



**FIUSAC**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

# SISTEMA DE RIEGO DOMÉSTICO AUTOMATIZADO

Grupo 3	
Marvin Eduardo Catalán Véliz	201905554
Carlos Rene Orantes Lara	201314172
Eddy Arnoldo Reyes Hernández	201612326
Kevin Josue Hernandez Gomez	201020397
Paulo Vladimir Argueta Ortega	202010751

# INTRODUCCIÓN

El mundo está cada vez más consciente de la necesidad de utilizar los recursos de manera eficiente y sostenible, siendo el cultivo de alimentos un reto importante que afrontar. El riego es una de las actividades más importantes en el cultivo, pero a menudo se utiliza de manera ineficiente, lo que puede tener un impacto negativo en el ambiente y en la productividad de las cosechas.

De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el riego representa el 70% del consumo total de agua dulce en todo el mundo. Sin embargo, se estima que el 60% del agua utilizada para riego se pierde por evaporación, filtración, escorrentía o por su uso ineficiente. Este derroche de agua no solo impacta en la disponibilidad del recurso para otros usos, sino que también puede afectar la calidad y cantidad de la cosecha.

Para abordar este desafío, se ha desarrollado un sistema de riego automatizado utilizando un microcontrolador, sensores y una bomba de agua. El objetivo de este proyecto es diseñar y construir un sistema que optimice el uso del agua y garantice un cultivo más eficiente y sostenible.

Para el monitoreo y control del sistema de riego se propone la implementación de una aplicación móvil para poder acceder al sistema desde cualquier lugar, agregando flexibilidad al proyecto.

El microcontrolador a utilizar es un elemento clave de este sistema de riego automatizado, ya que permite la programación de los sensores y la bomba de agua para que se ajusten a las necesidades específicas del cultivo. La aplicación móvil, por su parte, ofrece la posibilidad de monitorear el sistema y ajustar el riego en función de las condiciones climáticas y las necesidades de las plantas en tiempo real.

En este trabajo escrito, se describirán los componentes del sistema de riego automatizado, su funcionamiento y sus casos de uso. También se abordará el impacto ambiental positivo que puede tener este sistema al optimizar el uso del agua y garantizar un cultivo más eficiente y sostenible.

Todo esto permitirá comprender mejor el potencial de los sistemas de riego automatizado en la agricultura sostenible.

# BOCETOS Y EXPLICACIÓN DEL PROTOTIPO

Para poder brindar un sistema de riego automatizado contamos con un invernadero, el cual en su interior estará conteniendo el cultivo que se desea germinar, así como un sensor de humedad que estará monitoreando la humedad del suelo y un sensor de temperatura que estará monitoreando la temperatura interna.

En el exterior del invernadero estará instalado un segundo sensor de temperatura el cual estará monitoreando la temperatura externa en todo momento.

También contaremos con un recipiente con agua que actuará como cisterna y una bomba de agua que impulsará el agua del interior del tanque hacia el interior del invernadero para regar los cultivos.

