

**SISTEMA AUTOMÁTICO DE REGADÍO PARA HUERTA DE PEPINO  
UTILIZANDO ARDUINO Y SIM800L EN EL CORREGIMIENTO  
MATURÍN**



**JOSÉ ALFREDO MACEA CONTRERAS**

**YERSON ALDAIR CONTRERAS**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**SAHAGÚN, CÓRDOBA**

**2020**

**SISTEMA AUTOMÁTICO DE REGADÍO PARA HUERTA DE PEPINO  
UTILIZANDO ARDUINO Y SIM800L EN EL CORREGIMIENTO  
MATURÍN**

**JOSÉ ALFREDO MACEA CONTRERAS**

**YERSON ALDAIR CONTRERAS ROMERO**

**Trabajo de grado presentada, en la modalidad de Trabajo de  
Investigación y/o Extensión según resolución 007, como parte de los requisitos para optar  
al Título de Ingeniero de Sistemas.**

**Director (s):**

**HAROLD DIONISIO BULA HERAZO, M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**SAHAGÚN, CÓRDOBA**

**2020**

**La responsabilidad ética, legal y científica de las ideas, conceptos y resultados del proyecto,  
serán responsabilidad de los autores.**

**Artículo 61, acuerdo N° 093 del 26 de noviembre de 2002 del consejo superior.**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

## **Dedicatoria y agradecimientos**

Primero que todo dedico esta tesis a Dios, quien inspiro mi espíritu y conocimientos para llegar a esta meta. A mis padres Winston y Nancy, por su confianza, por brindarme su amor, apoyo y consejos, a mi hermana Karen Piedad que siempre ha sido mi soporte e indispensable en mi vida, a mi novia Károl quien me apoyo y me animo cuando lo necesitaba.

Agradezco primeramente a Dios porque sin el nada es posible. A mis padres Winston Contreras y Nancy Romero, por sus sacrificios, trabajo y entrega a lo largo de mis estudios, a mi hermana Karen Piedad, por su apoyo, comprensión, ayuda moral y los mil y un regaños que de mucho me han servido, gracias a ustedes he llegado hasta aquí.

A mi novia karol que siempre estuvo ahí apoyándome a lo largo de mi carrera. A mis compañeros de estudio José Macea, José Domínguez, Elder Regino, Javier Dumar, Dilson Eduardo, Gelper Villadiego, Cesar Barrios, gracias por su compañerismo en estos años de academia.

Finalmente agradezco a la universidad de Córdoba, especialmente a la facultad de Ingeniería, a nuestro tutor de tesis Harold Bula quien nos acompañó a lo largo de este proceso y a todos los maestros de Ingeniería de Sistemas sede Sahagún por la paciencia y conocimientos brindados.

**Yerson Aldair Contreras Romero**

El presente trabajo de grado lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A mi hermano por estar siempre presente, acompañándome y dándome el apoyo moral, que me brindó a lo largo de esta etapa de mi vida. A todas las personas y mis más fieles amigos que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia. Mi profundo agradecimiento a todas los docentes que me apoyaron y orientaron a lo largo de mi carrera, por confiar en mí, abrimme las puertas y permitirme aprender un poco de ellos. Agradecimientos infinitos al profesor y amigo Harold Bula por su compromiso en este proceso. A todos mis amigos, vecinos y futuros colegas que me ayudaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad. Y por último Infinitos agradecimientos a La Universidad de Córdoba y toda su comitiva.

**Jose Alfredo Macea Contreras**

# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
Formulación del problema.....	17
2. JUSTIFICACIÓN .....	18
3. OBJETIVOS .....	21
3.1. OBJETIVO GENERAL .....	21
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	21
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	22
4.1. ANTECEDENTES .....	22
5. MARCO TEÓRICO.....	26
5.1. Sistemas de riego.....	26
5.2. Riego por goteo .....	27
5.3. Goteos autocompensantes.....	28
5.4. Goteos antidrenantes .....	28
5.5. Riego por Aspersión:.....	29
5.6. Riego por micro aspersión.....	30
5.7. Riego Hidropónico .....	30
5.8. Riego por Nebulización .....	31
5.9. Parámetros de crecimiento para el pepino.....	32
5.9.1. Humedad.....	32
5.9.2 Luminosidad .....	32
5.9.3 Suelo.....	33
5.9.4 Fertilización carbónica.....	33
5.10 Componentes.....	34
5.10.1. Arduino.....	34
5.10.2. Módulo SIM800L .....	34
5.11. Tecnología GSM.....	35
5.11.1. Definición.....	35
5.11.2. Arquitectura de la red de telefonía móvil GSM.....	35
5.11.3. Sensor de humedad .....	37
5.11.4. Sensor de temperatura .....	37
5.11.5 Teléfono Móvil.....	38

5.11.6. MySQL.....	38
5.11.7. Android Studio.....	38
5.11.8 Ventajas de un sistema de riego automático.....	38
<b>5.12 Marco conceptual.....</b>	<b>39</b>
5.12.1 Hortalizas .....	39
5.12.2. SIM900 .....	39
5.12.3 Arduino.....	39
5.12.4 Tecnología GSM .....	39
5.12.5 Riego por goteo .....	40
5.12.6. Sensor .....	40
5.12.7. Servidor .....	40
5.12.8. MySQL.....	40
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>41</b>
6.1. Tipo de investigación .....	41
6.2 Población y muestra .....	41
6.3 Etapas del proyecto .....	42
6.4 Requerimientos.....	44
6.4.1 Requerimientos funcionales.....	44
6.4.2 Requerimientos no funcionales.....	45
6.5 Arquitectura del sistema.....	46
6.6. Etiquetas casos de uso del sistema.....	49
6.7 Casos de uso .....	51
6.8 Diagrama de actividades.....	53
6.9 Diagrama de secuencia.....	54
<b>7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>58</b>
7.1. Funcionalidad del sistema.....	58
7.2 Pruebas.....	58
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>9. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>68</b>



## LISTA DE FIGURAS

<b>Ilustración 1. Riego por goteo, tomado de: (Frutícola 2017).....</b>	<b>28</b>
<b>Ilustración 2. Riego por aspersión, tomado de: (Mundo riego 2019) .....</b>	<b>29</b>
<b>Ilustración 3. Riego por nebulización, tomado de (Flordeplanta 2016).....</b>	<b>32</b>
<b>Ilustración 4. Parámetros de crecimiento, tomado de (Novagric, 2016).....</b>	<b>34</b>
<b>Ilustración 5. Arduino, tomado de (Arduino 2016).....</b>	<b>34</b>
<b>Ilustración 6. Módulo SIM800L tomado de (Hetpro 2018).....</b>	<b>35</b>
<b>Ilustración 7. Arquitectura de red GMS tomado de (Carlos Villagómez, 2017).....</b>	<b>36</b>
<b>Ilustración 8. Sensor YL-69. Tomado de (Desensores 2018).....</b>	<b>37</b>
<b>Ilustración 9. Sensor de temperatura. Tomado de: (SRC 2019) .....</b>	<b>37</b>
<b>Ilustración 10 Arquitectura del sistema. Fuente elaboración propia.....</b>	<b>46</b>
<b>Ilustración 11. Esquema electrónico del sistema. Fuente: elaboración propia .....</b>	<b>48</b>
<b>Ilustración 12. Modelo entidad relación. Fuente: elaboración propia.....</b>	<b>49</b>
<b>Ilustración 13. Uso aplicación. Fuente: elaboración propia .....</b>	<b>51</b>
<b>Ilustración 14. Aplicación móvil. Fuente: elaboración propia .....</b>	<b>51</b>
<b>Ilustración 15. Diagrama sensores humedad-temperatura. Fuente: elaboración propia .....</b>	<b>52</b>
<b>Ilustración 16. Diagrama de clases. Fuente: elaboración propia.....</b>	<b>52</b>
<b>Ilustración 17. Diagrama general de actividades. Fuente: elaboración propia .....</b>	<b>53</b>
<b>Ilustración 18. Diagrama registro de riego. Fuente: elaboración propia .....</b>	<b>53</b>
<b>Ilustración 19. Diagrama datos de sensores. Fuente: elaboración propia.....</b>	<b>54</b>
<b>Ilustración 20 Diagrama de secuencia general. Fuente: elaboración propia.....</b>	<b>54</b>
<b>Ilustración 21. Diagrama de secuencia mostrar registros. Fuente. Elaboración propia .....</b>	<b>55</b>
<b>Ilustración 22. Diagrama de secuencia datos de sensores. Fuente. Elaboración propia .....</b>	<b>56</b>
<b>Ilustración 23 Diagrama de componentes Fuente: elaboración propia.....</b>	<b>57</b>
<b>Ilustración 24 Diagrama entidad/relación de base de datos. Fuente: Elaboración propia .....</b>	<b>57</b>
<b>Ilustración 25. Funciones del sistema. Fuente: elaboración propia.....</b>	<b>58</b>
<b>Ilustración 26 Inicio de aplicación. Fuente: elaboración propia .....</b>	<b>59</b>
<b>Ilustración 27 Registro de riego. Fuente: Elaboración propia .....</b>	<b>60</b>
<b>Ilustración 28 Datos de los sensores. Fuente: Elaboración propia .....</b>	<b>61</b>
<b>Ilustración 29 Notificaciones de riego. Fuente: Elaboración propia .....</b>	<b>62</b>
<b>Ilustración 30 Aplicación móvil. Fuente: Elaboración propia .....</b>	<b>63</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1. Fases del proyecto. Fuente: elaboración propia.....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 2. Requerimientos funcionales. Fuente: elaboración propia.....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 3. Requerimientos no funcionales. Fuente: elaboración propia .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 4. Arquitectura del sistema. Fuente: elaboración propia.....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 5. ID: CU 001. Fuente: elaboración propia.....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 6. ID: CU 002. Fuente: elaboración propia.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 7. ID: CU 003. Fuente: elaboración propia.....</b>	<b>50</b>

## RESUMEN

El siguiente proyecto está basado específicamente en analizar y llevar a cabo un sistema de riego automático para una huerta de pepino, el cual costará con lectura de humedad y temperatura requerida para un adecuado crecimiento de la hortaliza, con el objetivo de dar uso correcto al agua evitando despilfarros de esta misma con la ayuda de tecnología Arduino en conjunto con un módulo GPRS, sensores y demás componentes eléctricos y electrónicos. Los sensores juegan un papel de suma importancia en el sistema, pues estos son los encargados de activar o desactivar el riego gracias a los parámetros programados en la tarjeta Arduino, estos parámetros son programados con los requerimientos específicos y estrictos para un óptimo crecimiento de la planta.

Los datos recogidos por los sensores serán enviados a una aplicación móvil a través del módulo SIM800L que utiliza la tecnología GPRS, observando en ella los registros de cada riego con día, hora y fecha exacta, además también serán enviados los datos de cada sensor, así como notificaciones previas al activarse y desactivarse el riego. Para hacer posible el riego la placa arduino enviará una señal de salida a través de un relé a la electrobomba. De esta manera se logra controlar la cantidad de agua necesaria, se evita esfuerzo físico y se desplaza un riego convencional por un riego automatizado y eficiente.

**Palabras claves:** Módulo 800L, GPRS, Huerta de pepino, Arduino, sistema de riego

## **ABSTRACT**

The following project is based specifically on analyzing and carrying out an automatic irrigation system for a cucumber orchard, which will cost with a reading of humidity and temperature required for an adequate growth of the vegetable, in order to give correct use of the water avoiding waste of this same with the help of Arduino technology in conjunction with a GPRS module, sensors and other electrical and electronic components. The sensors play a very important role in the system, since they are in charge of activating or deactivating the irrigation thanks to the parameters programmed in the Arduino board, these parameters are programmed with specific and strict requirements for optimal plant growth.

The data collected by the sensors will be sent to a mobile application through the SIM800L module that uses GPRS technology, observing in it the records of each irrigation with day, time and exact date, in addition the data of each sensor will also be sent, as well as advance notifications when watering is turned on and off. To make irrigation possible, the arduino board will send an output signal through a relay to the electric pump. In this way it is possible to control the amount of water required, physical effort is avoided and a conventional irrigation is displaced by an automated and efficient irrigation.

**Key words:** 800L Module, GPRS, cucumber orchard, Arduino, irrigation system.

## **INTRODUCCIÓN**

Las técnicas empleadas para el riego de los cultivos son tan antiguas como la humanidad misma, desde tiempos inmemoriales los griegos, Romanos, incluso los nativos, pueblos indígenas como los mayas ya tenían su propio sistema de riego para los cultivos y siembras de alimentos. A través de los tiempos estas técnicas se han perfeccionado con el objetivo de aumentar la producción, ahorrar esfuerzo y reducir el tiempo de trabajo, la tecnología es sin duda una aliada perfecta para la materialización de los objetivos mencionados. En la producción agrícola para grandes, medianos y pequeños cultivadores la necesidad de emplear sistemas automáticos que ayuden en todos los aspectos, se ha ido volviendo cada vez más necesaria. Automatizar estos procesos se debe a muchos factores como el despilfarro de agua, que si se excede su cantidad puede causar efectos negativos al sembrado y si es escasa prolongaría el crecimiento por la formación de suelos secos.

Otro factor que lleva a la automatización de los cultivos es la pérdida de tiempo y aumento de esfuerzo para el riego del cultivo, sumado a esto la falta de información detallada sobre los parámetros adecuados para un crecimiento casi perfecto de las plantas. Con el desarrollo de un sistema automático de regadío se reducen significativamente estas problemáticas, ayudando así a un crecimiento en producción y mejoras en la calidad laboral.

Los diferentes avances tecnológicos apoyan la iniciativa de suplir las necesidades partiendo del uso de las tecnologías de la información, permitiendo la automatización para tales efectos como el planteamiento y posterior desarrollo de un sistema de riego automático, el cual se plantea en este proyecto universitario. El sistema de riego automatizado tiene como razón primordial controlar el tiempo de regadío en una huerta de pepino, así como obtener datos estadísticos del cultivo e información en tiempo real en la vereda Maturín. Las acciones son realizadas de manera automática por medio de la programación de la tarjeta arduino en asociación con un módulo SIM800L, el mismo que recibe información del suelo a través de los sensores. Estableciendo las decisiones de riego automática para facilitar las labores de riego de agua manteniendo húmedas las zonas de cada planta en base a las necesidades del cultivo. Por lo que se propone diseñar un sistema de riego por goteo.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente la tecnología que, a pasos agigantados nos brinda más y más recursos que de alguna forma u otra hacen nuestra vida más fácil y llevadera, nos permite crear sistemas que den solución a problemáticas, tareas cotidianas, las cuales de cierto modo requerían de esfuerzo y que hoy en día para las nuevas generaciones parece tan simples.

