

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO AUTOMATIZADO  
EN PLANTACIONES DE MAIZ Y AJONJOLÍ PARA LA HACIENDA LA  
ROCA”**

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Licenciado(a) en Redes y Sistemas Operativos**

Presentado por:

ANDREA FERNANDA VIVANCO RODRIGUEZ

JONATHAN DAVID MARMOLEJO ZAMBRANO

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

## DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a Dios por llenarme de bendiciones para alcanzar mis metas, a mi familia Vivanco Rodríguez por estar en todo momento, apoyándome y ser el soporte que tanto he necesitado. A mi abuelita por ser una segunda madre y darme sus consejos y confianza. Por ultimo a mi novio que ha sido un pilar fundamental para lograr mis metas, siendo un amigo incondicional y brindarme las fuerzas que siempre necesité para seguir superándome día tras día.

***Andrea Fernanda Vivanco Rodríguez***

El presente proyecto lo dedico a mi padre Walter Marmolejo por el apoyo incondicional que me ha brindado en toda mi etapa estudiantil, a mi madre Jenny Zambrano por brindarme su guía y su consejo, y a mí novia Karen Salazar por brindarme su apoyo siempre que lo necesité

***Jonathan David Marmolejo Zambrano***

## AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento, en primer lugar, a Dios por nunca abandonarme y darme las fuerzas para seguir adelante en este largo camino de estudios; a mis padres por siempre apoyarme y ser un soporte incondicional a todas las metas que me he puesto; a mis hermanos por estar conmigo y ser parte de este logro; a mis abuelitos por ser como mis segundos padres dándome sus consejos y su confianza de saber que puedo lograr todo; a cada uno de los docentes que me brindaron sus conocimientos de manera humilde y eficaz; a todos mis amigos de la carrera que fueron de gran ayuda en distintas materias, para alcanzar esta meta tan anhelada.

***Andrea Fernanda Vivanco Rodríguez***

Mi más sincero agradecimiento a Dios por la sabiduría y la fortaleza que me ha brindado para poder cumplir con este objetivo, a mi familia por todo el apoyo que me ha brindado a lo largo de mi carrera universitaria y a mis maestros por todo el conocimiento y sabiduría que han compartido conmigo a lo largo de estos años.

***Jonathan David Marmolejo Zambrano***

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Andrea Fernanda Vivanco Rodríguez y Jonathan David Marmolejo Zambrano y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

---

Andrea Fernanda  
Vivanco Rodríguez

---

Jonathan David  
Marmolejo Zambrano

# **EVALUADORES**

---

**Ing. Robert Stalin Andrade Troya**

PROFESOR DE LA MATERIA

---

**Ing. Jorge Antonio Magallanes Borbor**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

Este documento presenta el diseño de un sistema automatizado de riego como solución al desperdicio de agua al momento de irrigar los cultivos de maíz y ajonjolí en la hacienda La Roca, la solución propuesta permite mantener un control sobre el agua disponible para el riego y evitar que la sequía sea un factor de riesgo.

La solución consiste en la implementación de tres subsistemas ubicados en partes estratégicas en la hacienda, el primer subsistema hace uso de sensores para medir la humedad del suelo y las precipitaciones en las áreas dedicadas al cultivo, información que es receptada por una placa Arduino y enviada al tercer subsistema de forma inalámbrica mediante un módulo LoRa, el segundo subsistema mide la cantidad de agua disponible para el riego en el tanque elevado a través de un sensor ultrasónico, de ser necesario se abastecerá al tanque de agua desde un pozo ubicado en las cercanías, éste subsistema el paso del agua forma automática hacia las plantaciones usando una electroválvula y un sensor de flujo de agua para saber cuándo cerrar el paso de agua, el tercer subsistema es un servidor web ubicado en un Raspberry Pi 3 modelo B que almacena la información obtenida de los subsistemas anteriores para mostrarla de forma concisa a los usuarios y permitir la manipulación de los subsistemas.

Se realizó el desarrollo de un prototipo en el que se pudo apreciar su funcionamiento, donde se observó que el riego se realizaba de forma oportuna y evitando el desperdicio de agua durante ésta labor.

La automatización del proceso de riego demostró que además de permitir una mejor administración del agua, también ayuda en el ahorro de personal destinado a ésta labor y evita pérdidas económicas producto de las sequías.

Palabras Clave: automatización, riego, maíz, ajonjolí.

## **ABSTRACT**

*This document presents the design of an automated irrigation system as a solution to the waste of water at the time of irrigation of corn and sesame seed crops at the La Roca farm, the proposed solution allows to maintain control over the water available for irrigation and prevent drought is a risk factor*

*The solution consisting of the implementation of three subsystems identified in strategic parts of the farm, the first subsystem makes use of sensors to measure soil moisture and rainfall in areas dedicated to cultivation, information that is received by an Arduino plate and written to the third subsystem wirelessly using a LoRa module, the second subsystem measures the amount of water available for irrigation in the elevated tank through an ultrasonic sensor, if necessary, the water tank will be supplied from a well located nearby, this subsystem automatically passes water to the plantations using an electrovalve and a water flow sensor to know when to close the water passage, the third subsystem is a web server located in a Raspberry Pi 3 model B that stores the information obtained from the previous subsystems to show it concisely to users and allow manipulation of the subsystems.*

*The development of a prototype was carried out in which its operation could be achieved, where the irrigation was detected was carried out in a timely manner and avoiding the waste of water during this workforce*

*The automation of the irrigation process showed that in addition to allowing better water management, it also helps in saving personnel for this workforce and avoids economic losses due to droughts.*

*Keywords: automation, irrigation, corn, sesame seed*

# ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES .....	5
RESUMEN .....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ABREVIATURAS .....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
CAPÍTULO 1 .....	1
1    INTRODUCCIÓN.....	1
1.1    Descripción del problema .....	2
1.2    Justificación del problema .....	3
1.3    Objetivos .....	3
1.3.1    Objetivo General .....	3
1.3.2    Objetivo Específicos .....	3
1.4    Marco Teórico .....	4
CAPÍTULO 2 .....	6
2    METODOLOGÍA.....	6
2.1    Metodología Design Thinking .....	6
2.1.1    Fase de Empatizar.....	6
2.1.2    Fase de Definir .....	8
2.1.3    Fase de Idear.....	10
2.1.4    Fase de Prototipar .....	13
2.1.5    Fase de Testear.....	14
2.2    Diseño general de la Solución .....	14



2.2.1	Subsistema de monitoreo de los niveles de humedad y presencia de lluvia en los cultivos. ....	16
2.2.1	Subsistema de monitoreo de riego y de los niveles de agua en el tanque elevado.....	23
2.2.2	Subsistema de gestión para el procesamiento y presentación de datos. ..	32
CAPÍTULO 3 .....		41
3	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN Y PRESUPUESTO .....	41
3.1	Plan de Implementación .....	41
3.2	Presupuesto .....	43
CAPÍTULO 4 .....		46
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	46
4.1	Conclusiones.....	46
4.2	Recomendaciones.....	46
BIBLIOGRAFÍA .....		47
APÉNDICES .....		49

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DT	Design Thinking
GND	Puesta de tierra
Vcc	Voltaje corriente continua
ILAMP	Infraestructura, Linux, Apache, MySQL/MariaDB y Perl, Php o Python
ER	Entidad / Relación
SD	Seguro Digital (Secure Digital )
S.C.A.M.P.E.R	Sustituir, Combinar, Adaptar, Modificar, Poner otros usos, Eliminar y Revertir
LoRa	De largo Alcance (Long Range)

## **SIMBOLOGÍA**

m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
Km	Kilómetro
Mhz	Megahertz
l/min	Litros por minuto
GB	Gibabyte
\$	Dólar Americano
μs	Microsegundo
t	Tiempo
d	Distancia
s	Segundo
m	Metro
V	Voltio
l	Litro

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Mapa de Actores .....	7
Figura 2.2 Mapa de Empatía .....	8
Figura 2.3 Árbol de Problemas .....	10
Figura 2.4 Técnica S.C.A.M.P.E.R .....	11
Figura 2.5 Diseño inicial del prototipo .....	13
Figura 2.6 Esquema funcional del prototipo .....	14
Figura 2.7 Diseño de la solución .....	15
Figura 2.8 Sensor de Humedad .....	17
Figura 2.9 Sensor de presencia de lluvia.....	17
Figura 2.10 Placa Arduino UNO .....	18
Figura 2.11 Principales Frecuencias de LoRa .....	18
Figura 2.12 Módulo LoRa y antena .....	19
Figura 2.13 Esquema de las conexiones de los equipos del subsistema de monitoreo de los niveles de humedad y detección de lluvia en los cultivos.....	20
Figura 2.14 Tanque elevado de 25000 litros .....	24
Figura 2.15 Sensor ultrasónico HC-SR04.....	25
Figura 2.16 Sensor de flujo de agua.....	25
Figura 2.17 Electroválvula y relé .....	26
Figura 2.18 Bomba sumergible .....	26
Figura 2.19 Esquema de las conexiones de los equipos del subsistema de monitoreo de riego y de los niveles de agua en el tanque elevado .....	28
Figura 2.20 Raspberry pi 3+b .....	33
Figura 2.21 Diagrama de conexiones de Raspberry con LoRa.....	33
Figura 2.22 Plataformas a usar (Internet) .....	34
Figura 2.23 Ventana de inicio de sesión del sistema. ....	35
Figura 2.24 Plantilla para mostrar la cantidad de agua disponible y consumo total por cada plantación .....	36
Figura 2.25 Plantilla para mostrar cantidad de agua disponibles e información histórica .....	37
Figura 2.26 Plantilla para mostrar consumo detallado de agua en los cultivos de maíz .....	38

Figura 2.27 Plantilla para mostrar consumo detallado de agua en los cultivos de ajonjolí.....	39
Figura 2.28 Ejemplo de notificación por correo .....	40
Figura 2.29 Ejemplo de alerta de correo .....	40
Figura 3.1 Plan de implementación en diagrama de Gantt .....	42
Figura 3.2 Diseño del Calendario del plan de actividades .....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Títulos de tesis con proyectos similares .....	5
Tabla 2.1 Matriz Insights .....	9
Tabla 2.2 Matriz de decisión.....	12
Tabla 2.3 Diagrama de conexiones entre el panel solar y el regulador de voltaje.....	21
Tabla 2.4 Diagrama de conexiones entre el sensor de lluvia y la placa de medición....	21
Tabla 2.5 Diagrama de conexiones entre la placa de medición del sensor de lluvia y Arduino.....	21
Tabla 2.6 Diagrama de conexiones entre el sensor de humedad y la placa de medición .....	21
Tabla 2.7 Diagrama de conexiones entre la placa de medición del sensor de humedad y Arduino.....	22
Tabla 2.8 Diagrama de conexiones entre el módulo LoRa y Arduino .....	22
Tabla 2.9 Diagrama de conexiones entre el regulador de voltaje y el panel solar.....	29
Tabla 2.10 Diagrama de conexiones del sensor ultrasónico a Arduino.....	29
Tabla 2.11 Diagrama de conexiones entre el Arduino y el relé 1 .....	29
Tabla 2.12 Diagrama de conexiones entre el relé 1, fuente externa y electroválvula....	30
Tabla 2.13 Diagrama de conexiones del sensor de flujo de agua.....	30
Tabla 2.14 Diagrama de conexiones entre el módulo LoRa y Arduino .....	30
Tabla 2.15 Diagrama de conexiones entre el Arduino y el relé 2.....	31
Tabla 2.16 Diagrama de conexiones entre el relé 2, fuente externa y regulador de voltaje .....	31
Tabla 2.17 Diagrama de conexiones entre regulador de voltaje y la bomba sumergible .....	31
Tabla 3.1 Presupuesto de un sistema de control de riego automatizado para las plantaciones de maíz y ajonjolí en la hacienda La Roca. ....	44
Tabla 3.2 Gastos Varios contemplados para trabajadores a implementar el sistema de riego.....	44
Tabla 3.3 Presupuesto para transporte .....	45
Tabla 3.4 Pago a trabajadores a implementar el sistema de riego. ....	45
Tabla 3.5 Precios por sistema de control de riego automatizado para las plantaciones de maíz y ajonjolí en la hacienda La Roca .....	45

# CAPÍTULO 1

## 1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la tecnología es una herramienta necesaria para obtener información de una manera rápida y precisa. Con el pasar los años se la ha introducido en los distintos campos laborales, como por ejemplo la agricultura, que es considerada una de las profesiones más importantes y sostenibles en nuestro país.

Durante los últimos años el sector rural de la vía a la Costa en la provincia del Guayas, cuyos habitantes en su mayoría se dedican a labores agrícolas, se enfrenta al problema del abastecimiento y calidad del agua, siendo factores críticos para el riego de sus cultivos.

Frente a ello, las autoridades propusieron eliminar esta situación con la creación de la Presa Daule-Peripa con una capacidad de almacenamiento de 6.000 millones de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de agua. Su finalidad es proveer agua para riego de la zona, abastecimiento de salinidad, agua potable para Guayaquil y la Península de Santa Elena, por medio de la regulación y el control del comportamiento del agua, facilitando el manejo de los ríos de la Cuenca del Guayas hacia el mar, y abarcando territorios de las provincias de Manabí, Santo Domingo y Guayas (Ing. Juan Saavedra Mera, 2013).

Por otro lado, la obtención de aguas subterráneas se muestra como una solución sostenible. Con la llegada de la Central Marcel Laniado, que forma parte del proyecto de la presa Daule-Peripa, se optó por el alcantarillado fluvial, pluvial y aguas servidas con el objetivo de tratar características físicas químicas y bacteriológicas, cumpliendo con la Legislación Ambiental Ecuatoriana.

Otra solución a esta escasez es la extracción de aguas subterráneas mediante pozos, en especial en zonas donde no hay afluentes y tampoco alcantarillado; sin embargo, factores como la permeabilidad, la cementación y la fisuración del suelo, lentifican el paso y filtración del agua para el abastecimiento de los pozos.

Considerando que, la actividad agrícola conlleva un gran gasto de agua, especialmente en la zona costera, es necesario el correcto suministro de este recurso teniendo en cuenta las proporciones que se necesitan en cada plantación dependiendo de su tipo.

## **1.1 Descripción del problema**

La hacienda La Roca se encuentra en la provincia del Guayas, adquirida por la Sra. Margarita Lorena Moreira Limones a finales del año 2018 y está ubicada en el kilómetro 62 (km) Vía a la Costa, zona beneficiada por la presa Daule-Peripa. Se cultiva maíz y ajonjolí, productos típicos en la zona costera, de rápido crecimiento y consumo local.

El maíz debido a la gran cantidad de productos derivados (como harinas, aceites, fibras, entre otros) ha adquirido peso en su obtención, convirtiéndolo en un producto de primera necesidad. También el ajonjolí, que, por su gran contenido proteico y alimenticio, ha logrado aumentar su valor en el mercado, considerándose un producto emergente con gran aceptación por parte de los consumidores.