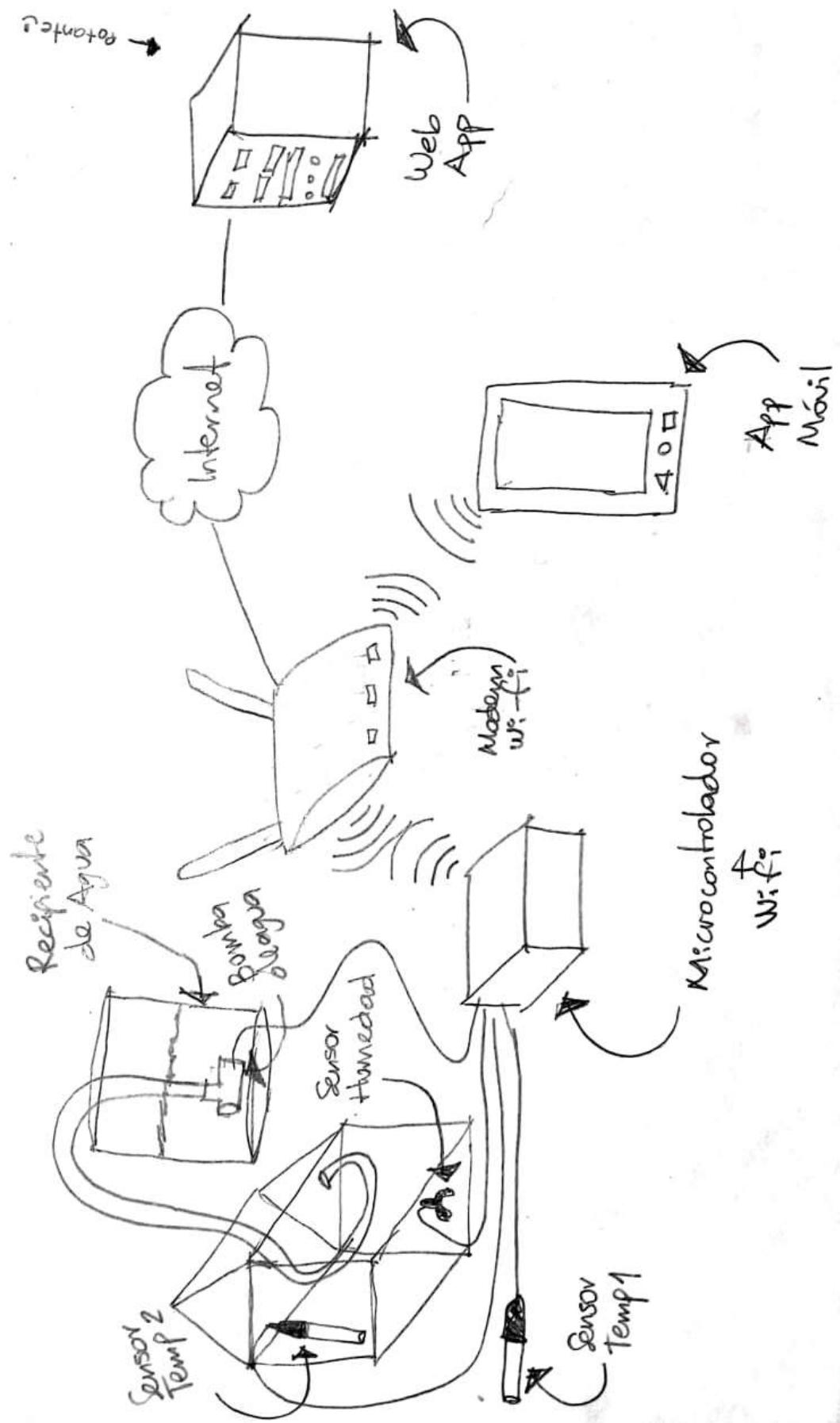
Tanto los sensores como la bomba estarán conectados a un microcontrolador, el cual será el encargado de procesar esta información y transportarla al servidor de aplicaciones hospedado en la nube.

Para poder lograr su cometido el microcontrolador estará enviando señales wifi a un modem que debe de tener conexión estable a internet, garantizando de esta forma una comunicación eficaz entre el dispositivo de IoT y la aplicación en la nube.

La webapp agrupa distintos recursos tecnológicos cuya finalidad es procesar, almacenar y analizar la información proveniente del dispositivo de IoT, esta al estar en la nube puede ser accedida sin problemas en cualquier momento y lugar.

Adicionalmente se cuenta con una aplicación móvil desarrollada para teléfonos Android. Esta aplicación tiene por finalidad ofrecer una interfaz gráfica a través de la cual el usuario puede acceder a la información almacenada en la nube, obtener distintos reportes sobre el estado del invernadero y realizar un encendido/apagado manual de la bomba de agua para regar los cultivos.

Los componentes necesarios para montar los sensores y comunicación entre los distintos componentes de la solución se describen en el desarrollo del Framework IoT.



# IMÁGENES Y EXPLICACIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO

Los materiales que se utilizaron para la construcción del invernadero, el dispositivo de control central y el tanque de agua se describen a continuación:

1. Palillos de madera
2. Madera de abeto
3. Plywood
4. Tornillos para madera
5. Alambre de amarre
6. Pegamento para madera
7. Nylon transparente
8. Bisagras
9. Lamina acanalada
10. Caja IP65
11. Bote de pintura

La base inferior de la maqueta está formada por un cuadrado de madera con una base de plywood. Esta base será la encargada de sostener la tierra y las plantas que se encuentren en ella. La base de plywood cuenta con orificios por donde puede escurrir el excedente de agua del invernadero, evitando de esta forma inundaciones en su interior.

La estructura del invernadero tiene una forma de casa y está formada por palillos de madera que se unieron utilizando alambre de amarre, pegamento de madera y tornillos para madera.

