



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y  
LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**



**PROTOTIPO DE RIEGO INTELIGENTE PARA LA  
OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN  
PARQUES Y JARDINES CON TECNOLOGÍA  
OPEN SOURCE**

*TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES*

**AUTOR:**

JUAN CARLOS TORRES SALINAS

**DIRECTOR:**

ING. FRANKLIN GUSTAVO JIMENEZ PERALTA, M. SC.

LOJA-ECUADOR  
2020

## CERTIFICACIÓN

Ing. Franklin Gustavo Jiménez Peralta, M. Sc.

**DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

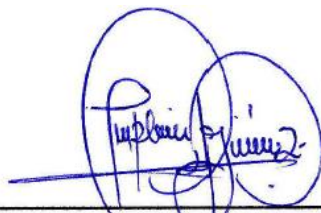
CERTIFICA:

Haber asesorado y revisado detenida y minuciosamente durante todo su desarrollo, el Trabajo de Titulación, titulado **“PROTOTIPO DE RIEGO INTELIGENTE PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN PARQUES Y JARDINES CON TECNOLOGÍA OPEN SOURCE”**

realizado por el Sr. Juan Carlos Torres Salinas; cumple con los requisitos establecidos por las normativas para la graduación en la Universidad Nacional de Loja, tanto en aspecto de forma como de contenido.

Por lo tanto, autorizo proseguir con los trámites legales pertinentes para su presentación y defensa.

Loja, 29 enero 2020



---

Ing. Franklin Gustavo Jiménez Peralta. Mg. Sc.  
**DIRECTOR DE TESIS**

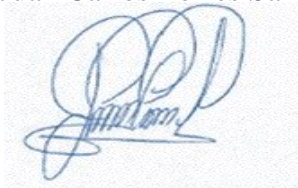
## **AUTORÍA**

Yo **JUAN CARLOS TORRES SALINAS**, declaro ser el autor del presente trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, denominado **“PROTOTIPO DE RIEGO INTELIGENTE PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN PARQUES Y JARDINES CON TECNOLOGÍA OPEN SOURCE”** y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi trabajo de titulación en el repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

**Autor:** Juan Carlos Torres Salinas

**Firma:**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Juan Carlos Torres Salinas', is placed over a light gray rectangular background.

**Cédula:** 1104998396

**Fecha:** Loja, 4 abril del 2020

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Yo, **JUAN CARLOS TORRES SALINAS**, declaro ser autor de la tesis titulada: **“PROTOTIPO DE RIEGO INTELIGENTE PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN PARQUES Y JARDINES CON TECNOLOGÍA OPEN SOURCE”** como requisito para optar por el grado de: **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 4 días del mes de abril del dos mil veinte.



Firma: .....

Autor: Juan Carlos Torres Salinas

Cédula: 1104998396

Dirección: Loja (Av Pio Jaramillo y Francisco de Caldas)

Correo Electrónico: juanktosal0010@gmail.com

Teléfono: 272561392 Celular: 0939250883.

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

Director de Tesis: Ing. Franklin Gustavo Jiménez Peralta, M. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Marcelo Fernando Valdiviezo Condolo, M. Sc

Ing. Marianela del Cisne Carrión González, M. Sc

Ing. Kleber Rolando Morillo Aguilar M. Sc

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo de tesis quiero dedicarlo a Dios, por su infinita misericordia, por darme la gracia y la sabiduría para ser valiente en mis momentos de flaqueza y seguir luchando por conseguir mis sueños, así como también a mi querida Madre que en paz descanse, por ser una mujer abnegada, luchadora por estar siempre a mi lado y porque nunca dejó de creer en mí, sin su ayuda y su amor nada de esto fuera posible, que Dios me la tenga gozando de su Reino.*

***Juan Carlos Torres Salinas***

## **AGRADECIMIENTO**

*Expreso mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Nacional de Loja, de manera especial a las autoridades, personal docente y administrativo de la Facultad de Energía las Industrias y Los Recursos Naturales No Renovables y a todos quienes laboran en la Carrera de Ing. en Electrónica y Telecomunicaciones, por su colaboración durante mi formación académica - profesional.*

*A mi director de tesis Ing. Franklin Jiménez, quien, con sus conocimientos profesionales, su paciencia y su acertada dirección, hizo posible que el desarrollo de mi trabajo culmine con éxito; así como también al Ing. Juan Ochoa Aldeán docente de la Unidad de Titulación Especial, por su colaboración para llevar a cabo el cumplimiento de las actividades programadas durante este proceso.*

*Al Sr. Richard Farfán propietario del jardín residencial ubicado en la Vega, ciudad de Catamayo donde se llevó a cabo el presente proyecto por su colaboración y ayuda brindándome las facilidades necesarias para el desarrollo de la presente tesis.*

*Extiendo mi gratitud a mi familia Madre Padre Hermanas y Tíos porque de una u otra forma, estuvieron presente en mi etapa de formación brindándome su amor, amistad y dando ánimos para no desmayar en la lucha por lograr este objetivo.*

*A mis amigos y compañeros con quienes compartimos aulas, por su amistad y estar presto siempre a colaborar y apoyarnos del uno al otro.*

***Juan Carlos Torres Salinas***

## TABLA DE CONTENIDOS

|  |     |
|--|-----|
| CERTIFICACIÓN.....   | II  |
| AUTORÍA .....  | III |
| CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO..... | IV  |
| DEDICATORIA.....   | V   |
| AGRADECIMIENTO.....  | VI  |
| ÍNDICE DE TABLAS.....  | XI  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....  | XII |
| 1. TÍTULO.....   | 1   |
| 2. RESUMEN.....  | 2   |
| SUMMARY .....  | 3   |
| 3. INTRODUCCIÓN.....   | 4   |
| 4. REVISIÓN DE LITERATURA .....  | 6   |
| 4.1 Sistemas de Riego.....   | 6   |
| 4.1.1 La Importancia de un Sistema de Riego.....   | 6   |
| 4.1.2 Criterios para Seleccionar los Métodos de Riego.....   | 6   |
| 4.1.2.1 Suministro del agua .....  | 6   |
| 4.1.2.2 Programación de los riegos. ....   | 7   |
| 4.1.2.3 Humedad de suelo. ....   | 7   |
| 4.1.3 Espacios verdes como consumidores de agua .....  | 8   |
| 4.1.4 Hidrozonas.....  | 9   |
| 4.1.4.1 Hidrozonas de alto consumo de agua .....   | 10  |
| 4.1.4.2 Hidrozonas de moderado consumo de Agua.....  | 10  |
| 4.1.4.3 Hidrozonas de bajo consumo de agua.....  | 10  |
| 4.1.5 Necesidades hídricas de espacios verdes.....   | 10  |
| 4.1.5.1 Evapotranspiración.....  | 10  |
| 4.1.5.2 Evapotranspiración de referencia.....  | 11  |
| 4.1.5.3 Coeficiente de cultivo.....  | 11  |
| 4.1.6 Necesidades Netas de las plantas.....  | 13  |
| 4.1.6.1 Eficiencia de aplicación del sistema de riego.....   | 13  |
| 4.1.7 Descripción de los parámetros para medir la humedad del suelo en base a su textura .....   | 14  |
| 4.1.8 Conceptos básicos para la irrigación de un sistema de riego.....   | 15  |
| 4.1.8.1 Caudal.....  | 16  |