El principal problema de la hacienda es el abastecimiento del agua. En este lugar, en época invernal, se usa el agua de lluvia para el riego de los cultivos, la cual es almacenada en un reservorio improvisado y que por las constantes lluvias de la temporada ha colapsado. En presencia de esta situación, surgió la iniciativa para la construcción de un pozo que servirá para el aprovisionamiento del recurso hídrico que permita el riego de los cultivos.

Otro problema es el excesivo gasto de agua producido por el riego manual de los sembríos por parte de los trabajadores. Esta actividad se realiza con múltiples mangueras tomando el agua desde una cisterna y sin controlar la cantidad adecuada de agua que se riega, lo que conlleva pérdidas en las plantaciones y disminución en las ventas.

Todo lo antes dicho, permite que se idee y se estudie la forma de incorporar un sistema de abastecimiento de agua y control de riego en la hacienda que facilite la distribución del agua en cantidades racionadas, evitando que la sequía sea un factor de riesgo. De esta manera, es necesario el diseño de un sistema de control



de riego automatizado para las plantaciones de maíz y ajonjolí en la hacienda La Roca.

## **1.2 Justificación del problema**

El cultivo de frutas y vegetales es una labor indispensable para mantener la alimentación de las personas, sin importar en qué parte del mundo estén.

Por lo tanto, es necesario buscar métodos para asegurar su correcta producción, así como su calidad. Además de contar con los recursos para poder sustentar esta labor, cómo pueden ser el agua, tierra fértil, pesticidas, abono, entre otros. Ya que la falta de alguno de éstos recursos puede significar en la pérdida de cultivos necesarios para nuestra sociedad en constante crecimiento.

El proyecto en curso plantea el uso de tecnologías para la distribución del agua en proporciones recomendadas para cuidar los cultivos.

En vista a una futura expansión por parte de los dueños de la hacienda, implementar una solución a la problemática del agua se hace indispensable para evitar el desperdicio de éste recurso, lo que provocaría pérdidas económicas.

Por otro lado, la correcta administración de éste recurso permitiría la expansión de los cultivos, incrementando las ventas a nivel local, beneficiando al sector y a sus trabajadores.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar un sistema automatizado de control de riego para la correcta irrigación en las plantaciones de maíz y ajonjolí en la hacienda La Roca, usando micro-controladores y sensores de bajo costo, a través de comunicación inalámbrica.

### **1.3.2 Objetivo Específicos**

- Diseñar un sistema de riego que mediante sensores recopile información referente a los niveles de humedad existentes en el suelo de las distintas hectáreas de las plantaciones.

- Diseñar un sistema que calcule la cantidad de agua destinada a cada plantación dependiendo de los niveles de humedad obtenidos en los registros en la base de datos de la hacienda.
- Diseñar una página web que permita el monitoreo de la información adquirida por los sensores, a través de una base de datos con software libre.

#### 1.4 Marco Teórico

En el Ecuador, las cosechas realizadas por los pequeños y medianos empresarios es casi en su totalidad la fuente alimenticia de los habitantes del país. Debido a esto, es necesario buscar métodos para usar de forma óptima los recursos que intervienen durante el cultivo de las plantaciones en las haciendas y fincas del país.

A continuación, se presenta la tabla 1.1 donde se detallan los títulos de las tesis que tratan la misma problemática:

#	Título	Autor	Institución	Fecha
1	Sistema automático de riego para plantación cacaotera. [1]	Jaramillo Gualoto, Brayan Armando, Plúas Torres, José Federico	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	Guayaquil-Ecuador 2017
2	Diseño de un sistema de riego para la implementación de cultivos automatizados en el recinto playa Seca del cantón el Triunfo [2]	Escobar Manzaba César Darío, Farfán Orellana Karina Jazmín	Universidad de Guayaquil	Guayaquil-Ecuador 2018
3	Definir un sistema para automatizar y controlar el riego en un cultivo de mango utilizando sensores de humedad, controladores, y	Luisa Ivon Ruiz Lamilla	Escuela Superior Politécnica del Litoral.	Guayaquil-Ecuador 2017

	energía alternativa interconectados a través de comunicación inalámbricas [3].			
--	--	--	--	--

**Tabla 1.1 Títulos de tesis con proyectos similares**

La tesis de grado titulada Análisis, diseño, desarrollo e implementación de un sistema automático de riego para cultivos de cacao se enfoca en los pequeños y medianos agricultores, basándose en sensores de parámetros ambientales tales como: sensor de humedad y sensor de temperatura, permitiendo mejorar los procesos de riego y optimizando el uso del recurso del agua [1].

Otro estudio trata acerca de renovar un sistema de riego ya existente, debido a que ocasionaba desperdicios de agua en los cultivos del Recinto Playa Seca del Cantón El Triunfo. Se elaboró un sistema basado en una placa Arduino que por medio de relés controlan electroválvulas que permiten el paso del agua a través de tuberías. En este sistema se emplean sensores de lluvia y humedad para medir las variables y tomar decisiones sobre la conservación y optimización del agua [2]. Por último, otra tesis trata acerca del diseño de un sistema de riego autónomo, utilizando sensores de humedad, controladores y energía alternativa interconectada, a través de comunicación inalámbrica, con el objetivo de mejorar la calidad y producción del mango [3].

El sistema que se pretende diseñar no es igual a ninguna de las tesis nombradas anteriormente, ya que permitiría la administración de riego de distintas plantaciones en la hacienda de manera autónoma, y a su vez conocer los niveles de reservas de agua mediante sensores. Estos datos serán recolectados por el sistema y el administrador de la hacienda, de manera fácil y rápida, podrá consultarlos haciendo uso de una plataforma web.

# CAPÍTULO 2

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 Metodología Design Thinking

Para el desarrollo del proyecto se utilizó la metodología Design Thinking (DT) [4], que mediante un proceso iterativo convertiremos problemas, necesidades y deseos de los usuarios en posibles soluciones con ayuda de 5 fases, que nos brinda esta metodología, la cuales son: fase de empatizar, fase de definir, fase de idear, fase de prototipo y fase de testear, que servirán para reconocer las necesidades en la hacienda La Roca, elaborando una solución basada en las problemáticas del cliente utilizando las diferentes herramientas que ofrece este sistema.

#### 2.1.1 Fase de Empatizar

En esta fase se realizó la investigación de escritorio, donde se recopiló información acerca de los tipos de sembríos y de los procesos que efectúan para el riego de éstos.

Se realizó una visita a la hacienda, donde fueron entrevistados los propietarios y trabajadores del lugar. Se observó el proceso de riego de los cultivos y cómo se abastecían de agua en el sitio, además se percató las graves sequías de las plantaciones, por la incorrecta manera de irrigación a los sembríos y los problemas acerca del recurso hídrico.

Se realizó el “Mapa de Actores” [5], para determinar a las personas claves que se procedieron a entrevistar, donde se representó las actividades que cada uno realizaba durante el riego a los sembríos (Figura 2.1).



**Figura 2.1 Mapa de Actores**

Se adquirió la información de cada entrevistado, y se concluyó que la problemática se concentraba en el abastecimiento del recurso hídrico y el correcto riego de los cultivos.

A cada persona que se le realizó la entrevista fue de gran contribución, pero la persona más importante es la propietaria, ya que a ella le llegan todos los problemas que se presentan en su hacienda, a su vez, ella afronta cualquier contratiempo que se presente. Para ver la entrevista, dirigirse al Anexo A.

El "Mapa de empatía" [6], es otra herramienta de DT, que permitió extraer lo más importante de las entrevistas (Figura 2.2). Para ver los resultados de los demás entrevistados ver en Apéndices.



**Figura 2.2 Mapa de Empatía**

La Sra. Margarita Moreira manifestó que los trabajadores no realizan de forma adecuada los riegos en las distintas parcelas, por múltiples factores:

- Cansancio
- Utensilios de irrigación en mal estado
- Escasez de agua en la localidad
- Altas temperaturas en épocas de invierno

El día de la visita a la localidad, se pudo corroborar varias falencias en el proceso de irrigación de la hacienda.

### **2.1.2 Fase de Definir**

En esta Fase se promovió definir y concretar el problema de la localidad, utilizando varias herramientas que esta fase dispone.

Con las entrevistas realizadas, se encontró que la hacienda tenía una complicación que era el abastecimiento del agua, en presencia a esta situación surgió la iniciativa para la construcción de un pozo que servirá como principal fuente de aprovisionamiento del recurso hídrico que permita el riego de los cultivos.

El problema a resolver consiste en el riego de los sembríos que es realizado por los trabajadores con múltiples mangueras, esto no garantiza que los sembríos reciban la cantidad adecuada de agua, provocando un excesivo gasto del mismo, lo que conlleva a pérdidas en las plantaciones y disminución en las ventas.

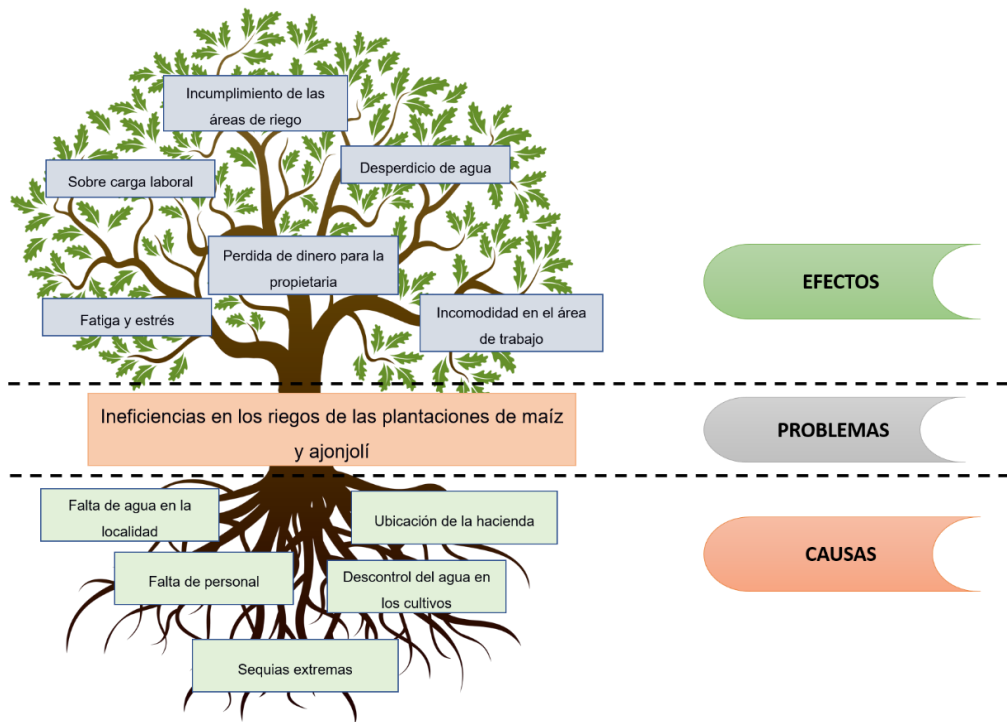
Se utilizó la herramienta “Insights” que es otra herramienta de la fase de idear, la cual nos permite profundizar y conocer verdaderamente las necesidades o requerimientos de la compañía, con el objetivo de saber las prioridades que demanda cada entrevistado.

Para evidenciar el respectivo estudio, se realizó a las principales personas que trabajan en la hacienda, una de las herramientas que consta en esta fase, llamada: “Matriz Insights” [7] (tabla 2.1) para una mejor comprensión.

<b>Usuarios</b>	<b>+</b>	<b>Necesidad</b>	<b>+</b>	<b>Insights</b>
<b>Propietaria</b>	<b>Necesita</b>	Capacitarse sobre el correcto cuidado de su hacienda.	<b>Por qué</b>	Espera que sus cultivos produzcan gran cantidad de cosechas.
<b>Empresario Agricultor</b>		Acceso a suministros como: pesticidas, agua y fertilizante.		Necesarios para el correcto tratamiento de los cultivos.
<b>Cuidador</b>		Mantenerse atento durante la noche hasta la mañana.		Para poder evitar posibles daños en las plantaciones.

**Tabla 2.1 Matriz Insights**

Posteriormente se usó la herramienta llamada: “Árbol de problemas” [8] (Figura 2.3), que se utilizó para identificar la problemática principal con sus causas y efectos, en base a las conversaciones que se realizó con la propietaria de la hacienda.



**Figura 2.3 Árbol de Problemas**

Con la ayuda de todas estas herramientas, se identificaron las necesidades de los entrevistados para poder brindar posibles soluciones que resuelvan la problemática de su localidad.

### 2.1.3 Fase de Idear

En esta fase se realizó la técnica S.C.A.M.P.E.R. [9] (Figura 2.4), teniendo como base distintos factores de información obtenidos del árbol de problemas, el desperdicio del agua al momento de realizar el riego, el costo económico que éste representa y el desgaste físico de quienes lo realizan, a fin de componer un producto que brinde comodidad, ahorro de recurso material y económico.



S (SUSTITUIR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método de riego</li> <li>• Almacenamiento de agua</li> </ul>
C (COMBINAR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informática con la gestión del agua para los cultivos</li> </ul>
A (ADAPTAR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo de monitoreo del agua disponible en el tanque elevado</li> <li>• Modelo de monitoreo del agua invertida en las plantaciones</li> </ul>
M (MODIFICAR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los tiempos de riego acorde a la humedad del suelo</li> </ul>
P (PROPONER OTROS USOS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyectos de vinculación con la sociedad</li> <li>• Sistema de riego automatizado en futuras plantaciones</li> </ul>
E (ELIMINAR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riego manual</li> <li>• Desperdicio de agua</li> <li>• Desgaste físico</li> </ul>
R (REVERTIR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desgaste del recurso hídrico</li> <li>• Tiempo en que se realiza el riego</li> </ul>

**Figura 2.4 Técnica S.C.A.M.P.E.R**

Luego se procedió a realizar una lluvia de ideas en base a los problemas que se plantearon en las fases anteriores, en donde se generaron algunas alternativas para solucionar la problemática del cliente, esto llevó a la realización de una “Matriz de decisiones” [10], que se puede observar en la tabla 2.2 , en donde se pudo elegir la solución más apropiada. Se utilizaron los valores 0 y 1, en donde 0 representa el incumplimiento y 1 el cumplimiento al requerimiento para cada una de las propuestas dadas. Se analizó cada uno de los criterios en la matriz de decisión, y se logró determinar que, la idea con el puntaje más alto, era la mejor solución, en vista que cumple todas las necesidades del cliente.