Muchas veces al momento de realizar tareas cotidianas no se efectúan de una manera eficiente, el mal manejo de las herramientas y el mal desarrollo en sí de las actividades llevadas a cabo pueden generar un sin número de efectos negativos sobre el objetivo final, la tecnología como una buena aliada en cuestiones de eficacia, ahorro de tiempo y maximización de producción nos extiende una variedad de recursos, artefactos, herramientas físicas y lógicas que nos permiten sacarle provecho a cualquier cosa que deseemos realizar. En el ámbito agrícola un riego mal manejado contribuye

a la escasez de agua y a la contaminación, a la degradación de las tierras y a la difusión de enfermedades transmitidas por el agua, además de esto para enfrentar los prolongados meses de sequía que se presentan como consecuencia de intensos veranos, se requiere encontrar soluciones eficientes que permitan garantizar la vida y productividad de los cultivos. Los sistemas de riego constituyen una opción a través de la cual no sólo se contribuye al ahorro del agua, haciendo más efectiva su distribución, sino que facilita otros procesos como la fumigación de las plantas o la irrigación de fertilizantes.

“A pesar de que en los últimos años se han desarrollado sistemas para la determinación, automatización y control del riego, son pocos los sistemas que han encontrado en la práctica una aceptación considerable. Esto se debe principalmente a la alta demanda de tiempo, trabajo y capacitación para operar y alimentar de datos e información estos sistemas” (Lugo 2011).

Durante las décadas recientes la agricultura bajo riego ha sido una fuente de producción de alimentos muy importante, en muchas regiones del mundo, el agua se ha convertido en un recurso escaso, con suministros afectados por cambios climáticos. La escasez de agua no sólo limita la capacidad de los agricultores para regar sus cultivos, sino que el retiro de suministros de agua subterránea en exceso para riego contribuye a la escasez de agua. La temperatura también juega un papel importante en la producción eficaz de cultivos, un buen control de clima en el cultivo ayuda a la prevención de enfermedades y plagas en los cultivos. Un control adecuado de temperatura y humedad es necesario y fundamental ya que no todas las cosechas, en este caso hortalizas, tienen las mismas características y parámetros para su adecuado crecimiento.

En el corregimiento Maturín del municipio de Sahagún se presenta una problemática en los procesos de regadío y control de temperatura en una pequeña huerta de pepino, el cultivador de esta hortaliza no tiene un control total sobre la cantidad de agua y temperatura apropiada para la



especie, ya que esta crece y se desarrollan en circunstancias similares a otras, pero con algunos factores distintos. Por ejemplo, los Pepinos “es menos exigente en calor que el melón, pero más que el calabacín.” (Agroinfo 2007).

Como no se conoce exactamente los parámetros para la debida producción de esta hortaliza se emplea la misma cantidad de agua siempre, convirtiéndose así en una problemática ya que el exceso o la falta de agua puede ocasionar perdidas en el cultivo. Además de esto la modalidad de riego es convencional, se pierde tiempo, no es un riego uniforme y encima requiere de esfuerzo físico. Tampoco se tiene conocimiento alguno sobre la temperatura ambiente del cultivo, sin el conocimiento de esta es quizás más difícil saber en qué momentos del día el cultivo requiere de regado.

### **Formulación del problema**

¿De qué forma un sistema automático utilizando Arduino y Sim800l puede mejorar las actividades de regadío en una huerta de pepino en el corregimiento Maturín?

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Como es de conocimiento mundial, el agua es nuestro recurso natural máspreciado. Gracias a la existencia de agua es posible el desarrollo, sostenimiento y reproducción de la humanidad, ecosistemas, vida silvestre, existencia de páramos y demás. Su uso adecuado debe ser óptimo para sacar el mayor provecho sin desperdiciar el preciado líquido considerando que en algunas zonas de muchos países es escaza. Actualmente se logra sacar mayor provecho con la implementación de diversas tecnologías y a través de sistemas que posibilitan el uso efectivo del líquido, no solo para el consumo sino también para asegurar la producción tanto a pequeños como grandes productores. En nuestro país cada día es mayor el número de medianos productores en el ámbito agrícola que aportan al crecimiento del PIB (Producto Interno Bruto) según el ministro de Agricultura y desarrollo Rural, Andrés Valencia Pinzón, Bogotá, 14 de noviembre de 2019, “el crecimiento del Agro aumentó en un 2,6% frente al mismo periodo en 2018, esto debido al aumento

de cultivos agrícolas los cuales crecieron en un 3,4%”. Todos estos productores cada vez toman conciencia sobre la relevancia que tienen en sus cultivos el uso racional y adecuado de agua en el proceso de riego, se ha comprobado que todo esto ayuda a generar mejores cosechas, mayores ingresos económicos y sin dejar a un lado el ahorro significativo de los recursos.

En el corregimiento Maturín, actualmente constan de un sistema de riego convencional el cual no se encuentra automatizado lo que conlleva a la necesidad de trabajo humano o mecánico para poder abastecer con agua los cultivos, esto viene a transformarse en inversión de mayor tiempo, dinero y recursos. Además, no se tiene un control sobre la humedad exacta necesaria para el debido crecimiento y desarrollo de las hortalizas, igualmente no se tiene en cuenta la temperatura ambiente y local para determinar cuando el cultivo requiere de regado.

El cuidado del suelo también es fundamental para la debida producción y desarrollo de los alimentos, un suelo en óptimas condiciones con la humedad adecuada y una temperatura regulada nos permite sacarle mucho provecho, “Cuando se trata de cuidar los cultivos utilizar los productos adecuados es fundamental, pues esto no solo determina la marcha de su proyecto sino que le lleva a adquirir prácticas que eviten, o al menos minimicen la proliferación o desarrollo de plagas en las huertas ecológicas y por ende, la pérdida de la siembra y los esfuerzos realizados en el proceso.” (Agropinos marzo 2017). Es así como la posible composición del suelo y su humedad requiere una medición y control con la posibilidad de realizar un riego exacto, protegiendo y mejorando este sistema con un recurso automatizado.

Por tales motivos es necesario la implementación de un sistema sofisticado que ateste a todas las falencias presentadas, con la ayuda de tecnologías podemos implementar un sistema netamente de control móvil el cual reducirá significativamente los esfuerzos en la realización de las tareas requeridas.

Con el diseño y el posterior desarrollo de este proyecto no solo se aporta con la solución a la problemática planteada, si no que sirve de ejemplo a los demás sectores aledaños para que implementen este prototipo de sistema que no solo beneficiará a los cultivos sino a la economía y a la seguridad alimentaria de la población en general.

Con la regulación de la temperatura y regadío de un cultivo de hortalizas se logra minimizar significativamente el esfuerzo a la persona encargada de dicha labor, atacando la pérdida de tiempo, esfuerzo físico, etc.

En el proceso de cuidado de cultivo de hortalizas es natural observar que las labores anteriormente mencionadas se vuelven tediosas, la persona puede tardar más tiempo en la realización del riego, activando mecanismos que controlen la temperatura, etc. Si lo analizamos en un contexto un tanto ambiental, el regadío cotidiano sin ningún tipo de control genera pérdida o desperdicio de agua, por ello se debe implementar un sistema de riego eficiente, económico y viable para el debido uso del preciado líquido.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y desarrollar un sistema de control regadío para una huerta de pepino utilizando Arduino y Sim800L en el corregimiento Maturín.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Analizar los procesos de siembra, monitoreo de hortalizas y riego por goteo.
2. Estudiar las tecnologías para determinar los requerimientos del sistema.
3. Diseñar un sistema teniendo en cuenta los parámetros establecidos para el riego y control de temperatura de la hortaliza.
4. Desarrollar un sistema que permita el riego automático de una huerta de pepino.

## **4. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1. ANTECEDENTES**

El primer trabajo de grado correspondiente a Julio Enrique Barón y Diego Fernando Pérez (Bogotá 2017) realizado en la Universidad los Libertadores, facultad de ingeniería y ciencias básicas. En este trabajo se plantea el desarrollo de un sistema para controlar remotamente desde la web a través de tecnologías móviles la temperatura y riego de un invernadero. Este se trabajo tiene una estrecha relación con el proyecto en curso, ya que el objetivo general es significativamente similar, además propone la implementación de tarjetas programables distintas a la tarjeta Arduino, por ejemplo, una Raspberry Pi3.

Para su desarrollo se construyó un prototipo de maqueta replica de un invernadero, haciendo uso de protoboard 175 puntos, sensor de temperatura LM35, microcomputadora Raspberry Pi2 para instalar el sistema operativo Raspbian Jessie y el software desarrollado en Python 2.7, con el

objetivo de controlar la temperatura dentro de un invernadero y lograr monitorearla desde la web. Para llevar a cabo la comunicación entre el invernadero y la aplicación web, se desarrolló una aplicación de software que está en constante ejecución, tomando el valor que arroja el sensor de temperatura convirtiéndolo a grados centígrados y enviando el resultado a la base de datos no SQL Firebase de google en tiempo real.

El segundo proyecto denominado “Prototipo de un sistema automatizado de riego para jardines” de Diana Cañón y Edna Luz Cifuentes (2018) ambas estudiantes de la facultad de ingeniería y Ciencias Básicas de la Universidad los Libertadores, plantean como objetivo principal el diseño e implementación de un prototipo de sistema automatizado de riego para jardines pequeños, para controlar el regado y temperatura desde una aplicación móvil.

El proyecto pudo llevarse a cabo gracias a la construcción de un pequeño jardín que simulaba cualquier cultivo o en dicho caso un típico invernadero, gracias a la implementación de artefactos tecnológicos como protoboard, sensores de humedad, temperatura y una tarjeta Arduino se logró construir un sistema integrado totalmente funcional. La aplicación que controla el prototipo está codificada en el lenguaje Arduino y capaz de avisar al sistema cuando debe activar su función de riego, las visualizaciones de los datos pueden hacerse a través del aplicativo conectado a una base de datos en MySQL. La principal desventaja de este proyecto se encamina a las limitaciones en cuestiones de conexión, ya que para la interacción entre el sistema y el aplicativo se empleó la tecnología Bluetooth.

En este trabajo se tiene que, en 2017 fue presentado en la facultad de ingeniería mecánica eléctrica, electrónica y sistemas de la Universidad Nacional del altiplano-Puno, Perú, la tesis “Diseño e implementación de un Sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología Arduino en el laboratorio de control y automatización EPIME

2016” por Darwin Fray Apaza y Irvin John de la torre como requisito para otorgar el título de Ingeniero mecánico electricista. El proyecto se basa en el diseño de un sistema automatizado para riego tecnificado, realizando un balance de humedad de suelo el cual tiene como objetivo un uso eficiente del agua conjuntamente con la implementación tecnología arduino y el ensamblamiento de los componentes eléctricos y electrónicos.

Después de su implementación se llegó a la conclusión de que con el diseño e implementación del sistema automatizado de riego se logró un eficiente uso de agua reduciendo un consumo de agua del 10.9 %, respecto al riego convencional.

En el año 2017, Cesar Darío Escobar y Karina Jazmín Farfán presentaron un proyecto de tesis titulado “Diseño de un sistema de Riego para la implementación de cultivos automatizados en el recinto playa seca del cartón en el triunfo” en la Ciudad de Guayaquil, Ecuador. Aunque los cultivos usados para este proyecto fueron de Cacao el objetivo principal se relaciona con el proyecto presente ya que se busca la automatización y mejoramiento del regado en cultivos. Este sistema se comportó a la altura respecto a las necesidades planteadas, aunque no se realizó ningún tipo de aplicación móvil ni tampoco se implementó conexión inalámbrica.

La presente tesis “Desarrollo de un prototipo de sistema de riego automático para el cultivo de tomates rojos: Caso San Pedro Apóstol Oaxaca” (Jesica Sánchez Arrazola 2017) el prototipo se desarrolló sobre un invernadero en el estado de México.

Uno de los principales objetivos de este trabajo fue el dar una solución a la problemática presentada en el invernadero de un señor cuyo nombre es Hugo Pérez, específicamente se centró en el problema de la irrigación, ya que se gasta mucha agua y energía eléctrica, además se podía también



optimizar el control sobre el cultivo. En este proyecto se optó por la implementación de Excel para mostrar datos y graficas sobre la temperatura y humedad del cultivo.

Una de las críticas a este proyecto es la utilización de Temboo, una plataforma que permite la interacción de hardware con servicios web, pero se debe pagar para su debido uso, además de esto la conexión no es inalámbrica. Aunque el trabajo no pudo implementarse en el invernadero los resultados fueron positivos para su posterior implementación como se planteó al principio.

En base a lo anteriormente planificado, todos los trabajos de grados, proyectos de investigación y artículos apuntan a un objetivo, el de usar tecnología en cultivos para sacar el mayor beneficio a la actividad agrícola. La actividad de cosecha y recolección de frutos, verduras y hortalizas es vital para el desarrollo de la vida humana, así como la incorporación de nuevos y distintos métodos tecnológicos que colaboren y eviten perdidas en las cosechas o cultivos.

La tecnología se apunta como un ente intachable para llevar a cabo los procesos agrícolas, ya que con su implementación se puede ser un poco amigable con el ambiente y los suelos donde se cultiva además de reducir considerablemente costos monetarios en mano de obra, es por esto que cada vez pequeños, medianos y grandes productores recurren a la implementación de tecnologías en el agro ya que permite crecer como productores, planteando objetivos a corto plazo que se vean reflejados en un mayor rendimiento, mejorando la calidad además de reducir insumos.

Proyectos como los vistos anteriormente que son bastante útiles a pequeñas huertas de hortalizas ya que ayudan significativamente a los pequeños productores que de una forma u otra buscan el crecimiento en producción e ingresos, si contamos con sistemas sencillos, viables y sofisticados como los planteados en la tabla anterior podemos concluir que nos ahorran una variedad de oficios, nos ahorran tiempo y esfuerzo físico además de brindar información detallada, de calidad y verás.

Es importante también resaltar el protagonismo que juega el tipo de hortalizas en cada uno de los proyectos usados como base, como es de conocimiento no todas las plantas crecen, se desarrollan y dan frutos en las mismas condiciones climáticas y terrestre. Por eso es importante conocer todos los parámetros antes de implementar sistemas de riego y control de temperatura, si conocemos y tenemos el control absoluto sobre los estándares de crecimiento y desarrollo se puede sacar el mayor provecho a la producción ya sea semanal o mensual.

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. Sistemas de riego**

Los primeros registros del riego en agricultura se remontan al año 6000 a.C. en Egipto y en Mesopotamia (Irak e Irán en la actualidad) cuyos pobladores utilizaban los patrones de riada del Nilo o del Tigris y Éufrates, respectivamente. Las inundaciones que ocurrían de julio a diciembre, eran desviadas hacia los campos durante unos 40 o 60 días. Luego se drenaba el agua hacia el río en el momento preciso del ciclo de cultivo (Traxco 2010).

