



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA

SEDE VALLENAR

HUERTO INTELIGENTE ECOEFICIENTE: GESTION AUTOMATIZADA DEL AGUA MEDIANTE SENSORES

Trabajo de Titulación Presentado en Conformidad a los Requisitos Para
Obtener el Título De Técnico Universitario en Automatización Industrial

Profesor Guía: Yerko Reyes

Bastían Alejandro Pérez Marin

Ignacio Matías Díaz Donoso

Francisco Brayan Morales Rojas

Maximiliano Enrique Hormazabal Adaros

VALLENAR, CHILE 2025



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA

SEDE VALLENAR

**HUERTO INTELIGENTE ECOEFICIENTE: GESTION
AUTOMATIZADA DEL AGUA MEDIANTE SENSORES**

Profesor Guía: Yerko Reyes

Bastián Alejandro Pérez Marin

Ignacio Matías Díaz Donoso

Francisco Brayan Morales Rojas

Maximiliano Enrique Hormazabal Adaros

VALLENAR, CHILE 2025

Resumen

Existe un uso ineficiente del agua y una falta de control sobre variables de riego, principalmente la humedad del suelo, en huertos familiares y comunitarios. Esta problemática se debe, en gran medida, a errores humanos frecuentes durante el riego, tales como el riego excesivo o insuficiente, la falta de regularidad, la aplicación de agua en momentos inadecuados y la ausencia de mediciones objetivas del estado del suelo, lo que puede generar desperdicio de recursos y pérdidas económicas. Frente a esta situación, el objetivo del proyecto fue analizar las principales causas que dificultan un riego adecuado y desarrollar un sistema de control automatizado que permita reducir la intervención humana en esta tarea.

El trabajo se centró en el diseño e implementación de un sistema de control de riego basado en un microcontrolador, el cual mide la humedad del suelo y, cuando esta desciende bajo un nivel predefinido, envía una señal eléctrica para activar el riego de forma automática. Debido a limitaciones en el desarrollo del proyecto, no fue posible implementar completamente un huerto inteligente ni lograr el funcionamiento del prototipo en una maqueta. Por esta razón, las pruebas del sistema de control se realizaron de manera experimental en macetas, lo que permitió validar el funcionamiento básico del control de riego automatizado.

Abstract

There is inefficient water use and a lack of control over irrigation variables, primarily soil moisture, in family and community gardens. This issue is largely due to frequent human errors during irrigation, such as overwatering or underwatering, lack of consistency, applying water at inappropriate times, and the absence of objective measurements of soil conditions, which can lead to resource waste and economic losses. Given this situation, the objective of the project was to analyze the main causes hindering adequate irrigation and to develop an automated control system to reduce human intervention in this task.

The work focused on the design and implementation of a microcontroller-based irrigation control system, which measures soil moisture. When the moisture level falls below a predefined threshold, the system sends an electrical signal to automatically activate irrigation. Due to limitations in the project development, it was not possible to fully implement a smart garden or achieve the prototype's operation in a scale model. Consequently, tests of the control system were conducted experimentally in pots, which allowed for the validation of the basic operation of the automated irrigation control.

INDICE

CAPITULO I: Introducción.....	2
1.1-Objetivo General.....	3
1.2- Objetivos Específicos	3
1.3-Alcance	3
1.4- Planteamiento del problema	4
CAPITULO II: Marco teórico.....	5
2.1-Ecoeficiencia y aspectos a considerar.....	5
2.2.- ¿Qué es un huerto?.....	6
2.2.1-Tipos de huertos.....	6
2.3- ¿Qué es un huerto urbano?	7
2.3.1-Tipos de huertos urbanos	7
2.4-Tipos de riego y sus ventajas	8
2.5- Clasificación de plantas para un huerto urbano.....	12
2.6- Tipo de riego a utilizar en la maqueta.....	13
2.7- Componentes que se van a utilizar en el proyecto.....	13
CAPITULO III: Desarrollo del Trabajo.....	18
3.1 Tipo de investigación	18
3.2- Enfoque.....	18
3.3- Diseño de Investigación.....	19
3.4- Técnicas de recolección de la información.....	19
3.5-Procedimiento de investigación.....	19
3.6- Resultados esperados del proceso metodológico.....	20
3.7 Actividades Realizadas para el montaje del proyecto.....	21
3.7- Sistema de Control.....	21
3.8- Explicación del código	21
3.9- Pruebas del Funcionamiento del Control.....	33
CAPITULO IV: Actividades pendientes del proyecto	36
4.2-Implementación del sistema de riego	37
4.2.1-Montaje de la red de distribución	38
CAPITULO V: Conclusión	39
5.1-Bibliografía.....	40

INDICE DE TABLA

Tabla 2.1:Clasificación de plantas	12
--	----

INDICE DE IMÁGENES

Figura 2. 1: Huerto Urbano.....	7
Figura 2. 2: Domestico	8
Figura 2. 3: Comercial.....	8
Figura 2. 4: Didáctico	8
Figura 2. 5: Aspersor Automatizado.....	8
Figura 2. 6: Aspersor Convencional	8
Figura 2. 7: Goteo Regulable.....	9
Figura 2. 8: Goteo estándar.....	9
Figura 2. 9: Goteo en Linea	9
Figura 2. 10: Riego por microaspersión Desplazamiento.....	10
Figura 2. 11: Riego por microaspersión Estacionario.....	10
Figura 2. 12: Riego por inundación	11
Figura 2. 13: Placa protoboard.....	14
Figura 2. 14: Pantalla lcd.....	15
Figura 2. 15: Placa microcontrolador redboard	15
Figura 2. 16: Sensor de Humedad de Suelo.....	16
Figura 2. 17: Sensor de temperatura bmp180	16
Figura 2. 18: Electroválvula	17
Figura 2. 19: Modulo relé	17
Figura 3. 1: LineaCodigo 1-4.....	22
Figura 3. 2: LineaCodigo 5-9.....	22
Figura 3. 3: Linea Código 10-13.....	23
Figura 3. 4: Codigo para Calibrar sensor.....	24
Figura 3. 5: Linea codigo 14-18	24
Figura 3. 6: Linea codigo19-22	25
Figura 3. 7: LineaCodigo 23-26.....	25
Figura 3. 8: Linea codigo 29-44	26
Figura 3. 9: Linea Ccodigo 45-59.....	26
Figura 3. 10: LineaCodigo 60-69.....	28
Figura 3. 11: Linea de codigo 70-81	28
Figura 3. 12: LineaCodigo 82-100.....	30
Figura 3. 13: LineaCodigo 101-119.....	31
Figura 3. 14: LineaCodigo 120-127.....	31
Figura 4. 1: Base de huerto.....	36

CAPITULO I: Introducción

En la actualidad, el crecimiento de la agricultura a pequeña y mediana escala exige soluciones más eficientes para optimizar recursos como el agua. En especial en regiones con condiciones climáticas variables, el riego manual y la falta de monitoreo provocan pérdidas económicas como ambientales.

En la región de atacama/Vallenar, muchos huertos familiares o comunitarios dependen del cuidado manual y no cuentan con sistemas tecnológicos que regulen automáticamente las condiciones necesarias para el crecimiento de las plantas. Esto genera un uso ineficiente del agua y una falta de control sobre los factores como la temperatura, humedad y la luminosidad.