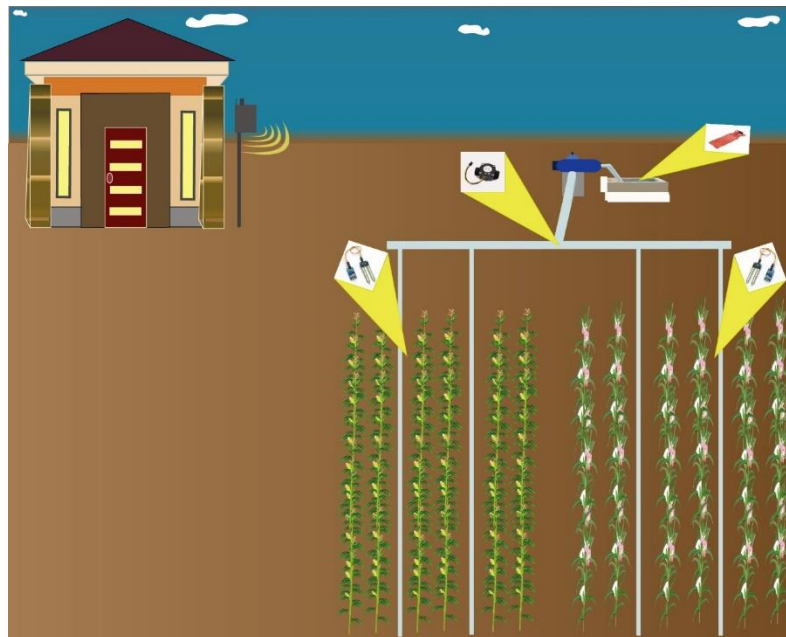
<div> <div>Idea</div> <div>Criterio</div> </div>	Monitorear la humedad del suelo mediante sensores conectados a una placa Arduino	Controlar el flujo del agua dirigida a los cultivos de manera automática	Diseñar un sistema que permita abastecer de agua al tanque elevado directamente del pozo	Diseñar un sistema que administre el agua disponible en el tanque elevado y controle el riego en los cultivos	Diseñar un sistema que mediante una página web y sensores permita administrar en el tanque elevado y los cultivos
Reducir la fatiga generada por el riego manual de los cultivos.	1	1	0	1	1
Evitar el desperdicio del agua por el mal riego	0	1	0	1	1
Evitar pérdidas en sus cosechas	0	1	0	1	1
Mejorar el proceso del riego en los cultivos	1	1	1	1	1
mantener informado al usuario sobre el agua disponible y el riego de los cultivos	0	0	0	0	1
Total	2	4	1	4	5

**Tabla 2.2 Matriz de decisión**

#### 2.1.4 Fase de Prototipar

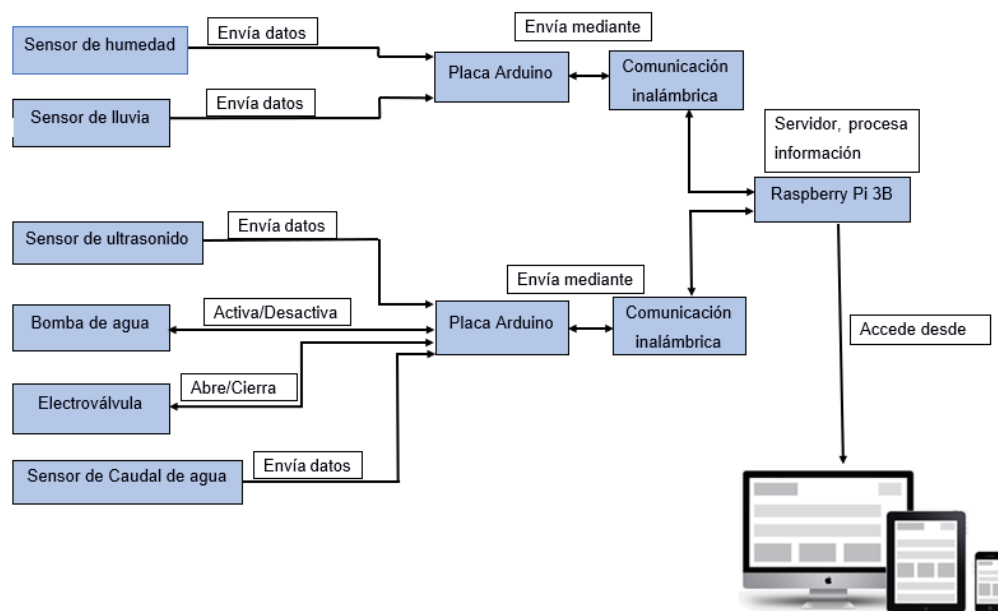
En esta fase se realizó un prototipo de bajo nivel, que consistió en un sistema de control de riego para cultivos de maíz y ajonjolí, el cual cubrirá los criterios antes observados en la fase de idear, haciendo uso de los equipos necesarios.

Mediante la figura 2.5 se dio a conocer la solución propuesta en la que se considera la extracción del agua del pozo y su distribución a las parcelas de la hacienda, la medición de los niveles de humedad del suelo y el control del agua distribuida mediante una electroválvula y un caudalímetro.



**Figura 2.5 Diseño inicial del prototipo**

Haciendo uso de un diagrama (Figura 2.6), se explica el funcionamiento de los distintos componentes que conforman la solución propuesta, la cual permite un adecuado manejo y control de las reservas de agua, que se usa para el regadío de los sembríos. El sistema evaluará la cobertura del agua en los cultivos, mediante el uso de sensores que identificarán si el proceso de riego se realizó de forma adecuada.



**Figura 2.6 Esquema funcional del prototipo**

### 2.1.5 Fase de Testear

En esta fase se hicieron demostraciones del funcionamiento del sistema, con el fin de generar retroalimentación que ayude al desarrollo del producto, donde se pudieron hallar ciertas inquietudes por parte del cliente y en base a los resultados obtenidos se realizaron las correcciones necesarias a la solución para que cumpla dichos requerimientos. Entre los puntos evaluados están los siguientes:

- Humedad adecuada en los distintos cultivos.
- Niveles apropiados de agua en el tanque elevado.
- Control de los litros de agua para cada parcela.

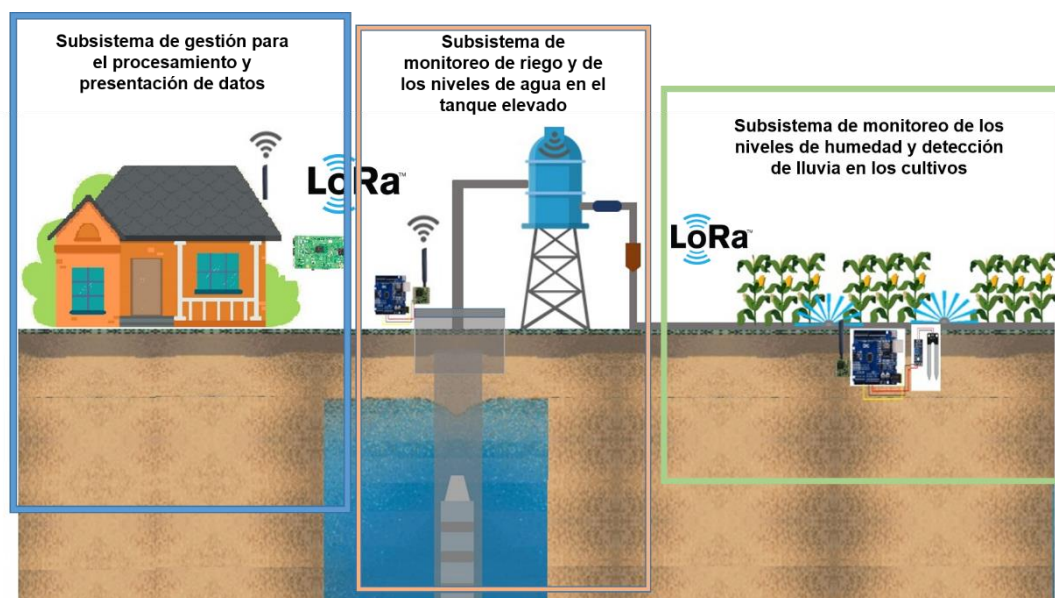
## 2.2 Diseño general de la Solución

La solución dada, consiste en realizar un sistema de control de riego automatizado, que permitirá conocer en qué períodos se debe regar los cultivos, con ayuda de los niveles de humedad del suelo y la presencia de lluvia. Dependiendo de los resultados obtenidos, se decidirá si es indispensable regar o no los sembríos, en caso que se requiera regarlos, se comprobará si hay disponibilidad de agua en el

tanque elevado, de ser necesario se abastecerá de agua desde un pozo, que será la principal fuente de abastecimiento del recurso hídrico para las plantaciones con la ayuda de una bomba, con el objetivo de evitar que éste se vacíe. Se decidirá si el nivel del líquido en el tanque elevado es adecuado para realizar una irrigación, luego con ayuda de electroválvulas se dará paso al agua hacia los sembríos y se calculará el líquido enviado a los cultivos, evitando el desperdicio del agua. Toda la información obtenida se guardará y se enviará a un servidor por vía inalámbrica, que permitirá al usuario visualizar la información referente al agua disponible en el tanque elevado, la cantidad usada por cada irrigación, programar los riegos en los cultivos y dar a conocer los porcentajes de humedad de los mismos. (Figura 2.6).

Se ha procedido a segmentar la solución en tres subsistemas:

- Subsistema de monitoreo de los niveles de humedad y detección de lluvia en los cultivos.
- Subsistema de monitoreo de riego y de los niveles de agua en el tanque elevado
- Subsistema de gestión para el procesamiento y presentación de datos.



**Figura 2.7 Diseño de la solución**

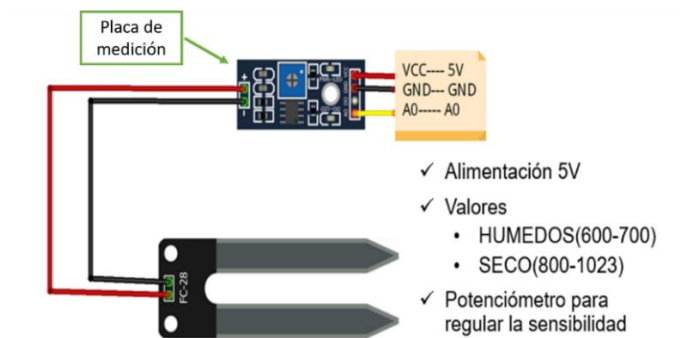
### **2.2.1 Subsistema de monitoreo de los niveles de humedad y presencia de lluvia en los cultivos.**

Este subsistema se encargará del monitoreo de los niveles de humedad del suelo y la presencia de lluvia (figura 2.7), donde los sensores trabajarán de manera conjunta siendo que, si los niveles de humedad están bajos se deberá hacer el riego, siempre y cuando no este lloviendo, asimismo si los niveles de humedad están por debajo de sus límites y si está lloviendo no se deberá realizar el riego en los cultivos, ya que por medio de la lluvia los niveles de humedad subirán. Todo este subsistema estará ubicado en el suelo de las distintas parcelas de maíz y ajonjolí que hay en la localidad.

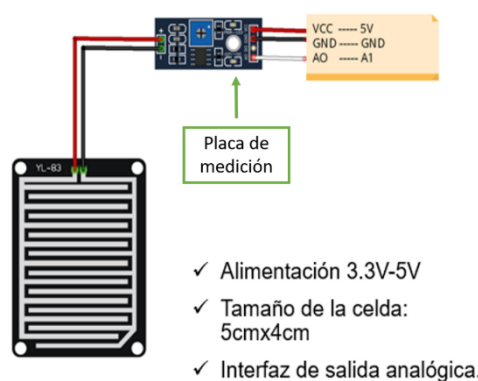
Este subsistema contará con:

- 1 Arduino UNO
- 1 Sensor de humedad del suelo
- 1 Sensor de presencia de agua
- 1 Módulo inalámbrico LoRa
- 1 Antena
- 1 Regulador de voltaje
- 1 Panel solar
- Baterías recargables
- 1 Caja (impermeable de plástico, resistente al agua y anticorrosión, dimensiones 115x90x55mm)
- 1 Tubo (sistema completo para cableado eléctrico, anticorrosión y no propaga la llama)

Se hará uso de un sensor para medir la humedad del suelo (figura 2.8) y otro para detectar la presencia de lluvia (figura 2.9), que estarán ubicados en el suelo de los cultivos, ambos sensores llevan consigo una placa de medición estándar que permitirá obtener la medición como datos lógicos o de una salida digital, cada placa viene con sus respectivas calibraciones de fábrica para cualquier tipo de suelo.



**Figura 2.8 Sensor de Humedad**



**Figura 2.9 Sensor de presencia de lluvia**

Los sensores transmiten una señal digital de información que serán receptados por una placa llamada Arduino UNO (figura 2.10), que es un microcontrolador multiplataforma, que se instalará en el sistema operativo Linux, utiliza un lenguaje de programación sencillo para la fácil comprensión. Siendo así que dicha información será transmitida por vía inalámbrica a un servidor.



**Figura 2.10 Placa Arduino UNO**

La información obtenida por los sensores deberá ser transmitida a un servidor. Se realizará por vía inalámbrica con una tecnología robusta, para el envío y recepción de información, en una frecuencia sin interferencias a grandes distancias.

Por ello se usará LoRa, que es una tecnología que trabaja en áreas extensas y de bajo consumo energético, es decir que es igual que el Wifi [11] y Bluetooth [12], pero con la diferencia que puede comunicarse a largas distancias. Trabaja con un plan de frecuencia sin licenciamiento (libre), dependiendo de la región para la cual se haya fabricado. (Figura 2.11).



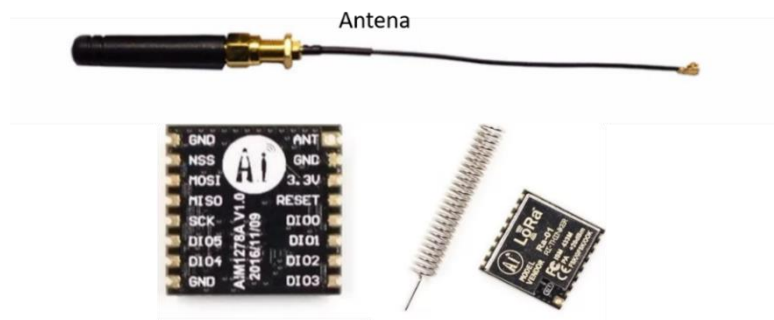
Continentes	Frecuencia
Asia	433 MH
América	915 MHz
Europa	868 MHz

**Figura 2.11 Principales Frecuencias de LoRa**

Por lo explicado anteriormente se utilizará el módulo LoRa sx1278 [14] que es una de las series de LoRa usados para América, ya que nos permite



trabajar con Arduino de manera sencilla, configurándolo en modo nodo, el cual permite recopilar información de los sensores y pueda ser enviada a su destino. Esta tecnología nos permite cambiar las frecuencias, en nuestro caso como estamos en Ecuador, el plan de frecuencia es 900-928 Megahertz (Mhz) [15], además se usará una antena para amplificar la señal al momento de transmitir los datos y pueda trabajar en la frecuencia mencionada (figura 2.12).



**Figura 2.12 Módulo LoRa y antena**

El Arduino que se usará en este subsistema se alimentará de baterías recargables mediante paneles solares, que a su vez contará con un regulador de voltaje para proteger al equipo, siendo así, que cuando haya sol el dispositivo pueda funcionar con normalidad y de noche se alimente por las baterías.

En la figura 2.13 se muestran las conexiones de pines del sensor de humedad y lluvia con Arduino con sus respectivas placas de medición y del módulo LoRa.