Según la historia nos dice que para el año 3500 a.C. empieza la utilización del “nilómetro”, una medida del nivel de agua del río Nilo. Este indicador de inundación consistía en una columna vertical sumergida en el río con marcas de profundidad, en intervalos. De esta manera comenzaba

la historia sobre los sistemas de riego. Los egipcios, cuatro siglos después serían los primeros en construir un sistema de riego a Gran escala bajo el mandato del rey Menes. Para la construcción fue necesario presas y canales para darle dirección a las aguas de inundación del río Nilo hacía el lago Moeris.

Un milenio más tarde se originan las primeras tuberías conductoras de agua, diseñadas de cemento y roca molida. Una invención por parte de los romanos, los famosos acueductos. Estos permitían transportar el agua salvando los desniveles del terreno. El desarrollo agrícola entonces en este punto de la historia radicaba netamente en darle un buen manejo al agua para aprovecharla al máximo a través de los sistemas de distribución y construcción de terrazas de cultivos. El fin último era el desarrollo de tecnologías con el objetivo de mitigar efectos de erosión en el terreno, mitigar las inundaciones, retener humedad además de permitir traslados y almacenamientos.

El rey babilónico Hamurabi, autor del famoso código jurídico, fue quien elaboró las primeras regulaciones sobre el agua. Tenía en consideración la distribución del agua de una manera proporcional, con base en la superficie labrada, también se definía la responsabilidad del agricultor de realizar mantenimiento de los canales de propiedad, así como la administración colectiva del canal por parte de todos sus usuarios (Traxco 2010).

Por otro lado, los mayas que habitaban en selvas tropicales, establecían diferentes sistemas y técnicas para cada cultivo. Por ejemplo: campos elevados en zonas inundables y terrenos con desniveles en zonas de humedad. De esta manera controlaban la humedad necesaria y mejoras en la fertilidad del suelo.

## **5.2. Riego por goteo**

De forma muy general, se puede definir el Riego por Goteo como Riego Localizado. El riego por goteo o riego gota a gota es un método de irrigación que permite una óptima aplicación de agua y abonos en los sistemas agrícolas de las zonas áridas. El agua aplicada se infiltra en el suelo irrigando directamente la zona de influencia radicular a través de un sistema de tuberías y emisores. (Novagric 2016). Entre sus ventajas se encuentra que reduce la evaporación del agua en los suelos, ahorros en mano de obra y fácil adaptación en terrenos irregulares.



*Ilustración 1. Riego por goteo, tomado de: (Frutícola 2017)*

### **5.3. Goteros autocompensantes**

Ofrecen un caudal fijo dentro de un rango más o menos amplio de presión. La utilidad de estos goteros radica en la capacidad de homogeneización del riego a lo largo de una línea de riego, ya que los últimos emisores de la línea normalmente tienen una menor presión que los primeros debido a la caída de presión por rozamiento del agua con la tubería.

### **5.4. Goteros antidrenantes**

Estos goteros se cierran automáticamente al bajar la presión en el sistema de riego, de manera que no ocurre la descarga de la tubería, lo que produce ventajas tales como evitar la entrada de aire al sistema y la bomba de riego no necesita cargar el sistema para empezar a funcionar, por tanto, optimiza su uso.

## **5.5. Riego por Aspersión:**

Sistema de riego superficial que se produce asperjando el agua en un rociado de pequeñas gotas sobre o entre las plantas, imitando el agua de lluvia. (EcuRed 2015). Las ventajas de este riego son: Menor consumo de agua que otros sistemas como el de inundación, precisión en la dosificación de agua, adaptable a terrenos irregulares y es muy utilizado para la aplicación de riego antihelada y la aplicación de fitohormonas. Estos sistemas se dividen en:

Sistemas fijos: Como su nombre lo dice, son fijados al terreno y el sistema de tuberías puede ser enterrado o bien superficial, quedando como parte saliente y con la altura adecuada el vástago donde irá incorporado el aspersor.

Sistemas Semifijos: Son esencialmente sistemas que se van desplazando de una zona a otra de forma manual o mecanizada mediante un desmontaje rápido del sistema. Dentro de estos sistemas se encuentran las alas de riego y los cañones de riego.

Sistemas auto mecanizados: Son sistemas automotrices que llevan instalados motores eléctricos o sistemas hidráulicos que permiten su movimiento a lo largo de la superficie de riego. Dentro de estos sistemas se encuentran los sistemas pivotantes de riego, los sistemas de desplazamiento lateral (carros de riego) y otras máquinas regadoras.



*Ilustración 2. Riego por aspersión, tomado de:  
(Mundo riego 2019)*

## **5.6. Riego por micro aspersión**

Los Microaspersores están destinados a suministrar el riego mediante gotas muy finas. Poseen un deflector giratorio, denominado rotor o bailarina, que ayuda a ofrecer un mayor diámetro de cobertura, una menor tasa de precipitación que los difusores, un mayor tamaño de gota, y una mejor distribución del agua (sobre todo en uniformidad de distribución). Por cada tipo de microaspersor existen varios tipos de rotores (bailarinas) (Novagric 2016).

Los Microaspersores son ideales para riegos de bajo volumen en cultivos hortícolas, fruticultura, flores, invernaderos, viveros, riego de jardines. También permiten la aplicación de productos fitosanitarios en la cobertura vegetal de los cultivos.

## **5.7. Riego Hidropónico**

“Hidroponía, es un conjunto de técnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo. La hidroponía permite en estructuras simples o complejas producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados o no, etc.” (Beltrano-Jimenez 2015). Estos sistemas llamados hidropónicos se clasifican en:

Sistemas Hidropónicos en medio líquido: Estos sistemas no poseen sustratos para el desarrollo de los cultivos, por lo que se produce directamente sobre el agua mediante distintos sistemas que portan las plantas

Sistemas hidropónicos en sustratos: En estos sistemas se cultiva utilizando sustratos inertes irrigados mediante sistemas de riego por goteo, subirrigación, o exudación. Los sustratos más comunes son la perlita, la lana de roca, la fibra de coco y la turba.

Sistemas aeropónicos: Consiste en el cultivo mediante sistemas donde la raíz permanece al aire libre, en un contenedor que la mantiene en la oscuridad, donde se aplica la solución nutritiva en forma de aerosol en forma de niebla. El uso de sistemas hidropónicos se justifica en cultivos de alta rentabilidad que exigen un elevado control del proceso productivo, como son los cultivos en invernadero de cucurbitáceas, tomate, pimiento y fresa.

Algunas de las ventajas más destacadas de este tipo de riego son la fácil automatización y programación del sistema en niveles variables, optimiza el gasto de agua y fertilizantes, además asegura la irrigación en toda el área radicular.

### **5.8. Riego por Nebulización**

Este sistema de riego consiste en la creación de una atmósfera de gotas diminutas de agua. El objetivo principal es crear una niebla fina. El agua sale a presión por un orificio de pequeño diámetro, de forma que el chorro producido se estrella contra una pared cóncava que lo despidе y distribuye en forma nebulizada.

Su uso puede realizarse para múltiples aplicaciones:

- Aumentar la humedad relativa de un invernadero.
- Para refrigerar el invernadero combinado con un sistema de ventilación forzada.
- Para aplicar tratamientos automatizados como la aplicación de abonos foliares, fitosanitarios, o cualquier otro producto soluble en agua.

- Efectuar el riego por nebulización. (Novagric 2016).



*Ilustración 3. Riego por nebulización, tomado de (Flordeplanta 2016)*

## **5.9. Parámetros de crecimiento para el pepino**

### **5.9.1. Humedad**

Es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del 60-70% y durante la noche del 70-90%. Sin embargo, los excesos de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis, aunque esta situación no es frecuente.

Para humedades superiores al 90% y con atmósfera saturada de vapor de agua, las condensaciones sobre el cultivo o el goteo procedente de la cubierta, pueden originar enfermedades fúngicas. Además, un cultivo mojado por la mañana empieza a trabajar más tarde, ya que la primera energía disponible deberá cederla a las hojas para poder evaporar el agua de su superficie (Novagric 2016).

### **5.9.2 Luminosidad**

El pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 horas de luz), aunque también soporta elevadas intensidades luminosas y a mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción (Novagric, 2016).



### **5.9.3 Suelo**

El pepino puede cultivarse en cualquier tipo de suelo de estructura suelta, bien drenado y con suficiente materia orgánica. Es una planta medianamente tolerante a la salinidad (algo menos que el melón), de forma que si la concentración de sales en el suelo es demasiado elevada las plantas absorben con dificultad el agua de riego, el crecimiento es más lento, el tallo se debilita, las hojas son más pequeñas y de color oscuro y los frutos obtenidos serán torcidos. Si la concentración de sales es demasiado baja el resultado se invertirá, dando plantas más frondosas, que presentan mayor sensibilidad a diversas enfermedades. El pH óptimo oscila entre 5,5 y 7 (Novagric 2016).

### **5.9.4 Fertilización carbónica**

La aportación de CO<sub>2</sub> permite compensar el consumo de las plantas y garantiza el mantenimiento de una concentración superior a la media en la atmósfera del invernadero; así la fotosíntesis se estimula y se acelera el crecimiento de las plantas.

Para valorar las necesidades de CO<sub>2</sub> de los cultivos en invernadero necesitamos realizar, en los diversos periodos del año, un balance de las pérdidas derivadas de la absorción por parte de las plantas, de las renovaciones de aire hechas en el invernadero y las aportaciones proporcionadas por el suelo a la atmósfera del mismo.

Del enriquecimiento en CO<sub>2</sub> del invernadero depende la calidad, la productividad y la precocidad de los cultivos. Hay que tener presente que un exceso de CO<sub>2</sub> produce daños debidos al cierre de los estomas, que cesan la fotosíntesis y pueden originar quemaduras.

Los aparatos más utilizados en la fertilización carbónica son los quemadores de gas propano y los de distribución de CO<sub>2</sub> (Novagric, 2016). En el cultivo del pepino las cantidades óptimas de CO<sub>2</sub> son de 500-900 ppm.

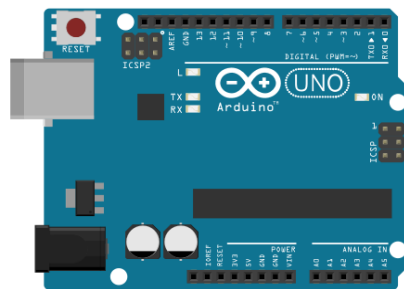
Etapa de desarrollo	Temperatura (°C)	
	Diurna	Nocturna
Germinación	27	27
Formación de planta	21	19
Desarrollo del fruto	19	16

*Ilustración 4. Parámetros de crecimiento, tomado de (Novagric, 2016)*

## 5.10 Componentes

### 5.10.1. Arduino

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables DuPont), (Arduino, 2016).



*Ilustración 5. Arduino, tomado de (Arduino 2016)*

### 5.10.2. Módulo SIM800L

El GPRS SIMCOM SIM900 GSM Quad band GSM shield es una tarjeta ultra compacta de comunicación inalámbrica. Además, es compatible con todos los modelos de Arduino con el formato UNO, es decir, que la puedes controlar con otros microcontroladores también. Por último, la tarjeta está basada en el módulo SIM900 GSM 4. El GPRS está configurado y controlada por

vía UART usando comandos AT. Por lo tanto, sólo conecta la tarjeta al microcontrolador, Arduino, etc., y comienza a comunicarse a través de comandos AT. Ideal para sistemas remotos, comunicación recursiva, puntos de control, mandar mensajes de texto a celulares, etc. (Hetpro, 2018).



*Ilustración 6. Módulo SIM800L tomado de (Hetpro 2018)*

## **5.11. Tecnología GSM**

### **5.11.1. Definición**

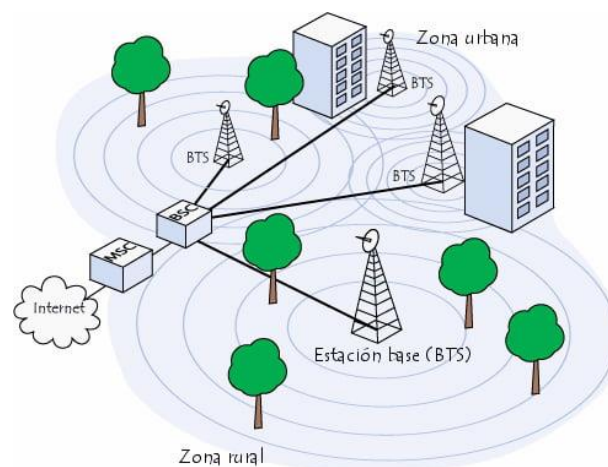
GMS (Sistema Global de Comunicaciones Móviles). Es un estándar utilizado desde principios de siglo, es la red más utilizada en Europa y también conocido como 2G ya que a diferencia de la primera generación de teléfonos portátiles dio un salto de las comunicaciones analógicas a las digitales. (12 diciembre 2017, Carlos Villagómez.). Esta tecnología no es más que un sistema estándar de comunicación telefónica móvil. Esta tecnología será la empleada para el funcionamiento de sistema de riego.

### **5.11.2. Arquitectura de la red de telefonía móvil GSM**

Una red GMS está constituida por una estación móvil, que a su vez está formada por una estación móvil y una terminal móvil, siendo la primera una tarjeta SIM y la segunda el dispositivo del

usuario. la tarjeta SIM permite identificar de forma única al usuario independientemente de la terminal que utilice para establecer comunicación con la estación base. la comunicación entre la estación móvil y la estación base tienen el nombre de interfaz de aire que consiste en un vínculo radial.

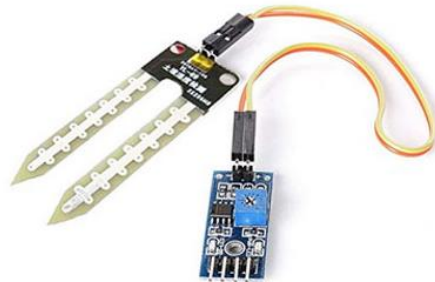
“Todas las estaciones base de una red celular están conectadas a un controlador de estaciones base (o BSC), que administra la distribución de los recursos. El sistema compuesto del controlador de estaciones base y sus estaciones base conectadas es el Subsistema de estaciones base (o BSS). Por último, los controladores de estaciones base están físicamente conectados al Centro de conmutación móvil (MSC) que los conecta con la red de telefonía pública y con Internet; lo administra el operador de la red telefónica. El MSC pertenece a un Subsistema de conmutación de red (NSS) que gestiona las identidades de los usuarios, su ubicación y el establecimiento de comunicaciones con otros usuarios” (2017, Carlos Villagómez).



