como se muestra en la figura 6.

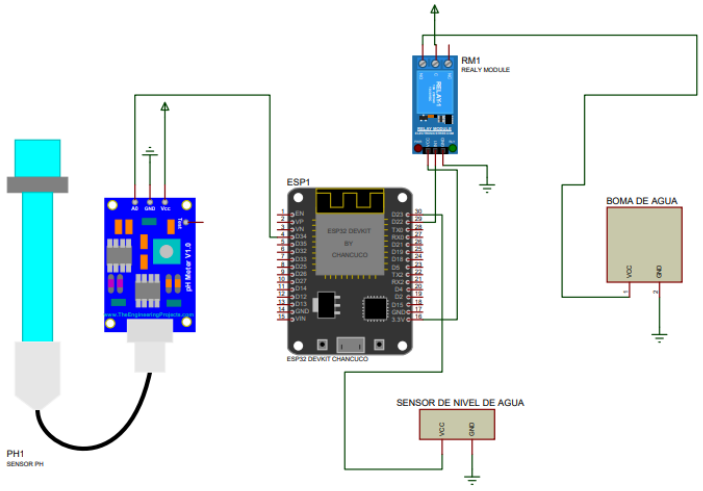



**Figura 6.** Diagrama de conexiones
Fuente: Autores

La programación del sistema se realizó utilizando el entorno de desarrollo Visual Studio. En este programa se escribió el código necesario para que el microcontrolador pueda leer la información de los sensores y controlar la bomba de agua de manera automática, como se muestra en la figura 7.

```
import 'package:flutter/material.dart';

void main() => runApp(const HidroponicoApp());

class HidroponicoApp extends StatefulWidget {
  const HidroponicoApp({super.key});

  @override
  State<HidroponicoApp> createState() => _HidroponicoAppState();
}

class _HidroponicoAppState extends State<HidroponicoApp> {
  // Estado para controlar el modo oscuro/claro basado en tus imágenes
  bool _isDarkMode = false;

  @override
  Widget build(BuildContext context) {
    return MaterialApp(
      debugShowCheckedModeBanner: false,
      theme: _isDarkMode ? ThemeData.dark() : ThemeData.light(),
      home: Scaffold(
        appBar: AppBar(
          title: const Text('Sistema Hidropónico',
            style: TextStyle(fontWeight: FontWeight.bold)),
          actions: [
            IconButton(
              icon: Icon(_isDarkMode ? Icons.wb_sunny : Icons.nightlight_round),
              onPressed: () => setState(() => _isDarkMode = !_isDarkMode),
            )
          ],
          elevation: 0,
          backgroundColor: Colors.transparent,
          foregroundColor: _isDarkMode ? Colors.white : Colors.black,
        ),
        body: Padding(
          padding: const EdgeInsets.all(20.0),
          child: Column(
            crossAxisAlignment: CrossAxisAlignment.start,
            children: [
```

**Figura 7.** Código fuente
Fuente: Autores

Luego, se desarrolló una aplicación móvil para el monitoreo y control el sistema hidropónico. Esta aplicación permite visualizar en tiempo real el estado general del sistema, incluyendo variables como el pH promedio, el nivel de agua y el estado del riego. Además, muestra información individual de cada planta, como su nivel de agua, pH y si el riego se encuentra activo o no, como se muestra en la figura 8.




**Figura 8.** Pantalla Aplicativo
Fuente: Autores

Como primer paso, se realizó el modelado 3D del sistema utilizando el software Blender, lo que permitió diseñar la estructura del sistema de riego y visualizar la distribución de los componentes antes de su construcción física, como se muestra en la figura 9.