Frente a esta problemática, se propone el desarrollo de un huerto inteligente automatizado, capaz de monitorizar en tiempo real las variables mediante los sensores y activar un sistema de riego únicamente cuando sea necesario. Este sistema busca reducir el consumo de agua y facilitar el mantenimiento del cultivo sin supervisión constante.

1.1-Objetivo General

Implementar un huerto inteligente que gestione el uso del agua mediante sensores

1.2- Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de los principales errores y causas por los cuales fallan las personas al momento de cuidar huertos.
- Implementar un sistema que permita realizar tareas de manera automática mediante sensores y controladores.
- Documentar el proceso y el uso del sistema

1.3-Alcance

Debido al limitado tiempo (3 meses) se consideran los siguientes avances:

- Pruebas de sensores y componentes
- Montaje del huerto incluyendo la instalación de todos los componentes a la base

1.4- Planteamiento del problema

En la actualidad como grupo hemos detectado que el uso ineficiente del recurso del agua en la agricultura representa uno de los principales desafíos ambientales y económicos. Principalmente en zonas áridas y semiáridas, como es en nuestro caso en la región de atacama en el norte de Chile, el riego tradicional basado en la experiencia empírica o en sistemas naturales suele generar un consumo excesivo de agua y energía afectando. La sostenibilidad de los cultivos y el equilibrio del ecosistema.

A pesar de los avances tecnológicos. En la automatización y sonorización, muchas unidades agrícolas de pequeña y media escala no cuentan con sistemas inteligentes que optimicen el uso del agua según las necesidades reales de la planta. Esta carencia se traduce en Desperdicio de recursos, pérdida de productividad y aumento de los costos operativos.

Por lo tanto, surge la necesidad de desarrollar un huerto inteligente e eficiente capaz de la gestión de forma automatizada, el riego mediante sensores de humedad y temperatura. Con el fin de regular el consumo del agua de manera precisa y sostenible. De esta forma, se busca demostrar que la integración de tecnologías de automatización puede contribuir a un manejo agrícola más responsable y eficiente, reduciendo el impacto ambiental y favoreciendo la producción sustentable.

CAPITULO II: Marco teórico

2.1-Ecoeficiencia y aspectos a considerar

La eficiencia se entiende como una estrategia de gestión que busca generar mayor desempeño, utilizando menos recursos y reduciendo el mismo tiempo el impacto ambiental. Esto implica optimizar el consumo de energía, agua y materiales, además de minimizar la gestión de residuos. Y emisiones durante todo el ciclo de vida del producto o servicio.

La eficiencia se refiere a la capacidad de los sistemas productivos para generar alimentos u otro producto agrícola, utilizando de manera óptima los recursos naturales como el agua, el suelo y la energía, mientras se minimizan los impactos ambientales negativos. Esto implica la adopción de prácticas como el riego Tecnificado, el suelo radiante de fertilizantes, la rotación de cultivos y la integración de tecnologías de monitoreo para mejorar la productividad sin degradar los ecosistemas.

Se basa en dos pilares:

1. **Eficiencia económica:** Reducir costos mediante un uso inteligente de los recursos.
2. **Responsabilidad ambiental:** Minimizar residuos en misiones y daños ecológicos.

2.2.- ¿Qué es un huerto?

Un huerto es un área destinada al cultivo de productos comestibles como verduras, frutas y hierbas, principalmente para consumo propio. Puede variar en tamaño y ubicarse en diferentes espacios como patios, balcones o terrazas, empleando técnicas ecológicas para producir alimentos saludables.

2.2.1-Tipos de huertos

Huerto en suelo: Es el método más simple de cultivo, ya que solo se necesita un espacio con tierra expuesta. Para plantar, basta con preparar el terreno, agregar nutrientes y trazar surcos.

Huerto vertical: Los huertos verticales son un sistema que permite cultivar en estructuras verticales, como paredes, torres o estanterías. Este método facilita el cultivo en espacios pequeños, donde un huerto tradicional no es viable. La instalación puede ser interna o externa, según las condiciones y requerimientos de cada cultivo.

Huerto en contenedores: El huerto en contenedores es una excelente opción para aprovechar espacios reducidos o controlar el crecimiento de las plantas. Se utiliza comúnmente en áreas urbanas como balcones, terrazas, azoteas y patios, pero también en zonas más amplias para definir límites. Los contenedores se fabrican con una variedad de materiales, como cerámica, madera, troncos, concreto, plástico, neumáticos, tuberías y elementos reciclados, lo que permite una gran flexibilidad y creatividad en el diseño.

2.3- ¿Qué es un huerto urbano?

Los huertos urbanos son espacios al aire libre o de interior destinados al cultivo de verduras, hortalizas, frutas, legumbres, plantas aromáticas o hierbas medicinales, entre otras variedades, a escala doméstica.

Figura 2. 1: Huerto Urbano



Fuente: <https://blog.planreforma.com/las-azoteas-comunitarias-como-espacios-de-oportunidad/>

2.3.1-Tipos de huertos urbanos

Doméstico: Los tipos de jardines domésticos difieren según el espacio disponible e incluyen Jardines en macetas, mesas de cultivo elevadas y verticales (en paredes o estructuras altas), además del jardín tradicional en suelo si se dispone de un patio. Otra alternativa es el jardín hidropónico, que no emplea tierra. }

Comerciales: Dedicados a la producción y venta de alimentos, abasteciendo a restaurantes, tiendas o particulares, Los huertos comerciales se realizan para comercializar hortalizas. Son de mayor superficie. Las actividades se realizan en forma manual y mecánica.

Didácticos: Creados con un objetivo de formación y educación ambiental, que pueden ser comunitarios o de inserción. Los huertos pedagógicos son el mejor modelo de enseñanza que tienen niñas, niños y adolescentes para aprender sobre el cuidado ambiental, la formación de hábitos alimenticios y nutricionales; conocer los tipos de semillas y la labor de las lombrices y las abejas. **Terapéuticos:** Huertos con un fin de rehabilitación o mejora del bienestar de personas, como los de salud mental o mayores. El Huerto Terapéutico no es solo un espacio donde los pacientes

Figura 2. 2: Domestico



Fuente: <https://delbosquejardineria.cl/producto/rabanito/>

Figura 2. 3: Comercial



Fuente: <https://depositphotos.com/es/photo/garden-beds-flowering-ripening-vegetables-fruits-view-top-home-gardening-396217846.html>

Figura 2. 4: Didáctico



Fuente: <https://www.elciudadano.com/alimentacion/huertos-escolares-ensenan-habitos-nutricionales/03/25/>

2.4-Tipos de riego y sus ventajas

Aspersión: Se lleva a cabo mediante dispositivos llamados aspersores, distribuidos por toda la zona. Funciona con agua a presión, generando gotas de diferentes tamaños para regular la cantidad de agua suministrada, imitando la lluvia natural.

El riego por aspersión se clasifica en dos tipos:

- a. Convencional:** Pueden ser fijos o semifijos. Los fijos tienen aspersores en posiciones fijas y tuberías enterradas o superficiales. Los semifijos permiten mover los aspersores manual o mecánicamente.
- b. Automatizado:** Utilizan motores eléctricos para mover los aspersores por todo el terreno o área designada. De forma controlada utilizando sensores de humedad temporizadores y microcontroladores.