**Ilustración 7. Arquitectura de red GSM  
tomado de (Carlos Villagómez, 2017)**

### 5.11.3. Sensor de humedad

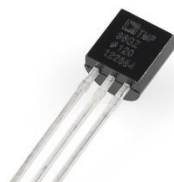
Se utiliza para detectar la humedad del suelo y puedes conectarlo a una placa Arduino. (desensores,2019). Este sensor es fundamental en la puesta a prueba del sistema. Se encarga de medir la humedad necesaria para el progreso satisfactorio de las hortalizas, sin este sensor el sistema no tendría sentido.



*Ilustración 8. Sensor YL-69.  
Tomado de (Desensores 2018)*

### 5.11.4. Sensor de temperatura

Un sensor de temperatura es un dispositivo micro electrónico capaz de capturar las variaciones del tiempo y trasforma dichas variaciones en señales eléctricas que llegan a un sistema electrónico. (SRC 2019)



*Ilustración 9. Sensor de temperatura.  
Tomado de: (SRC 2019)*

### **5.11.5 Teléfono Móvil**

Es el encargado de recibir y emitir la información obtenida (EcuRed ,2020). Este dispositivo será implementado en el sistema para mandar órdenes a la tarjeta programable, enviará y recibirá información de todo lo referente a los datos del cultivo. También será el medio por el cual se podrán visualizar los datos estadísticos y registros diarios, semanales o mensuales.

### **5.11.6. MySQL**

Es un sistema de gestión de base de datos relacional (RDBMS) de código abierto, basado en lenguaje de consulta estructurado (SQL), (TechTarget, 2005) Este motor de base de datos será el implementado para guardar todos nuestros datos y archivos del cultivo, datos estadísticos que se generen. A pesar de su amplia gama de aplicaciones su uso se ve más reflejado en el uso de aplicaciones web.

### **5.11.7. Android Studio**

Android estudio es el entorno de desarrollo para la plataforma de sistema Android, utilizando Java como su lenguaje de programación predominante.

### **5.11.8 Ventajas de un sistema de riego automático**

- Ahorro de mano de obra, energía
- Ahorro de agua. Muy importante, sobre todo en el municipio de Sahagún ya que carece el preciado líquido
- Mejor eficiencia de riego
- Sistema de riego económico
- Aumentos de la producción debido a la optimización del riego. (Agricultores, 2016)
- constante humedad

## **5.12 Marco conceptual**

### **5.12.1 Hortalizas**

Para este estudio las hortalizas serán el tipo de plantas comestible en las cuales se implementará el sistema de riego automático.

### **5.12.2. SIM900**

Este es nombre dado a un módulo que irá conectado a la placa programable de Arduino, el módulo SIM900 nos permitirá el envío y recepción de órdenes para el sistema.

### **5.12.3 Arduino**

Arduino es una placa tanto de Hardware como de Software. Es código abierto. Para este proyecto la implementación de una placa Arduino es indispensable, en esta se codificará todo lo respectivo al lenguaje lógico para que el sistema funcione de manera íntegra.

### **5.12.4 Tecnología GSM**

Para el desarrollo de este proyecto la tecnología GSM brinda luz verde a la comunicación inalámbrica, ya que esta permite la comunicación entre usuarios sim. Un usuario sim o estación móvil permite la interacción o comunicación sin ningún tipo de restricción. Esta tecnología ayudaría al compartimiento de datos y envío de ordenes desde la placa arduino al teléfono móvil y viceversa.

#### **5.12.5 Riego por goteo**

Este tipo de sistema permitirá el riego del agua, permitiendo así un uso adecuado y equitativo del líquido para el suelo. Como su función es un regado sofisticado, permitirá que la humedad en todas las zonas del suelo sea la misma o con muy poca diferencia.

#### **5.12.6. Sensor**

Los sensores para este proyecto son de suma importancia. Ellos serán el ente de “aviso”, ellos determinarán la humedad necesaria para que el sistema de riego se active o en su defecto se desactive. Sin la información suministrada por los sensores nuestro sistema estaría sin vida.

#### **5.12.7. Servidor**

El servidor es el encargado de atender las peticiones del usuario y dar una respuesta. El usuario puede hacer peticiones como: conocer los datos estadísticos del cultivo, temperatura actual de este, etc.

#### **5.12.8. MySQL**



Para este proyecto el sistema gestor de base de datos MySQL permitirá gestionar y almacenar los archivos y datos que genere nuestro sistema.

## **6. MATERIALES Y MÉDOTOS**

### **6.1. Tipo de investigación**

El presente proyecto es de tipo experimental aplicada debido a que los datos e información que concierne a la investigación y diseño de un sistema de riego automático para hortalizas de pepino, son obtenidos en primer lugar de manera teórica y práctica, para ello se recurrió a información y bibliografías establecidas en libros, publicaciones electrónicas, revistas, páginas web, artículos, etc.

### **6.2 Población y muestra**

Este proyecto se va a desarrollar en el marco de las zonas rurales del municipio de Sahagún, en estas zonas por lo general es donde más se ven reflejadas las actividades agronómicas, actividades de cultivo y siembra de hortalizas. Además de su ubicación geográfica y por estar generalmente alejadas de las zonas de cobertura en el campo de las comunicaciones, nos permite enfocar este proyecto para este tipo de población. La muestra tomada de esta población es el sector Maturín a 2 Kilómetros del sector urbano. Este sector se beneficiará del sistema de riego automatizado para tener un mejor control sobre el proceso de regadío de las plantas, permitiendo un ahorro del líquido y reduciendo significativamente los esfuerzos.

### 6.3 Etapas del proyecto

Etapas	Actividades
Analizar procesos de siembra	<ul style="list-style-type: none"><li>• En esta etapa se analizaron los distintos tipos de procesos que se llevan a cabo para el sembrado de pepino. Concluyendo que El pepino se siembra en lomillos o montículos o directamente en el suelo. La siembra se realiza en hoyos de 2-3cm de profundidad en los que se colocan de 3-4 semillas/golpe.</li><li>• De igual forma se conocieron los parámetros adecuados para la siembra, desarrollo y crecimiento del pepino, en la ilustración 4 (Parámetros de crecimiento del pepino)</li><li>• Se estudiaron los sistemas de riego que más se adecúe a la problemática. En este caso fue seleccionado el sistema de riego por goteo, pues este se adapta a terrenos inestables, además de ofrecer un riego efectivo a raíz de la planta, su implementación es la más usada en cultivos de poca extensión.</li></ul>
Estudio de tecnologías	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se analizaron las tecnologías que pueden servir para dar solución a la problemática planteada. Concluyendo con el uso de la tecnología GPRS, pues esta permitía una amplia aplicación en</li></ul>

	<p>comparación con bluetooth, redes wifi, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se estudiaron las ventajas y desventajas del GPRS, concluyendo que debido a su funcionamiento se debe mantener en una zona con cobertura móvil para su óptimo funcionamiento.</li></ul>
Diseño del sistema	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se diseñó un sistema de riego teniendo en cuenta los parámetros para el riego y control de temperatura de hortalizas, tuberías de 5x5, con orificios que permiten el goteo a la raíz de la planta de pepino, se realizó el montaje con los componentes eléctricos y electrónicos, ubicación de sensores y electrobomba.</li><li>• Se diseñó y creó una aplicación móvil que permite recibir los datos mandados por los sensores al arduino. Se usó el lenguaje Java con el ide Android Studio.</li><li>• Se diseñó una base de datos para guardar todos los registros del cultivo. Para su implementación se usó MySQL</li></ul>

Desarrollo del sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se programó en la tarjeta arduino teniendo en cuenta los requerimientos específicos de la planta de pepino, los grados centígrados a los cuales debe activarse y desactivarse el riego.</li> <li>• Se hicieron las respectivas pruebas a la aplicación mandando ordenes al sistema, se alteraban de manera ordinaria la temperatura para lograr que es riego se activara y desactivara cuando deseáramos.</li> <li>• En el diseño de la aplicación se realizaron los diferentes diagramas: casos de uso, secuencia, actividades, de clases, se diseñó lavase de datos, arquitectura del sistema, etc. Estos diseños están en los siguientes ítems (6.7, 6.8, 6.9) del documento.</li> <li>• Se probó el efectivo registro de información en la base de datos. Los datos pueden ser consultados directamente en la aplicación móvil, encontramos registro de cada riego al igual que la temperatura del cultivo.</li> </ul>
------------------------	---

*Tabla 1. Fases del proyecto. Fuente: elaboración propia*

## 6.4 Requerimientos

### 6.4.1 Requerimientos funcionales

ID Requisito	Requerimiento funcional	Prioridad
RF 01	La aplicación debe permitir visualizar los datos de los sensores	ALTA

RF 02	La aplicación de permitir visualizar los registros detallados de cada riego	ALTA
RF 03	La aplicación debe recibir notificaciones de activación y desactivación de los riegos	ALTA
RF 04	La aplicación debe tener una interfaz sencilla y agradable a la vista	ALTA
RF 05	La aplicación debe conectarse a la red para recibir los datos del servidor	ALTA

**Tabla 2. Requerimientos funcionales. Fuente: elaboración propia**

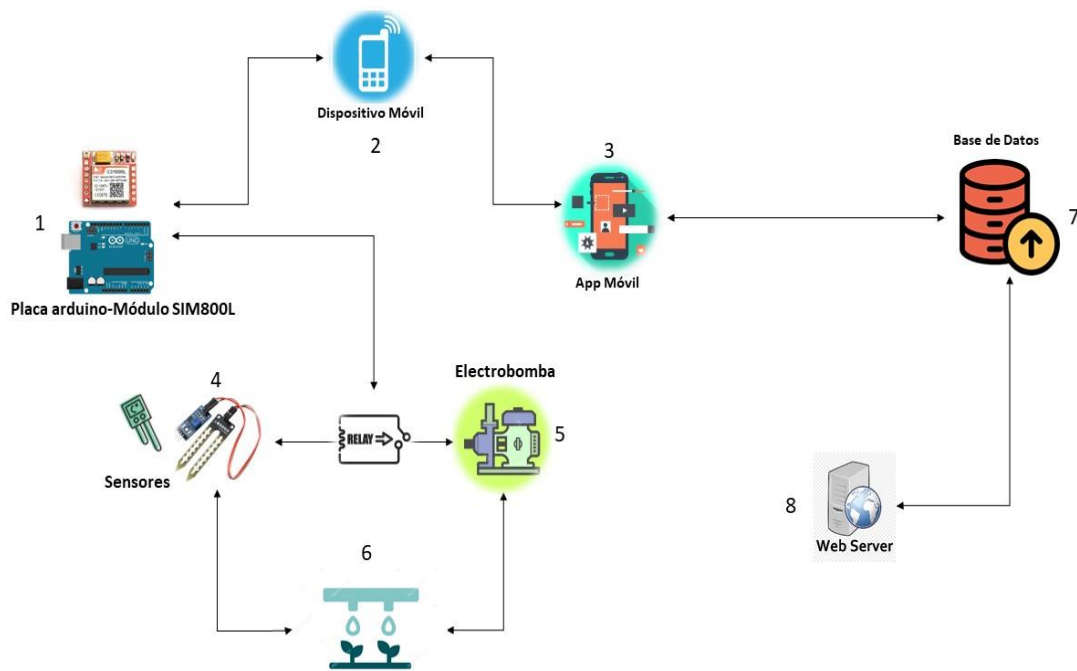
#### 6.4.2 Requerimientos no funcionales

<b>ID Requisito</b>	<b>Requerimientos no funcionales</b>	<b>Prioridad</b>
RFN 02	La aplicación móvil debe funcionar correctamente en cualquier celular o Tablet.	Alta
RFN 03	La aplicación debe ser sencilla de usar para cualquier persona con sin experiencia de uso de esta misma.	Alta

**Tabla 3. Requerimientos no funcionales. Fuente: elaboración propia**

## 6.5 Arquitectura del sistema

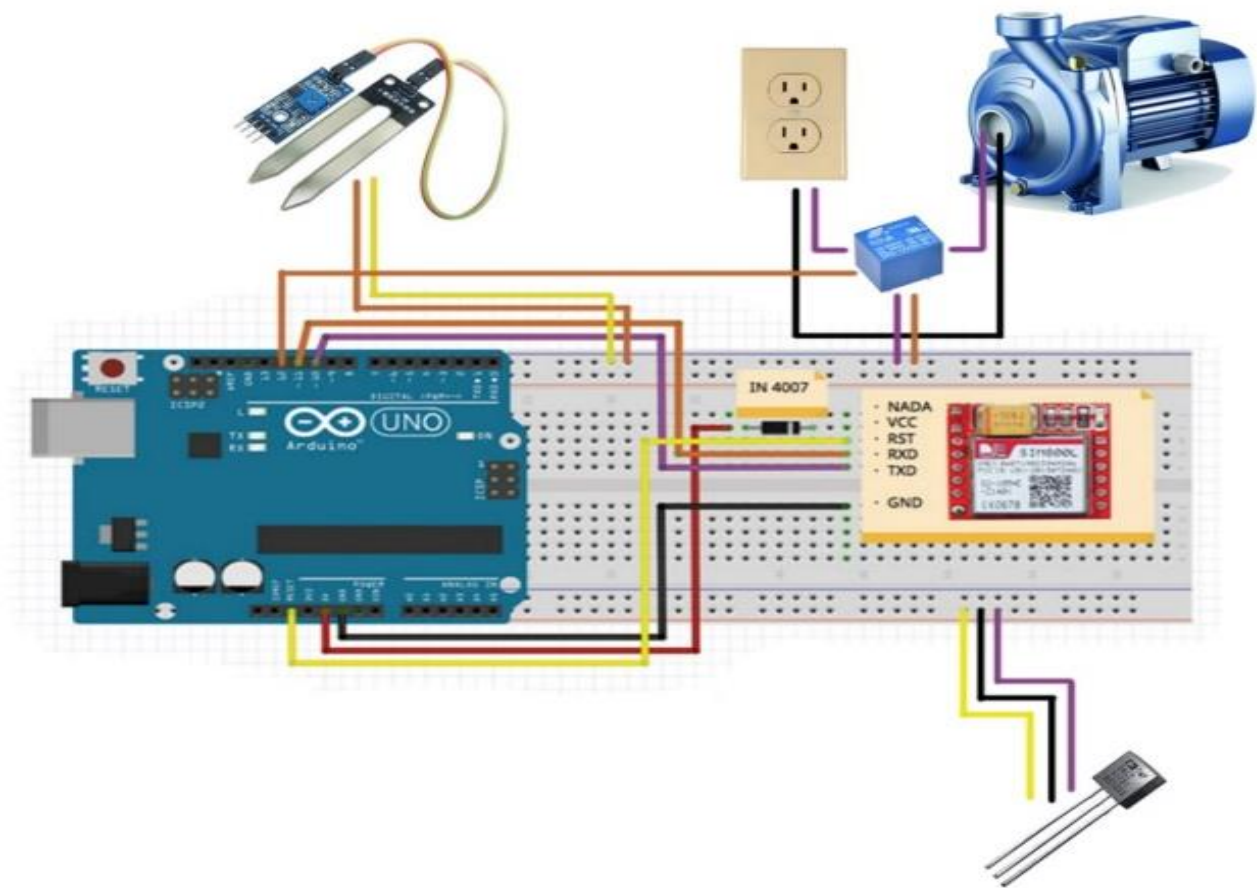
Para el montaje del sistema se realizó la conexión de los sensores de humedad y temperatura, se utilizó un cable positivo, uno negativo y uno lógico, se conectaron los sensores a la placa Arduino, el cable positivo se conectó en el pin 5v y el negativo en el pin GND, el lógico al A0 y al A1 y en el sensor de temperatura en el pin A3, el modulo se conectó al arduino con los pines correspondientes, los puntos se soldaron para una mejor conexión. Para la conexión con el relé se conectó el cable lógico en pin digital 4 de la placa Arduino, la electrobomba se realizó la inferencia con el rele conectando un cable para 110 v, para terminar, se conectó la electrobomba a la corriente externa.