|   |    |
|---|----|
| 4.1.8.2 Presión.....  | 16 |
| 4.1.8.3 Perdidas de Carga.....  | 16 |
| 4.1.9 Métodos y tipos de riego .....  | 17 |
| 4.1.9.1 Métodos superficiales o de gravedad tradicionales.....                      | 17 |
| 4.1.9.2 Métodos superficiales o de gravedad tecnificados.....                       | 18 |
| 4.1.9.3 Métodos presurizados.....   | 18 |
| 4.1.10 Elementos y componentes de un sistema de riego .....                         | 19 |
| 4.1.10.1 Aspersores.....  | 19 |
| 4.1.10.2 Válvulas solenoide o electroválvulas.....                                  | 20 |
| 4.1.10.3 Bomba de agua.....   | 21 |
| 4.1.10.4 Motor como Complemento de Bomba.....                                       | 23 |
| 4.1.10.5 Arrancadores.....  | 24 |
| 4.2 Tecnología Open Source y acceso a la información orientadas a la automatización | 25 |
| 4.2.1 Arduino.....  | 25 |
| 4.2.1.1 Arquitectura de los microcontroladores Atmel .....                          | 25 |
| 4.2.2 Raspberry Pi .....  | 26 |
| 4.2.2.1 Arquitectura y partes de la Raspberry Pi 3 Modelo B+.....                   | 27 |
| 4.2.3 Javascript .....  | 28 |
| 4.2.3.1 Línea.....  | 29 |
| 4.2.3.2 Embebido.....   | 29 |
| 4.2.3.3 Archivos externos. APIs.....  | 30 |
| 4.3 Predicciones Meteorológicas y Formas de Acceso .....                            | 31 |
| 4.3.1 La Observación del Tiempo .....   | 31 |
| 4.3.1.1 Variables Meteorológicas .....  | 33 |
| 4.3.1.2 La temperatura.....   | 33 |
| 4.3.1.3 La presión atmosférica.....   | 33 |
| 4.3.1.4 El viento.....  | 33 |
| 4.3.1.5 La humedad.....   | 34 |
| 4.3.1.6 La precipitación.....   | 34 |
| 4.3.1.7 La predicción del tiempo.....   | 35 |
| 4.3.2 INAMHI .....  | 36 |
| 5. MATERIALES Y MÉTODOS.....  | 37 |
| 5.1 Materiales .....  | 37 |
| 5.1.1 Hardware Seleccionado .....   | 37 |
| 5.1.1.1 Arduino alternativa como PLC Básica.....                                    | 37 |



|  |    |
|--|----|
| 5.1.1.2 Sensor de temperatura y humedad de suelo SHT10 .....                                 | 38 |
| 5.1.1.3 Rasberry Pi Modelo B+ .....  | 41 |
| 5.1.2 Componentes y Software .....   | 42 |
| 5.1.2.1 Proteus .....  | 42 |
| 5.1.2.2 Arduino IDE .....  | 43 |
| 5.1.2.3 Software Javascript .....  | 44 |
| 5.1.2.4 API DARSKY.NET .....   | 45 |
| 5.2 MÉTODOS .....  | 47 |
| 5.3 ANÁLISIS DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO .....                   | 48 |
| 5.3.1 Acciones previas a la optimización .....   | 48 |
| 5.3.1.1 Gestión del Riego .....  | 49 |
| 5.3.1.2 Funcionamiento de gestión de riego .....   | 49 |
| 5.3.2 Diseño y desarrollo de las instalaciones de riego .....                                | 50 |
| 5.3.2.1 Análisis de los requerimientos netos de agua .....                                   | 51 |
| 5.3.2.2 Análisis para Instalación y Calibración de los elementos del Sistema riego .....     | 54 |
| 5.3.2.3 Consideración y distribución de sensores .....                                       | 55 |
| 5.3.2.4 Diseño hidráulico de la instalación de riego .....                                   | 56 |
| 5.3.3 Diseño desarrollo y construcción electrónica .....                                     | 60 |
| 5.3.3.1 Etapa de control .....   | 61 |
| 5.3.3.2 Etapa de Potencia.....   | 64 |
| 5.3.4 DESARROLLO DE APP PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO JARDÍN RESIDENCIAL ..... | 65 |
| 5.1 Estructura de control aplicación sistema de riego .....                                  | 66 |
| 6. RESULTADOS .....  | 68 |
| 6.1 Unidad del prototipo para la recepción y procesamiento de datos .....                    | 68 |
| 1.1.1 Comunicación arduino-sensor sht10 .....  | 70 |
| 6.2 Obtención de la interfaz gráfica.....  | 72 |
| 6.3 Instalación de bomba y electroválvulas .....   | 74 |
| 6.4 Instalación de sensores de humedad de suelo.....   | 75 |
| 6.5 Visualización Interfaz gráfica del sistema de riego.....                                 | 77 |
| 6.6 Evaluación del Prototipo de Riego .....  | 79 |
| 6.7 Presupuesto .....  | 82 |
| 7. DISCUSIÓN.....  | 83 |
| 8. CONCLUSIONES.....   | 85 |
| 9. RECOMENDACIONES .....   | 86 |

|   |     |
|---|-----|
| 10. BIBLIOGRAFÍA .....  | 87  |
| 11. ANEXOS .....  | 91  |
| 11.1 EXTRACTO DE PROGRAMACION EN JAVASCRIPT Y SUS LIBRERIAS ..... | 91  |
| 11.2 PROGRAMA IDE ARDUINO UNO ATMEGA 328.....                     | 97  |
| 11.3 Desarrollo e implementación.....                             | 101 |
| 11.4 COEFICIENTE DE CRISTHIANSEN .....                            | 105 |
| 11.5 MANUAL DE USO .....  | 106 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 <i>Valores aproximados de humedad aprovechable (HA) para algunas clasificaciones de textura de suelos</i> ..... | 8  |
| Tabla 2 <i>Coefficiente de densidad en Base a tipo de vegetación</i> .....  | 12 |
| Tabla 3 <i>Coefficiente de microclima en función de la Vegetación</i> .....   | 13 |
| Tabla 4 <i>Parámetros de humedad en base a su textura</i> .....   | 14 |
| Tabla 5 <i>Equipos de medición Meteorológica</i> .....  | 32 |
| Tabla 6 <i>Microcontroladores Atmel Común usados en Arduino</i> .....   | 38 |
| Tabla 7 <i>Distribución de pines SHT10 (Elaboración propia)</i> .....   | 40 |
| Tabla 8 <i>Especificaciones técnicas (Pi3, 2018)</i> .....  | 41 |
| Tabla 9 <i>Especies vegetales *Especies existentes (Elaboración propia)</i> .....                                       | 50 |
| Tabla 10 <i>Coefficiente de Especie Ke (Elaboración propia)</i> .....   | 52 |
| Tabla 11 <i>Especificaciones técnicas motor</i> .....   | 57 |
| Tabla 12 <i>Tabla de pérdidas de carga tubería PVC Polietileno (Datos técnicos fabricantes)</i> .....                   | 59 |
| Tabla 13 <i>Coefficientes de Christiansen</i> .....   | 59 |
| Tabla 14 <i>Presupuesto Materiales</i> .....  | 82 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 Componentes de un Aspersor (TINSA, 2016) .....   | 19 |
| Figura 2 Electroválvula Distribución de los campos de una válvula solenoide (YTIMG, 2018) .....   | 20 |
| Figura 3 Bomba Horizontales (Salas, A. F., Salas, A. F., Urrestarazu, L. P. , 2018).....  | 22 |
| Figura 4 a) Bomba de Eje Vertical b) Arreglo de Bombas (Fernández, A. Martin. R. Avila Ma.Truela. R. Plaza A. Navas. R.).....   | 22 |
| Figura 5 Estructura interna de un Contactor (Daneri, 2008) (areatecnologia, 2008) .....   | 24 |
| Figura 6 Placa Arduino Distribución (Purdum, 2012) .....  | 25 |
| Figura 7 Raspberry Pi3 (element14, 2016).....   | 28 |
| Figura 8 Sistema Mundial de Observación. Foto: AEMET .....  | 32 |
| Figura 9 Arduino alternativa como PLC (El autor).....   | 38 |
| Figura 10 Sensor SHT10 (SENSIRIONS, 2011) .....   | 39 |
| Figura 11 . Aplicación típica (SENSIRIONS, 2011).....   | 39 |
| Figura 12 SHT10 con blindaje Recuperado:<br><a href="https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-658279478-sensor-de-humedad-y-temperatura-sht10-_JM">https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-658279478-sensor-de-humedad-y-temperatura-sht10-_JM</a> ..... | 40 |
| Figura 13 Curva Característica Comportamiento De Medición De Humedad (SENSIRIONS, 2011)) .....  | 41 |
| Figura 14 Interfaz simulador Proteus .....  | 43 |
| Figura 15 Entorno de desarrollo y programación IDE Arduino .....  | 44 |
| Figura 16 Ubicación geográfica jardín .....   | 46 |
| Figura 17 Aspersor Naan plástico sectorizado mod 427 ½” .....   | 54 |
| Figura 18 Distribución de aspersores y Angulo de cobertura (Elaboración propia) .....   | 55 |
| Figura 19 Distribución de Sensores (Elaboración propia).....  | 56 |
| Figura 20 Motor periférico PK60M.....   | 57 |
| Figura 21 Distribución zona y tubería .....   | 58 |
| Figura 22 Estructura Sistema Riego .....  | 61 |
| Figura 23 Fuente Alimentación de 5V y 3,3V.....   | 62 |
| Figura 24 Distribución pines entrada salida Arduino Uno Atmega328 .....   | 63 |
| Figura 25 Circuito integrado PC817 (TIGER ELECTRONICS) .....  | 63 |
| Figura 26 Diseño Sistema Optoacoplador .....  | 64 |
| Figura 27 Instalación de motor.....   | 64 |
| Figura 28 . Diagrama De Flujo aplicación .....  | 67 |
| Figura 29 diagrama de bloque Sistema Autónomo .....   | 68 |
| Figura 30 Estructura placa de control.....  | 68 |
| Figura 31 Placa PCB de control del sistema de riego.....  | 69 |
| Figura 32 Ilustración 3D.....   | 69 |
| Figura 33 Diagrama de Flujo para control de bomba y electroválvulas.....  | 71 |
| Figura 34 Ventana principal APP Riego .....   | 72 |
| Figura 35 Configuración de coeficiente de densidad y microclima .....   | 73 |
| Figura 36 Interfaz de coeficientes de especie .....   | 73 |
| Figura 37 Interfaz de Accionamiento Manual.....   | 74 |
| Figura 38 Instalación de bomba y electroválvula.....  | 75 |
| Figura 39 instalación de aspersores. ....   | 75 |
| Figura 40 Aislamiento de Sensores .....   | 76 |