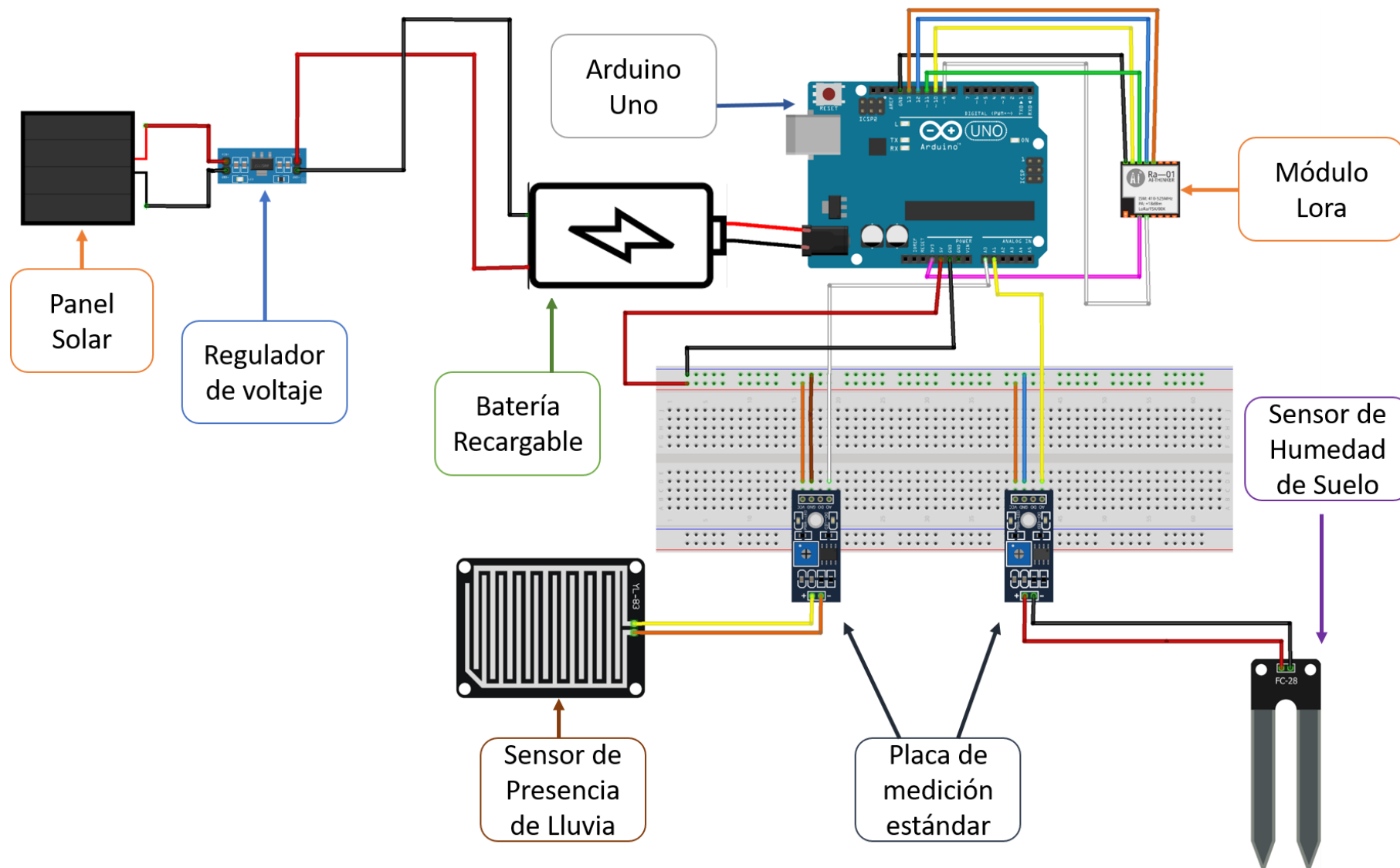


Figura 2.13 Esquema de las conexiones de los equipos del subsistema de monitoreo de los niveles de humedad y detección de lluvia en los cultivos

A continuación, se muestran las tablas de las conexiones del subsistema de los niveles de humedad y presencia de lluvia.

<b>Regulador de voltaje</b>	<b>panel solar</b>
VIN+	+ (cable rojo)
GND-	- (cable negro)

**Tabla 2.3 Diagrama de conexiones entre el panel solar y el regulador de voltaje**

<b>Sensor de lluvia</b>	<b>Placa de medición del sensor de lluvia</b>
<b>Positivo (+)</b>	Positivo (+) (cable rojo)
<b>Negativo (-)</b>	Negativo (-) (cable amarillo)

**Tabla 2.4 Diagrama de conexiones entre el sensor de lluvia y la placa de medición**

<b>Placa de medición del sensor de lluvia</b>	<b>Arduino</b>
A0	A0
GND	GND
VCC	5v

**Tabla 2.5 Diagrama de conexiones entre la placa de medición del sensor de lluvia y Arduino**

<b>Sensor de humedad</b>	<b>Placa de medición del sensor de humedad</b>
<b>Positivo (+)</b>	Positivo (+) (cable rojo)
<b>Negativo (-)</b>	Negativo (-) (cable amarillo)

**Tabla 2.6 Diagrama de conexiones entre el sensor de humedad y la placa de medición**

Placa de medición del sensor de humedad	Arduino
A0	A1
GND	GND
VCC	5V

**Tabla 2.7 Diagrama de conexiones entre la placa de medición del sensor de humedad y Arduino**

Para permitir que el Arduino pueda enviar la información obtenida por los sensores de manera inalámbrica y sin pérdidas, en la tabla 2.8 y figura (2.13) se muestra las conexiones entre el Arduino y el módulo LoRa.

LoRa Sx1278	Arduino
3.3V	3.3v
Gnd	Gnd
En/Nss	D10
GO/DIO0	D2
SCK	D13
MISO	D12
MOSI	D11
RST	D9

**Tabla 2.8 Diagrama de conexiones entre el módulo LoRa y Arduino**

### **2.2.1 Subsistema de monitoreo de riego y de los niveles de agua en el tanque elevado.**

Para este subsistema se hace uso de un tanque elevado donde se almacenará el agua extraída de un pozo. Mediante el uso de un sensor ultrasónico ubicado en la parte superior interna del tanque se calculará la distancia que hay entre éste sensor y la superficie del agua en el recipiente, de considerarse necesario el abastecimiento del tanque, se activará una bomba sumergible ubicada en las profundidades del pozo hasta que el depósito se encuentre lleno, cuando los sembríos requieran ser regados se dispondrá del agua almacenada en el tanque mediante una electroválvula que permitirá el paso del agua hacia los cultivos, con la ayuda de un sensor de flujo de agua se calculará el agua enviada a los sembríos y permitirá determinar el momento en que la electroválvula debe cerrarse para así evitar el desperdicio del recurso hídrico. Toda la información recolectada de éste subsistema será leída por una placa Arduino y transmitida de forma inalámbrica al servidor por medio del módulo LoRa que se lo configurará en modo nodo del sistema para su posterior visualización por parte del usuario mediante una página web (figura 2.7).

Este Arduino también se alimentará de baterías recargables a través de paneles solares, que a su vez contará con un regulador de voltaje para proteger al equipo, de manera que cuando haya sol el dispositivo pueda funcionar con normalidad y de noche se alimente por las baterías

El presente subsistema cuenta con:

- 1 Tanque elevado
- 1 Arduino Uno
- 1 Sensor ultrasónico
- 1 Módulo LoRa Sx1278
- 1 Antena
- 1 Electroválvula
- 1 Sensor de flujo de agua

- 1 Regulador de voltaje
- 1 Panel solar
- Baterías recargables de 9V
- 1 Caja (armario impermeable de plástico, resistente al agua y anticorrosión, dimensiones 115x90x55mm)
- 1 Tubo (Sistema completos para cableado eléctrico, anticorrosión y no propaga la llama)

El tanque elevado para la solución propuesta tiene 3,33 m de altura y 3,24 m de diámetro, y contará con una capacidad máxima de almacenamiento de hasta 25000 litros (figura 2.14).

Se ha optado por el uso de un tanque elevado para aprovechar los beneficios de la gravedad al realizar el riego a los cultivos, el depósito estará ubicado al lado del pozo, a 100 m de la casa principal de la hacienda, sobre una torre de 7 metros de altura.



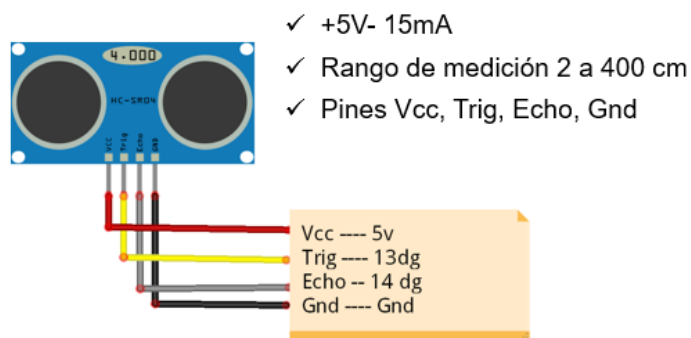
**Figura 2.14 Tanque elevado de 25000 litros**

Para monitorear los niveles de agua del tanque elevado se usará un sensor ultrasónico HC-SR04(figura 2.15). Con la información obtenida a través del sensor ultrasónico se procederá a calibrar 2 distancias, la primera indicará cuando el tanque se encuentre lleno y la segunda cuando el tanque esté por vaciarse.

La ecuación 2.1 muestra la fórmula usada para conocer la distancia entre la superficie del agua y el sensor.

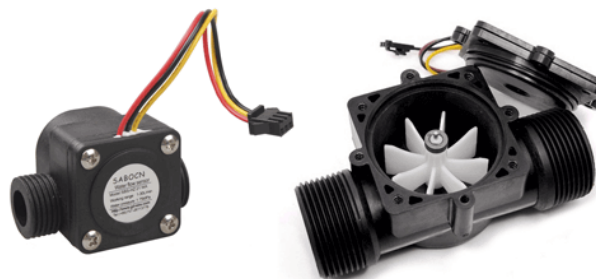
$$d = t(\mu s) * 0.00001 * 34300.0(m/s) / 2 \quad (2.1)$$

Con la que se calcula el tiempo de envío y recepción del pulso sonoro enviado por el sensor y convertido a centímetros para una mejor comprensión por parte del sistema.



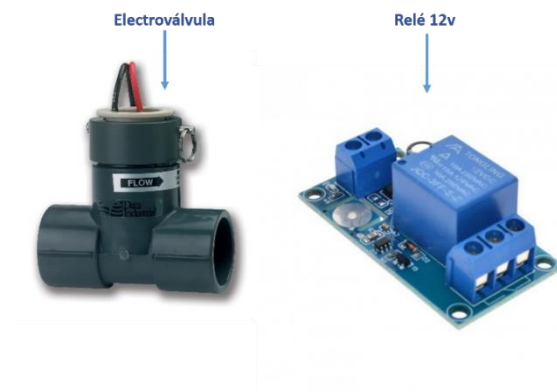
**Figura 2.15 Sensor ultrasónico HC-SR04**

Para calcular los litros de agua enviados a cada parcela se hará uso de un sensor de flujo de agua (figura 2.16). El sensor envía pulsos por cada rotación que realice, de modo que permite medir el flujo de agua con ayuda de un motor interno.



**Figura 2.16 Sensor de flujo de agua**

Se dispondrá de una electroválvula para realizar el respectivo riego de los sembríos, negando o permitiendo el paso cuando éstos necesiten del recurso hídrico, para proteger el equipo de las sobrecargas y regular el voltaje se hará uso de un relé y a su vez permitirá la configuración de los modos de encendido y apagado de la electroválvula (figura 2.17).



**Figura 2.17 Electroválvula y relé**

Para extraer el agua del pozo se usará una bomba sumergible (figura 2.18), ésta se conectará a un relé que ayudará a proteger el equipo de las sobrecargas, y a su vez permitirá la configuración de los modos de encendido y apagado de la bomba.



**Figura 2.18 Bomba sumergible**



Para la solución se contempla el uso de una bomba sumergible con 5500 litros por minuto (l/m) y una profundidad máxima de 19 m con cable de conexión de 22 m.

En la figura 2.19 se muestran las conexiones de pines del sensor de nivel agua, flujo del agua, electroválvula y bomba sumergible con sus respectivos relés y regulador de voltaje.

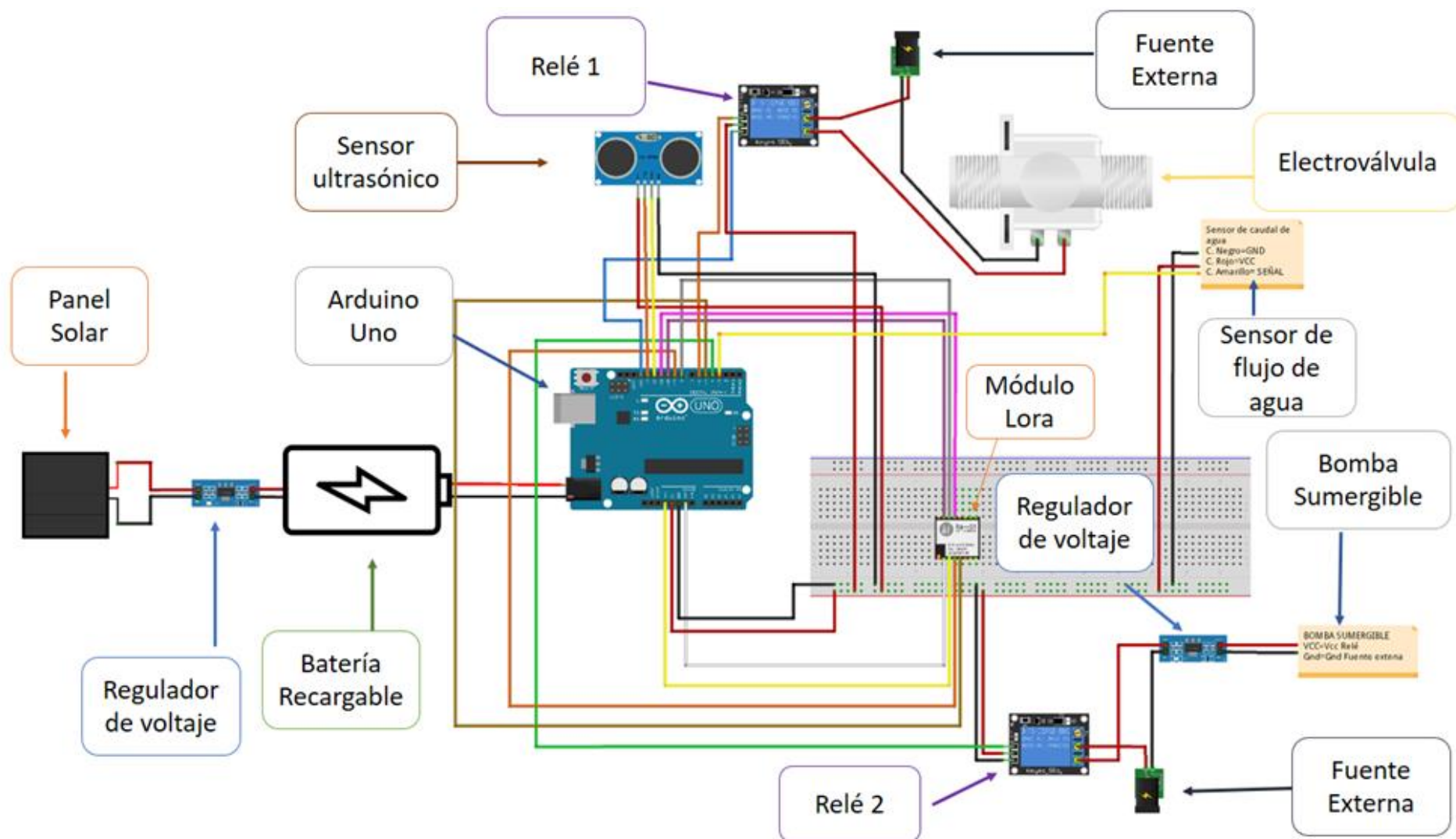


Figura 2.19 Esquema de las conexiones de los equipos del subsistema de monitoreo de riego y de los niveles de agua en el tanque elevado

A continuación, se muestran las tablas de las conexiones detalladas del subsistema de monitoreo de riego y de los niveles de agua en el tanque elevado.