*Ilustración 10 Arquitectura del sistema. Fuente elaboración propia*

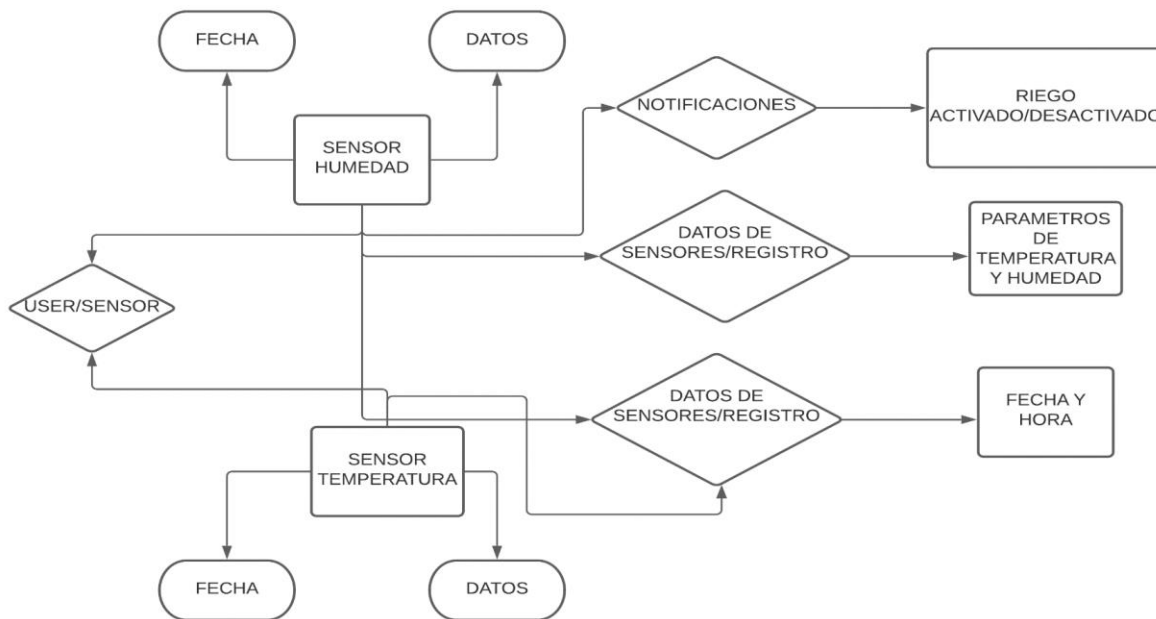
1	Placa arduino-Modulo SIM800L	Estos dos placas ensambladas conforman una importante parte del sistema físico, pues aquí serán programadas las instrucciones (Tiempo de regado, temperatura adecuada para el regado de cada planta, etc.) para el funcionamiento óptimo del sistema.
2	Dispositivo móvil	Un teléfono móvil será en medio para hacer visible las estadísticas (registros del cultivo).
3	Aplicación Móvil	La aplicación móvil se usará para la comunicación con el sistema, de esta forma se podría conocer el estado de cada hortaliza.
4	Sensores de humedad y temperatura	Son los encargados de detectar la humedad en el suelo y temperatura ambiente.
5	Electrobomba	Será la encargada de bombear agua desde el suministros hasta la tubería ubicada en la huerta.
6	Riego automatizado	Es el fin último del sistema.
7	Base de datos	En la base de datos se guardarán todos los registros que arroje en sistema.
8	Servidor Web	Aquí se almacenarán todos los datos a los cuales se accede a través de la aplicación móvil.

**Tabla 4. Arquitectura del sistema. Fuente: elaboración propia**



*Ilustración 11. Esquema electrónico del sistema. Fuente: elaboración propia*





**Ilustración 12. Modelo entidad relación. Fuente: elaboración propia**

### 6.6. Etiquetas casos de uso del sistema

ID: CU 001	Nombre: Ver registro de riegos	
Autor	Jose Macea	
Usuario	Usuario	
Descripción	La aplicación debe mostrar los registros de riego como se muestra a continuación cada vez que el usuario pinche sobre esta opción	
Precondición	* Abrir la aplicación * El modulo SIM800L debe tener cobertura * Datos de los registros posteriormente cargados	
Secuencia Normal	Pasos	
	1	Abrir la aplicación
	2	La aplicación consulta en el servidor los datos cargados por el modulo SIM800L
	3	La aplicación muestra los datos obtenidos
Exepciones	El dispositivo debe tener conexión a internet	

**Tabla 5. ID: CU 001. Fuente: elaboración propia**

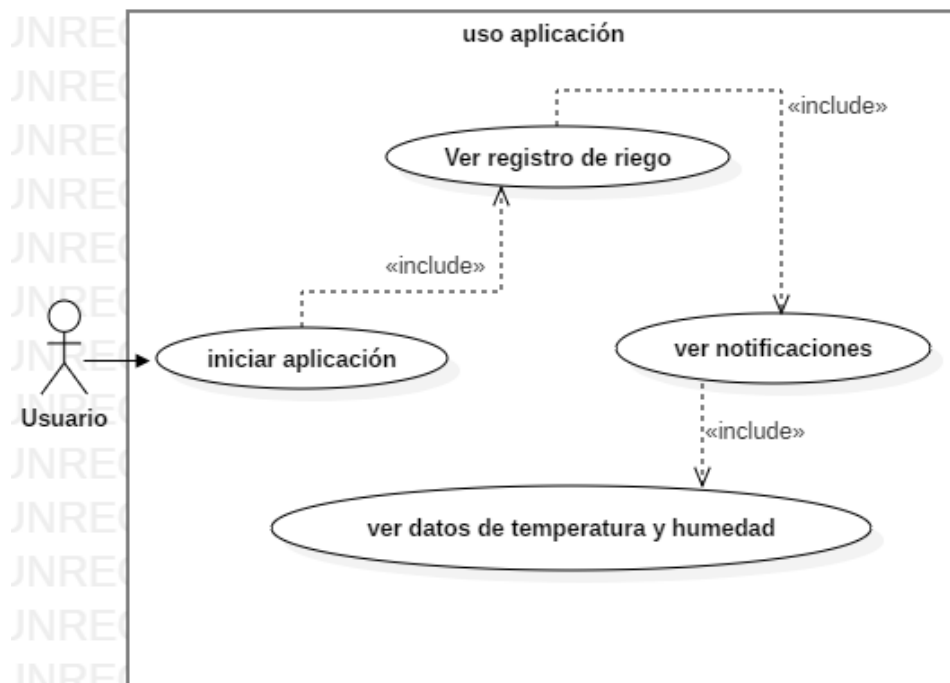
ID: CU 002	Nombre: Ver datos de sensores	
Autor	Jose Macea	
Usuario	Usuario	
Descripción	La aplicación debe mostrar los datos de temperatura y humedad como se muestra a continuación cada vez que el usuario pinche sobre esta opción	
Precondición	* Abrir la aplicación * El modulos sim 800l debe tener cobertura * Datos de los sensores posteriormente cargados	
Secuencia Normal	Pasos	
	1	Abrir la aplicación
	2	La aplicación consulta en el servidor los datos cargados por el modulo SIM800L
	3	La aplicación muestra los datos optenidos
Exepciones	El dispositivo debe tener acceso a internet	

**Tabla 6. ID: CU 002. Fuente: elaboración propia**

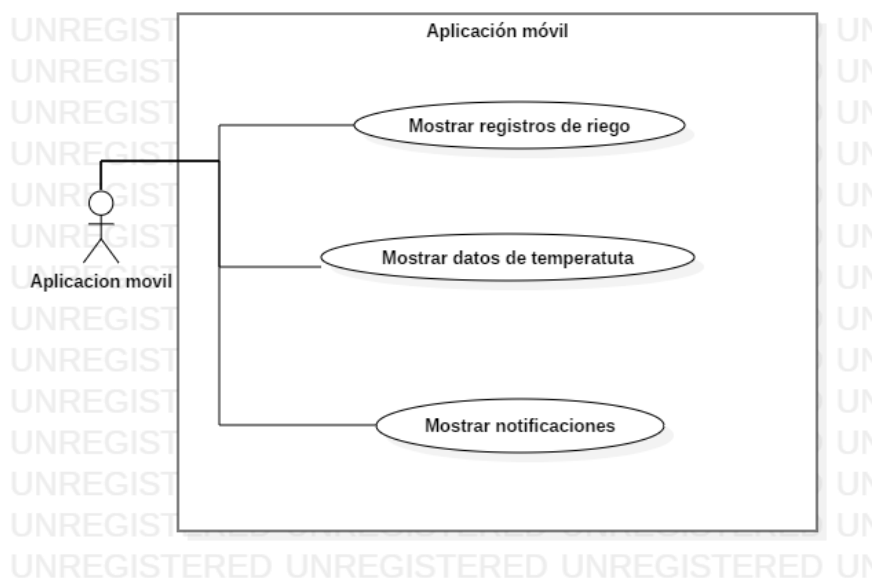
ID: CU 003	Nombre: Ver notificaciones de riego	
Autor	Jose Macea	
Usuario	Usuario	
Descripción	La aplicación debe mostrar las notificaciones de riego como se muestra a continuación cada vez que se active/desactive el riego	
Precondición	* Abrir la aplicación * El modulo SIM800L debe tener cobertura * Datos de los registros posteriormente cargados	
Secuencia Normal	Pasos	
	1	Abrir la aplicación
	2	La aplicación consulta en el servidor los datos cargados por el modulo SIM800L
	3	La aplicación muestra los datos optenidos
Exepciones	El dispositivo debe tener conexión a internet	

**Tabla 7. ID: CU 003. Fuente: elaboración propia**

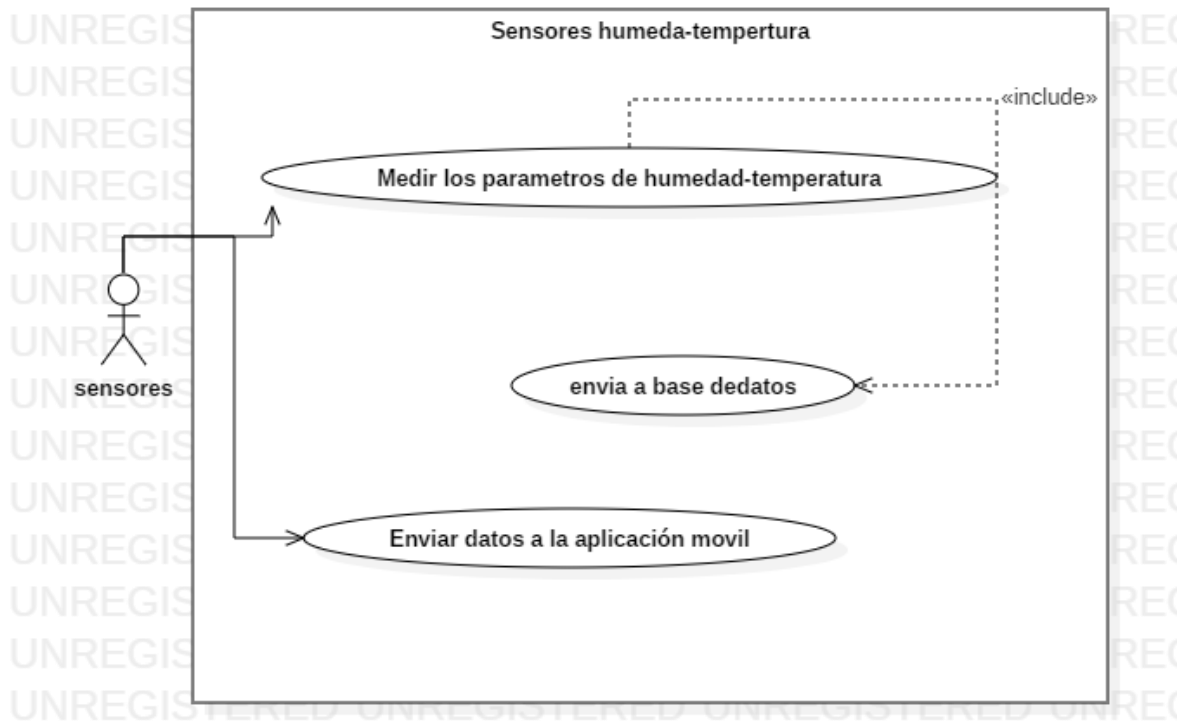
## 6.7 Casos de uso



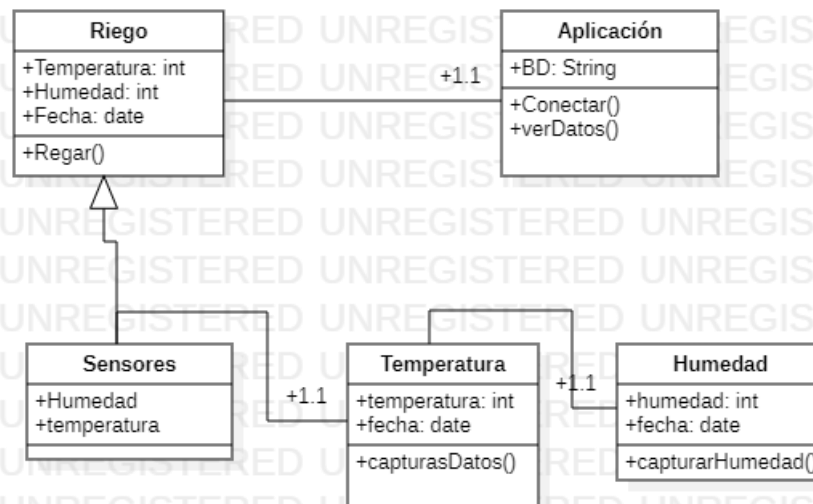
*Ilustración 13. Uso aplicación. Fuente: elaboración propia*