A: Convencional

Figura 2.5: Aspersor convencional



Fuente: <https://mundoriego.es/ventajas-y-caracteristicas-del-riego-por-aspersion/>

B: Automatizado

Figura 2.6: Aspersor automatizado



Fuente: <https://www.fernando-santamaria.com/sistemas-de-riego-para->

Ventajas del riego por aspersión:

- Es el método más común
- Eficiencia del 85%
- Cubre grandes áreas
- Se adapta a diversos espacios
- Puede automatizar

Riego por goteo: Se basa en suministrar agua mediante gotas de manera continua en puntos estratégicos de los cultivos, mediante tuberías con pequeñas perforaciones llamadas goteros. Funciona a baja presión y de forma constante, ideal para regiones secas, ya que maximiza el uso del agua y fertilizantes.

El riego por goteo se clasifica en tres tipos:

- Goteo en línea:** Ideal para plantas alineadas en hileras cortas (menos de 5m)
- Goteo estándar:** Riega planta por planta, con microtubos que pueden tener hasta 24 goteros, suministrando 2,5 litros de agua por hora.
- Goteo regulable:** Perfecto para plantas en macetas, especialmente arbustos, proporcionando unos 60 litros por hora.

A: Goteo en línea

Figura 2. 7: Goteo en línea



Fuente: <https://aquapurif.es/riego-por-goteo-con-energia-solar>

B: Goteo estándar

Figura 2. 8: Goteo estándar



Fuente: <https://renace.net/activismo-y-medio-ambiente/discubre-el-sistema-de-riego-por-goteo-y-los-productos-agricolas-de-mundo-riego>

C: Goteo regulable

Figura 2. 9: Goteo regulable



Fuente: <https://www.nakisoboreholes.co.zw/2020/07/5-types-of-irrigation-systems-irrigation.html>

Beneficios del riego por goteo:

- Favorece el crecimiento de las raíces.
- Eficiencia del 95%.
- Mantiene la humedad constante y renueva el agua perdida por evapotranspiración.
- Permite aplicar fertilizantes en el agua de riego.
- Solo humedece el suelo necesario.
- Ahorra agua y es muy eficiente.
- Permite realizar otras tareas en el cultivo, como podas y aplicaciones de productos químicos.

Riego por microaspersión: Comparte características con el riego por aspersión, pero se distingue por necesitar menos agua. Es ideal para cultivos que no requieren un riego intenso.

El riego por microaspersión se divide en dos tipos:

- a. Sistema Estacionario: Puede ser fijo o semifijo. Los fijos utilizan tuberías enterradas permanentes, mientras que los semifijos instalan tuberías de forma aérea.
- b. Sistema de Desplazamiento Continuo: Utiliza ramales móviles circulares o laterales arrastrados por un transporte, o aspersores gigantes.

A. Sistema Estacionario

Figura 2. 10: Riego por microaspersión Estacionario



Fuente: <https://www.netafim.pe/blog/tipos-de-sistema-de-riego-mas-utilizados/>

B. Sistema de Desplazamiento

Figura 2. 11: Riego por microaspersión Desplazamiento



Fuente: <https://www.jardineriaon.com/riego-por-nebulizacion.html>

Beneficios del riego por microaspersión:

- Ahorra agua
- Eficiencia del 90%
- Ideal para terrenos inclinados o con pendientes
- Permite controlar la cantidad de agua con precisión
- Facilita la aplicación de fertilizantes y pesticidas en el agua de riego

Riego por inundación: Se basa en esparcir el agua por toda la superficie del terreno, cubriendo total o parcialmente la zona de cultivo, según las necesidades de crecimiento. Es el método que requiere mayor cantidad de agua.

Es el método más tradicional ya que consiste en dejar que el agua fluya sobre el terreno por canales o surcos. Luego una vez cortada el paso del agua se espera que el suelo absorba la cantidad necesaria para las raíces.

Figura 2. 12:. *Riego por inundación*



Fuente: <https://www.agrohuerto.com/planificar-el-riego-en-el-huerto/>

Beneficios del riego por inundación:

- Sencillo de implementar
- Eficiencia del 50%

- Costo de instalación mínimo
- Ideal para terrenos pequeños y planos
- El agua se dirige directamente a las raíces

2.5- Clasificación de plantas para un huerto urbano

La siguiente tabla tiene como fin dar la información de los tipos de hortalizas posibles a utilizar en el proyecto:

Tabla 2.1: Clasificación de plantas

Hortalizas de hoja	Hortalizas de fruto	Hortalizas de raíz
• lechuga • espinaca • acelga • rúcula	• tomate • pimientos • calabacines • pepino	• Rábanos • Zanahorias • Remolachas • cebollino
Frutos pequeños	Plantas ornamentales	Hierbas aromáticas y medicinales
• Fresas • Frambuesa • arándano	• Margaritas • Girasol • Lavanda	• Albaca • Menta • Orégano • cilantro

Fuente: Elaboración Propia

En la mayoría de los huertos urbanos observados existe cebollín, cilantro, albahaca y Acelga. Todas son plantas comestibles. Que se utilizan en la cocina Principalmente por sus hojas. Y son comunes en la culinaria debido a su valor nutritivo y su sabor. Con lo más importante que es el tiempo de crecimiento de la planta.

2.6- Tipo de riego a utilizar en la maqueta

Como grupo decidimos implementar el sistema de riego por goteo debido a que, al analizar los parámetros técnicos y las necesidades hídricas de las cuatro plantas seleccionadas (cebollín, albahaca, cilantro y acelga), este método es el que mejor se adapta a sus requerimientos.

El riego por goteo permite mantener una humedad constante en la zona radicular sin saturar el suelo, lo que favorece un crecimiento equilibrado y saludable. Además, optimiza el uso del agua, ya que la suministra de forma localizada y controlada, evitando pérdidas por evaporación o escurrimiento.

En comparación con otros sistemas de riego, este método reduce el consumo de agua y aumenta la eficiencia hídrica, lo que lo convierte en la opción más adecuada para nuestro proyecto de huerto inteligente y ecoeficiente.

2.7- Componentes que se van a utilizar en el proyecto

Para el desarrollo. Del huerto inteligente. El Grupo ha decidido utilizar Arduino como plataforma de trabajo. Esta decisión se fundamenta principalmente en 2 razones.

Costo: Arduino representa un menor costo económico a comparación de un controlador lógico programable (PLC) lo que permite que el proyecto sea más accesible.

Flexibilidad y facilidad: La plataforma permite la conexión y programación de sensores de temperatura, humedad y luminosidad. Así como la gestión. De Actuadores para el riego automático facilitándola experimentación y ajustes durante el desarrollo del proyecto.

De esta manera, no se convierte en una herramienta práctica y eficiente para la operación del huerto, garantizando el control del riego y la monitorización de las condiciones del cultivo sin requerir una intervención elevada en equipos industriales.