Regulador de voltaje	panel solar
VIN+	+ (cable rojo)
GND-	- (cable negro)

**Tabla 2.9 Diagrama de conexiones entre el regulador de voltaje y el panel solar**

La tabla 2.10 muestra la conexión de los pines del sensor ultrasónico HC-SR04 y el Arduino.

HC-SR04	Arduino
Vcc/	5v
Trig	Pin digital 13
Echo	Ping digital 14
Gnd	Gnd

**Tabla 2.10 Diagrama de conexiones del sensor ultrasónico a Arduino**

Arduino	Relé1
5V	VCC
GND	GND
Pin Digital 6	Señal

**Tabla 2.11 Diagrama de conexiones entre el Arduino y el relé 1**

Relé 1	Fuente Externa	Electroválvula
Normalmente Cerrado	+ (cable rojo)	
Normalmente Abierto		+ (cable rojo)
	- (cable negro)	- (cable negro)

**Tabla 2.12 Diagrama de conexiones entre el relé 1, fuente externa y electroválvula**

En la tabla 2.13 se muestra como estará conectado el sensor de flujo de agua con el Arduino.

Sensor de flujo	Arduino
Vcc	5v
Gnd	Gnd
Salida	Ping digital 2

**Tabla 2.13 Diagrama de conexiones del sensor de flujo de agua**

LoRa Sx1278	Arduino
3.3V	3.3v
Gnd	Gnd
En/Nss	D10
G0/DIO0	D2
SCK	D13
MISO	D12
MOSI	D11
RST	D9

**Tabla 2.14 Diagrama de conexiones entre el módulo LoRa y Arduino**

Arduino	Relé2
5V	VCC
GND	GND
Pin Digital 4	Señal

**Tabla 2.15 Diagrama de conexiones entre el Arduino y el relé 2**

Relé 2	Fuente Externa	Regulador de voltaje
Normalmente Cerrado	+ (cable rojo)	
Normalmente Abierto		+ (cable rojo)
	- (cable negro)	- (cable negro)

**Tabla 2.16 Diagrama de conexiones entre el relé 2, fuente externa y regulador de voltaje**

Regulador de voltaje	Bomba sumergible
VCC	+ (cable rojo)
Gnd	- (cable negro)

**Tabla 2.17 Diagrama de conexiones entre regulador de voltaje y la bomba sumergible**

### **2.2.2 Subsistema de gestión para el procesamiento y presentación de datos.**

El subsistema de gestión tiene como objetivo la administración de los demás subsistemas, permitiendo a los usuarios decidir el periodo de riego de los cultivos y controlar el abastecimiento del tanque elevado a través de una página web (figura 2.7).

Los elementos básicos que conforman este subsistema son:

- hardware
  - 1 Raspberry pi 3 b+
  - 1 Módulo LoRa
  - 1 Antena
  
- software.
  - Raspbian (sistema operativo)
  - Apache (servidor web)
  - MariaDB (gestor de base de datos)
  - PhP (lenguaje de programación)

#### **Hardware**

Consiste en dos equipos interconectados, una placa Raspberry Pi 3 Modelo B, por ser un equipo de bajo costo con la capacidad de desempeñar múltiples funciones, en este caso de servidor web y el módulo LoRa SX1278 (figura 2.12) para la comunicación inalámbrica, que por su largo alcance permitirá la transferencia de datos con los subsistemas anteriormente mencionados, a continuación, se detalla la conexión de los dos equipos.

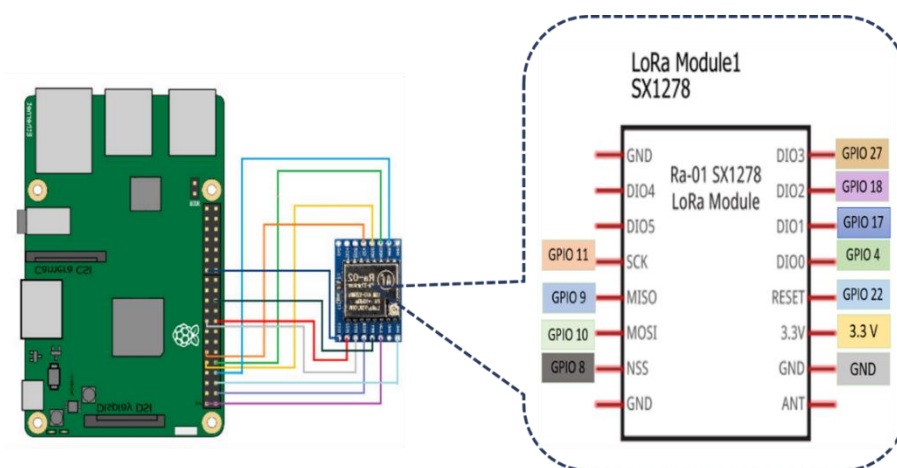
## Raspberry pi 3 +B

Nuestro Servidor se almacenará en el Raspebrry pi [13], en el cual se deberá instalar el sistema operativo Raspbian, este requiere de una microSD con un espacio de 4 Gibabyte (GB) (figura 2.20).



**Figura 2.20 Raspberry pi 3+b**

Luego se procederá a conectar el módulo LoRa SX1278 al Raspberry con sus respectivos pines, se lo configurará en modo Gateway donde esté recibirá la información de los diferentes sensores de los anteriores subsistemas y lo transmitirá hacia el servidor (figura 2.21).



**Figura 2.21 Diagrama de conexiones de Raspberry con LoRa**

## Software

Parte de la solución es configurar una ILAMP [14] en la placa Raspberry, específicamente haciendo referencia a las siguientes tecnologías: Sistema operativo Raspbian diseñado para equipos Raspberry, servidor web Apache por ser gratuito, gestor de base de datos MariaDB siendo una solución de licencia libre y lenguaje de programación PHP para las consultas a la base de datos. (figura 2.22).



**Figura 2.22 Plataformas a usar (Internet)**

## Estructura de la base de datos

Una parte importante para el entendimiento de la solución es el diseño de la base de datos que corresponde al gestor de base de datos de la infraestructura a usar, en este proyecto se usó el modelo Entidad / Relación (ER) de Chen [15], centrándose en una estructura lógica y abstracta para representar la información de las partes que conforman la solución por medio de entidades y relaciones (Apéndices).

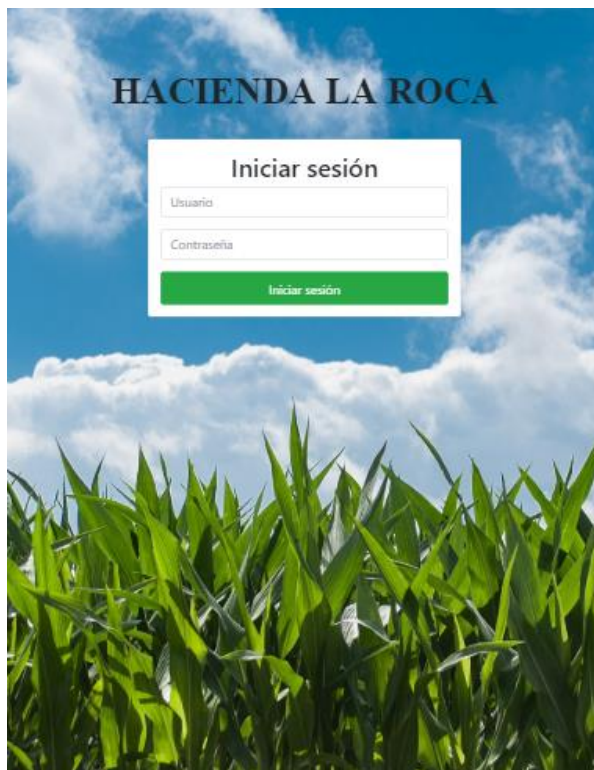


## **Página web**

El sistema se basa en una página web donde el usuario podrá acceder mediante cualquier dispositivo conectado a la misma red local de la hacienda y que cuente con un navegador web, a continuación, se detallan las principales pantallas del sistema.

## **Inicio de sesión**

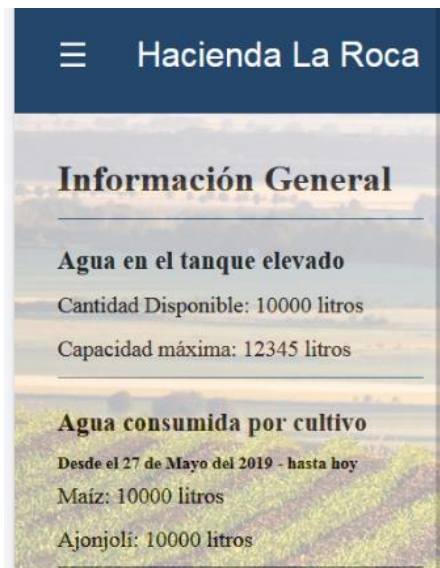
Es la primera pantalla que se mostrará al usuario, una vez que ingrese a la red de la hacienda y quiera consultar o monitorear el sistema de riego, deberá proporcionar un usuario y contraseña ya registrado en la base de datos (Figura 2.23).



**Figura 2.23 Ventana de inicio de sesión del sistema.**

## Información general

Es la pantalla de inicio, le permitirá al usuario conocer la cantidad de agua disponible en el tanque elevado y el consumo total del mismo de las plantaciones (Figura 2.24).



**Figura 2.24 Plantilla para mostrar la cantidad de agua disponible y consumo total por cada plantación**

## Tanque elevado

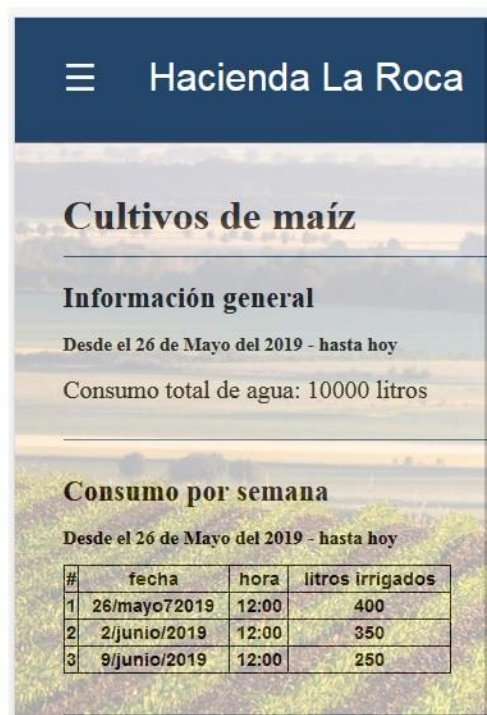
Muestra la información referente a los niveles de agua en el tanque elevado, cantidad disponible, capacidad máxima y la cantidad consumida total. Además de brindar el consumo detallado donde se podrá visualizar información histórica por fecha y la cantidad de agua en litros que ha sido irrigada (Figura 2.25).



**Figura 2.25 Plantilla para mostrar cantidad de agua disponibles e información histórica**

### **Cultivos de maíz**

Muestra información detallada referente a los riegos realizados y la cantidad de agua usada en cada riego, siendo estos riegos los programados semanalmente y los no programados, siendo estos últimos los hechos en consideración cuando hay sequías prolongadas que puedan atentar al correcto crecimiento y nutrición de las plantaciones (Figura 2.26).



**Figura 2.26** Plantilla para mostrar consumo detallado de agua en los cultivos de maíz

### **Cultivos de ajonjolí**

Muestra información detallada referente a los riegos realizados y la cantidad de agua usada en cada riego, siendo estos riegos los programados semanalmente y los no programados, siendo estos últimos los hechos en consideración cuando hay sequías prolongadas que puedan atentar al correcto crecimiento y nutrición de las plantaciones (figura 2.27).

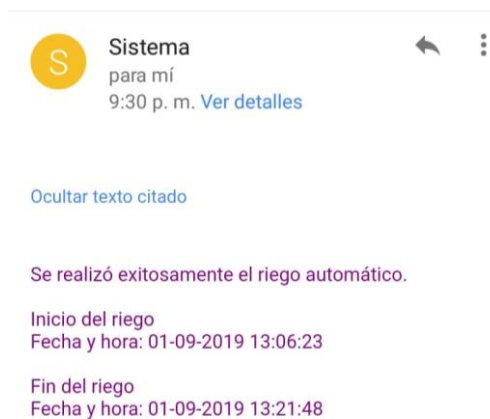


**Figura 2.27 Plantilla para mostrar consumo detallado de agua en los cultivos de ajonjolí**

### **Notificaciones por correo electrónico**

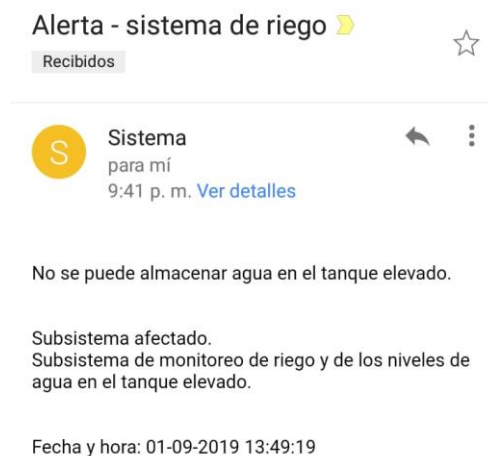
Como medio para notificar a los usuarios sobre el estado y actividades realizadas por el sistema, se enviarán mensajes periódicamente a sus correos, se cuenta con dos tipos de mensajes; riego exitoso y alerta.

- **Notificación:** se enviará un mensaje a los usuarios cada vez que se termine exitosamente el proceso de riego a los cultivos, indicando la hora en que inicia y la hora en que termina esta labor, en la figura 2.28 se muestra una notificación de ejemplo enviada desde el sistema.