*Ilustración 14. Aplicación móvil. Fuente: elaboración propia*

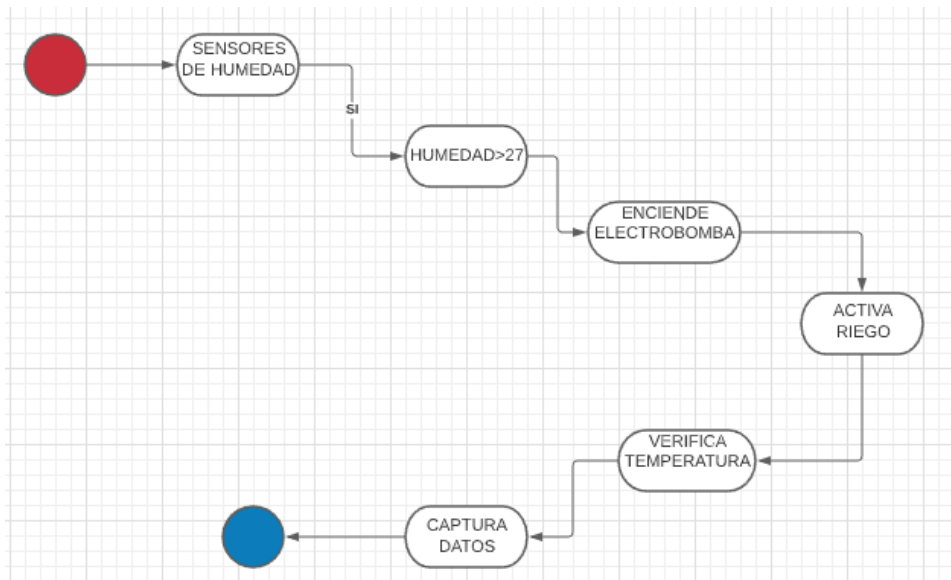


**Ilustración 15. Diagrama sensores humedad-temperatura. Fuente: elaboración propia**

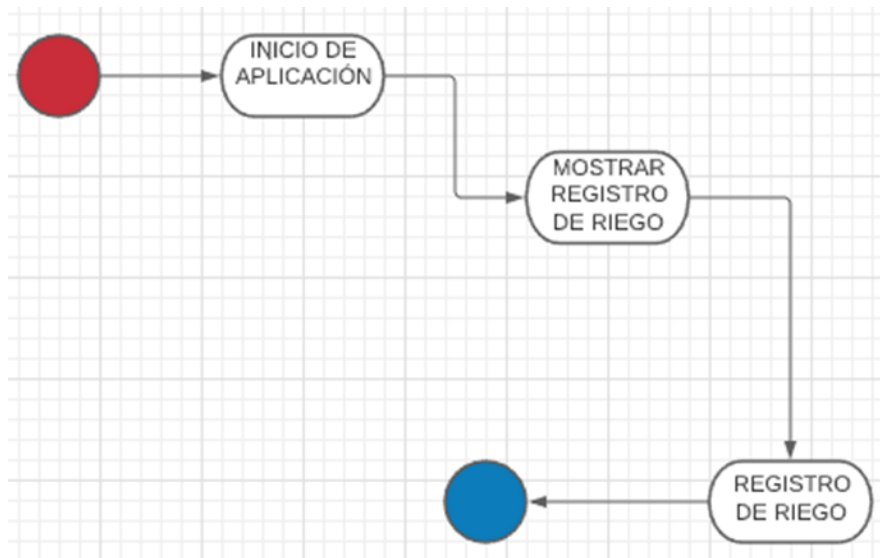


**Ilustración 16. Diagrama de clases. Fuente: elaboración propia**

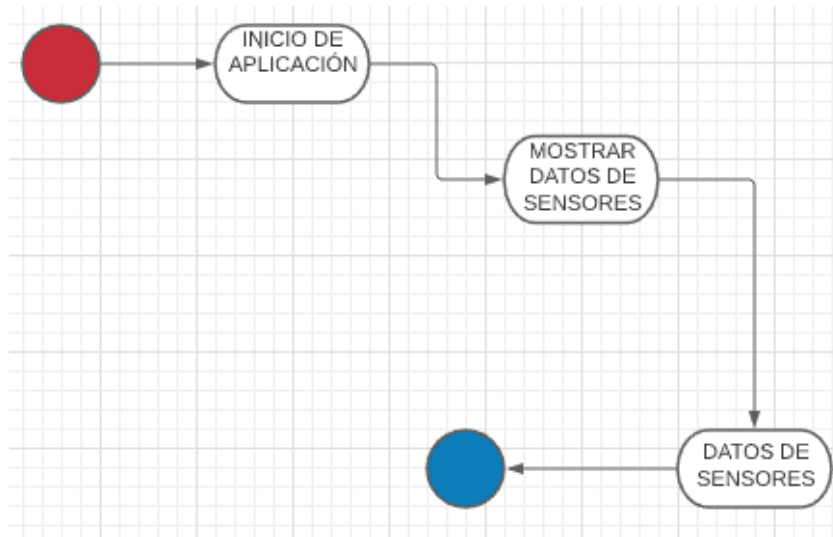
## 6.8 Diagrama de actividades



*Ilustración 17. Diagrama general de actividades. Fuente: elaboración propia*

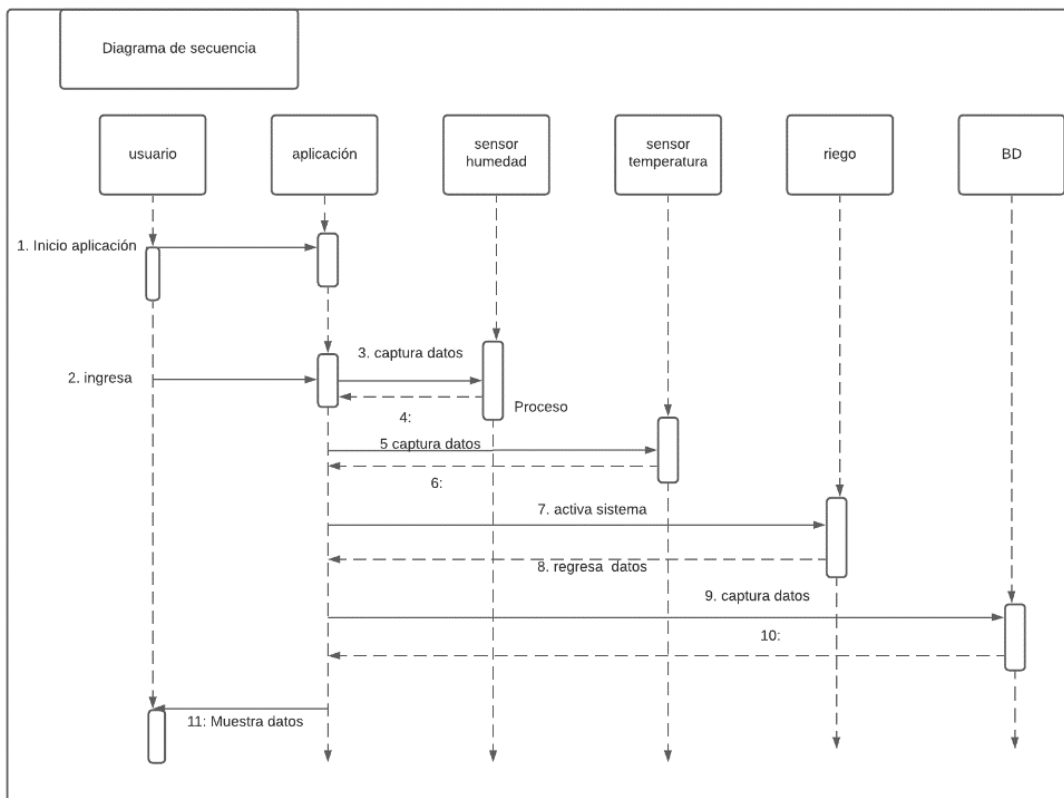


*Ilustración 18. Diagrama registro de riego. Fuente: elaboración propia*

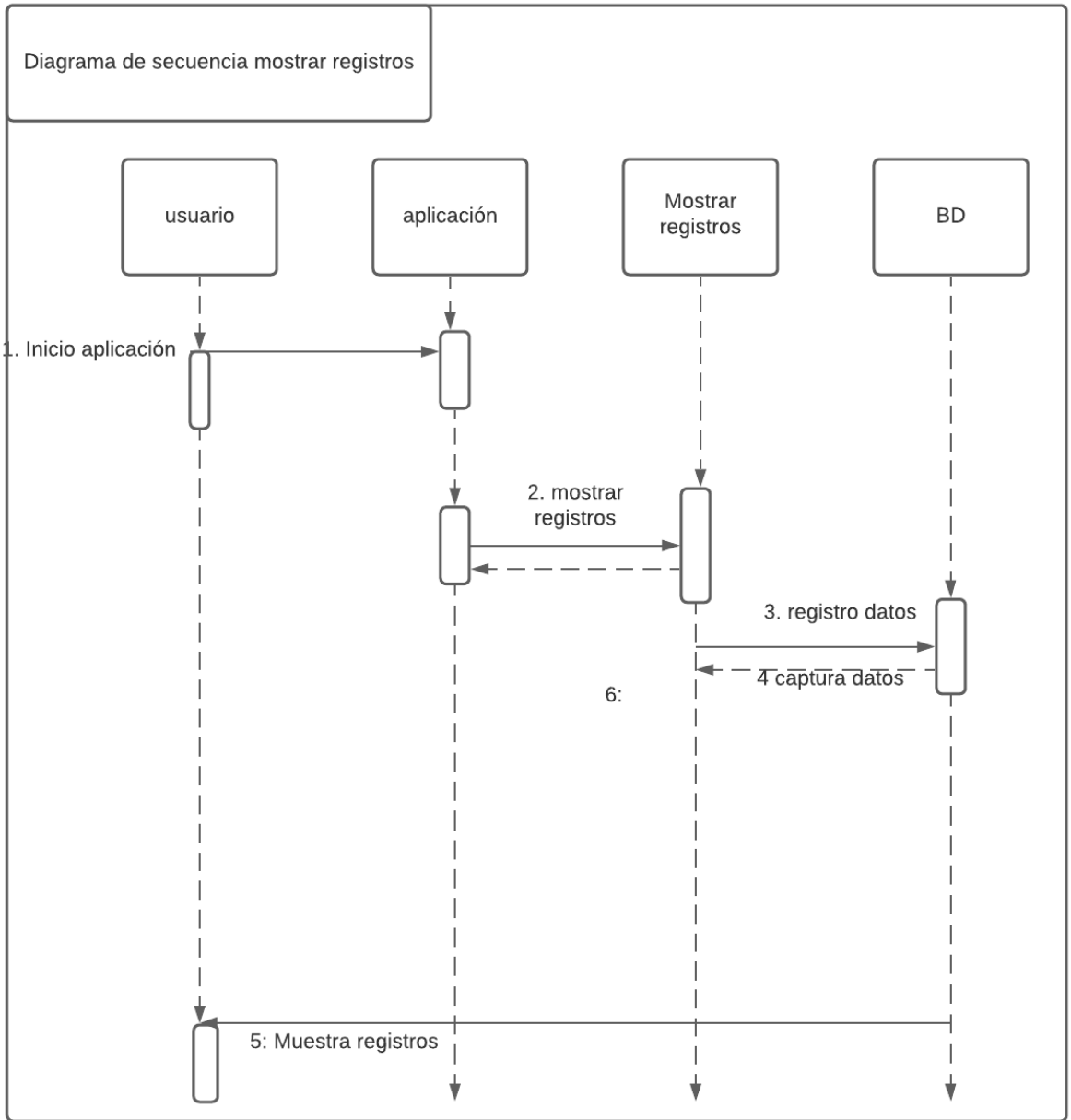


*Ilustración 19. Diagrama datos de sensores. Fuente: elaboración propia*

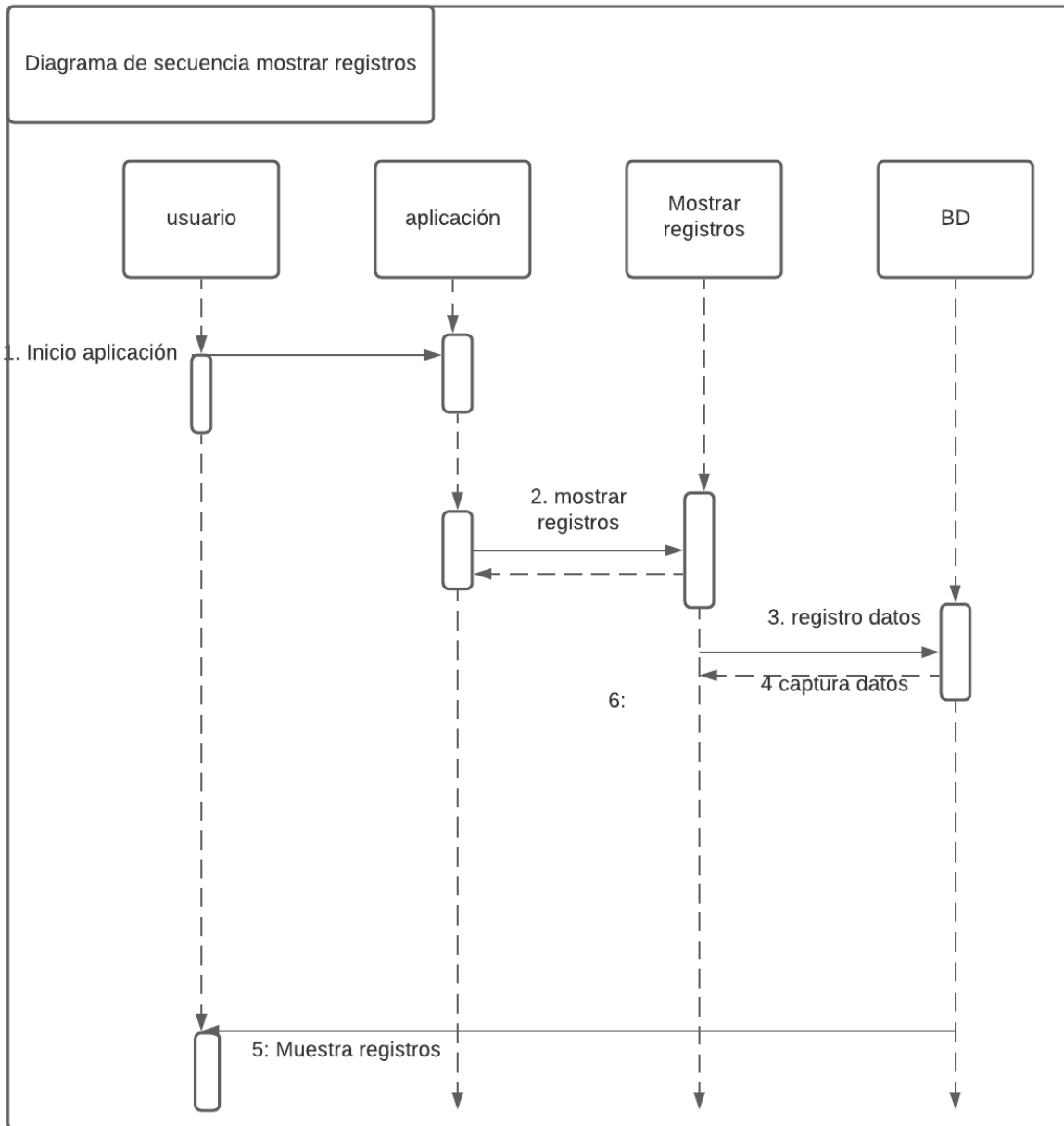
## 6.9 Diagrama de secuencia



*Ilustración 20 Diagrama de secuencia general. Fuente: elaboración propia*

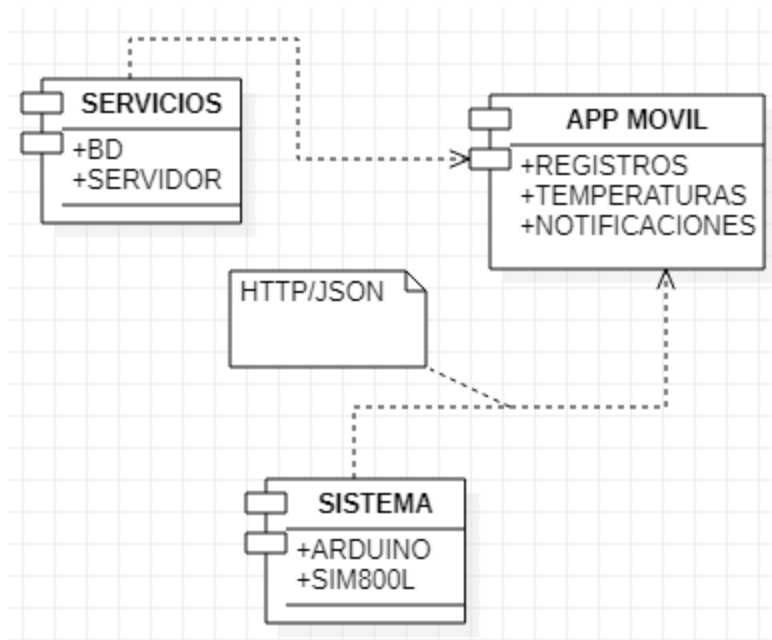


**Ilustración 21. Diagrama de secuencia mostrar registros. Fuente. Elaboración propia**

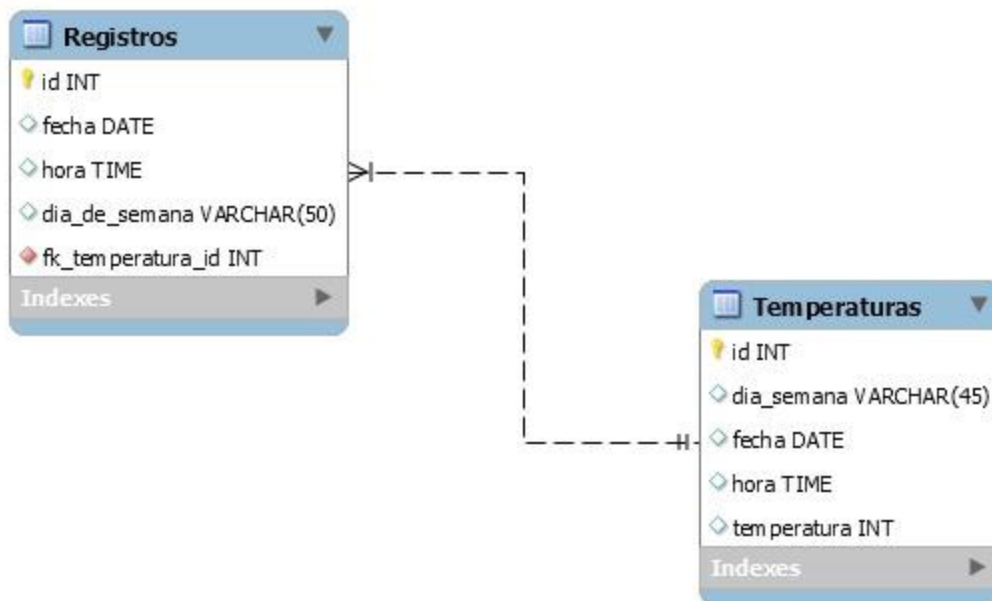


*Ilustración 22. Diagrama de secuencia datos de sensores. Fuente. Elaboración propia*

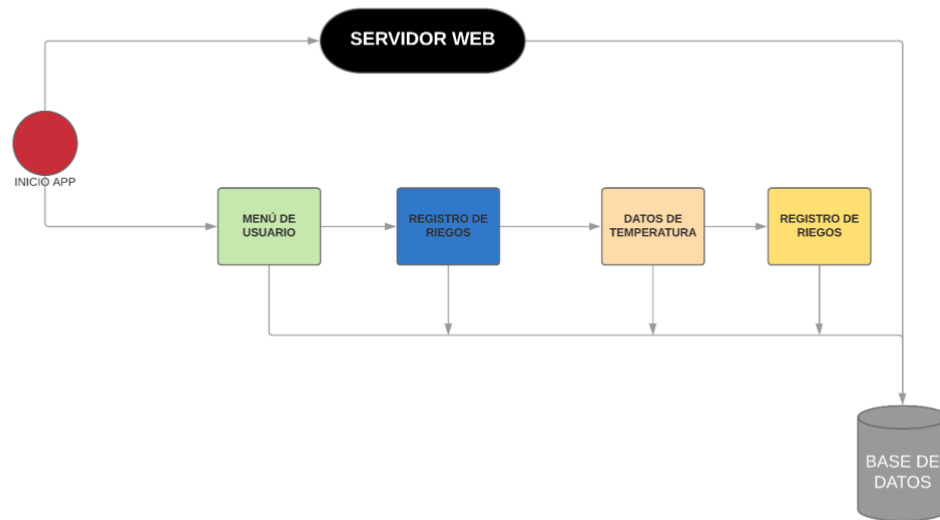




**Ilustración 23 Diagrama de componentes Fuente: elaboración propia**



**Ilustración 24 Diagrama entidad/relación de base de datos. Fuente: Elaboración propia**



*Ilustración 25. Funciones del sistema. Fuente: elaboración propia*

## 7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### 7.1. Funcionalidad del sistema

Se diseñó una aplicación móvil capaz de recibir los datos arrojados por los sensores de humedad y temperatura, así mismo con la capacidad de recibir las notificaciones de cada riego cuando este se activa y se desactiva.