A continuación, se detallan los siguientes componentes a utilizar:

2.7.1- Protoboard

La Protoboard es una placa de plástico con orificios donde se insertan los cables, resistencias, led, sensores, transistores, entre otros componentes eléctricos debajo de los orificios hay líneas metálicas que permiten la conductividad entre sí.

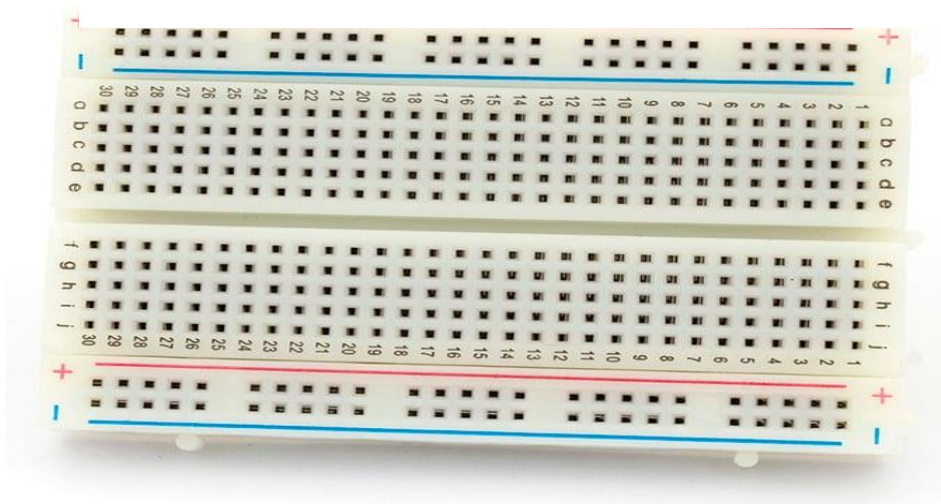
¿Como funciona?

Zona central: está dividida en dos partes por una ranura central donde se suelen colocar integrados (IC)

cada columna de cinco orificios está conectada entre sí.

Zona lateral: a los costados se encuentran dos líneas marcadas con un + (positivo) y un – (negativo)

Figura 2. 13: Placa protoboard



Fuente://www.mercadolibre.cl/mini-protoboard-400-puntos/up/MLCU21004393

2.7.2- Pantalla lcd

En Arduino las pantallas lcd muestran información visual que puede ser como texto números o símbolos se usan para mostrar datos del programa o sensores conectados como pueden ser de humedad temperatura distancia etc.

Figura 2. 14: *Pantalla lcd*

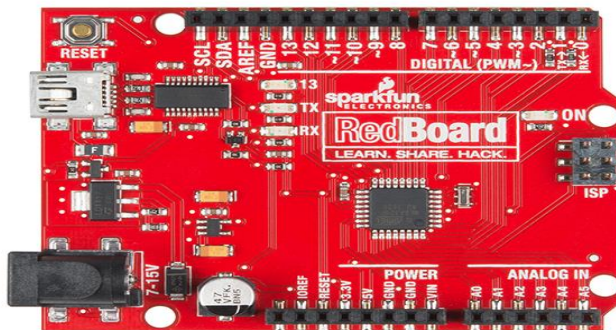


Fuente: <https://www.mercadolibre.cl/lcd-1602a-pantalla-display-1602-16x2/up/MLCU336139001>

2.7.3- Placa redboard

Es una placa microcontroladora es decir un pequeño computador que puede recibir información (entradas) desde sensores y tomar decisiones para controlar dispositivos (salidas). Esta placa es compatible con la aplicación Arduino IDE por lo que no habrá problema en usar esta última para la programación de sensores.

Figura 2. 15: *Placa microcontrolador redboard*

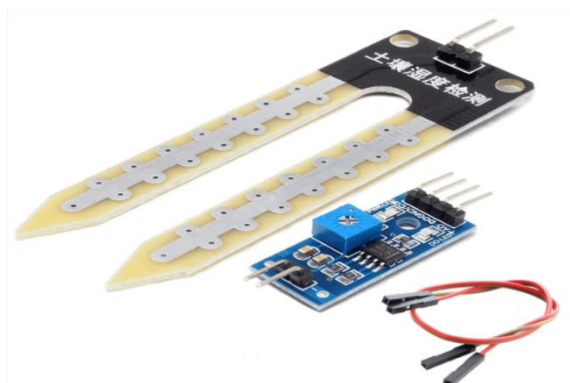


Fuente: <https://www.mercadolibre.cl/sparkfun-redboard-qwiic-atmega328p-compatible-with-arduino-b/p/MLC2001592020>

2.7.4- Sensor de humedad

El sensor de humedad que usamos mide el porcentaje de agua del suelo creando una diferencia de tensión entre dos electrodos por la cual fluye una pequeña cantidad de corriente por la cual se puede emitir un valor de resistencia con el cual se usa de escala para medir la cantidad de agua que hay en el suelo según la conductividad que tenga el suelo

Figura 2. 16: Sensor de humedad de suelo

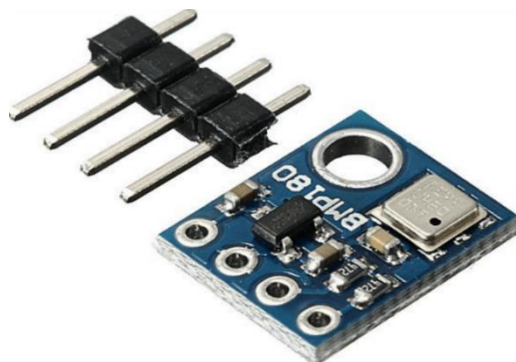


Fuente: <https://www.seravoryfind.com/producto-p-100025.html>

2.7.5- Sensor de temperatura

El sensor de temperatura que utilizamos es el BMP180 el cual es un sensor piezorresistivo los cuales funcionan leyendo los cambios resistivos de una deformación mecánica de un material. Este cambio en la resistividad eléctrica crea la escala con la cual medimos la temperatura.

Figura 2. 17: Sensor de temperatura bmp180



Fuente: <https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-437758750-sensor-presion-barometrica-i2c-bmp180-gv68-arduino-max--JM#&gid=1&pid=1>

2.7.6- Electroválvula

Una electroválvula es un dispositivo que puede controlar el flujo de un líquido a través de un dispositivo electromecánico el cual en este caso es un motor, este motor al momento en el cual recibe una señal abre o cierra el flujo del líquido.

Figura 2. 18: *Electroválvula*

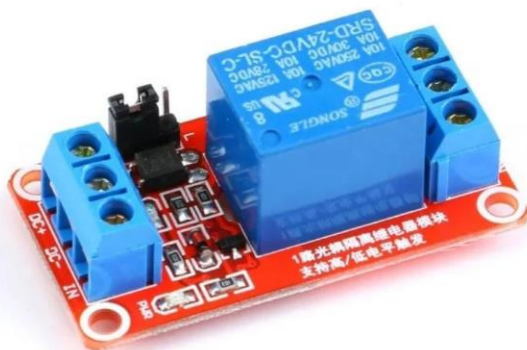


Fuente: <https://www.taloselectronics.com/products/valvula-solenoid-12-vcd-nc-1-2>

2.7.7- Modulo de relé

El funcionamiento y uso del Módulo de Relé consiste en que cuando llega una señal de baja tensión al relé este genera un campo magnético el cual acciona un interruptor interno por el cual va a dar paso a la corriente de los demás canales.