La estructura de madera está forrada por una capa de nylon transparente, el cual protege el interior de las complicaciones del clima, a su vez que permite la visibilidad hacia el interior del invernadero.

La parte superior de la estructura cuenta con un pedazo de lámina acanalada la cual permite proteger al invernadero de las complicaciones del clima, a su vez que en conjunto con las bisagras brindan una cubierta que se puede levantar para acceder al interior del prototipo.

La bomba de agua se encuentra sumergida dentro del recipiente de agua, el cual se encuentra a una distancia no mayor a 1 metro del invernadero. Esta bomba transporta agua a través de un tubo de plástico desde el recipiente hasta el interior del invernadero, humedeciendo el cultivo a través de un riego por aspersión.

En el interior del invernadero se encuentran instalados los sensores de temperatura y humedad del suelo. En el exterior se encuentra un segundo

sensor de temperatura que mide la temperatura exterior. Todos estos sensores se encuentran conectados al dispositivo de control que se encuentra ubicado en el exterior del invernadero.

El dispositivo de control está encapsulado por una caja ip65, la cual está diseñada para utilizarse en exteriores. En el interior de esta caja se encuentran los componentes electrónicos que se encargan de procesar la información recibida por los sensores del invernadero y transportarla a la nube para su posterior utilización.



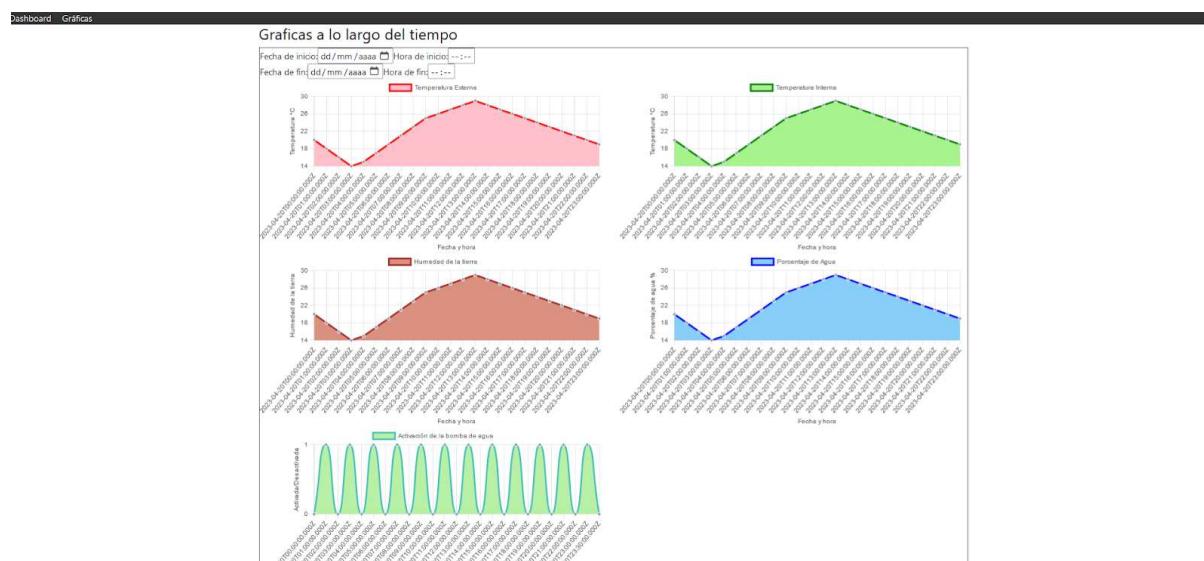
# PANTALLAS DE APLICACIÓN WEB

## DASHBOARD

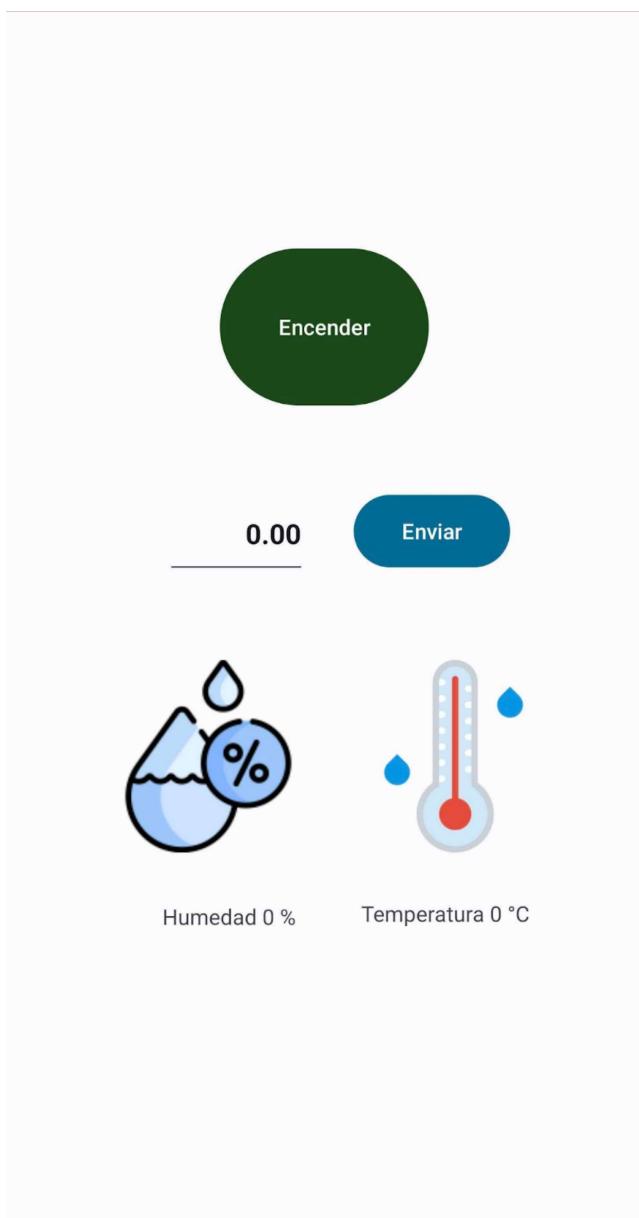
Dashboard sistema de riego



## GRÁFICAS



# CAPTURAS DE APLICACIÓN MÓVIL Y DESCRIPCIÓN DE SU FUNCIONAMIENTO



**Botón**

**Encender/Apagar:**

Este botón permite el encendido y apagado del dispositivo

**Envío de tiempo de Riego:**

Permite ingresar y enviar el rango de tiempo en minutos que tendrá la bomba de riego dentro del invernadero

**Humedad:**

Muestra el porcentaje de humedad en la cabina del invernadero

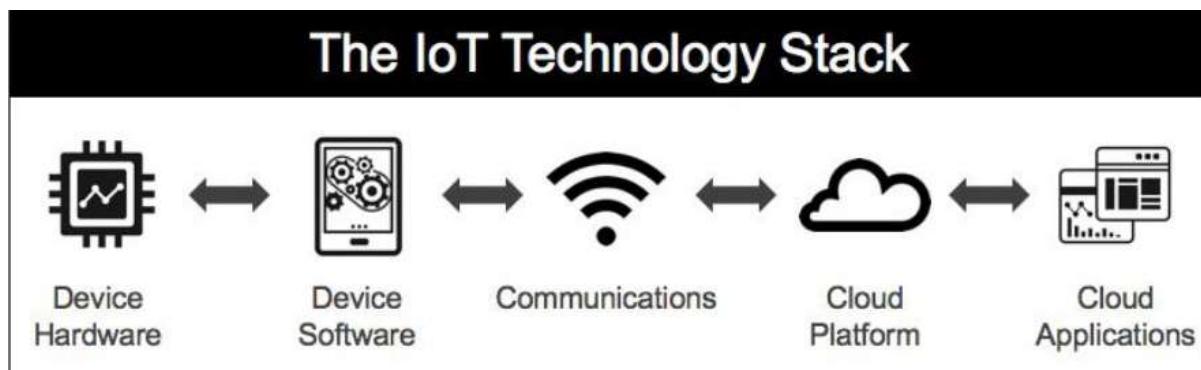
**Temperatura:**

Muestra la temperatura en grados centígrados dentro de la cabina del invernadero.

**Validación de Humedad:**

Muestra una alerta de Que el porcentaje de humedad llegó al 80%

# CAPAS DEL FRAMEWORK IoT



## Device hardware:

En cuanto a la experiencia del usuario en relación al hardware, se debe garantizar que la estética y funcionalidad del dispositivo sean óptimas, evitando que se presenten elementos que generen desorden o incomodidad visual, como cables desordenados. Asimismo, se deben tomar medidas para garantizar que el equipo tenga una vida útil prolongada, minimizando las posibilidades de fallas o daños. En definitiva, la experiencia del usuario en relación al hardware debe ser satisfactoria y exenta de preocupaciones o problemas técnicos, lo cual se traduce en una mayor satisfacción y fidelización del cliente.