Se hizo un montaje con la placa arduino en conjunto con el módulo SIM800L, sumado a esto los sensores de humedad y temperatura, para la programación de estos sensores se tuvo en cuenta los parámetros necesarios y exactos para brindar un riego óptimo para el adecuado crecimiento y producción de la hortaliza.

### 7.2 Pruebas

Se ubicaron las plantas con un metro de distancia, al pie de cada planta reposa la tubería con un orificio que permite el goteo.

Se procede a instalar el sistema de goteo para las plantas, la electrobomba y demás componentes.

Se hacen respectivas pruebas de humedad y temperatura, alteramos la temperatura ambiente acercando un fosforo al sensor de temperatura y aplicando agua al sensor de humedad.

Una vez hechas las pruebas alterando los parámetros ambientales, se activa el riego porque los sensores detectan alzas en la temperatura, regulando esta misma con la activación del riego. En las imágenes se pueden observar Los datos registrados en la aplicación.

A continuación, se aprecia una interfaz sencilla y agradable a la vista, es este estado la aplicación está cargando los datos mandados por el módulo.

Sistema automatizado de riego



Cargando

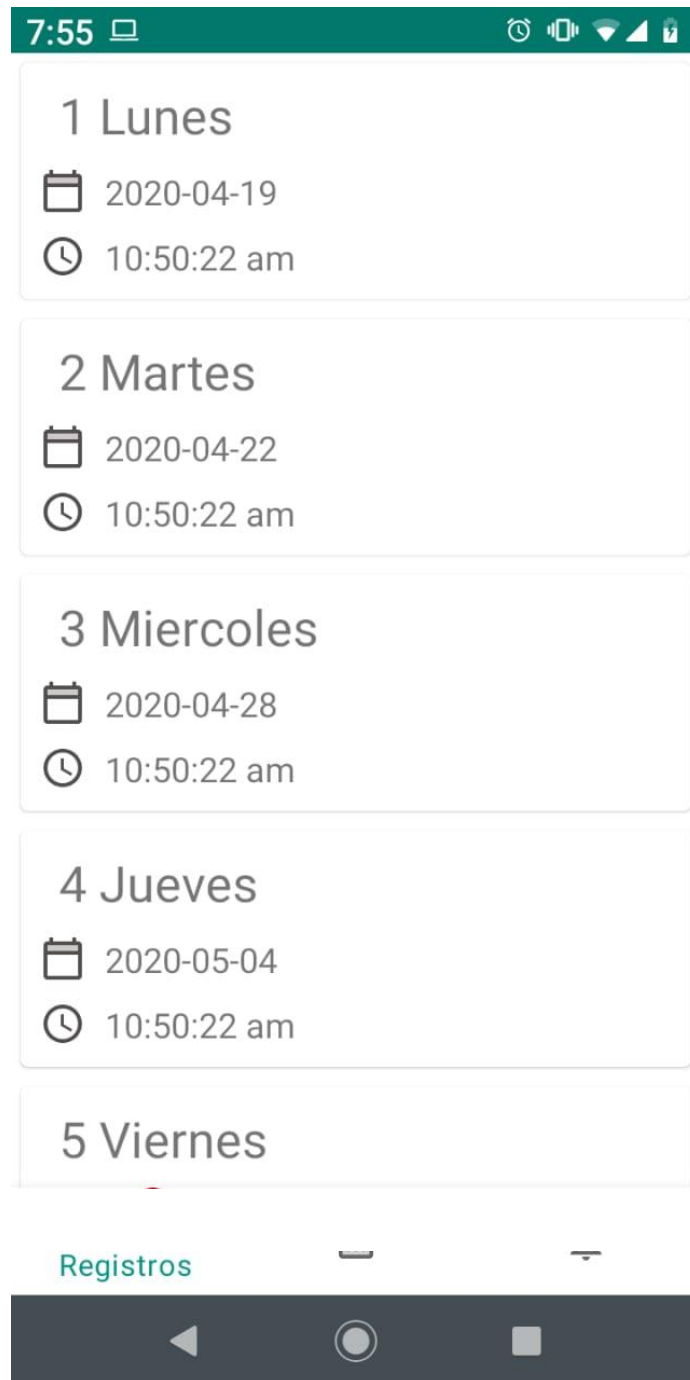
Sistema automatizado de riego



Cargando

***Ilustración 26 Inicio de aplicación. Fuente: elaboración propia***

En esta opción de la aplicación se pueden ver los registros de cada riego, un registro detallado mostrando el día, la fecha y hora del riego.



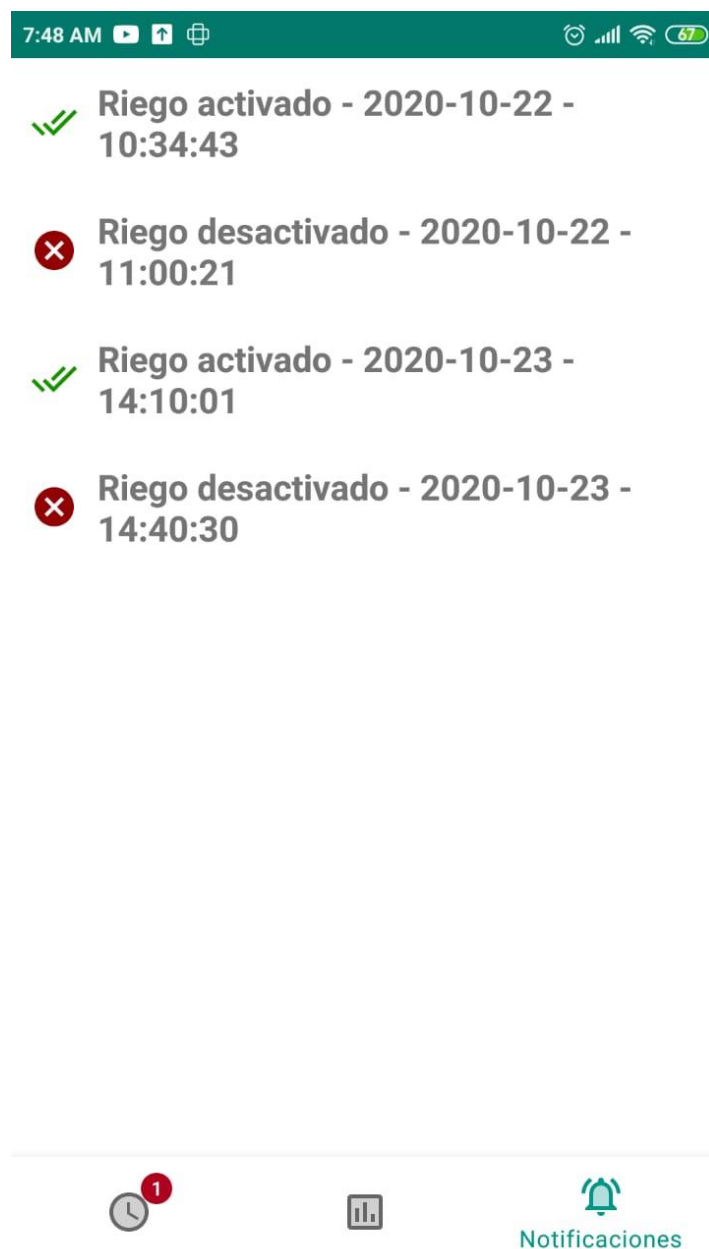
*Ilustración 27 Registro de riego. Fuente: Elaboración propia*

En este apartado se pueden encontrar los datos del riego arrojados por los sensores, estos datos se cargan y se reciben igual que los registros.