Figura 2. 19: *Modulo relé*



Fuente: https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-1552218916-modulo-rele-1ch-24v-disparo-h-l-optoacoplado-arduino-max--_JM

CAPITULO III: Desarrollo del Trabajo

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptivo y aplicado.

Descriptivo, porque se analizan y detallan las características, necesidades y componentes de un huerto inteligente, incluyendo sensores, tipos de riego y criterios de ecoeficiencia

Aplicado porque la información obtenida se analiza para diseñar una solución práctica en un sistema de riego automatizado que optimiza el uso del agua mediante sensores.

3.2- Enfoque

Para el desarrollo de este proyecto, se empleó una metodología de enfoque cualitativa basada en información proveniente de páginas web, artículos y recursos digitales.

Se recopilaron y analizaron fuentes digitales, incluyendo artículos académicos, tutoriales, blogs, sitios web especializados en automatización y recursos audiovisuales. Estas fuentes permitieron identificar experiencias prácticas recomendadas y probar cremas comunes en la gestión del riego y la implementación de huertos inteligentes.

En análisis, consistió en comparar la información encontrada, identificar puntos en común y extraer conclusiones sobre las tecnologías más adecuadas para un sistema eficiente, tales como sensores de humedad, riego por goteo, microcontroladores y métodos de optimización en el uso del agua.

La información obtenida sirve como base para definir los componentes del huerto su funcionamiento. Los criterios de consciencia y las decisiones técnicas del diseño final.

3.3- Diseño de Investigación

El diseño es no experimental y transversal.

No experimental, porque no se manipulan variables de un entorno controlado; se observa y analiza información ya existente.

Transversal, porque la investigación se ha realizado en un periodo específico y no al largo del tiempo.

3.4- Técnicas de recolección de la información

Se empleó la revisión documental, que consiste en recopilar información de distintos recursos digitales. Las fuentes consultadas incluyen;

- Páginas web educativas y tecnológicas.
- Blogs y foros sobre agricultura.
- Artículos digitales sobre automatización y sensores.
- Vídeos explicativos y tutoriales.
- Documentos PDF.

Esta revisión permitió identificar la problemática del riego tradicional, los beneficios del riego automatizado y las tecnologías más usadas en huertos inteligentes.

3.5-Procedimiento de investigación

El trabajo se desarrolló en las siguientes etapas:

1. Búsqueda de información sobre eficiencia del sistema de riego y huerto inteligente en fuentes digitales confiables.
2. Selección de contenidos relevantes. Priorizando material que explicará el funcionamiento de sensores, microcontroladores y métodos de riego.

3. Identificando necesidades del huerto. Como controlador de humedad, ahorro del agua y automatización.
4. Definimos los sensores, el sistema de riego y la estructura general del cuarto inteligente basándonos en lo analizado.

3.6- Resultados esperados del proceso metodológico

La metodología permite comprender las necesidades reales del huerto, la seleccionar tecnologías adecuadas y el diseño de un huerto inteligente que optimiza el agua mejorando la eficiencia y reduzca el impacto ambiental.

Como resultado de este proceso, se busca definir de manera precisa qué componente tecnológico son los más adecuados para el diseño del huerto, tales como sensores de humedad, sistemas de riego por goteo, electroválvulas y microcontroladores. La comparación entre distintas fuentes digitales permite seleccionar soluciones eficientes. Variables y acordes a los objetivos del proyecto.

Asimismo, se espera que la metodología permita elaborar un diseño funcional capaz de optimizar el uso del agua, mejorar el control de las condiciones del suelo y reducir el consumo de recursos. Esto contribuirá a crear un sistema de coeficientes que no sólo automatice el riego, sino que también promueva un uso responsable y sostenible del agua.

3.7 Actividades Realizadas para el montaje del proyecto

3.7- Sistema de Control

La implementación del sistema de control se llevará a cabo de la siguiente manera:

La placa Redboard se instalará en un tablero eléctrico resistente a la intemperie, fijado al huerto. Desde este tablero, se conectarán los siguientes componentes:

- Sensor de humedad: se colocará en la tierra de los cultivos para medir la humedad de las raíces de manera precisa.
- Sensor de temperatura: se ubicará cerca de la superficie del suelo para monitorear la temperatura y activar el riego si es necesario.
- Pantalla LCD: se integrará en el tablero para mostrar información en tiempo real, como la temperatura y humedad, sin necesidad de un computador.
- Enchufe a corriente eléctrica: para alimentar el sistema.

El tablero tendrá una carcasa con un recorte específico para la pantalla LCD, lo que permitirá visualizar la información de los sensores (como temperatura y humedad) mientras mantiene protegidos los componentes internos de factores externos como agua, polvo, golpes, entre otros.

3.8- Explicación del código

Introducción:

El propósito del código es regular el riego de la maceta o huerto en el que se encuentre instalado; esto se realiza a través del microcontrolador Arduino UNO y el lenguaje de programación C++ mediante la aplicación Arduino IDE. El objetivo del código

es activar el riego en el momento en que la tierra se encuentre muy seca o haya poca humedad; así como también cuando la temperatura de la superficie de la tierra sea muy alta.

3.8.1. Librerías y Hardware

Figura 3.1: línea de código (1-4)

```
1 000#include <Arduino.h>
2 #include <Wire.h>
3 #include <SFE_BMP180.h>
4 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

Fuente: Elaboración propia

Al empezar el código se incluyen las librerías de los sensores y la pantalla que van a ir conectados a nuestra placa, estas librerías se descargan desde la aplicación misma de Arduino (ARDUINO IDE) y su función es que la placa reconozca estos dispositivos y conozca como usarlos. Las librerías que se ven en el código son las correspondientes al Sensor de Temperatura, Sensor de humedad, la misma placa Arduino y el de la Pantalla LCD.

L1: Librería de la placa Arduino.

L2: Librería de el sensor de humedad.

L3: Librería de el sensor de temperatura BMP180.

L4: Librería de la pantalla LCD.

3.8.2- Creación de Objetos

Figura 3.2: Línea de código (5-9)

```
5
6 SFE_BMP180 bmp180;
7
8 LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 16, 2);
9
```

En la línea Fuente: Elaboración propia bres a las librerías para así poder implementarlas en el código. Ejemplo: “SFE_BMP” es la biblioteca descargada y “bmp180” es nuestro nombre. En el caso de la pantalla LCD después del nombre “lcd” adicionalmente se incluye la medida de la pantalla

L6: Asignación de nombre al sensor de temperatura.

L8: Asignación de nombre a la pantalla LCD.

3.8.3- Configuración del Sensor de humedad

Figura 3.3: Línea de código (10-13)