## Device software:

En la experiencia de usuario para el software del proyecto, se buscará lograr una interfaz intuitiva y fácil de usar, que permita a los usuarios acceder a las funcionalidades de manera sencilla y eficiente. Además, se buscará minimizar la complejidad del software para evitar posibles errores o malentendidos por parte del usuario.

## Communications:

- Conexión wifi

Conexión WiFi es una tecnología inalámbrica que permite la conexión a internet y la comunicación entre dispositivos electrónicos mediante ondas de radio de alta frecuencia. WiFi es un acrónimo de "Wireless Fidelity" y es utilizado en una variedad de dispositivos, como teléfonos móviles, computadoras portátiles, tabletas y dispositivos IoT (Internet de las cosas).

### - Protocolo mqtt para iot

El protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) es un protocolo de mensajería ligero que se utiliza comúnmente en aplicaciones de IoT para la transmisión de datos entre dispositivos y servidores en la nube. MQTT es un protocolo de comunicación simple y eficiente que utiliza un modelo de publicación/suscripción para transmitir mensajes entre los dispositivos. MQTT es escalable y tolerante a fallos, lo que lo hace ideal para aplicaciones de IoT donde se requiere una alta fiabilidad en la comunicación y un consumo de energía eficiente.

## Cloud platform:

### - EC2 amazon vps

Amazon Elastic Compute Cloud (EC2) es un servicio web proporcionado por Amazon Web Services (AWS) que ofrece capacidad de computación escalable en la nube. Permite a los usuarios alquilar máquinas virtuales, conocidas como instancias, en las que pueden ejecutar sus propias aplicaciones o software. EC2 ofrece una variedad de tipos de instancias, incluidos aquellos optimizados para computación, memoria, almacenamiento y procesamiento gráfico, y los usuarios pueden elegir la configuración que mejor se adapte a sus necesidades.

## Cloud applications:

### Experiencia de Usuario (UX):

En esta capa evaluamos que el usuario requiere tener en todo momento información sobre el desempeño de su sistema de riego, por este motivo se crearán dos aplicaciones, la primera será un sitio web que mostrará información en tiempo real del estado actual del invernadero, mostrándole al usuario el comportamiento del mismo y esto le servirá para tomar decisiones relevantes. La segunda aplicación le permitirá al usuario manejar de manera remota los actuadores que activan y desactivan el flujo de agua en el invernadero, evitando así el desperdicio de agua y el estrés de estar monitoreando continuamente el invernadero.

### Data:

La información es requerida por ambas aplicaciones para mostrar información en tiempo real, las aplicaciones solicitan información cada un segundo o cada vez que el suscriptor tenga información disponible para ser

consumida por un consumidor. Entre la información que será solicitada por los dispositivos tenemos la siguiente:

- Temperatura externa
- Temperatura interna del invernadero
- Porcentaje de humedad dentro del invernadero
- Porcentaje de agua que tiene el tanque para evitar que se quede vacío.

Tecnología:

Debemos garantizar que las aplicaciones a desarrollar funcionen correctamente en los dispositivos de nueva generación por lo cual deben ser responsivos a las acciones del usuario, por esto se recomienda utilizar un framework de desarrollo web como Angular para desarrollar la aplicación Web. Para desarrollar la aplicación de teléfono android o IOS, se recomienda utilizar el framework react native. Ambos framework permiten utilizar protocolos de capa de aplicación como HTTP, HTTPS Y MQTT.

## LINK DEL REPOSITORIO

[https://github.com/MaryEdCV/ACE2\\_1S23\\_G3](https://github.com/MaryEdCV/ACE2_1S23_G3)

## BENEFICIOS E IMPACTO AMBIENTAL

### 1. Tiempos de riego

Al usar un sensor de humedad ubicado en el suelo de la maceta, el sistema es capaz de saber si el cultivo necesita ser regado o no de acuerdo al porcentaje de humedad en el mismo. Esto ayuda a evitar el riego cuando no es necesario y por ende el uso excesivo de agua, reduciendo su consumo en comparación con los sistemas de riego manuales.

### 2. Eficiencia energética

Al utilizar una bomba de agua controlada por un microcontrolador, este último se encuentra monitoreando constantemente la humedad dentro del invernadero. Cuando la humedad supera el 80% se envía una alerta al usuario de que es necesario cortar el suministro de agua, reduciendo significativamente el tiempo de funcionamiento de la bomba en comparación con los sistemas de riego manuales y reduciendo el consumo de energía del sistema.