|   |            |
|---|------------|
| Figura 41 Soterramiento de Sensores de humedad.....                               | 76         |
| Figura 42 Módulo de Control Sistema de Riego .....                                | 77         |
| Figura 43 Interfaz gráfica sensor 1 menos al valor mínimo .....                   | 78         |
| <i>Figura 44 Indicador led encendido de bomba y electroválvula 1.....</i>         | <i>78</i>  |
| <i>Figura 45 Presentación resultados Humedad de suelo y precipitación.....</i>    | <i>79</i>  |
| Figura 46 Sensores fuera de zona de Riego.....                                    | 79         |
| <i>Figura 47 Inicio desabastecimiento de Tanque.....</i>                          | <i>80</i>  |
| <i>Figura 48 Comparativa con valor máximo Calculado .....</i>                     | <i>80</i>  |
| Figura 49 Resultado desabastecimiento de tanque .....                             | 81         |
| Figura 50 Resultado De llamados desde App a Darksky .....                         | 81         |
| Figura 51 Directorio App (Elaboración propia) .....                               | 91         |
| Figura 52 Extracto index.js.....  | 92         |
| Figura 53 Extracto de index.html .....  | 92         |
| Figura 54 Configuración Url .....   | 93         |
| Figura 55 obtención de datos de predicciones almacenados internamente .....       | 93         |
| Figura 56 Conexión al servidor local .....  | 94         |
| Figura 57 App Activación y desactivación de electroválvulas.....                  | 94         |
| Figura 58 Evaluación del estado del tiempo.....                                   | 95         |
| Figura 59 Evaluación datos sensor .....   | 95         |
| Figura 60 Comparación de datos de humedad.....                                    | 96         |
| Figura 61 COM Serial para la comunicación .....                                   | 96         |
| Figura 62 Envía los datos recibidos del Arduino hacia la aplicación.....          | 97         |
| <i>Figura 63 proceso de quemado d baquelita .....</i>                             | <i>101</i> |
| <i>Figura 64 Ensamblado de placa de control.....</i>                              | <i>101</i> |
| <i>Figura 65 Armado de tablero Eléctrico de 120V DC .....</i>                     | <i>102</i> |
| <i>Figura 66 instalación de tablero de control .....</i>                          | <i>102</i> |
| <i>Figura 67 instalación de Aspensor .....</i>                                    | <i>103</i> |
| <i>Figura 68 vista de aspensor calibrado y listo para su funcionamiento .....</i> | <i>103</i> |
| <i>Figura 69 vista area de riego .....</i>  | <i>104</i> |
| <i>Figura 70 coeficiente de crithiansen.....</i>                                  | <i>105</i> |

## GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

|               |   |
|---------------|---|
| <b>ALU</b>    | <i>Unidad lógica programable</i>                                    |
| <b>API's</b>  | <i>Application Programming Interfaz</i>                             |
| <b>ARM</b>    | <i>Advanced RISC machine</i>  |
| <b>CNA</b>    | <i>Contactos normalmente abiertos</i>                               |
| <b>CNC</b>    | <i>Contactos normalmente cerrados</i>                               |
| <b>Ea</b>     | <i>Eficiencia de aplicación</i>                                     |
| <b>EMI</b>    | <i>Interferencia Electromagnética</i>                               |
| <b>ET</b>     | <i>Evapotranspiración</i>   |
| <b>ETr</b>    | <i>Evapotranspiración de referencia</i>                             |
| <b>Fp</b>     | <i>Filtraciones profundas</i>                                       |
| <b>GEPS</b>   | <i>Sistema de predicciones de conjunto global</i>                   |
| <b>GPIO</b>   | <i>Pines de entrada y salida de propósito general</i>               |
| <b>GPS</b>    | <i>Sistema de posicionamiento global</i>                            |
| <b>HDMI</b>   | <i>High-Definition Multimedia Interface</i>                         |
| <b>HTML</b>   | <i>Lenguaje de marcas de hipertexto - hypertext markup language</i> |
| <b>INAMHI</b> | <i>Instituto nacional de meteorológica e hidrología</i>             |
| <b>Kc</b>     | <i>Coeficiente de cultivo</i>                                       |
| <b>Kd</b>     | <i>Coeficiente de densidad</i>                                      |
| <b>Ke</b>     | <i>Coeficiente de especie</i>                                       |
| <b>Kj</b>     | <i>Coeficiente general de cultivo</i>                               |
| <b>Km</b>     | <i>Coeficiente microclima</i>                                       |
| <b>NOAA's</b> | <i>National oceanic and atmospheric administration's</i>            |
| <b>OMM</b>    | <i>Organización meteorológica mundial</i>                           |
| <b>PC</b>     | <i>Perdida de carga</i>   |
| <b>PLC</b>    | <i>Controlador lógico programable</i>                               |
| <b>PVC</b>    | <i>Policloruro de vinilo</i>  |
| <b>RCA</b>    | <i>Salida analógica de video (Radio Corporation of America)</i>     |
| <b>USB</b>    | <i>Bus universal en serie - universal serial bus,</i>               |

## 1. TÍTULO

*“PROTOTIPO DE RIEGO INTELIGENTE PARA LA  
OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN PARQUES  
Y JARDINES CON TECNOLOGÍA OPEN SOURCE”*

## **2. RESUMEN**

El presente proyecto está enfocado en desarrollar un sistema inteligente de control del suministro hídrico y optimización del riego en zonas verdes residenciales, es por ello que para poder sustentar la funcionalidad del prototipo, se ha llevado cabo la instalación en un jardín residencial del cantón Catamayo provincia de Loja.