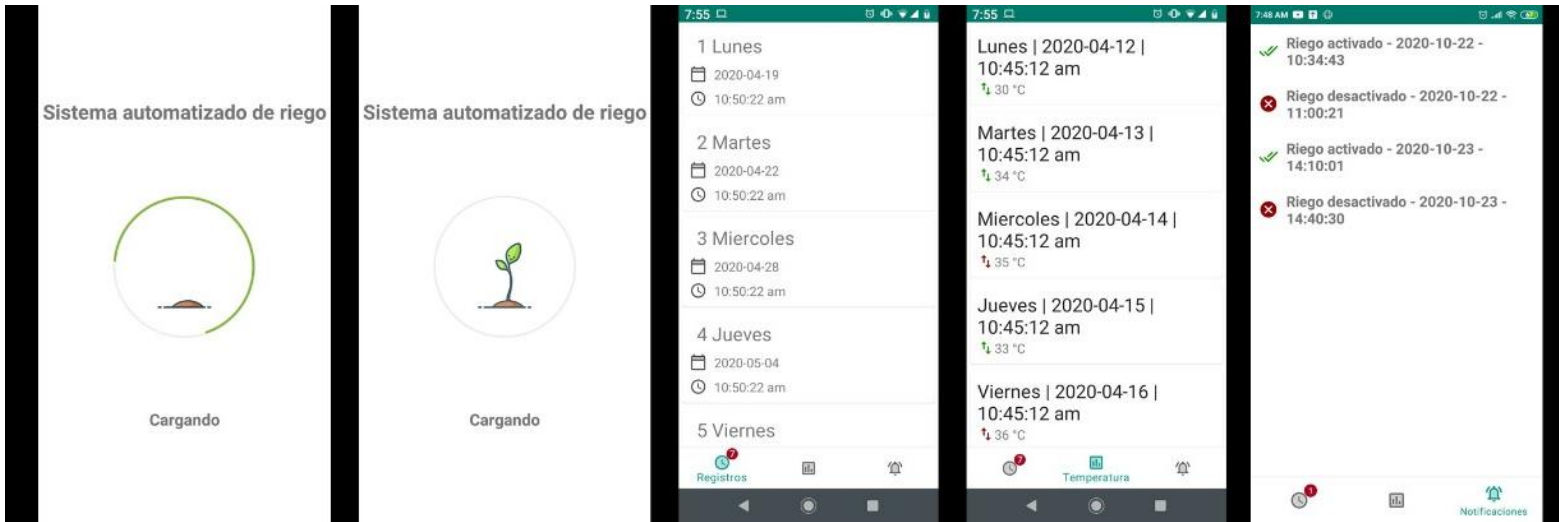


**Ilustración 28** Datos de los sensores. Fuente: *Elaboración propia*

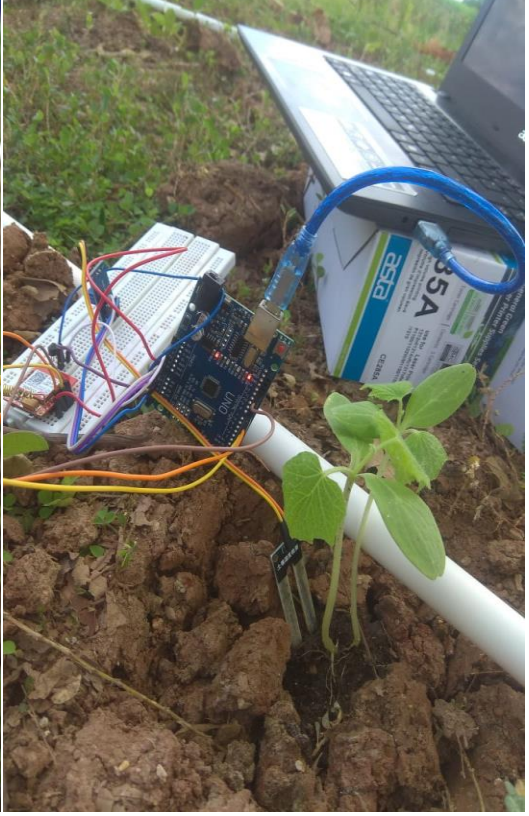
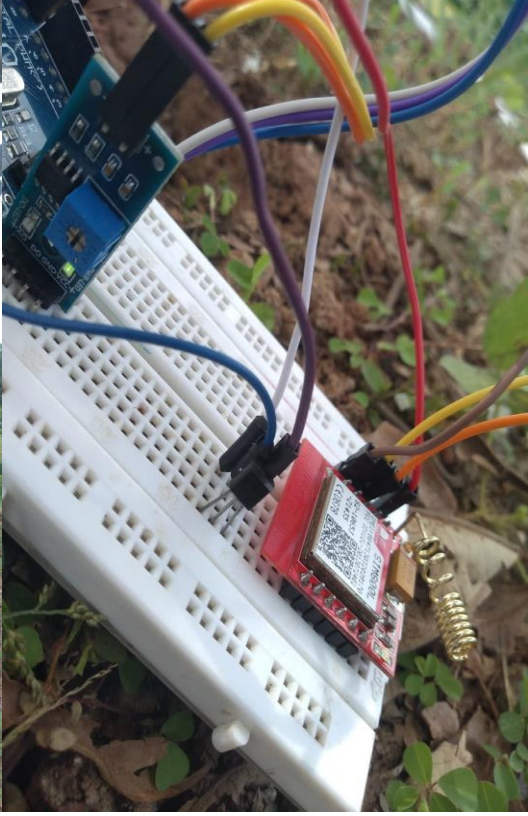
Por ultimo encontramos las notificaciones, notificaciones que se reciben cuando el riego se activa o desactiva, igualmente muestra un registro con los respectivos detalles.



***Ilustración 29 Notificaciones de riego. Fuente: Elaboración propia***



*Ilustración 30 Aplicación móvil. Fuente: Elaboración propia*





## 8. CONCLUSIONES

A lo largo de este proyecto es posible evidenciar como se puede dar solución a una problemática que muchas veces pasa desapercibida, siempre se ve esta problemática a nivel mundial, nacional y regional, incluso en pequeñas huertas de campesinos.

Con la implementación de este sistema se pudo controlar la cantidad de agua necesaria para el cultivo, así mismo se redujo el esfuerzo por parte del campesino para realizar el riego. Además se desplazó el riego convencional por un riego totalmente tecnológico y automatizado. Se logró con éxito el monitoreo de la humedad de suelo y temperatura ambiente, donde se puede visualizar en tiempo real los datos de la cantidad de humedad de suelo y temperatura, así mismo como almacenar un registro de dichos datos.

El funcionamiento de los sensores es bastante aceptable, sus datos se aproximan demasiado a sensores de alta precisión. El control del riego se puede realizar en tiempo real, esto se pudo observar en las pruebas realizadas, Los resultados obtenidos, dan por válido que, con la implementación de un sistema automático para riego, se minimiza el trabajo de las personas y se obtendrá un eficiente uso de agua. A partir de los resultados obtenidos, se establece también que con la implementación se permitirá un eficiente uso de agua basado en el balance de humedad del suelo, de bajo coste y sencillo de implementar. El sistema de riego automático permite mejorar el control de riego, reduciendo el consumo de agua y mejorando la productividad en la hortaliza. La instalación de este sistema ayuda a optimizar el tiempo y forma de riego en un área pequeña de cultivos a un bajo coste. El producto está limitado a espacios reducidos, por su implementación en bajo consumo de potencia, pero con opciones de poder ampliarse a la vida real utilizando el mismo

diseño, pero involucrando accesorios de mayor potencia en áreas de cultivos más grandes. Los avances tecnológicos han permitido que la medición de la humedad del suelo, que se logre a bajos costos, pueda hacer que sea posible la comercialización de estas tecnologías para automatizar el riego en la producción agrícola.

Por último, se debe tener en cuenta que este tipo de tecnologías por si solas no resuelven la problemática, pero si se logra una implementación sistemática y coordinada de estas, pueden ayudar a enfocarse y conseguir los objetivos planteados. Lo importante no es contar con la tecnología, sino saber aplicarla y sacarle el máximo provecho, enfocándola a un problema real y concreto como, por ejemplo, un sistema de riego.

## 9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda revisar el módulo si cuenta con señal para el envío de datos.
- Se recomienda mantener un plan de datos en la SIM para que sea efectivo el envío de datos
- Se recomienda revisar los orificios de las tuberías para evitar futuros taponamientos, pues el gotero es pequeño y puede taparse.
- Se recomienda tener aislado los componentes electrónicos del agua para evitar cortos circuitos
- Se recomienda en un trabajo futuro la implementación de un módulo GPRS más actualizado
- Se recomienda optar por una placa distinta a Protoboard

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. (MADR), M. d. (2019). MinAgricultura. Retrieved from <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/MinAgricultura-resalta-aumento-del-PIB-agropecuario-del-2-6-en-el-tercer-trimestre.aspx>
2. Agronomía Colombiana. Méndez, Mario A.; Ligarreto, Gustavo A.; Hernández, María Soledad; Melgarejo, Luz Marina. (2004). Evaluación del crecimiento y determinación de índices de cosecha en frutos de cuatro materiales de Ají. Retrieved from vol. 22, núm. 1, 2004, pp. 7-17: <https://bit.ly/2yobTuY>
3. AGROPINOS. (2013, Mayo 22). Como cuidar sus cultivos. Retrieved from <https://bit.ly/3e5BXXo>
4. Agropinos. (2017, Marzo). AgroPinos. Retrieved from <https://www.agropinos.com/proteja-sus-cultivos>
5. Arrazola, J. S. (2017). Retrieved from <https://bit.ly/2vufJ4g>
6. Barraza. (2011). Diagnóstico preliminar sobre aspectos agronómicos, sociales y culturales en la siembra de hortalizas en el valle del sinú medio. Retrieved from Universidad de Córdoba, Ciencias Agrícolas: 105p
7. Cesar Dario Escobar, Karina Jazmin Farfán. (2018, Agosto 17). Retrieved from <https://bit.ly/2TVo9uJ>
8. Darwin Fray Apaza, Irvin jhon de la torre. (2017). Retrieved from <https://bit.ly/3b4F2ZU>
9. Diana Cañon, Edna Luz Cifuentes. (2018). Retrieved from <https://bit.ly/39TZVqk>
10. EcuRed. (2011). Riego por asperción. Retrieved from <https://www.ecured.cu/>

11. Gimenez, J. B. (2015). Cultivo en hidroponía. Retrieved from Libros de cátedra:  
<http://sedici.unlp.edu.ar/>
12. Infoagro. (2007). Retrieved from <https://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento.htm>
13. InfoAgro. (2007). El cultivo de la Berenjena. Retrieved from <https://bit.ly/2XhjlK0>
14. J, P. (2006). Investigar, reflexionar y actuar en la práctica docente.
15. Julio Enrique Baron, Diego Gernandez Perez. (2017). Retrieved from  
<https://bit.ly/3aYcTDC>
16. Lugo, O., Quevedo, A., Bauer, J., Del valle, D., Palacios, E., & Águila, M. (2011).  
Revista Mexica de ciencias Agrícolas. Mexico.
17. NOVAGRIC. (2016). Riego por goteo. Retrieved from <https://www.novagric.com/>
18. Revista. (2011). Prototipo para automatizar Un sistema de Riego Multicultivo. Mexico.
19. TRAXCO. (2010). Historia ancestral del riego agrícola. Retrieved from  
<https://bit.ly/3cRSe5v>

## ANEXOS

### Manual de Usuario

## Sistema automatizado de riego

Interfaz de la aplicación



Cargando

12:05

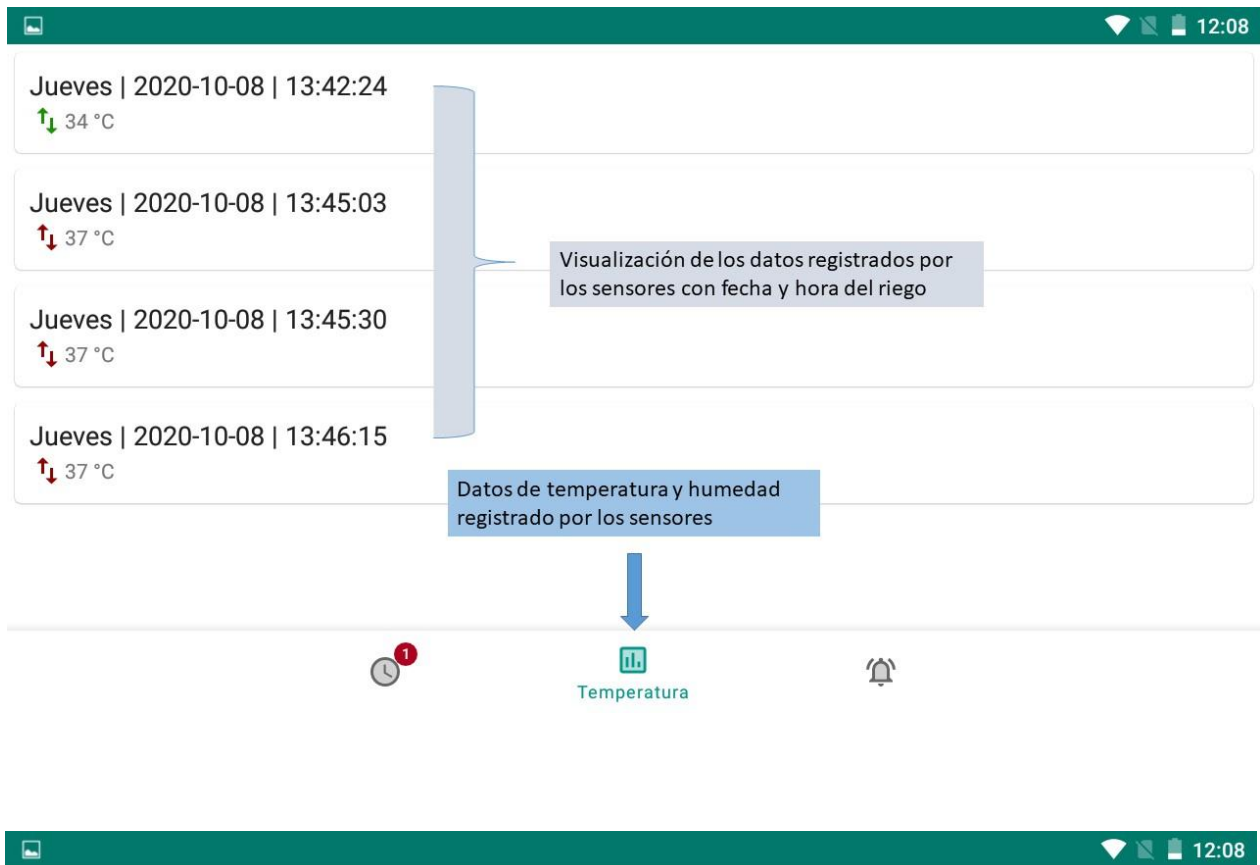
1 Jueves

2020-10-08 → Registro con los campos día fecha y hora

13:46:15

Registros de los riegos





No hay notificaciones activas.