Aunque actualmente el sistema se alimenta con energía eléctrica no renovable, sin embargo, es posible explorar alternativas renovables para reducir el impacto ambiental en el futuro.

### 3. Desperdicio de agua y erosión del suelo

El sensor de humedad en el suelo monitorea constantemente el porcentaje de agua que hay dentro del invernadero, esto le permite al sistema alertar cuando se está realizando un riego excesivo. Evitando con ello el desperdicio de agua y la erosión del suelo a raíz de un flujo excesivo de agua sobre los cultivos.

### 4. Protección de los cultivos

Al instalar el sistema en un invernadero, se evita la posibilidad de que el cultivo sea dañado debido a factores naturales como lluvias intensas y vientos fuertes. Estos factores pueden dañar los cultivos hasta dejarlos inservibles, además de ocasionar la pérdida de la capa superficial fértil del suelo y con ello la incapacidad de continuar utilizando el suelo para fines agrícolas.

### 5. Huella de carbono

El uso de tecnologías de IoT en el sistema de riego automatizado puede ayudar a reducir la huella de carbono del hogar. Al permitir que el riego sea automatizado y controlado por sensores, se puede evitar el desperdicio de agua y la emisión de gases de efecto invernadero asociados con el transporte y el suministro del mismo. Además, la utilización de sistemas de riego eficientes también puede contribuir a la conservación de la energía, ya que se reduce la necesidad de bombeo grandes cantidades de agua para el riego.

### 6. Reducción de errores humanos

Al automatizar el proceso de riego, se elimina la intervención del usuario en la toma de decisiones del riego, lo que puede reducir significativamente los errores que puedan ocurrir. En el caso de un sistema de riego manual, los errores pueden ocurrir por muchas razones, como el olvido de regar las plantas, regarlas en exceso o en el momento incorrecto, o no regarlas lo suficiente. Estos errores pueden tener consecuencias negativas para las plantas, como la sobre-hidratación o la deshidratación, lo que puede dañar su salud y su capacidad para producir flores o frutos. Al automatizar el

proceso de riego con tecnologías de IoT, se puede reducir significativamente la posibilidad de que ocurran estos errores, lo que a su vez puede tener un impacto positivo en la salud y el crecimiento de las plantas.

# SMART CONNECTED DESIGN FRAMEWORK

## DESCRIPCIÓN

Es un sistema de riego automatizado para plantas que utiliza un microcontrolador Arduino, sensores de humedad del suelo y temperatura, una bomba de agua y una aplicación móvil para monitorear y controlar el sistema de riego de manera remota. El dispositivo recopila información de los sensores y la envía a la aplicación móvil, que muestra los datos en tiempo real y permite programar horarios de riego y ajustar la frecuencia y cantidad de agua. El objetivo del producto es optimizar el uso del agua y obtener un cultivo más eficiente y sostenible.

## PRODUCTO

Sistema de riego vertical automatizado

## INFRAESTRUCTURA DEL PRODUCTO

En esta parte se representa el hardware y software básico para el producto

### HARDWARE:

- Arduino
- Sensores de humedad del suelo
- Sensores de temperatura
- Módulo Wifi
- Cableado
- Manguera
- Sensor de agua
- Bomba de agua

### SOFTWARE:

- Aplicación web
- Aplicación móvil nativa
- Base de datos
- Programa arduino
- Servicio para manejo de datos(API)

## SENsoRES

NOMBRE: Sensor ultrasónico HC-SR04

DESCRIPCIÓN: Este sensor ultrasónico es utilizado para medir la distancia entre el sensor y un objeto mediante la emisión de ondas de sonido y la detección del eco reflejado. Es comúnmente utilizado para medir niveles en tanques de agua y otros líquidos.

PRECIO: El precio puede variar dependiendo del proveedor, pero generalmente se encuentra entre \$2 y \$5 USD.



NOMBRE: Sensor de temperatura DS18B20

DESCRIPCIÓN: Este sensor de temperatura digital mide la temperatura con una precisión de +/-0.5°C en un rango de -55°C a 125°C. Es comúnmente utilizado en aplicaciones que requieren medición de temperatura de alta precisión, como sistemas de control de clima o monitoreo de temperatura en dispositivos electrónicos.