Este prototipo es un diseño automatizado que en su mayor parte está constituido por tecnología OPEN SOURCE tanto en hardware como en software, contando con transductores que permitirán censar el estado de humedad del suelo y, además está sustentado en una base de datos que almacena información de predicciones del estado del tiempo, obtenidas mediante el acceso a la red internet misma que permitirán al sistema desarrollar un entorno de control sofisticado y de esta manera poder aprovechar las aguas lluvias, y el ahorro del agua principalmente en zonas de baja precipitación, por otra parte se cuenta con una interfaz gráfica que permitirá la interacción del Sistema con el Usuario.



## **SUMMARY**

The present project is focused on developing an intelligent water supply control and irrigation optimization system in residential green areas, which is why in order to support the functionality of the prototype, installation has been carried out in a residential garden in the canton Catamayo province from Loja.

This prototype is an automated design that is mostly made up of OPEN SOURCE technology in both hardware and software, with transducers that will allow the state of soil moisture to be censored and, in addition, is based on a database that stores information on weather forecasts, obtained by accessing the internet itself that will allow the system to develop a sophisticated control environment and thus be able to take advantage of rainwater, and save water mainly in areas of low rainfall, on the other hand There is a graphic interphase that will allow the System to interact with the User.

### **3. INTRODUCCIÓN**

El uso del riego para el cuidado de la vegetación es una práctica muy antigua, desarrollada con la finalidad de proveer una cantidad adecuada de agua para el correcto crecimiento y desarrollo de la diversidad de vegetación que pueda existir en un área determinada, con la finalidad de aplacar la no existencia de lluvias principalmente en épocas de verano.

El agua es un recurso natural e indispensable para el normal desarrollo de todo ser vivo, pero el crecimiento de la población, la contaminación y el mal uso que se le ha ido dando, está poniendo en peligro la provisión de agua en el planeta, provocando así factores adversos para la sustentabilidad de dicha población, llegando a realidades impensables, zonas que alguna vez se consideraron como áreas verdes hoy por hoy están en el olvido y desérticas debido a los cambios climáticos, además hoy en día en las grandes ciudades parte de su ornato está ligado a construcción de parques y jardines siendo el principal atractivo la diversidad de su vegetación, llegando al punto que para mantener un entorno amigable a la vista de los transeúntes, se deben destinar miles de litros de agua diarios, y en la mayoría de los casos sin ningún control de riego que garantice el consumo adecuado de este bien.

Dadas estas circunstancias, nace la necesidad de contribuir con soluciones con la finalidad de aplacar el mal manejo de este recurso, y aprovechando los grandes avances de la ciencia y la tecnología principalmente en los campos de la informática y la electrónica, que han permitido tener acceso a herramientas OPEN SOURCE, y por otro lado la expansión a pasos agigantados del internet a nivel mundial, se han convertido en herramientas muy útiles para dar solución a diversas necesidades de nuestro entorno, es por ello que haciendo uso de esas herramientas se construirá un sistema automatizado capaz de permitir controlar y a la vez optimizar los recursos hídricos en zonas residenciales donde el líquido vital es limitado, el mismo que se instalará en un jardín residencial de la ciudad de Catamayo provincia de Loja.

Es por ello que en vista de la problemática analizada y realizar un correcto desarrollo del presente proyecto se ha planteado los siguientes objetivos:

## **Objetivo General**

Desarrollar un prototipo de sistema de riego inteligente que contribuya a la optimización de recursos hídricos para el riego de parques o jardines residenciales de manera Autónoma, con el uso de tecnología OPEN SOURCE

## **Objetivos Específicos**

- ✓ Diseñar un sistema autónomo capaz de gestionar la optimización de los recursos hídricos mediante el control de sensores medidores de humedad de suelo y actuadores tales como bombas de agua y electroválvulas.
- ✓ Acceder a datos que proporcionen información referente a predicciones meteorológicas, haciendo uso de librerías, APIs o servidores web como soporte del sistema de riego.
- ✓ Diseñar una interfaz gráfica multiplataforma basada en el lenguaje de programación Javascript que permita visualizar y controlar el comportamiento del sistema de riego y la interacción con el usuario.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Sistemas de Riego

#### 4.1.1 La Importancia de un Sistema de Riego.

Cuando el suelo no tiene la necesaria cantidad de agua o no existe disponibilidad por escasas de lluvia o de fuentes naturales, se vuelve una necesidad el riego, con el propósito de suministrar la humedad necesaria del suelo, misma que puede ser realizado de múltiples maneras siempre y cuando el método de riego usado, permita una reposición periódica del almacenamiento de la humedad del suelo en la zona radicular de la planta. El sistema de riego depende del tipo de suelo, del cultivo, de la cantidad de agua necesaria, de la mano de obra disponible y de los recursos económicos ya que un sistema de riego supone una inversión considerable, debido a que el riego no solo implica el costo de su instalación sino también el de su mantenimiento. Un adecuado sistema de riego, suministra la cantidad necesaria de agua en el momento que se necesita, humedeciendo el suelo hasta la profundidad que requiera el cultivo. (García, I. y Briones, G., 2007)

#### 4.1.2 Criterios para Seleccionar los Métodos de Riego

Los métodos a considerar par un sistema de riego varían de localización a localización y de cultivo a cultivo además influyen la capacidad de adaptación del sistema con el resto de las operaciones sean estos factores agrícolas, económicos, limitaciones topográficas, características propias del suelo y varios factores externos propios del sector agrícola. (JORGE, B. y VEGA, I., 2005)

##### 4.1.2.1 Suministro del agua

Para el suministro de agua se debe tener en consideración conceptos que *se describen a continuación:*

**Cantidad del agua:** La cantidad total de agua disponible durante la temporada de cultivos.

**El tamaño del gasto.** La tasa a la cual el agua puede ser suministrada a cualquier tiempo.

***La calidad del agua*** La clase y cantidad de sales disueltas en el agua usada para el riego.

***Las veces de que se dispone de agua*** Surge la duda si dispone de agua suficiente para llevar a cabo el riego

#### ***4.1.2.2 Programación de los riegos.***

Programar los riegos es un procedimiento usado para predecir las necesidades de agua de la planta a futuro teniendo como objetivo mejorar el manejo del agua de tal manera que solo se aplicada en el tiempo y en la cantidad necesaria. Es por ello que en regiones donde existe escasez de agua esto puede dar como resultado una mejora inmediata en el total de la cantidad de producto cosechado al aumentar las áreas de cultivo bajo riego. En regiones donde existen excedentes de agua puedes ayudar a corregir problemas de drenaje los cuales son producto de un exceso en la aplicación del agua. La práctica de la programación de los riegos hace un agudo contraste con el proceso de regar de acuerdo con un predeterminado inervalo. (JORGE, B. y VEGA, I., 2005)

#### ***4.1.2.3 Humedad de suelo.***

Al existir un exceso de humedad, o poco aporte de recursos hídricos en el suelo, la vegetación existente en dichas zonas se verá afectada tanto en su crecimiento como en su desarrollo, por lo tanto se debe tener en cuenta que la irrigación es un medio artificial usado para agregar humedad al suelo y de esta manera prevenir el déficit de humedad, un mal uso de irrigación generará problemas de exceso de humedad, además se debe tener en cuenta que los rangos de humedad varían dependiendo de las texturas del suelo tal como se ilustra en la Tabla 1. (JORGE, B. y VEGA, I., 2005)