```
10 #define PIN_SENSOR_H A0
11 const int VALOR_SECO = 1020;    // Valor en aire
12 const int VALOR_MOJADO = 290;   // Valor en agua
13
```

Fuente: Elaboración propia

Aquí se define los valores mínimos y máximos de el sensor de humedad. Para calibrar el sensor simplemente realizamos un código distinto el cual nos da los datos directos de el sensor, a partir de estos datos realizamos las siguientes pruebas:

1.- Se coloco el sensor en un recipiente con agua hasta que cubriera todo el sensor, esto para obtener el valor máximo de conductividad en el sensor el cual en el Monitor Serie del Arduino IDE nos muestra el valor, este siendo 290.

2.- Usando el mismo código se realizó la prueba, pero esta vez en aire, donde la conductividad de el sensor es la mínima, el valor recibido de el sensor fue de 1020.

Después de realizar estas pruebas ya teníamos un valor mínimo y máximo así pudiendo realizar una escala de 0% a 100%.

L10: Define que la entrada física en la placa de el sensor será el A0.

L11: Se define el valor constante de mínima humedad que tendrá en cuenta la placa al recibir datos y al compararlos con el sensor.

L12: Se define el valor constante de máxima humedad que tendrá en cuenta la placa al recibir datos y al compararlos con el sensor.

Figura 3.4: *Medir el valor del sensor al monitor*

```
const int PIN_SENSOR = A0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {

  int valorActual = analogRead(PIN_SENSOR);

  Serial.print("Valor actual del sensor: ");
  Serial.println(valorActual);

  delay(500);
}
```

Fuente: Elaboración propia

3.8.4- Configuración del Relé

Figura 19: línea Código 14-18

```
14  const int PIN_RELE = 7;
15
16  const int RELE_ENCENDIDO = HIGH;
17  const int RELE_APAGADO  = LOW;
18
```

Fuente: Elaboración propia

En esta parte del código se configura las entradas de la placa física para poder controlar la válvula.

L14: crea un nombre para el pin 7 de la placa, al cual nombramos “PIN_RELE” esto para después programarlo para que encienda el relé.

L16: crea una constante para la misma salida para que cuando se use “RELE_ENCENDIDO” el pin de una señal “HIGH” lo cual equivale a 5 volts.

L17: crea una constante para la misma salida para que cuando se use “RELE_APAGADO” el pin de una señal “LOW” lo cual equivale a 0 volts.

4.3.5. Parámetros de Riego

Figura 3.6: Línea de código (19-22)

```
19  const int LIMITE_HUMEDAD = 15;      // Regar si baja del 15%
20  const double LIMITE_TEMP = 35.0;    // Regar si sube de 35°C
21  const int DURACION_RIEGO = 7000;    // 7 segundos regando
22
```

Fuente: Elaboración propia

En esta parte del código que determina las constantes principales del proyecto el cual es el control del riego.

L19: Si la humedad baja del 15% se activa el riego.

L20: Si la temperatura sube de 35.0°C, se activa el riego.

L21: la válvula se abrirá por 7000 ms al regar (7 segundos).

Luego se programaron unos temporizadores por uso de la válvula para que no se repita la misma acción por el sensor de calor ya que sin esto en el momento en que se detecten 35° no dejaría de regar.

Figura 3.7: Línea de código (23-26)

```
23  unsigned long ultimaVezRiegoPorTemp = 0;
24  const unsigned long TIEMPO_ESPERA_TEMP = 14400000; // 4 horas en ms
25  bool primeraVezTemp = true;
26
```

Ilustración 21: Línea de Código 23-26

L23: Variable para guardar cuándo fue la última vez que se regó por calor.

L24: Constante que indica el tiempo de espera entre cada riego por calor.

Fuente: Elaboración propia

Arduino que no importa los registros anteriores, si es la primera vez que enciende y hay 500 el relé se activara.

4.4.6: SETUP

Figura 3.8: Línea de código (29-44)

```
29
30 void setup()
31 {
32     Serial.begin(9600);
33
34     // Relè
35     pinMode(PIN_RELE, OUTPUT);
36     digitalWrite(PIN_RELE, RELE_APAGADO);
37
38     // Pantalla
39     lcd.init();
40     lcd.backlight();
41     lcd.setCursor(0, 0);
42     lcd.print("Sistema Riego");
43     lcd.setCursor(0, 1);
44     lcd.print("Iniciando...");
```

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.9: Línea de código (45-59)

```
45
46 // BMP180(Sensor Temperatura)
47 if (bmp180.begin()) {
48     Serial.println(F("BMP180 iniciado correctamente.));
49 } else {
50     Serial.println(F("Error BMP180"));
51     lcd.clear();
52     lcd.print("Error Sensor T");
53     while (1); // Bloqueo de seguridad si falla el sensor
54 }
55
56 delay(2000);
57 lcd.clear();
58 }
59
```

Fuente: Elaboración propia

Esta parte se inician los componentes que se usaran en el proyecto y principalmente las interacciones que tendrá con la pantalla LCD.

L30: Inicia la función de configuración.

L32: Inicia la comunicación con la computadora a 9600 baudios.

L35: Configura el Pin 7 como salida de corriente.

L36: Configura el Pin 7 en LOW para asegurarse de que la válvula empiece cerrada.

L39: Inicializa el chip de la pantalla LCD.

L40: Enciende la luz de fondo de la pantalla.

L41: Coloca el cursor de la pantalla LCD en la primera columna, primera fila para escribir.

L42: Escribe el siguiente texto en la pantalla: "Sistema Riego"

L43: Mueve el cursor a la primera columna, segunda fila (debajo) en la pantalla LCD.

L44: Escribe el siguiente texto: "Iniciando..."

L47: Intenta iniciar el sensor de temperatura BMP180.

L48: Escribe el mensaje de éxito al PC.

L49: Si el sensor NO responde se iniciará las líneas 50, 51, 52 y 53.

50: Escribe "Error BMP180" al PC si es que no inicia.

L51: Limpia la Pantalla LCD.

L52: Escribe en la pantalla LCD: Error Sensor T

L53: Esta línea es una de seguridad, lo que realiza es que si no inicio el sensor de temperatura (L49) la placa no realizara más acciones.

L56: inicia un enfriamiento de 2 segundos para que el texto de iniciando se pueda leer.

L57: Borra la pantalla para que quede limpia para el bucle principal.

3.8.7- Función Auxiliar “Regar”

Figura 3.10: Línea de código (60-69)

```
60 void activarRiego(String motivo) {  
61     Serial.print(">>> ACTIVANDO RIEGO POR: ");  
62     Serial.println(motivo);  
63  
64     lcd.clear();  
65     lcd.setCursor(0, 0);  
66     lcd.print("REGANDO...");  
67     lcd.setCursor(0, 1);  
68     lcd.print(motivo);  
69 }
```

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.11: Línea de código (70-81)