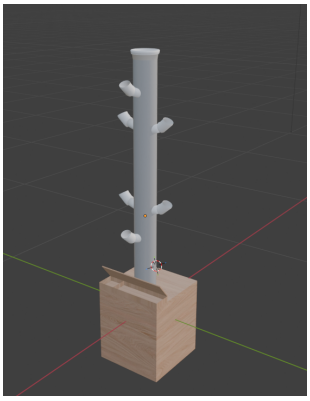


**Figura 9.** Prototipo 3D
Fuente: Autores

Posteriormente, se procedió a medir la separación adecuada entre cada planta, con el objetivo de garantizar un crecimiento óptimo y evitar la competencia por nutrientes. Una vez definidas las distancias, se realizaron seis perforaciones en la estructura de tubos PVC, donde se ubicarían las plantas, como se muestra en la figura 10.




**Figura 10.** Perforación PVC
Fuente: Autores

A continuación, se implementó un sistema de retorno de agua con el fin de optimizar el uso del recurso hídrico. Este sistema permite que, cuando el nivel de agua alcanza el máximo establecido, el exceso regrese al depósito principal, logrando así su reutilización y evitando desperdicios, como se muestra en la figura 11.



**Figura 11.** Sistema retorno de agua PVC
Fuente: Autores

También, se construyó una base de soporte que permite sostener de manera estable todo el sistema, incluyendo la bomba de agua y la estructura general. Esta base garantiza el correcto funcionamiento del sistema y facilita su organización y mantenimiento 12.



**Figura 12.** Cuerpo Sistema De Riego
Fuente: Autores

Esta imagen muestra el prototipo físico al que se llegó después de toda la planificación y simulación. En ella se observa la torre vertical ensamblada con sus módulos para las plantas, la bomba sumergible, los sensores y el ESP32 instalado junto al depósito de agua. Este prototipo permite realizar pruebas reales del sistema de riego automatizado, monitorear el pH y el nivel de agua en tiempo real, y sirve como base para posibles mejoras o para escalar el proyecto en el futuro. Todo esto representa el resultado real de lo que inicialmente se diseñó en el esquema y se validó en la simulación, mostrando que el sistema es completamente funcional y está listo para operar (figura 13).

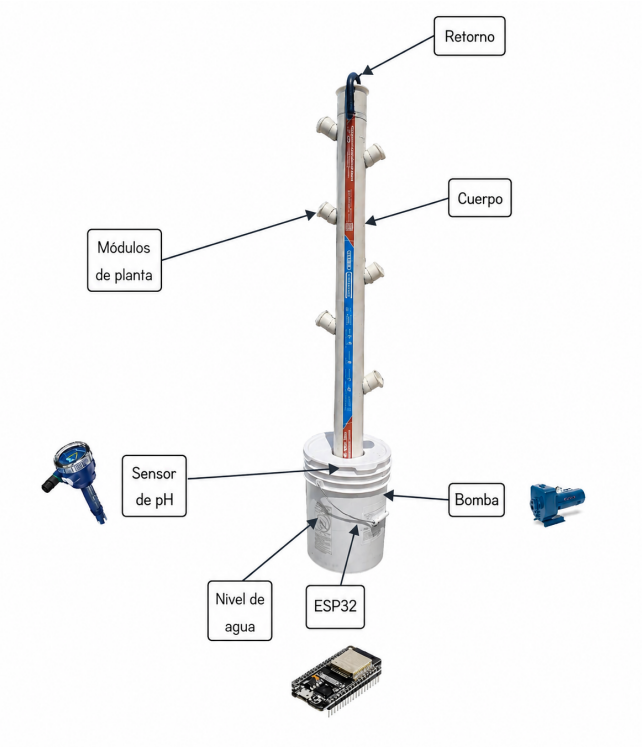



**Figura 13.** Distribución de partes y elementos
Fuente: Autores

La gráfica siguiente muestra la distribución del consumo de agua en un periodo de 30 días. El 50% representa el uso total de agua en el sistema tradicional, que se toma como referencia del consumo completo. Frente a esto, el 15% corresponde al agua que realmente utiliza el sistema hidropónico, evidenciando que este método requiere una menor cantidad de líquido para funcionar. Por otro lado, el 35% representa el ahorro de agua, es decir, la cantidad que ya no se desperdicia gracias al uso de la hidroponía. En conjunto, la gráfica demuestra que el sistema hidropónico es mucho más eficiente, ya que reduce significativamente el consumo en comparación con el riego tradicional (Tabla 2).