Tabla 1

*Valores aproximados de humedad aprovechable (HA) para algunas clasificaciones de textura de suelos*

| <b>Clasificación de texturas</b>  | <b>Cantidad de Agua (cm<sup>3</sup>)</b> |
|---|--|
| Textura gruesa: arena de grava  | 3.33 – 6.25                              |
| Textura de arena media, arena fina y migajón arenoso                      | 6.25 – 10.42                             |
| Textura moderada  | 10.42 – 14.58                            |
| Textura media: arena fina, migajón, limo y Sedimento                      | 12.50 – 19.17                            |
| Textura moderadamente fina, migajón arcilloso, migajón, arcilloso arenoso | 14.58 – 20.83                            |
| Textura fina: arcillas, arcilla-arena, arcilla limosa                     | 13.33 – 20.83                            |
| Suelo orgánico  | 16.67 – 25.00                            |

Nota 1. (García, I. y Briones, G., 2007)

Cuando la humedad residual en un suelo está en un rango inferior al del 50 al 70% de la humedad considerada aprovechable aproximándose al valor de punto de marchitez permanente, (García, I. y Briones, G., 2007)

#### **4.1.3 Espacios verdes como consumidores de agua**

El agua el elemento vital para las plantas que constituyen los espacios verdes, por lo que forma parte de proceso tan importantes como la nutrición, regulaciones térmicas, y el tratamiento de sustancias en el caso de usar un fertilizante adicional para contribuir a la mejora de las especies vegetales, haciendo que el riego sea esencial para el buen estado de las especies vegetales.

En la actualidad la mayoría de los espacios verdes, independientemente de si sean públicos o privados, se riegan de forma tradicional, sean estos por superficie o a pie, de forma manual, generando un uso ineficiente de los recursos hídricos y desperdicio de los mismo. Por otro lado, si se cuenta con algunos equipos de riego es necesario que estén en buen estado y que sean adecuados para las zonas donde se efectúa el riego debido a que si no se encuentran perfectamente acondicionados podrían generar un **riego no uniforme**.

En vista que el principal objetivo es la supervivencia de la vegetación y su mantenimiento en condiciones estéticas aceptables, es recomendable tomar medidas que permita el correcto suministro de agua, tratando de aplicar un sistema de riego con una mayor eficiencia de aplicación.

(Fernández A, et al..) afirma que el consumo excesivo de agua es principalmente en zonas de extrema sequía y recomienda:

**“Suprimir el aporte de fertilizantes**, ya que la cantidad de agua que la planta requiere es mayor al fomentarse su desarrollo.

**Eliminar los frutos**, siempre que sea posible, ya que consumen gran cantidad de savia.

**Emplear antitranspirantes**, pulverizados sobre las plantas para disminuir la transpiración.

**Realizar riegos profundos** (disminuyen la evaporación) y espaciados.

**Realizar podas de reequilibrio** para evitar que las ramificaciones de la planta se autodestruyan o causen daño a otra vegetación aledaña.”

#### **4.1.4 Hidrozonas.**

La adecuación de los espacios verdes para una mejor eficiencia siempre debe estar orientada a la optimización del uso de agua. Es por ello que se debe tener muy en cuenta un lo importante que es la sectorización por zonas con requerimientos de agua similares dando origen a lo que se conoce como Hidrozonas, debido a que especies diferentes tendrán necesidades de agua muy amplias, teniendo así tres tipos de hidrozonas como son:

#### ***4.1.4.1 Hidrozonas de alto consumo de agua***

Estas zonas son consideradas como de mayor uso y belleza, y por lo general estas zonas siempre son las más visibles, como es el caso de los jardines siempre se localizan en viviendas, esto con el objetivo de brindar armonía , ya que suelen agrupar especies vegetales que dan sombra, y se encuentran en zonas de acceso, paseo, zonas de descanso, entre otros. (Fernández, A. Martin. R. Avila Ma.Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

#### ***4.1.4.2 Hidrozonas de moderado consumo de Agua.***

Estas zonas están dedicadas a especies de consumo de agua medio o moderado generalmente son empleadas en arbustos o flores y bulbos con necesidades media de agua. (Fernández, A. Martin. R. Avila Ma.Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

#### ***4.1.4.3 Hidrozonas de bajo consumo de agua.***

Estas zonas se caracterizan por contar con plantas capaces de sobrevivir con poca agua, o casi nula, por lo que generalmente se emplea en especies autóctonas, por lo general estas hidrozonas se encuentran localizadas en zonas de tránsito más alejadas de las edificaciones, en aparcamientos, alineación de viales, entre otros. (Fernández, A. Martin. R. Avila Ma.Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

#### **4.1.5 Necesidades hídricas de espacios verdes.**

El agua absorbida por las plantas una pequeña parte es retenida y utilizada en los procesos de crecimiento y para realizar la fotosíntesis; y el resto se pierde por transpiración; es por ello que las necesidades de agua de una planta se describen como la “suma de la evaporación directa desde el suelo y de la transpiración de las plantas” a lo que también se conoce como evapotranspiración (ET), este valor depende de clima y del tipo de planta. (Fernández, A. Martin. R. Avila Ma.Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

##### ***4.1.5.1 Evapotranspiración.***

La evapotranspiración es el producto de un valor que representa al clima, evapotranspiración de referencia (**ET<sub>r</sub>**), por un valor conocido como, el coeficiente de cultivo (**K<sub>c</sub>**).



#### **4.1.5.2 Evapotranspiración de referencia.**

Se estima a partir de unos valores obtenidos en un cultivo en condiciones de humedad óptimas, siendo este un valor que lo proveen centros meteorológicos de cada zona o país, conocido como (ET<sub>r</sub>). (Fernández, A. Martín. R. Avila Ma. Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

$$ET = ET_r * K_c \quad (1)$$

#### **4.1.5.3 Coeficiente de cultivo.**

Describe las variaciones en función a los requerimientos de agua consumida por las plantas a medida que se desarrollan. Pero dado que dentro de un área verde determinada existe una variedad de especies vegetales, el coeficiente de cultivo se engloba en un coeficiente general de cultivo conocido por efectos de cálculo como **K<sub>j</sub>**. (Fernández, A. Martín. R. Avila Ma. Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

$$ET = ET_r * K_j \quad (2)$$

El coeficiente (K<sub>j</sub>) describe las necesidades hídricas en las plantas que se encuentran dentro del área verde destinada para el efecto, teniendo en cuenta tres coeficientes en función de:

Las especies que componen el área de jardín o área verde, (K<sub>e</sub>)

La densidad de plantación, (K<sub>d</sub>)

Las condiciones microclimática, (K<sub>m</sub>).

Teniendo así:

$$K_j = K_e * K_d * K_m \quad (3)$$

➤ *Coefficiente de especie (Ke).*

Son valores referenciales utilizados para clasificar los vegetales por familias o hidrozonas.

➤ *Coefficiente de densidad (Kd).*

El valor del coeficiente de densidad está en función del tipo de vegetación existente en el área, donde los casos más difíciles son cuando existen árboles, cuando la densidad de vegetación esté entre el 60 y el 100%. Si es menor del 60%, Kd disminuye, llegando a su valor mínimo (0,5) cuando la densidad es del 25% o menor; y la vegetación que predomina en el jardín es arbóreo, plantas tapizantes, el Kd se ajusta hacia arriba hasta un valor máximo de 1,3.

(Fernández, A. Martín. R. Avila Ma. Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

Tabla 2  
*Coefficiente de densidad en Base a tipo de vegetación*

| Tipo de Vegetación | Coeficiente de densidad (kd) |     |     |
|--------------------|------------------------------|-----|-----|
|                    | a                            | m   | b   |
| Arboles            | 1.3                          | 1.0 | 0.5 |
| Arbustos           | 1.1                          | 1.0 | 0.5 |
| Tapizantes         | 1.1                          | 1.0 | 0.5 |
| Plantación mixta   | 1.3                          | 1.1 | 0.6 |
| Césped             | 1.0                          | 1.0 | 0.6 |

Nota 2. (Fernández, A. Martín. R. Avila Ma. Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

➤ *Coefficiente microclima (Km).*

Se utiliza para tener en cuenta las diferencias ambientales al calcular el coeficiente del jardín.