```
70     digitalWrite(PIN_RELE, RELE_ENCENDIDO);  
71  
72     delay(DURACION_RIEGO);  
73  
74     digitalWrite(PIN_RELE, RELE_APAGADO);  
75  
76     lcd.clear();  
77     lcd.print("Riego Terminado");  
78     delay(1000);  
79     lcd.clear();  
80 }  
81
```

Fuente: Elaboración propia

Este bloque de código es una función auxiliar, estas sirven para cuando hay una acción que se realiza repetidas veces, en vez de estar programando esa dicha acción muchas veces se crea esta "Subrutina" o "Función Auxiliar" para simplificar el código. Ya que en nuestro proyecto vamos a regar repetidas veces por distintos motivos realizamos esta función auxiliar.

De la línea 60 a 68 de Código nos centramos primero en la interfaz que se mostrara tanto como en la pantalla LCD y el Monitor Serie de el computador.

De la línea 70 a 79 de Código se centra en la activación de el relé para el riego de el proyecto.

L60: Define la función. El (motivo) es el espacio que se usa para explicar por qué se riega.

L61: Escribe el aviso en el Monitor Serie del computador.

L62: Escribe el (motivo) en el Monitor Serie del computador.

L64: Limpia la pantalla LCD.

L65: Coloca el cursor de la pantalla LCD para escribir en la primera columna, primera fila.

L66: Escribe "REGANDO. . ." en la pantalla LCD.

L67: Mueve el cursor de la pantalla LCD a la primera columna, segunda fila (debajo).

L68: Escribe el (motivo) en la pantalla LCD.

L70: Envía un voltaje de 5 volts constante por el pin 7 de la placa para activar el relee y así abrir la electroválvula.

L72: Tiempo de espera para leer la siguiente línea de Código por 7 segundos, esto para que al regar no se cierre la electroválvula de forma instantánea.

L74: Corta la señal de voltaje para que la electroválvula se cierre.

L76: Limpia la pantalla LCD.

L77: Escribe “Riego Terminado” En la pantalla LCD.

L78: Tiempo de espera de 1 segundo para leer la siguiente línea de código.

L79: Limpia la pantalla LCD.

3.8: Bucle Principal.

Esta parte del Código es la más importante ya que es la encargada de hacer todo lo que se va a repetir durante el tiempo que este activo y la parte que toma las decisiones.

Figura 3.12: Línea de código (82-100)

```
82 void loop()
83 {
84     if (millis() - ultimoEnvio >= tiempoEnvio)
85     {
86         ultimoEnvio = millis();
87
88         char status;
89         double temp = 0.0;
90
91         status = bmp180.startTemperature();
92         if (status != 0) {
93             delay(status);
94             status = bmp180.getTemperature(temp);
95         }
96
97         int lecturaAnalogica = analogRead(PIN_SENSOR_H);
98
99         int porcentajeHumedad = map(lecturaAnalogica, VALOR_MOJADO, VALOR_SECO, 100, 0);
100
```

Fuente: Elaboración propia

L82: Todo lo que este dentro de este código se repetirá indefinidamente.

L84: se programó un tiempo de espera para que el Arduino no intente revisar el código cada milisegundo ya que eso es innecesario y saturaría la pantalla LCD.

L86: registra el tiempo de la última vez que entro al paréntesis o “if”.

L88: Variable temporal.

L89: Variable para la temperatura.

L91: Pide al sensor de temperatura que mida.

L92: Si el sensor dice "OK" pasa a la siguiente línea.

L93: Espera lo necesario para medir.

L94: Guarda el dato en: "(temp)"

L97: Lee el pin A0 (0-1023).

L99: Traduce la medición de el sensor a porcentaje (0-100%) usando los datos ya calibrados.

Figura 3.13: Línea de código (101-119)

```
101     porcentajeHumedad = constrain(porcentajeHumedad, 0, 100);
102
103     Serial.print("T: "); Serial.print(temp);
104     Serial.print(" C | H: "); Serial.print(porcentajeHumedad); Serial.println("");
105
106     lcd.setCursor(0, 0);
107     lcd.print("Temp: "); lcd.print(temp, 1); lcd.print((char)223); lcd.print("C ");
108     lcd.setCursor(0, 1);
109     lcd.print("Hum: "); lcd.print(porcentajeHumedad); lcd.print("% ");
110
111     if (porcentajeHumedad < LIMITE_HUMEDAD) {
112         activarRiego("Humedad Baja");
113         return;
114     }
115
116     if (temp > LIMITE_TEMP) {
117         unsigned long tiempoActual = millis();
118
119         if (primeraVezTemp || (tiempoActual - ultimaVezRiegoPorTemp >= TIEMPO_ESPERA_TEMP)) {
```

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14: Líneas de código (120-127)