**Tabla 2.** Tabla de ahorro de agua 1

| **Tipo de consumo** | **Porcentaje (%)** | **Descripción** |
|---|---|---|
| Tradicional (L) | 50% | Representa el uso total de agua en el sistema tradicional, tomado como referencia del consumo completo. |
| Hidropónico (L) | 15% | Cantidad de agua que realmente utiliza el sistema hidropónico, mostrando que requiere menos agua para funcionar. |
| Ahorro (L) | 35% | Cantidad de agua que se ahorra gracias al uso del sistema hidropónico; representa la eficiencia en comparación con el riego tradicional. |

Fuente: Autores

Por otro lado, el gráfico a continuación representa la distribución del uso de agua, dividida entre el consumo total del sistema tradicional, el agua utilizada en el sistema hidropónico y el ahorro generado. La idea principal es mostrar cómo el método hidropónico reduce el consumo de agua, usando solo una fracción del total, mientras que una parte significativa se convierte en ahorro. En conjunto, el gráfico ilustra la eficiencia de la hidroponía frente al riego tradicional (Tabla 3).

**Tabla 3.** Tabla de ahorro de agua 2

| **Día** | **Porcentaje de consumo (%)** | **Descripción** |
|---|---|---|
| 1 | 1% | Agua utilizada por el sistema hidropónico el primer día. |
| 5 | 5% | Agua utilizada por el sistema hidropónico el quinto día. |
| 10 | 9% | Agua utilizada por el sistema hidropónico el décimo día. |
| 15 | 14% | Agua utilizada por el sistema hidropónico el día 15. |
| 20 | 19% | Agua utilizada por el sistema hidropónico el día 20. |
| 25 | 24% | Agua utilizada por el sistema hidropónico el día 25. |
| 30 | 28% | Agua utilizada por el sistema hidropónico el día 30. |

Fuente: Autores.

## Conclusiones

El desarrollo del sistema de riego hidropónico automatizado permitió demostrar que la tecnología puede utilizarse para mejorar los procesos agrícolas y optimizar el uso de recursos como el agua. Mediante la combinación de sensores, una bomba de agua y el microcontrolador ESP32, fue posible crear un sistema capaz de controlar el riego de forma automática. De acuerdo con los resultados obtenidos, el sistema logró un ahorro de agua del 35% en comparación con el riego tradicional, evidenciando que la hidroponía puede funcionar utilizando solo el 15% del consumo total, lo que confirma su alta eficiencia en el uso del recurso hídrico. Además, el uso de soluciones nutritivas junto con un riego constante permitió un desarrollo adecuado de cultivos como la lechuga y el apio, lo cual se ve respaldado por la estabilidad del prototipo y la correcta distribución del agua a lo largo del tiempo.

Por otro lado, la implementación de este sistema de recirculación de agua redujo significativamente el desperdicio, dejando clara la eficiencia del ciclo cerrado en el ahorro hídrico. Para la estructura del proyecto se emplearon materiales muy accesibles como tubos de PVC y madera, los cuales no requieren procesos complejos ni una alta especialización para su adquisición o ensamblaje. En conjunto, todos los resultados obtenidos confirman que la automatización del riego en sistemas hidropónicos no solo mejora el crecimiento de los cultivos, sino que también representa una solución sostenible, económica y eficiente frente a los métodos tradicionales de la agricultura.

## Referencia

[1] EGDC. (2026, enero) Hidroponía. Último acceso: 16 de marzo de 2026. [Online]. Available: https://eco1guiasdecultivos.com/agricultura-hidroponica/

[2] Grupo Hidráulica. (2021, octubre) Los mejores sistemas automatizados para el riego. Último acceso: 19 de marzo de 2026. [Online]. Available: https://grupohidraulica.com/noticias/2021/10/20/los-mejores-sistemas-automatizados-para-el-riego-inteligente/