(Fernández, A. Martín. R. Avila Ma. Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

Tabla 3  
*Coefficiente de microclima en función de la Vegetación*

| Tipo de Vegetación | Coeficiente de Microclima (km) |     |     |
|--------------------|--------------------------------|-----|-----|
|                    | a                              | m   | b   |
| Arboles            | 1.4                            | 1.0 | 0.5 |
| Arbustos           | 1.3                            | 1.0 | 0.5 |
| Tapizantes         | 1.2                            | 1.0 | 0.5 |
| Plantación mixta   | 1.4                            | 1.1 | 0.5 |
| Césped             | 1.2                            | 1.0 | 0.8 |

Nota 3. (Fernández, A. Martin. R. Avila Ma.Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

#### 4.1.6 Necesidades Netas de las plantas.

En un sistema en relación al suelo y el tipo de vegetación siempre van a haber aportes y salidas de agua y por lo general no siempre son equitativos; como entradas se podría considerar a las fuentes de aguas lluvias o el riego y como salidas la evapotranspiración (ET), la escorrentía(S) y filtraciones profundas (Fp). (Fernández, A. Martin. R. Avila Ma.Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

##### 4.1.6.1 Eficiencia de aplicación del sistema de riego.

La eficiencia de aplicación del sistema ( $E_a$ ) está en función del método de riego requerido para cubrir la mayor superficie de agua, sea este localizado o aspersión.

Puede decirse que la eficiencia de aplicación si se efectúa un tipo de riego localizado está rondando de 85-90%, mientras que para el tipo de aspersión está en porcentajes que van reduciendo hasta un 70-80%, y en superficie de mayor evapotranspiración hasta aproximadamente un 60%. (Fernández, A. Martin. R. Avila Ma.Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

$$Nb = \frac{Nn}{Ea} \times 100 \quad (4)$$

**Riego localizado.** Para calcular este tipo de necesidades brutas de riego se compara la eficiencia de aplicación con la expresión (1-fracción de lavado) en las que para suelos con mayor absorción la fracción de lavado es de 0,9 y la menor de las dos es la que se emplea.

$$Nb = \frac{Nn}{(1 - FL)} \times 100 \quad (5)$$

**Riego por aspersión:** Para efectuar este tipo de riego se hace el análisis considerando lo siguiente:

Si la fracción de lavado es inferior al 10%:

se considera el análisis bajo las consideraciones de la ecuación (4)

Si la fracción de lavado es superior al 10%:

$$Nb = \frac{Nn}{Ea \times (1 - FL)} \times 100 \quad (6)$$

#### 4.1.7 Descripción de los parámetros para medir la humedad del suelo en base a su textura

Tabla 4

*Parámetros de humedad en base a su textura*

##### CLASIFICACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO

| Definición de humedad mm/día | Granula gruesa (arena francosa)                              | Moderadamente gruesa (franco arenoso)                        | Textura media (franco)  | Textura fina (franco arcilloso)  | Definición de humedad Mm/día |
|------------------------------|--|--|---|--|------------------------------|
|                              | Capacidad de campo   | Capacidad de campo   | Capacidad de campo  | Capacidad de campo   |                              |
| 0,0                          | Deja un contorno de humedad en la mano cuando se la comprime | Deja un contorno de humedad en la mano forma una cinta corta | Deja un contorno de humedad en la mano forma una cinta de aproximadamente una pulgada | Deja un contorno de humedad en la mano forma una cinta de dos pulgadas | 0,0                          |
| 0,2                          |  |  |   |  | 0,2                          |
|                              | Se ve humedad  | Forma una bola dura  |   |  |                              |

|     |  |   |  |  |     |
|-----|--|---|--|--|-----|
| 0,4 | Forma una bola débil                         |   | Forma una bola maleable deja mancha en los dedos cuando se frota | Deja bolas en los dedos y forma una cinta fácilmente | 0,4 |
| 0,6 | Se pone ligeramente pegajosas                | Forma una buena bola                    |  | Forma cinta gruesa                                   | 0,6 |
|     |  |   |  | Deja manchas en los dedos                            |     |
| 0,8 | Muy seca y suelta se desliza entre los dedos | Forma una bola débil                    | Forma una bola dura  |  | 0,8 |
|     |  |   |  | Forma una buena bola                                 |     |
| 1,0 | <b>Punto de marchitamiento</b>               |   |  | Forma una buena bola                                 | 1,0 |
|     |  | Se pone pegajosa pero no forma una bola | Forma una buena bola   | Se forman terrones pequeños                          |     |
| 1,2 |  |   | Forma una bola débil   |  | 1,2 |
| 1,4 |  | <b>Punto de marchitamiento</b>          |  | Los terrones se desmoronan                           | 1,4 |
| 1,6 |  |   |  |  | 1,6 |
| 1,8 |  |   |  | <b>Punto de marchitamiento</b>                       | 1,8 |
| 2,0 |  |   |  |  | 2,0 |
| 2,2 |  |   |  |  | 2,2 |
|     |  |   | <b>Punto de marchitamiento</b>                                   |  |     |
| 2,4 |  |   |  |  | 2,4 |

Nota 4. (Edwar, 2017)

#### 4.1.8 Conceptos básicos para la irrigación de un sistema de riego.

Al momento de llevar a cabo la implementación de riego se debe tener presente algunos conceptos y la importancia de su aplicación, entre los que podríamos mencionar:

#### **4.1.8.1 Caudal.**

El caudal es la cantidad de agua que pasa por una conducción o tubería, o que sale por un emisor en un estado de tiempo adecuado, cuyas unidades de medida más frecuentes se pueden dar en litros/segundo (l/s) litros/minuto (l/min) metros cúbicos/hora (m<sup>3</sup>/h).

Es fundamental conocer el caudal y la presión disponible en la toma de riego de la instalación ya que de él dependerá el número de emisores que podrán estar funcionando simultáneamente. (SANTOS L , VARELO J, PICORNELL M , TARJUELO A, 2004)

Para tener un control del agua que se consume con los riegos es muy útil medir el volumen de agua realmente aplicada. Esto se consigue instalando contadores de agua en lugares estratégicos de la red, siendo cada vez más de uso casi obligado en la toma de agua que abastece a toda el área verde. (Fernández, A. Martín. R. Avila Ma.Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

#### **4.1.8.2 Presión.**

Es importante tener conocimiento de la presión en diversos puntos de la red, principalmente, a la entrada de la instalación teniendo en consideración, por una parte, la presión estática o presión máxima que tiene la red cuando no hay consumo necesario, para determinar la presión máxima en tubería principal; y la presión dinámica o de funcionamiento, que es la que normalmente se va a tener en la red cuando funcione la instalación de riego. El poder saber la presión dinámica sirve para confirmar que la presión existente es suficiente para realizar los riegos adecuadamente, de lo contrario se necesita un sistema de bombeo que eleve el agua hasta la presión requerida, para tal efecto (SANTOS L , VARELO J, PICORNELL M , TARJUELO A, 2004)

#### **4.1.8.3 Pérdidas de Carga.**

Este tipo de pérdidas se dan a medida que el agua circula por la red de distribución sean estas tuberías y piezas especiales y atraviesa distintos elementos como pueden ser válvulas, contadores, reguladores, etc, aunque existen otros factores como:

***Diámetro interior de la tubería, a menor diámetro la pérdida de carga es mayor para el mismo caudal.***

*Longitud de la tubería, entre mayor distancia de la tubería mayor es la pérdida de carga.*