```
120         activarRiego("Calor Extremo");
121         /
122         ultimaVezRiegoPorTemp = millis();
123         primeraVezTemp = false;
124     }
125 }
126 }
127 }
```

Fuente: Elaboración propia

- L101: Obliga a quedarse en una escala entre 0 y 100.
- L103: Escribe valor de la temperatura en el monitor serie del computador.
- L104: Escribe el separador " C | H: ", Escribe el valor de la humedad y Escribe el símbolo "%".
- L106: Coloca el cursor de la pantalla LCD para escribir en la primera columna, primera fila.
- L107: Escribe el valor de la temperatura en la pantalla LCD.
- L108: Coloca el cursor de la pantalla LCD para escribir en la segunda columna, primera fila.
- L109: Escribe el valor de la humedad en la pantalla LCD.
- L111: Si la humedad es inferior al 15% se inician las siguientes líneas de código.
- L112: Activa el riego.
- L113: Comando para que vuelva a leer el código del inicio.
- L116: Si la temperatura es mayor a 35°C se inician las siguientes líneas de códigos.
- L117: Guarda el tiempo en que lee esta línea con el nombre "tiempoActual".
- L119: Si es la primera vez que se activa el sistema o si ya pasaron 4 horas lee las siguientes líneas de código.
- L120: Activa el riego.
- L122: Actualiza el tiempo de la variable "tiempoActual".
- L123: Al llegar a esta línea deja de ser la primera vez que se activa el sistema así que solo leerá el código si a pasado las 4 horas

3.9- Pruebas del Funcionamiento del Control

El funcionamiento del huerto automatizado se basa en un ciclo de retroalimentación constante (bucle de control) donde el sistema monitorea el aspecto del suelo y actúa de forma autónoma

Etapas 1: Monitoreo y adquisición de datos.

El sistema inicia con el sensor de humedad de suelo. El cual se encuentra insertado en el sustrato de la maqueta de pruebas, cerca de la zona de las plantas. A continuación, se le hace una lectura con el sensor, el cual mide constantemente la conductividad eléctrica del suelo. Cuando el suelo está seco, la resistencia eléctrica es alta, o sea que hay poca conductividad. A diferencia cuando el suelo está húmedo, la resistencia eléctrica es baja y por lo tanto, hay una mayor conductividad. Ahí se genera una transducción de la lectura física a una señal analógica que se envía al Microcontrolador Arduino.

Etapas 2. Control.

El Arduino actúa como un cerebro del sistema, recibe la señal del sensor y la procesa mediante un código programado previamente. Se basa en dos principios: Comparación y decisión.

- **Comparación:** El Arduino compara el valor de la humedad leída en el tiempo real contra el valor umbral o setpoint, el que esta predefinido en el código
- **Decisión:** Si la humedad detectada es superior al umbral. El Arduino se mantiene en espera stand-by. Si la humedad es inferior al umbral, el Arduino activa la orden de riego.

Etapas 3: Activación.

Dado que el Arduino trabaja con un voltaje de 5 V y la electroválvula requiere un mayor potencial de 12 V. Se utiliza un módulo relé como intermediario. A continuación, se presenta la secuencia a realizar:

- **Señal de disparo:** El Arduino envía una señal de 5 V al relé para activar la electroválvula y comenzar con el riego.
- **Cierre del circuito:** El relé conmuta su interruptor interno, permitiendo que la corriente de la fuente externa fluya desde la fuente de alimentación de 12 V hacia la electroválvula.
- **Apertura de válvula:** Al energizarse el solenoide de la Electroválvula, este levanta el pistón interno, permitiendo el paso del agua desde la toma directa hacia el sistema.

Etapas 4: Riego.

Una vez abierta, la válvula comienza a efectuarse el flujo del agua mediante la manguera hacia la manguera. A continuación, se presenta la secuencia a realizar:

- **Ingreso del agua:** El agua presurizada pasa por la electroválvula y entra al circuito cuadrado por la primera esquina.
- **Recorrido:** El flujo avanza secuencialmente por el perímetro de las mangueras, pasando el primer codo al segundo, luego el tercero y ahí cerrando el ciclo en el cuarto punto.
- **Emisión:** Cuando la presión se estabiliza en el anillo y el agua es impulsada simultáneamente, por lo que es ricoteros instalados cuatro por lado humedeciendo el sustrato o gota a gota.

Etapas 5: Finalización del ciclo

El ciclo continúa hasta que ocurre una de las 2 condiciones programadas siguientes:

1. El sensor detecta la humedad del suelo, ha recuperado el nivel óptimo.
2. Se cumple un tiempo de riego preestablecido en el Código

En ese momento, el Arduino corta la señal de la electroválvula, la desenergizada y se cierra automáticamente, deteniendo el flujo del agua.

CAPITULO IV: Actividades pendientes del proyecto

Por falta de tiempo y organización, quedaron actividades pendientes, las cuales no se pudieron completar:

1. Montaje de macetero/huerto para el sistema de control
2. Plantación de hortalizas en el proyecto
3. Seguimiento del crecimiento de las hortalizas en el proyecto

A continuación, se detallan los avances logrados en las actividades antes mencionadas:

4.1-Montaje del huerto

Para la creación de la base del huerto, se procedió a ensamblar siete láminas de madera de 60x25x1.8cm, posicionadas de manera que formaran un cuadrado. Luego, se atornillaron las láminas para asegurar la estructura.

Figura 4.1: *Prototipo de la base del huerto*



Fuente: Elaboración propia

Una vez que la base estuvo lista, se realizó un diseño de quemado con un soplete para agregar un toque estético y personalizado al huerto. Finalmente, se aplicó un barniz de color amarillo para proteger la madera.

Con la base del huerto completada, se sentaron las bases para las siguientes etapas del proyecto, que incluirán la instalación de los sistemas de riego, la siembra de las plantas y la implementación del sistema de control

4.2-Implementación del sistema de riego

El sistema se divide en dos partes principales: la cabeza de riego donde entra el agua y la red de distribución con forma rectangular, la que utiliza goteros regulables.

Materiales necesarios para la maqueta

- Fuente: llave de paso (toma de agua)
- Electroválvula: Actuador eléctrico NC 12V DC
- Red de distribución: manguera de polietileno
- Accesorios de unión: 4 codos 90° y dos adaptador racores

4.2.1-Montaje de la red de distribución

Fase 1: Ensamble del cabezal de control.

Se conecta la electroválvula hacia la toma de agua mediante una manguera Después de la salida del Electroválvula Se instala El adaptador Racores

Fase 2: Armado del circuito cuadrangular

1. se cortan los cuatro Segmentos de manguera, según las medidas de la maqueta.
2. se unen 3 de las esquinas utilizando los codos.
3. el 4to codo iría conectado a la entrada del riego y yendo a la primera esquina.
4. Se cerraría el circuito tapando la salida del agua ubicada en una de las puntas faltante

Fase 3: Instalación de emisores.

1. Se marcan las posiciones para cuatro goteros buscando una separación equivalente.
2. Se utiliza una herramienta punzante para perforar la manguera
3. Instala los goteros, asegurando la estabilidad para evitar fugas laterales.

CAPITULO V: Conclusión

En conclusión, el desarrollo de este proyecto ha permitido dar cumplimiento satisfactorio a los objetivos planteados.

En primer lugar, mediante el análisis de los principales errores en el cuidado de huertos, se logró identificar que la gestión ineficiente del agua y la falta de supervisión constante son las causas críticas de fallo, lo que validó la necesidad de una intervención tecnológica.

Con base en este diagnóstico, se implementó exitosamente un sistema de control automatizado, utilizando una placa Redboard junto con sensores de humedad y temperatura. Esta solución demostró ser capaz de ejecutar las tareas de riego de manera autónoma y eficiente, resolviendo la problemática de desperdicio de recursos detectada inicialmente.

Finalmente, se procedió a documentar el proceso del funcionamiento del sistema de control. Este registro no solo sirve como guía para el uso actual del dispositivo, sino que también sienta las bases técnicas para futuras mejoras, como la posible integración de inteligencia artificial o conectividad IoT para el monitoreo remoto.

Bibliografía

1. Client challenge. (s. f.). El huerto en contenedores. Scribd. Recuperado el 10 de enero de 2026, de <https://es.scribd.com/document/493592835/El-huerto-en-contenedores>
2. Cultivos verticales: ventajas y desventajas. (s. f.). Banco Santander. Recuperado el 10 de enero de 2026, de <https://www.bancosantander.es/blog/pymes-negocios/cultivos-verticales-ventajas-desventajas>
3. Huerto vertical: Todo lo que debes saber. (2018, 29 de noviembre). Vertical Magazine, de <https://verticalmagazine.com/huerto-vertical/>
4. ¿Qué es un huerto urbano? Beneficios y tipos principales. (s. f.). Ecolátras. Recuperado el 10 de enero de 2026, de <https://www.ecolatrass.es/blog/consumo-responsable/que-es-un-huerto-urbano>
5. Sibelle. (2022, 10 de octubre). Tipos de riego: ¿cuál es el indicado? Blog | Tecnología para la Agricultura, de <https://bloglatam.jacto.com/tipos-de-riego/> la
6. Comisión Nacional de Riego. (s. f.). Comisión Nacional de Riego (CNR). Ministerio de Agricultura de Chile. Recuperado el 10 de enero de 2026, de <https://minagri.gob.cl/comision-nacional-de-riego-cnr/>
7. Ministerio de Agricultura de Chile. (s. f.). Huertos familiares, de <https://www.odepa.gob.cl>
8. Netafim. (s. f.). ¿Qué es el riego por goteo?, de <https://www.netafim.com/es/riego-por-goteo/>
9. Ministerio de Agricultura de Chile. Subsecretaría de Agricultura entregó recursos para ejecutar proyectos de riego que apoyarán a familias productoras. Recuperado el 10 de enero de 2026, de <https://minagri.gob.cl/noticia/subsecretaria-de-agricultura-entrego-recursos-para-ejecutar-proyectos-de-riego-que-apoyaran-a-familias-productoras/>
10. Jacto. (s. f.). Sistemas de riego: características y aplicaciones., de <https://bloglatam.jacto.com/sistemas-de-riego/>
11. Ecología Verde. (s. f.). Tipos de huertos y sus características., de <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-huertos/>
12. Ministerio de Agricultura de Chile. (s. f.). Huertos familiares, de <https://www.odepa.gob.cl>