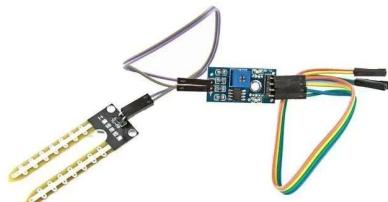
PRECIO: El precio puede variar dependiendo del proveedor, pero generalmente se encuentra entre \$2 y \$5 USD.



NOMBRE: Sensor de humedad MH-Series

DESCRIPCIÓN: Este sensor de humedad mide la humedad relativa en el aire mediante la detección de cambios en la capacitancia del sensor. Es comúnmente utilizado en aplicaciones de control de clima, monitoreo ambiental y sistemas de irrigación.

PRECIO: El precio puede variar dependiendo del proveedor, pero generalmente se encuentra entre \$1 y \$3 USD.



NOMBRE: Bomba de diafragma de 12V

DESCRIPCIÓN: Una bomba de diafragma de 12V es un tipo de bomba que utiliza la energía eléctrica de una fuente de 12 voltios para accionar un motor que impulsa un pistón o diafragma hacia arriba y hacia abajo. El movimiento del pistón o diafragma crea una acción de bombeo que mueve el líquido a través de la bomba y lo envía hacia el destino deseado. Estas bombas suelen ser compactas y ligeras, y se utilizan comúnmente en aplicaciones de transferencia de líquidos, como en sistemas de agua a bordo de barcos, vehículos recreativos y equipos agrícolas, así como en sistemas de rociado en jardines y agricultura. Además, su diseño de bajo consumo de energía las hace ideales para su uso en sistemas solares y eólicos.

PRECIO: El precio puede variar dependiendo del proveedor, pero generalmente se encuentra entre \$5 y \$15 USD.



## CONECTIVIDAD

La conectividad del dispositivo se realiza mediante un módulo Wi-Fi que permite enviar la información recolectada por los sensores a una base de datos transaccional local o en la nube. La información almacenada en la base de datos es procesada y desplegada en la pantalla correspondiente de la aplicación móvil. La comunicación entre el dispositivo, la aplicación y el servidor debe estar implementada y funcional para que el usuario pueda visualizar en tiempo real lo que está sucediendo y recibir reportes de los datos recolectados a lo largo del tiempo. La conectividad es esencial para el correcto funcionamiento del sistema de riego automatizado y para que el usuario pueda controlar y monitorear el sistema de manera remota.

**TAMAÑO:** Las medidas pueden variar pero las mínimas aceptadas son 30cmx40cm de base y 20cm de alto.

**ENTORNO DEL OBJETO:** está diseñado para ser utilizado en un entorno de cultivo de plantas, ya sea en un jardín, huerto o invernadero. El sistema de riego automatizado está diseñado para optimizar el uso del agua y obtener un cultivo más eficiente y sostenible, por lo que es ideal para aquellos que buscan una solución innovadora y sostenible para el cuidado de sus plantas. El dispositivo está diseñado para soportar la intemperie al 100%, independientemente del clima, ya que estará en el exterior.

**CONSUMO DE ENERGÍA:** dependerá del tiempo de uso y la frecuencia de activación de la bomba de agua y los sensores. Sin embargo, se espera que el consumo de energía sea relativamente bajo, ya que el sistema de riego automatizado está diseñado para funcionar de manera eficiente y sostenible. El microcontrolador Arduino utilizado para controlar el sistema de riego consume muy poca energía, y los sensores y la bomba de agua solo se activarán cuando sea necesario, lo que reducirá aún más el consumo de energía. Además, se recomienda utilizar fuentes de energía renovable, como paneles solares o turbinas eólicas, para alimentar el dispositivo y reducir aún más su impacto ambiental. En resumen, el consumo de energía del objeto de IoT dependerá del tiempo de uso y la frecuencia de activación de los componentes, pero se espera que sea relativamente bajo debido al diseño eficiente y sostenible del sistema de riego automatizado.

**CONCLUSIÓN:** se trata de un objeto de IoT diseñado para optimizar el uso del agua en el cultivo de plantas y mejorar su eficiencia y sostenibilidad. El dispositivo cuenta con un módulo Wi-Fi que permite la conectividad con una base de datos local o en la nube para almacenar y procesar la información recolectada por los sensores, lo que permite al usuario controlar y monitorear el sistema de riego de manera remota a través de una aplicación móvil. El objeto está diseñado para ser utilizado en un entorno de cultivo de plantas al aire libre y soportar las condiciones climáticas adversas.