*Caudal, siendo mayor la pérdida de carga a mayor caudal para el mismo diámetro.*

*Tipo de material influye la rugosidad de sus paredes interiores (PVC, polietileno, aluminio, fibrocemento, etc.).*

*Velocidad del agua Es mayor la pérdida de carga cuanto mayor es la velocidad (teniendo relación directa con el caudal y el diámetro de la tubería).*

Hay que tener presente que las pérdidas de carga en la tubería son datos que el fabricante proporciona en base a la característica que constituyen el material con el que está elaborada la tubería, pero si no se tiene se puede calcular un valor aproximado mediante la ecuación (Fernández, A. Martín. R. Avila Ma. Truela. R. Plaza A. Navas. R.):

#### **Perdida de Carga**

$$= \frac{\text{Pérdida de Carga por cada 100 metros de tubería} \times \text{longitud de tubería}}{100}$$
$$PC = \frac{J(m/100m) \times L(m)}{100} \quad (7)$$

### **4.1.9 Métodos y tipos de riego**

#### **4.1.9.1 Métodos superficiales o de gravedad tradicionales.**

El agua se desplaza sobre la superficie del área a regar, cubriéndola total o parcialmente, conducida solamente por la acción de la fuerza de la gravedad (de ahí el nombre de métodos gravitacionales). (miliarium, 2004)

No requieren inversiones en equipos de bombeo, tuberías, válvulas, etc., pero en cambio sí que precisan de un alto grado de sistematización previa de los cuadros a regar, esto es, nivelaciones y sistematización para poder conducir el agua adecuadamente (miliarium, 2004)

#### **4.1.9.2 Métodos superficiales o de gravedad tecnificados.**

Son métodos que buscan evitar alguna de las pérdidas que se producen en los métodos gravitacionales tradicionales con el objeto de mejorar el control y la igualdad en que el agua es aplicada. (SANTOS L , VARELO J, PICORNELL M , TARJUELO A, 2004)

#### **4.1.9.3 Métodos presurizados.**

Requieren de una determinada presión para operar. El agua se obtiene por una diferencia de cota entre la fuente de agua y el sector a regar, o mediante un equipo de bombeo. El agua se conduce al suelo mediante tuberías a presión. Existen diferentes tipos en función de los emisores que se utilicen. (SANTOS L , VARELO J, PICORNELL M , TARJUELO A, 2004)

Ventajas que presenta

- ✓ Se adaptan mejor a las aplicaciones frecuentes de escaso volumen a las que las plantas reaccionan mejor.
- ✓ Son más eficientes en el uso del agua.
- ✓ Manejo más económico al no requerir mucha mano de obra y al no humedecer todo el suelo.
- ✓ No precisan sistematización del terreno. (miliarium, 2004)

Podemos destacar los siguientes métodos:

➤ *Riego por aspersión.*

Simula de alguna manera el aporte de agua que realizan las lluvias el cual consiste en distribuir el agua por tuberías a presión y aplicarla a través de aspersores en forma de lluvia. Si el equipo está bien diseñado respecto al tipo de suelo a regar se obtiene una lámina muy uniforme sin que se presente escurrimiento. (SANTOS L , VARELO J, PICORNELL M , TARJUELO A, 2004)



➤ *Riego por microaspersión.*

Similar al anterior, pero a escala muy reducida. Se disponen de una gran cantidad de mangueras de riego que recorren las líneas del cultivo con emisores individuales o para un grupo de plantas micro aspersores y con diferentes diseños los cuales mojan una superficie relativamente pequeña. (SANTOS L , VARELO J, PICORNELL M , TARJUELO A, 2004)

➤ *Riego por goteo o localizado.*

El agua se conduce a presión por tuberías y luego por mangueras de riego que recorren las hileras del cultivo. El emisor, externo o incorporado a la manguera de riego es un “gotero” de caudal y separación variable según el suelo y los cultivos aplica el agua en forma de gotas que se van infiltrando a medida que caen. (JORGE, B. y VEGA, I., 2005)

#### 4.1.10 Elementos y componentes de un sistema de riego

##### 4.1.10.1 *Aspersores.*

Los aspersores son emisores de agua, que funcionando hidráulicamente lanzando el agua pulverizada a la atmósfera a través de un brazo con una o dos salidas (boquillas) en su extremo, a una distancia determinada. Distribuyen el agua sobre el terreno con un chorro de agua que gira entre dos extremos regulables o girando 360 grados (SANTOS L , VARELO J, PICORNELL M , TARJUELO A, 2004)



**Figura 1** Componentes de un Aspersor (TINSA, 2016)

Existe una gran variedad de aspersores; los más empleados son:

**Impacto.** El giro se produce mediante el choque de un chorro de agua sobre un brazo metálico provisto de un muelle recuperador.

**Doble boquilla.** La boquilla que no provoca el giro es de mayor diámetro y permite un mayor alcance del chorro.

**Media presión.** Presiones nominales de trabajo que oscilan entre 2,5 y 4 atmósferas, permiten marcos de hasta 18 metros con una buena uniformidad de riego. (JORGE, B. y VEGA, I., 2005)

#### 4.1.10.2 Válvulas solenoide o electroválvulas.

Una válvula solenoide se compone de dos partes interdependientes: la válvula y la bobina solenoide, de esta manera cuando se hace pasar corriente eléctrica a través de la bobina esta actúa como un electroimán poderoso, formando un campo magnético capaz de atraer hacia sí un émbolo móvil de hierro, que es el vástago de la válvula, para que pueda abrir o cerrar (miliarium, 2004) (SANTOS L , VARELO J, PICORNELL M , TARJUELO A, 2004).

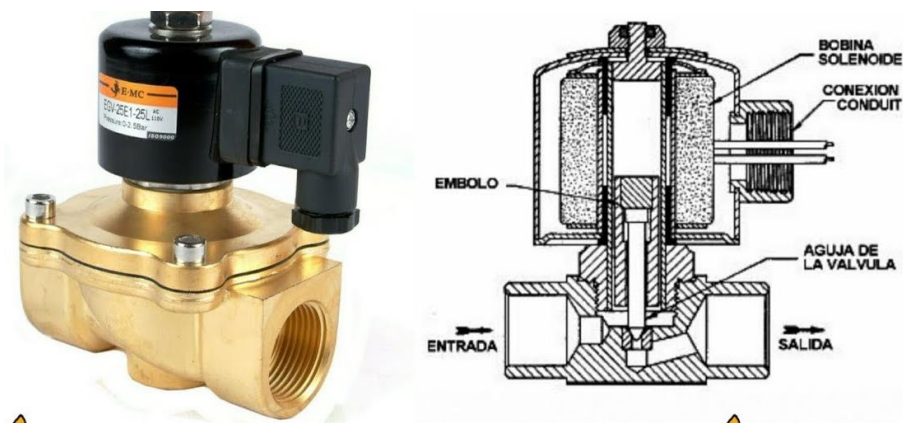


Figura 2 *Electroválvula Distribución de los campos de una válvula solenoide (YTIMG, 2018)*

#### **4.1.10.3 Bomba de agua.**

La bomba de agua es un sistema hidráulico creado y diseñado para impulsar agua o algún otro fluido de un lugar a otro, a través de tuberías, mangueras o cañerías con determinada presión y caudal. Se dispondrá de un grupo de sobreelevación que impulse el agua o aumente su presión para que pueda llegar a todos los servicios. Estas máquinas mueven el líquido como consecuencia de un intercambio de energía por rozamiento. (SANTOS L , VARELO J, PICORNELL M , TARJUELO A, 2004)