**Figura 2.28 Ejemplo de notificación por correo**

- Alerta: se realizará el envío de un mensaje de alerta cada vez que se detecte una falla en algún subsistema, el mensaje incluirá la hora del evento, el nombre del subsistema que presenta el fallo y una pequeña descripción del problema, en la figura 2.29 se muestra una alerta de ejemplo enviada desde el sistema.



**Figura 2.29 Ejemplo de alerta de correo**

# CAPÍTULO 3

## 3 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN Y PRESUPUESTO

### 3.1 Plan de Implementación

En la figura 3.1 se muestra el tiempo de implementación del proyecto, que será de 2 meses y 11 días, se detalla el inicio y final de las actividades a cumplirse para realizar el proyecto, donde se contempló los feriados por parte de la provincia del Guayas (ver figura 3.2) y tener un control del tiempo para realiza cada actividad.

Nombre de tarea	Duració	Comienzo	Fin	Nombres de los recursos
➤ SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO AUTOMATIZADO EN PLANTACIONES DE MAIZ Y AJONJOLÍ PARA LA HACIENDA LA ROCA	49 días	lun 16/9/19	jue 21/11/19	
➤ PREPARACION DEL PROYECTO	6 días	lun 16/9/19	lun 23/9/19	
CARTA DE ACEPTACION DEL PROYECTO	3 días	lun 16/9/19	mié 18/9/19	ANDREA VIVANCO; JONATHAN MARMOLEJO;TRANSPORTE
REVISAR LOS MATERIALES REQUERIDOS EN EL DISEÑO	1 día	jue 19/9/19	jue 19/9/19	ANDREA VIVANCO; JONATHAN MARMOLEJO;TRANSPORTE
ANTICIPO DE PRESUPUESTO	2 días	vie 20/9/19	lun 23/9/19	ANDREA VIVANCO;JONATHAN MARMC
➤ COMPRA DE LOS MATERIALES Y MODULOS	9 días	mar 24/9/19	vie 4/10/19	
COMPRA DE MATERIALES	3 días	mar 24/9/19	jue 26/9/19	JONATHAN MARMOLEJO;ARDUINO UNO
COMPRA DE MODULOS-ESPERAR POR LA COMPRA	6 días	vie 27/9/19	vie 4/10/19	ANDREA VIVANCO;MODULO LORA; TRANSPORTE
➤ SUBSISTEMA DE MONITOREO DE LOS NIVELES DE HUMEDAD Y DETECCIÓN DE LLUVIA EN LOS CULTIVOS	4 días	lun 7/10/19	jue 10/10/19	
CONFIGURACIÓN DEL SENSOR DE HUMEDAD DEL SUELO Y DETECCIÓN DE LLUVIA DE LOS CULTIVOS	2 días	lun 7/10/19	mar 8/10/19	ANDREA VIVANCO;ARDUINO UNO; BATERIAS; SENSOR DE HUMEDAD; SENSOR DE PRESENCIA DE LLUVIA;MOD
INSTALACIÓN DEL SUBSISTEMA DE MONITOREO DE LOS NIVELES DE HUMEDAD Y DETECCION DE LLUVIA EN LOS CULTIVOS	2 días	mié 9/10/19	jue 10/10/19	JONATHAN MARMOLEJO; SUBSISTEMA DE MONITOREO DE LOS NIVELES DE HUMEDAD Y DETECCION DE LLUVIA EN LOS CULTIVOS TRANSPORTE



4 SUBSISTEMA DE MONITOREO DE RIEGO Y DE LOS NIVELES DE AGUA EN EL TANQUE ELEVADO	14 días	lun 14/10/19	jue 31/10/19	
DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL TANQUE ELEVADO	5 días	lun 14/10/19	vie 18/10/19	ANDREA VIVANCO; JONATHAN MARMOLEJO;TRANSPORTE;
4 IMPLEMENTACION	9 días	lun 21/10/19	jue 31/10/19	
CONFIGURACIÓN DEL SUBSISTEMA DE MONITOREO DE RIEGO Y DE LOS NIVELES DE AGUA EN EL TANQUE ELEVADO	5 días	lun 21/10/19	vie 25/10/19	ANDREA VIVANCO; JONATHAN MARMOLEJO; ARDUINO UNO; BATERIAS; BOMBA SUMERGIBLE;ELECTROVALVULA
INSTALACIÓN DEL SUBSISTEMA DE MONITOREO DE RIEGO Y DE LOS NIVELES DE AGUA EN EL TANQUE ELEVADO	4 días	lun 28/10/19	jue 31/10/19	ANDREA VIVANCO; JONATHAN MARMOLEJO; SUBSISTEMA DE MONITOREO DE RIEGO Y DE LOS NIVELES DE AGUA EN EL TANQUE ELEVADO
4 SUBSISTEMA DE GESTION PARA EL PROCESAMIENTO Y PRESENTACION DE DATOS	5 días	mar 5/11/19	lun 11/11/19	
CONFIGURACION DEL SUBSISTEMA DE GESTION PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS	2 días	mar 5/11/19	mié 6/11/19	ANDREA VIVANCO; JONATHAN MARMOLEJO; MODULO LORA; RASPERRY PI 3B;TRANSPORTE
CREACIÓN , PRESENTACION DE DATOS MEDIANTE PAGINA WEB E INSTALACION	3 días	jue 7/11/19	lun 11/11/19	ANDREA VIVANCO; JONATHAN MARMOLEJO; SUBSISTEMA DE GESTION PARA EL
4 PRUEBAS Y CORRECCIONES DE LOS SUBSISTEMAS	5 días	mar 12/11/19	lun 18/11/19	
PRUEBA DE CADA UNO DE LOS SUBSISTEMAS	2 días	mar 12/11/19	mié 13/11/19	ANDREA VIVANCO JONATHAN MARMOLEJO SUBSISTEMA DE GESTION PARA EL
CORRECCIÓN DE ERRORES	4 días	jue 14/11/19	mar 19/11/19	ANDREA VIVANCO JONATHAN MARMOLEJO SUBSISTEMA DE GESTION PARA EL
4 ENTREGA DEL PROYECTO AL CLIENTE	2 días	mié 20/11/19	jue 21/11/19	
FIRMA DE ACTA DE ENTREGA Y RECEPCION POR PARTE DEL CLIENTE	2 días	mié 20/11/19	jue 21/11/19	ANDREA VIVANCO; JONATHAN MARMOLEJO; TRANSPORTE
Fin	0 días	jue 21/11/19	jue 21/11/19	ANDREA VIVANCO;JONATHAN MARMC

**Figura 3.1 Plan de implementación en diagrama de Gantt**

Para que la implementación no demore y se realice en el tiempo estimado de 49 días, se deberá tener en cuenta ciertas actividades, una de ella es la actividad de compra de materiales y módulos del proyecto, es vital que se realice en las fechas estipuladas, por motivos de tiempo en espera, ya que muchos materiales son importados.



Otra actividad que se deberá realizar en el tiempo estimado es el diseño e implementación del tanque elevado por parte de los profesionales pertinentes, caso contrario el presente proyecto se alargaría.

**Cambiar calendario laboral**

Para calendario: CONTROL DE RIEGO AUTOMATIZADO EN HA... Crear calendario...

El calendario "CONTROL DE RIEGO ..." es un

**Legenda:**

- ☐ Laborable
- ☐ No laborable
- ☐ Horas laborables modificadas
- ☐ En este calendario:
- ☐ Día de excepción
- ☐ Semana laboral no predeterminada

Haga clic en un día para ver sus periodos laborables: **noviembre 2019**

L	M	M	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

Basado en: Excepción "Día de los difuntos" en el calendario "CONTROL DE RIEGO ...".

**Excepciones** **Semanas laborales**

	Nombre	Comienzo	Fin
1	Independencia de Guayaquil	11/10/2019	13/10/2019
2	Día de los difuntos	1/11/2019	3/11/2019
3	Independencia de Cuenca	4/11/2019	4/11/2019

Ayuda Opciones... Aceptar Cerrar

**Figura 3.2 Diseño del Calendario del plan de actividades**

### 3.2 Presupuesto

Para la implementación del sistema automatizado de riego se ha desarrollado el presupuesto que se presenta en la tabla 3.1, tomando en consideración los materiales y requerimientos con sus respectivos precios, y en donde se hará uso en cada subsistema de monitoreo tales como: niveles de humedad, detección de lluvia para cada tipo de cultivo y el sistema de gestión.

Pensando en el entorno donde se encuentra la hacienda y en la temporada que se trabajará, se ha considerado gastos varios (ver tabla 3.2), donde se completan gastos médicos a las personas que vayan a implementar el sistema de riego, por diferentes causas como: mordidos de especies aledañas al lugar, insectos, o intoxicados. También se ha considerado el valor de los almuerzos y bebidas, trajes especiales para evitar picadas de sancudos.

Requerimientos para implementación	cantidad	Precio Unitario	Total
Arduino Uno	3	\$ 14,00	\$ 42,00
Raspberry pi 3b	1	\$ 80,00	\$ 80,00
Cables DuPont macho-hembra (40 unidades)	1	\$ 3,00	\$ 3,00
Cables DuPont macho-macho (40 unidades)	1	\$ 3,00	\$ 3,00
Cables DuPont hembra-hembra (40 unidades)	1	\$ 3,00	\$ 3,00
Sensor de humedad del suelo	5	\$ 7,00	\$ 35,00
Sensor de presencia de lluvia	1	\$ 2,50	\$ 2,50
Sensor ultrasónico	1	\$ 2,50	\$ 2,50
Sensor de caudal de agua	2	\$ 66,17	\$ 132,34
Electroválvula	2	\$ 11,00	\$ 22,00
Relé 5v a 12v	1	\$ 3,80	\$ 3,80
Módulo Lora	3	\$ 20,00	\$ 60,00
Antena 2 piezas ipex a SMA para lora	3	\$ 10,00	\$ 30,00
Bomba sumergible	1	\$ 390,56	\$ 390,56
Aspersores de impacto	65	\$ 7,00	\$ 455,00
Regulador de voltaje	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Caja plástica para protección de equipos ( 115X90X55mm)	2	\$ 4,47	\$ 8,94
Baterías recargables	3	\$ 24,00	\$ 72,00
Codos	4	\$ 10,00	\$ 40,00
Paneles solares 12v	3	\$ 55,00	\$ 165,00
Unión para cinta	100	\$ 20,00	\$ 2.000,00
Tanque elevado 25,000 litros	1	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00
Cinta teflón	4	\$ 1,00	\$ 4,00
Tubería pvc 15 metros	15	\$ 2,60	\$ 39,00
Plug para batería	3	\$ 0,50	\$ 1,50
Implementación del tanque elevado con torre de 7 metros	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
Transporte	49	\$ 20,00	\$ 980,00
Gastos varios	1	\$ 5.088,00	\$ 5.088,00
Matenimiento y soporte en el año	2	\$ 140,00	\$ 280,00
Servicio de implemetación del sistema de riego en la hacienda	1	\$ 2.100,00	\$ 2.100,00
<b>Total</b>			<b>\$ 16.853,14</b>

**Tabla 3.1 Presupuesto de un sistema de control de riego automatizado para las plantaciones de maíz y ajonjolí en la hacienda La Roca.**

Gastos Varios	Unidades	Precio Unitario	Precio Total
Bebidas de agua	735	\$ 0,30	\$ 220,50
Gastos medicos	3	\$ 1.500,00	\$ 4.500,00
Almuerzos	147	\$ 2,50	\$ 367,50
<b>Total</b>			<b>\$ 5.088,00</b>

**Tabla 3.2 Gastos Varios contemplados para trabajadores a implementar el sistema de riego**

El transporte es otro requerimiento que se ha contemplado, ya que los trabajadores viven en Guayaquil y deben trasladarse hasta la hacienda en los días laborables (ver tabla 3.3).

Detalle	días	Precio Unitario
Transporte	49	\$ 20,00
<b>Total</b>		<b>\$980</b>

**Tabla 3.3 Presupuesto para transporte**

El pago a los trabajadores que realizarán la implementación del sistema de riego, lo realizarán tres personas, que consisten en dos principales y un ayudante (ver figura 3.4).

Nombres	Precios
Andrea Vivanco	\$ 800,00
Jonathan Marmolejo	\$ 800,00
Ayudante	\$ 500,00
<b>Total</b>	<b>\$ 2.100,00</b>

**Tabla 3.4 Pago a trabajadores a implementar el sistema de riego.**

Para que los equipos pertenecientes de los distintos subsistemas tengan una larga vida útil, se deben considerar los mantenimientos preventivos de los mismos, dos veces al año, por eso se realizó la tabla 3.5, para que el cliente vea los tipos de mantenimientos y precios por año.

Tipo de mantenimiento	Precios
Mantenimiento de sensores	\$90
Soporte al sistema de página web	\$50
<b>Total</b>	<b>\$140</b>

**Tabla 3.5 Precios por sistema de control de riego automatizado para las plantaciones de maíz y ajonjolí en la hacienda La Roca**

# CAPÍTULO 4

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

El sistema propuesto permitirá la correcta administración del agua destinada para el riego de los cultivos en la hacienda. Automatizar el proceso de la irrigación brindará riegos oportunos y en la cantidad requerida a su vez que reduce la mano de obra asignada a esta labor.

Mediante la implementación del sistema de riego automatizado se podrá realizar el cultivo de maíz y ajonjolí durante cualquier época del año, puesto que en muchas haciendas el cultivo de estos productos se realiza únicamente durante el invierno.

El uso de una plataforma web para la visualización y control del proceso realizado por el sistema brindará a los usuarios una forma cómoda y sencilla para decidir el comportamiento que pueda llegar a considerar necesarios para el riego de los cultivos, además de no generar gastos en mano de obra.

### 4.2 Recomendaciones

Limpiar los filtros de la bomba de agua para remover impurezas que puedan generar problemas en la extracción de agua desde el pozo.

Se recomienda restablecer el sistema mediante la página web cada vez que inicie el proceso de sembrío en la hacienda porque el agua requerida por los cultivos varía dependiendo de su periodo de crecimiento.

Los paneles que proveen de energía a la placa Arduino y sensores ubicados en las áreas de cultivos, deben encontrarse libre de obstáculos que puedan evitar una carga óptima mediante energía solar.

# BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. A. Jaramillo Gualoto y J. F. Plúas Torres, «Sistema automático de riego para plantación cacaotera,» 21 Marzo 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7651/1/T-UCSG-PRE-ING-CIS-141.pdf>.
- [2] E. M. C. Dario y F. O. K. Jazmín, «DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CULTIVOS AUTOMATIZADOS EN EL RECINTO PLAYA SECA DEL CANTÓN EL TRIUNFO,» 17 Agosto 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/36909/1/Tesis%20Sistema%20de%20riego%20Automatizado%20Escobar-Farfan.pdf>.
- [3] L. I. R. LAMILLA, «DEFINIR UN SISTEMA PARA AUTOMATIZAR Y CONTROLAR EL RIEGO EN UN CULTIVO DE MANGO UTILIZANDO SENSORES DE HUMEDAD, CONTROLADORES, Y ENERGÍA ALTERNATIVA INTERCONECTADOS A TRAVÉS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA,» NA NA 2017. [En línea]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/44804/D-CD106495.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [4] Design Thinking España, «Design Thinking. Descubre la metodología más potente de innovación,» [En línea]. Available: <https://designthinkingespaña.com/>.
- [5] www.designthinking.es, «www.designthinking.es,» [En línea]. Available: <https://www.designthinking.es/inicio/herramienta.php?id=5&fase=empatiza>.
- [6] Y. Iglesias, «designthinking gal,» Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://designthinking.gal/el-mapa-de-empatia/>.
- [7] alamcia, «alamcia,» [En línea]. Available: <http://alamcia.es/insight/>.
- [8] D. Betancourt, «Ingenio Empresa,» 5 Julio 2016. [En línea]. Available: <https://ingenioempresa.com/arbol-de-problemas/>.
- [9] Design Thinking España, «Design Thinking España,» [En línea]. Available: <https://designthinkingespaña.com/metodo-scanner-para-generar-ideas>.
- [10] eae Business School, «eae Business School,» 6 Enero 2017. [En línea]. Available: <https://retos-directivos.eae.es/que-es-y-como-elaborar-una-matriz-de-priorizacion/>.
- [11] ValorTop S.L., «Valor Top,» 5 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <http://www.valortop.com/blog/que-es-wifi-que-significa-y-para-que-sirve>.
- [12] Tecnología informática, «Tecnología informática,» [En línea]. Available: <https://tecnologia-informatica.com/bluetooth/>.
- [13] M. Contreras, «20minutos,» 2018. [En línea]. Available: <https://clipset.20minutos.es/raspberry-pi-3-b-plus/>.

- [14] EcuRed, «EcuRed,» [En línea]. Available: <https://www.ecured.cu/LAMP>.
- [15] Lucidchart, «Lucidchart,» [En línea]. Available: <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-entidad-relacion>.
- [16] Ing. Juan Saavedra Mera, «25 AÑOS DE LA PRESA DAULE-PERIPA,» *HIDRONACION*, p. 104, 2013.
- [17] tostatroni, «tostatronic,» [En línea]. Available: <https://tostatronic.com/store/comunicacion/795-modulo-lora-ra-01-sx1278.html>.
- [18] The things network, «The things network,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/frequencies-by-country.html>.

# APÉNDICES

## APÉNDICE A1

### INVESTIGACION DE ESCRITORIO

Mediante una investigación realizada a la hacienda La Roca, se recopiló la información que citaremos a continuación.

#### **¿Qué siembra en la Hacienda?**

La hacienda La Roca solo ha sembrado una hectárea de maíz y una hectárea y media de ajonjolí por el invierno, ya que son cultivos de ciclo corto y se pueden cosechar rápido

#### **¿Cómo realiza el riego?**

El riego solo se hace por medio de las lluvias y cuando no llueve usan el servicio de los tanqueros, a esto hacen uso de mangueras para el riego de todos cultivos.

#### **¿Por qué lo realiza?**

Para el sustento familiar, ya que cosechan el producto y lo venden en los mercados o diferentes clientes.

#### **¿Quién cuida la hacienda?**

De lunes a viernes de día cuidan la propietaria con su familia y en la noche y fines de semana hay un chico que cuida la hacienda.

## APÉNDICE A2

### Entrevistas realizadas

#### FICHA PERSONAL



**Nombre:** Margarita Lorena Moreira Limones

**Edad:** 45

**Teléfono:** 0988031067

**Correo:** jhusta@hotmail.com

**Cargo:** Propietaria

La Sra. Lorena es la propietaria de la hacienda, se encarga de tomar todas las decisiones que conlleva a sus tierras, incluso también trabaja en sus cultivos.

#### ENTREVISTA A LA SRA MARGARITA MOREIRA

**¿Por qué decidieron cultivar maíz y ajonjolí?**

Porque son de ciclo corto, así que se cosechan rápido.

**¿Planean cosechar algo más aparte del maíz y el ajonjolí?**

Una vez que el problema del agua se solucione, cacao.

**¿Continuarán con los cultivos de maíz y ajonjolí en la misma medida que se cultiva ahora?**

No, no se ha cultivado más porque ya estábamos en invierno, además de que todavía no conocemos toda la hacienda, solo hemos recorrido una pequeña parte.

**¿Quién o quiénes cuidan las cosechas generalmente?**



Los fines de semana mi familia y yo, venimos desde muy temprano para ir viendo cómo va la cosecha, mientras tanto (lunes a viernes) yo vengo todo el día y cuando me voy llega un joven que contratamos, él no vive por aquí, se moviliza desde Guayaquil, pero él se queda durmiendo en la noche.

**¿Cómo se abastecieron de agua durante el invierno?**

De las aguas lluvias

**¿Dónde se almacenó el agua durante el invierno?**

Se improvisó un foso donde se depositó el agua proveniente de las lluvias, sin embargo, terminó colapsando debido a la gran cantidad de agua que había ahí.

**¿Qué medidas han tomado para solucionar el problema de agua durante el verano?**

Se hará un pozo que abastecerá de agua a los cultivos.

**¿Cómo se abastece de agua en la actualidad?**

Por medio de tanqueros y las pocas lluvias

**¿De qué manera le afecta el no tener un depósito de agua adecuado para los cultivos?**

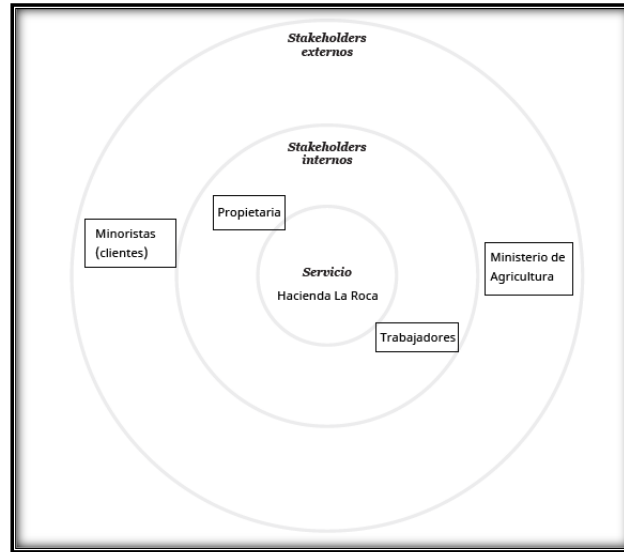
Se marchitan los cultivos que en el futuro es para la venta y por ende la cosecha sale en mal estado y afecta económicamente.

**¿Cuenta con algún depósito para almacenar el agua en este momento?**

Por el momento no, por eso voy a construir el pozo.

## APÉNDICE A3

### MAPA DE ACTORES

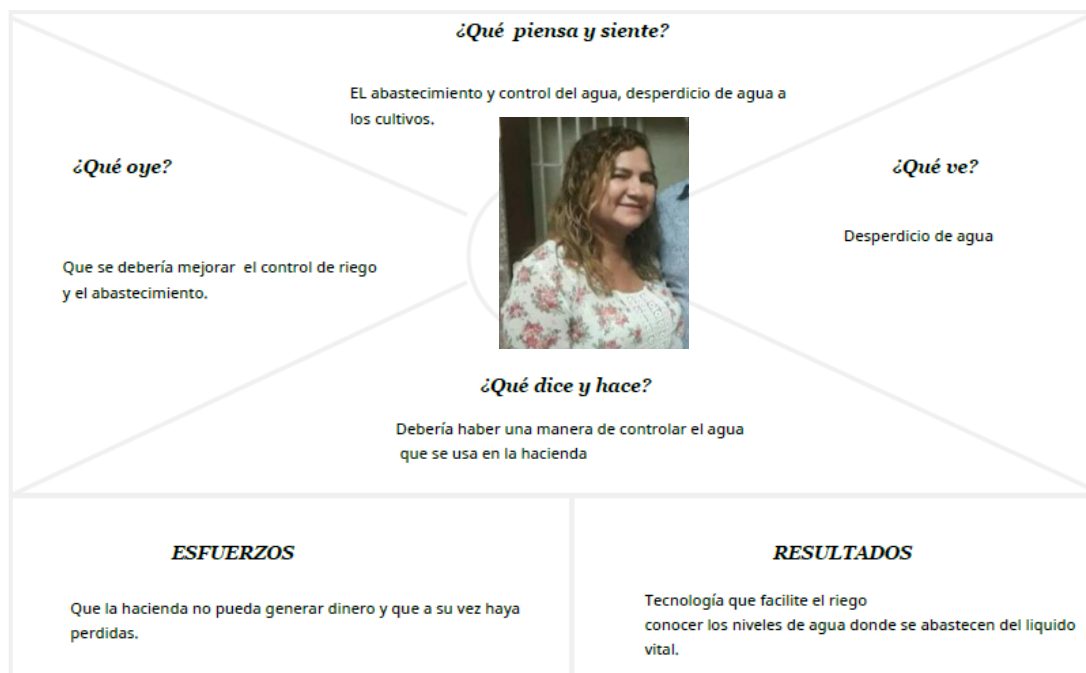


## APÉNDICE A4

### MAPA DE EMPATIA

**Nombre:** Margarita Lorena Moreira Limones

**Cargo:** Propietaria



# APÉNDICE B

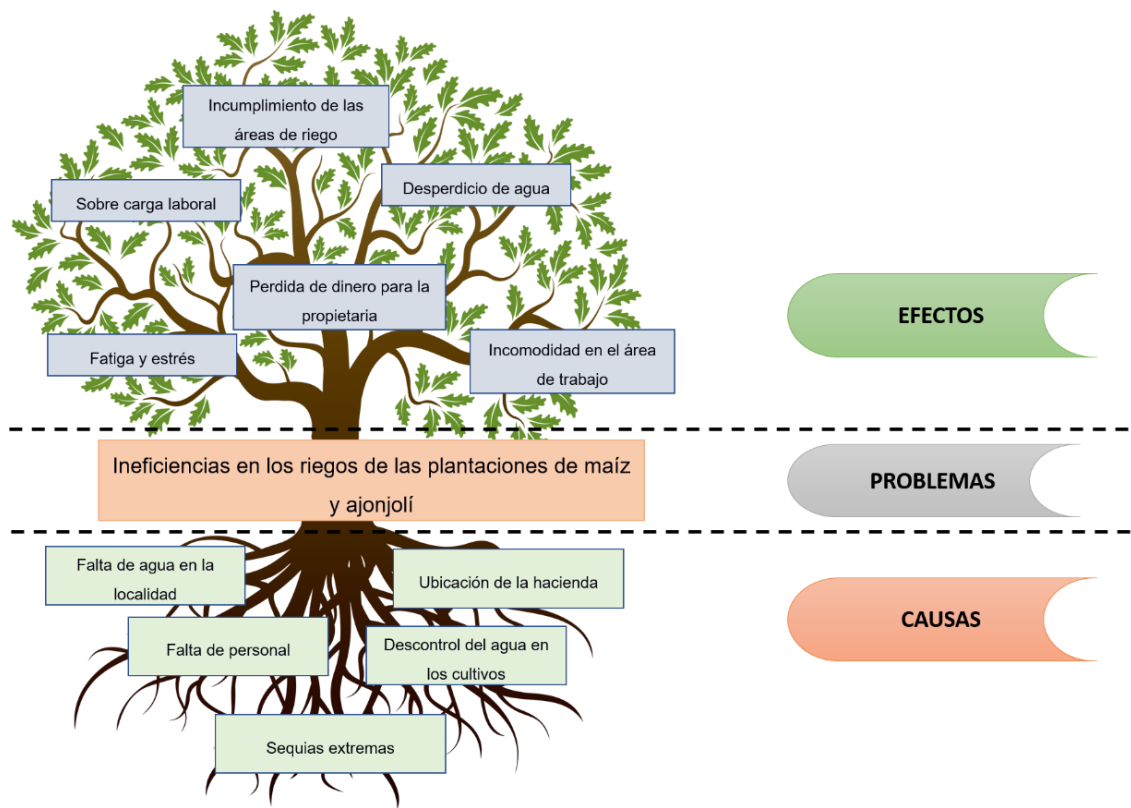
## APÉNDICE B1

### FICHA INSIGHT

Usuarios	+	Necesidad	+	Insights
Propietaria	Necesita	Capacitarse sobre el correcto cuidado de su hacienda.	Por qué	Espera que sus cultivos produzcan gran cantidad de cosechas.
Empresario Agricultor		Acceso a suministros como: pesticidas, agua y fertilizante.		Necesarios para el correcto tratamiento de los cultivos.
Cuidador		Mantenerse atento durante la noche hasta la mañana.		Para poder evitar posibles daños en las plantaciones.

# APÉNDICE B2

## ÁRBOL DEL PROBLEMA



## APÉNDICE C

### **Código de configuración del subsistema de monitoreo de los niveles de humedad y detección de lluvia en los cultivos.**

```
const int sensorPin = A0;
int analogValue;
bool digitalValue;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  int humedad = analogRead(sensorPin);
  int humedadPorcentaje = map(analogRead(sensorPin),0,1023,100,0);
  Serial.print("Humedad :");
  Serial.println(humedad);
  if (humedad <600){
    Serial.print("HUMEDO");
    Serial.print(humedadPorcentaje);
    Serial.println("%");
    delay(1000);
  }else if(humedad > 600 && humedad <700){
    Serial.print("HUMEDAD MEDIA");
    Serial.print(humedadPorcentaje);
    Serial.println("%");
    delay(1000);
  }else if (humedad > 800){
    Serial.println("SECO");
    Serial.print(humedadPorcentaje);
    Serial.println("%");
    delay(1000);
  }
}
```

```

//lluvia
// Entrada analogica
analogValue = analogRead(A1); // leemos A1 del sensor
if (analogValue < 600){
  Serial.print("ESTA LLOVIENDO");
  //Serial.println(analogValue);
  delay (1000);
}else if (analogValue >700){
  Serial.println("NO LLUEVE");
  //Serial.println(analogValue);
  delay (1000);
}
}

```

### **Código de configuración para enviar información del Arduino al Raspberry por medio del módulo LoRa**

```

#include <SPI.h> //Importa SPI
#include <RH_RF95.h> // RF95 de librería RadioHead

#define RFM95_CS 10 //CS si LoRa está conectado al pin 10
#define RFM95_RST 9 //RST de LoRa conectado al pin 9
#define RFM95_INT 2 //INT de LoRa conectado al pin 2

//A transmitir en la frecuencia 915 MHz
#define RF95_FREQ 915.0

RH_RF95 rf95(RFM95_CS, RFM95_INT);

void setup()
{

//Inicia monitor serial