En cuanto al consumo de energía, se espera que sea relativamente bajo gracias al diseño eficiente y sostenible del sistema de riego automatizado, y se recomienda utilizar fuentes de energía renovable para alimentar el dispositivo y reducir su impacto ambiental. En general, se trata de una solución innovadora y sostenible para el cuidado de las plantas.

## ANALITICA

### MODELOS:

1. mqtt\_user: esta tabla almacena la información de los usuarios MQTT.  
Tiene las siguientes columnas:
  - id: identificador único de usuario
  - username: nombre de usuario
  - password: contraseña del usuario
  - salt: valor utilizado para encriptar la contraseña
  - is\_superuser: indica si el usuario es superusuario o no
  - created: fecha y hora de creación del usuario
2. mqtt\_acl: esta tabla almacena las reglas de acceso de control de lista de acceso (ACL) para los usuarios MQTT. Tiene las siguientes columnas:
  - id: identificador único de la regla ACL
  - allow: indica si se permite o se niega el acceso (0: deny, 1: allow)
  - ipaddr: dirección IP del cliente
  - username: nombre de usuario
  - clientid: identificador del cliente
  - access: tipo de acceso (1: suscribirse, 2: publicar, 3: suscribirse y publicar)
  - topic: filtro de tópicos
3. device\_temp\_1: esta tabla almacena la información de temperatura del dispositivo 1.  
Tiene las siguientes columnas:
  - id: identificador único del registro de temperatura
  - device: nombre del dispositivo
  - name: nombre del sensor de temperatura
  - data: valor de la temperatura
  - created: fecha y hora de creación del registro
4. device\_temp\_2: esta tabla almacena la información de temperatura del dispositivo 2. Tiene las mismas columnas que la tabla device\_temp\_1.
5. device\_hum\_1: esta tabla almacena la información de humedad del dispositivo 1. Tiene las siguientes columnas:
  - id: identificador único del registro de humedad
  - device: nombre del dispositivo
  - name: nombre del sensor de humedad
  - data: valor de la humedad
  - created: fecha y hora de creación del registro

6. device\_dist\_1: esta tabla almacena la información de distancia del dispositivo 1. Tiene las siguientes columnas:

- id: identificador único del registro de distancia
- device: nombre del dispositivo
- name: nombre del sensor de distancia
- data: valor de la distancia
- created: fecha y hora de creación del registro

Cada tabla tiene un índice único o clave primaria que identifica de manera exclusiva cada registro. Todas las tablas utilizan el motor InnoDB y el conjunto de caracteres utf8mb4.

## ANÁLISIS DESCRIPTIVO

- ¿Cuál es la temperatura externa?
- ¿Cuál es la temperatura interna?
- ¿Cuál es la humedad de la tierra?
- ¿Cuál es el porcentaje de agua disponible?
- ¿Cuál ha sido la temperatura externa a lo largo del tiempo?
- ¿Cuál ha sido la temperatura interna a lo largo del tiempo?
- ¿Cuál ha sido la humedad de la tierra a lo largo del tiempo?
- ¿Cuál ha sido el porcentaje de agua disponible a lo largo del tiempo?
- ¿Cuál ha sido el periodo de activación de la bomba de agua a lo largo del tiempo?
- ¿Cuánta agua se ha utilizado en un periodo de tiempo determinado?
- ¿Cuánto tiempo ha estado activa la bomba de agua en un periodo de tiempo determinado?
- ¿Cuál es el estado actual del sistema de riego automatizado?
- ¿Cuánta agua se ha utilizado en total desde que se instaló el dispositivo?
- ¿Cuánto tiempo ha estado activa la bomba de agua en total desde que se instaló el dispositivo? - ¿Cuál es el consumo de energía del dispositivo?
- ¿Cuál es el impacto ambiental del dispositivo en comparación con otros sistemas de riego convencionales

## SMART APPS

Tendrá como función principal brindar información en tiempo real sobre la humedad del suelo y la temperatura ambiente, así como también permitir el control automático del riego mediante el arduino y ajustar la cantidad y frecuencia de agua según los datos de los sensores. Además, desde la aplicación móvil se podrá seleccionar el tiempo de activación de la bomba de

agua y poder activarla con un botón de "encender" dentro de la pantalla, así como también cortar el flujo de agua en cualquier momento que se desee con el botón de "apagar". La aplicación también deberá ser capaz de detectar cuando llega a un porcentaje de humedad de la tierra de 80% y lanzar una alerta en la aplicación móvil la cual sugiere cortar el flujo de agua.