```

```

Serial.begin(9600);

// Resetea módulo LoRa
pinMode(RFM95_RST, OUTPUT);
digitalWrite(RFM95_RST, LOW);
delay(10);
digitalWrite(RFM95_RST, HIGH);
delay(10);

//Inicia módulo LoRa
while (!rf95.init()) {
    Serial.println("Falló init LoRa radio");
    while (1);
}

//Frecuencia por defecto 915.0MHz
if (!rf95.setFrequency(RF95_FREQ)) {
    Serial.println("Seteo de frecuencia falló");
    while (1);
}

rf95.setTxPower(18); //Transmisión del módulo LoRa
}

char value = 48; //Variable que almacena la data valor de prueba = 48

void loop()
{
    Serial.print("Envío: ");
    char radiopacket[1] = {char(value)};

```

```
rf95.send((uint8_t *)radiopacket, 1); //Envío de la data almacenada en l variable rf95
```

```
delay(1000);  
value++;  
if (value > '9')  
value = 48;  
}
```

### **Código de configuración del sensor ultrasónico**

```
const int Trigger = 13; //Pin digital 2 para el Trigger del sensor
```

```
const int Echo = 12; //Pin digital 3 para el Echo del sensor
```

```
void setup() {
```

```
    // put your setup code here, to run once:
```

```
    Serial.begin(9600); //inicializamos la comunicación
```

```
    pinMode(Trigger, OUTPUT); //pin como salida
```

```
    pinMode(Echo, INPUT); //pin como entrada
```

```
    digitalWrite(Trigger, LOW); //Inicializamos el pin con 0
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    // put your main code here, to run repeatedly:
```

```
    long t; //tiempo que demora en llegar el eco
```

```
    long d; //distancia en centímetros
```

```
    float sonido = 34300.0; //velocidad del sonido en cm
```

```
    digitalWrite(Trigger, HIGH);
```

```
    delayMicroseconds(10); //Enviamos un pulso de us
```

```
    digitalWrite(Trigger, LOW);
```

```
    t = pulseIn(Echo, HIGH); //obtenemos el ancho del pulso
```

```
    d = t * 0.000001 * 34300.0 / 2.0; //escalamos el tiempo a una distancia en cm
```

```
    Serial.print("Distancia: ");
```

```
    Serial.print(d); //Enviamos serialmente el valor de la distancia
```



```

Serial.print("cm");
Serial.println();
delay(100);      //Hacemos una pausa de 100ms
}

```

### **Código de configuración del sensor de caudal de agua**

```

volatile int pulsos;
#define sensorDeFlujo 2

void flujo() {
    pulsos++;
}

void setup() {
    pinMode(sensorDeFlujo, INPUT);
    Serial.begin(9600);
    attachInterrupt(0, flujo, RISING);
    interrupts();
}

void loop() {

    Serial.print("Pulsos: ");
    Serial.print(pulsos/7);
    Serial.println(" LITROS");
    delay(1000);
}

```

### **Código de configuración del Raspberry y el modulo LoRa**

```

from time import sleep #se usa para hacer pausas durante la transmisión
from SX127x.LoRa import * #Para la comunicación LoRa
from SX127x.board_config import BOARD #Establece los parámetros de la placa y LoRa

```

```
import MySQLdb
```

```
DB_HOST = 'localhost'
```

```
DB_USER = 'operador'
```

```
DB_PASS = 'integradora'
```

```
DB_NAME = 'la_roca'
```

```
data = "" #data recibida
```

```
arrayData = [] #data separada
```

```
sensor = "" #Información del sensor
```

```
valor = "" #Información del valor del sensor
```

```
BOARD.setup() #Configuración de la placa
```

```
class LoRaRcvCont(LoRa):
```

```
    def __init__(self, verbose=False): # init inicializa la placa en 433 MHz
```

```
        super(LoRaRcvCont, self).__init__(verbose)
```

```
        self.set_mode(MODE.SLEEP) #modo suspensión ahorra energía cuando no  
requiere comunicación
```

```
        self.set_dio_mapping([0] * 6)
```

```
    def on_rx_done(self):
```

```
        BOARD.led_on()
```

```
        #print("\nRxDone")
```

```
        self.clear_irq_flags(RxDone=1)
```

```
        payload = self.read_payload(noccheck=True)
```

```
        print ("Receive: ")
```

```
        data = (bytes(payload).decode("utf-8",'ignore')) # Recibe DATA
```

```
        arrayData = data.split(',')
```

```
        sensor = arrayData[0]
```

```

valor = arrayData[1]
BOARD.led_off()
time.sleep(2) # Espera al cliente
print ("Send: ACK")
self.write_payload([255, 255, 0, 0, 65, 67, 75, 0]) # Envía ACK
self.set_mode(MODE.TX)
self.var=1

def on_tx_done(self):
    print("\nTxDone")
    print(self.get_irq_flags())

def start(self):
    while True:
        while (self.var==0):
            print ("Send: INF")
            self.write_payload([255, 255, 0, 0, 73, 78, 70, 0])
            self.set_mode(MODE.TX)
            time.sleep(3)
            self.reset_ptr_rx()
            self.set_mode(MODE.RXCONT) # Mode receptor

            start_time = time.time()
            while (time.time() - start_time < 10): # Espera a recibir la data o esperar 10s
                pass;

        self.var=0
        self.reset_ptr_rx()
        self.set_mode(MODE.RXCONT) # Mode receptor
        time.sleep(10)

```

```

def run_query(query=""):
    datos = [DB_HOST, DB_USER, DB_PASS, DB_NAME]

    conn = MySQLdb.connect(*datos) # Conectar a la base de datos
    cursor = conn.cursor()         # Crear un cursor
    cursor.execute(query)          # Ejecutar una consulta

    query = "INSERT INTO historico (sensor, valor) VALUES (%s, %s)"

    try:
        cursor.execute(query,(sensor,valor))
        conn.commit()
    except:
        print "No se Guardaron los Registros"
        db.rollback()

    cursor.close()                 # Cerrar el cursor
    conn.close()                   # Cerrar la conexión

```

```

lora = LoRaRcvCont(verbose=False)
lora.set_mode(MODE.STDBY)
# Medium Range Defaults after init are 915.0MHz, Bw = 125 kHz, Cr = 4/5, Sf =
128chips/symbol, CRC on 13 dBm

```

```

lora.set_pa_config(pa_select=1)

```

```

try:

```

```
        print("START")
    lora.start()
except KeyboardInterrupt:
    sys.stdout.flush()
    print("Exit")
    sys.stderr.write("KeyboardInterrupt\n")
finally:
    sys.stdout.flush()
    print("")
    lora.set_mode(MODE.SLEEP)
    BOARD.teardown()
```

## Descripción de las tablas de la base de datos

A continuación, se detallan las tablas con sus atributos correspondientes a la base de datos usada en el sistema de control de riego automatizado.

Tabla: usuarios			
Atributo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
id	int(11)	Contiene solo los números	Es el identificador único de usuario
usuario	varchar(20)	Contiene letras, números y símbolos especiales	Es el nombre del usuario
clave	varchar(20)	Contiene letras, números y símbolos especiales	Es la contraseña del usuario
correo	varchar(50)	Contiene letras, números y símbolos especiales	Es el correo del usuario en caso requiera recuperar su clave

Tabla: notificaciones			
Atributo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
id	int(11)	Contiene solo números	Es el identificador único de la notificación
id_usuario	int(11)	Contiene solo números	Es el identificador único de usuario al que pertenece la notificación
mensaje	varchar(200)	Contiene letras, números y símbolos especiales	Es el mensaje que es notificado

prioridad	varchar(15)	Contiene letras, números y símbolos especiales	Es la gravedad de la notificación (baja, media, alta)
Fecha	Datetime	Formato fecha abarca desde el año 1000 a 9999	Es la fecha de emisión de la notificación

Tabla: cultivos			
Atributo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
id	int(11)	Contiene solo números	Es el identificador único de cultivo
nombre	varchar(50)	Contiene letras, números y símbolos especiales	Es el nombre del cultivo
tipo	varchar(20)	Contiene letras, números y símbolos especiales	Es el tipo de cultivo

Tabla: semanas			
Atributo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
id	int(11)	Contiene solo números	Es el identificador único de la semana de riego
id_cultivo	int(11)	Contiene solo números	Es el identificador único de cultivo al que pertenece el riego
riego_semana	int(11)	Contiene solo números	Es el número de riegos recomendados en una semana
litros	varchar(15)	Contiene letras, números y	Es la cantidad de agua en litros, a

		símbolos especiales	regar en una semana
--	--	------------------------	------------------------

Tabla: riegos_realizados			
Atributo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
id	int(11)	Contiene solo números	Es el identificador único del riego realizado
id_semana	int(11)	Contiene solo números	Es el identificador único de la semana a la que pertenece el riego
litros	int(11)	Contiene solo números	Es el número de litros irrigados
fecha	datetime	Formato fecha abarca desde el año 1000 a 9999	Es la fecha que se realiza el riego

Tabla: riegos_extra			
Atributo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
id	int(11)	Contiene solo números	Es el identificador único del riego realizado
id_semana	int(11)	Contiene solo números	Es el identificador único de la semana a la que pertenece el riego
litros	int(11)	Contiene solo números	Es el número de litros irrigados
fecha	datetime	Formato fecha abarca desde el año 1000 a 9999	Es la fecha que se realiza el riego

Tabla: sensores			
Atributo	Tipo de dato	Dominio	Descripción



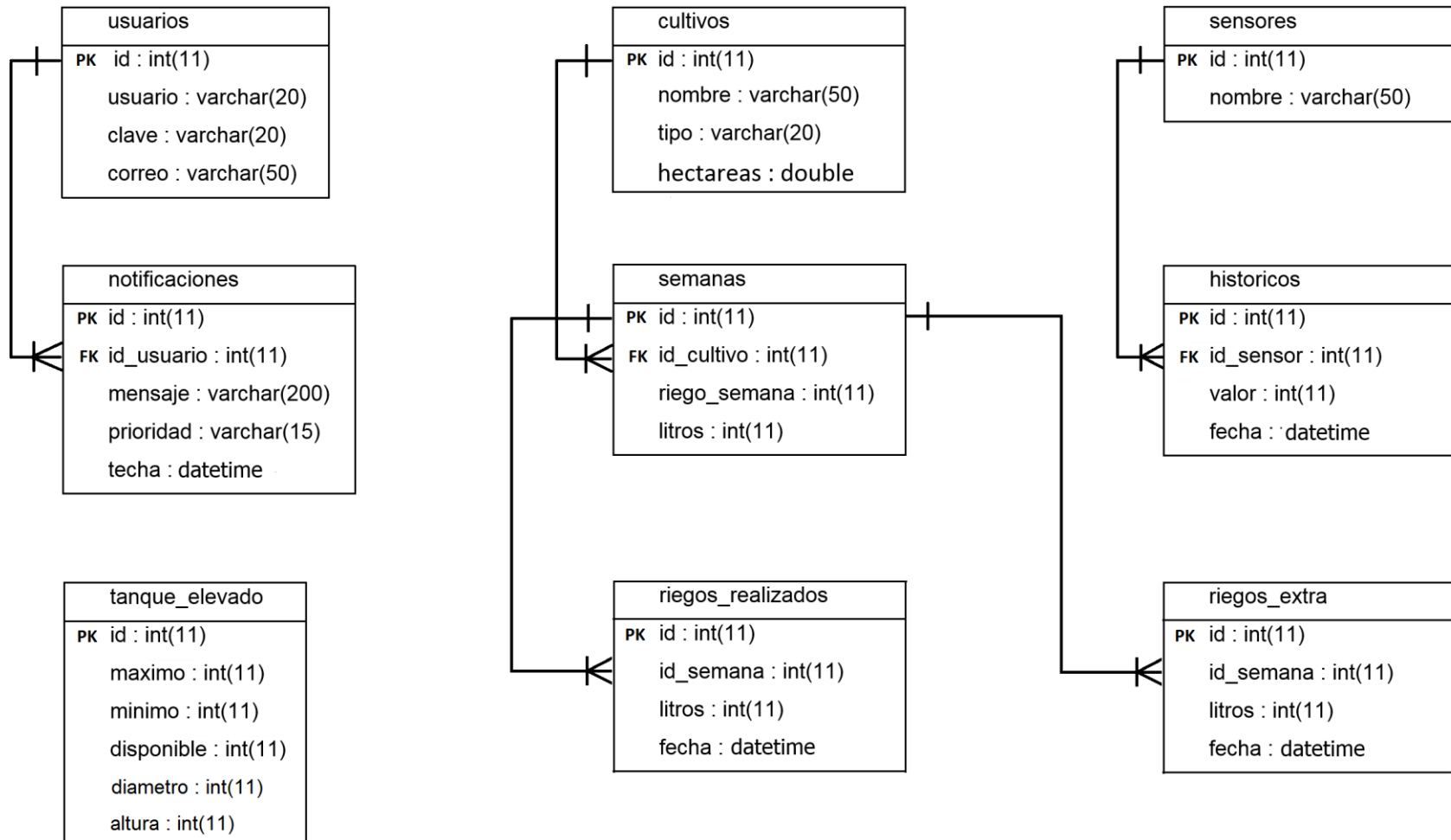
id	int(11)	Contiene solo números	Es el identificador único del sensor
nombre	varchar(50)	Contiene letras, números y símbolos especiales	Es el nombre del sensor

Tabla: historicos			
Atributo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
id	int(11)	Contiene solo números	Es el identificador único del histórico
id_sensor	int(11)	Contiene solo números	Es el identificador único del sensor al que pertenece
valor	int(11)	Contiene solo números	Es el valor obtenido por el sensor
fecha	datetime	Formato fecha abarca desde el año 1000 a 9999	Es la fecha que se obtuvo el valor

Tabla: tanque_elevado			
Atributo	Tipo de dato	Dominio	Descripción
id	int(11)	Contiene solo números	Es el identificador único del histórico
máximo	int(11)	Contiene solo números	Es la capacidad máxima de agua que puede almacenar el tanque elevado
mínimo	int(11)	Contiene solo números	Es la capacidad mínima de agua que puede almacenar el tanque elevado

			antes de ser abastecido
disponible	int(11)	Contiene solo números	Es la cantidad de agua disponible en el tanque elevado

## Modelo Entidad / Relación de la base de datos



### **código para el envío de notificaciones**

```
include("class.phpmailer.php");
    include("class.smtp.php");

    $email_user = 'sisaut_ma@gmail.com';
    $email_password = '4562589173';
    $the_subject = 'ALERTA';
    $address_to = $_SESSION['correo'];
    $from_name = 'Sistema';
    $phpmailer = new PHPMailer();
    // ----- datos de la cuenta de Gmail -----
    $phpmailer->Username = $email_user;
    $phpmailer->Password = $email_password;
    //-----
    $phpmailer->SMTPSecure = 'ssl';
    $phpmailer->Host = 'smtp.gmail.com';
    $phpmailer->Port = 465;
    $phpmailer->IsSMTP(); // use SMTP
    $phpmailer->SMTPAuth = true;
    $phpmailer->setFrom($phpmailer->Username,$from_name);
    $phpmailer->AddAddress($address_to);
    $phpmailer->Subject = $the_subject;
    $phpmailer->Body .= $mensaje1;
    $phpmailer->Body .= $mensaje2;
    $phpmailer->Body .= $mensajeFecha;
    $phpmailer->IsHTML(true);
    $phpmailer->Send();
```