Las bombas más utilizadas para elevar el agua en instalaciones de riego son las llamadas **turbomáquinas**, que usan elemento denominado **rodete** o **impulsor** para mejorar la velocidad de transporte del agua hacia los ductos de distribución. Dependiendo del compuesto el agua salga impulsada en la dirección radial debido a la fuerza centrífuga, o en la misma dirección que trae en la aspiración, las bombas se denominan **centrífugas** o **axiales** respectivamente. (Fernández, A. Martín. R. Avila Ma. Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

Estos tipos de bombas utilizan por lo general motores eléctricos alimentados por corriente trifásicos con voltajes entre 220 y 500 voltios y su velocidad de giro, pueden ser de 960, 1450 o 2900 r.p.m. (Fernández, A. Martín. R. Avila Ma. Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

Entre los tipos de bombas más comunes tenemos:

##### **➤ Bombas de eje horizontal.**

Se usan normalmente para elevar el agua cuando se encuentra almacenada en embalses, canales, etc., o de pozos poco profundos (preferentemente de 5 a 7 metros), es por ello que, para conseguir un correcto funcionamiento y el máximo rendimiento de la bomba, es preciso que la altura geométrica de aspiración no sea superior a 7 metros (Salas, A. F., Salas, A. F., Urrestarazu, L. P. , 2018)

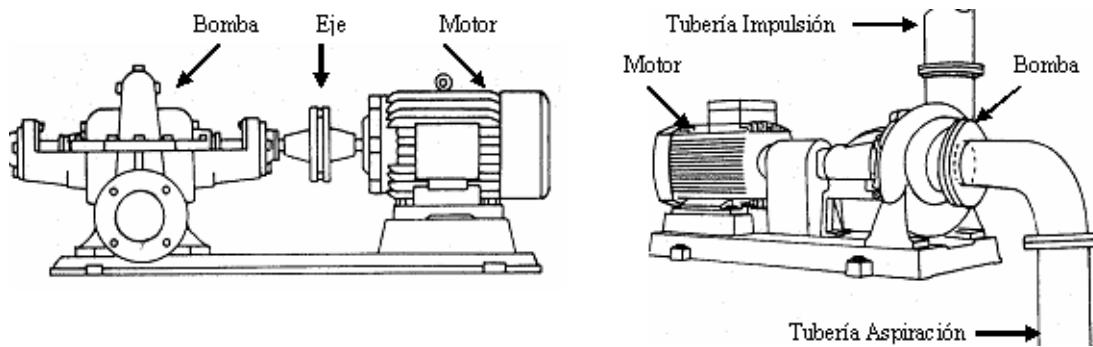


Figura 3 Bomba Horizontales (Salas, A. F., Salas, A. F., Urrestarazu, L. P. , 2018)

➤ **Bombas de eje vertical.**

Se utilizan generalmente para bombear agua de pozos que normalmente son estrechos y profundos. Debido a su forma, es necesario colocar rodetes de diámetro reducido, por lo que cuando se pretende conseguir una gran altura de elevación se hace preciso disponer varios acoplados en serie (bombas multicelulares) en lugar de utilizar bombas de un solo rodete (monocelulares); además, las bombas verticales pueden estar sumergidas en el agua, mientras que el motor se sitúa en la superficie.

Cuando las bombas suministran caudales variables, suele ser recomendable la utilización de variadores de frecuencia. Estos equipos se encargan de mantener constante el valor de la presión de trabajo de la instalación, independientemente del caudal suministrado por la bomba, tal como se puede visualizar en la Figura 4. (Fernández, A. Martín. R. Avila Ma.Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

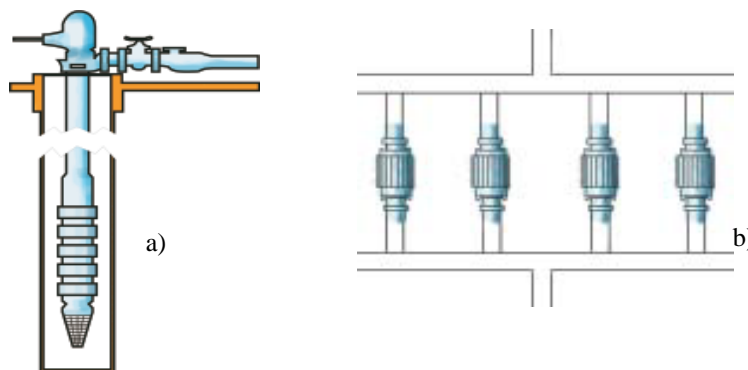


Figura 4 a) Bomba de Eje Vertical b) Arreglo de Bombas (Fernández, A. Martín. R. Avila Ma.Truela. R. Plaza A. Navas. R.)

#### 4.1.10.4 Motor como Complemento de Bomba.

En un sistema de riego en donde se hace útil contar con buena presión de agua el uso de un motor es necesario ya que este es el encargado de suministrar la energía necesaria a la bomba para que ésta produzca la elevación deseada en el agua, por lo que la potencia que requiere el motor siempre va estar en función del caudal y de la altura, por lo tanto el rendimiento de una máquina es el trabajo que produce en relación al que consume, de tal forma que cuanto mayor es el rendimiento de un motor o de una bomba mayor es su eficiencia.. **(Fernández, A. Martín. R. Avila Ma.Truela. R. Plaza A. Navas. R.)**

La potencia de un motor puede expresarse en caballos de vapor (CV) o en kilovatios (kW). Para calcular la potencia se utilizan la expresión siguiente:

$$\mathbf{Potencia (CV)} = \frac{\mathbf{Caudal \left(\frac{l}{s}\right) \times Atl. manometrico total (Ht)(metros)}}{\mathbf{75 \times rendimiento motor \times Rendimiento de motor}} \quad (8)$$

$$\mathbf{Potencia (kW)} = \frac{\mathbf{Caudal \left(\frac{l}{s}\right) \times Atl. manometrico total (Ht)(metros)}}{\mathbf{rendimiento motor \times Rendimiento de motor}} \quad (9)$$

#### 4.1.10.5 Arrancadores.

Los Contactores o Arrancadores son equipos que están constituidos por contactores, elementos térmicos, bobina de control, contacto de sello o enclavamiento, contactos normalmente abiertos (CNA), contactos normalmente cerrados (CNC) y pueden ser de tipo magnético, de tipo manual, por su arranque son a tensión plena y a tensión reducida. (SANTOS L , VARELO J, PICORNELL M , TARJUELO A, 2004)

Permiten el funcionamiento hasta la detención del sistema a operar y también imprimen una acción de freno cuando se debe detener la máquina rápidamente. La parada rápida es una función vital del controlador para casos de emergencia o para ciertos sistemas de producción.

Los controladores ayudan en la acción de paro retardando el movimiento centrífugo de las máquinas y en las operaciones de ciertos procesos específicos, como es un elevador, una grúa, una puerta automática, una embotelladora, entre otros. (SANTOS L , VARELO J, PICORNELL M , TARJUELO A, 2004)

Contactores para el Mando de Motores. Su comportamiento es similar al de un interruptor, que se cierra al momento de ser energizada la bobina del electroimán, pudiendo de esta forma accionar circuitos sometidos a altas corrientes, mediante aplicación de corrientes muy bajas sobre la bobina, permitiendo manejar cargas de mayor potencia, están formados por núcleo fijo, un núcleo móvil o armadura y un juego de contactos de potencia, en la cual la bobina esta arrollada sobre el núcleo fijo, mientras que la armadura soporta la pieza móvil de cada contacto de potencia como se puede ver en la Figura 5 (SANTOS L , VARELO J, PICORNELL M , TARJUELO A, 2004).



Figura 5 Estructura interna de un Contactor (Daneri, 2008) (atectecnologia, 2008)

## 4.2 Tecnología Open Source y acceso a la información orientadas a la automatización

### 4.2.1 Arduino.

Arduino está soportado en microcontroladores de tecnología Atmel, presentando algunas categorías más comunes que soportan la placa Arduino como tal, que están diseñadas para adaptarse a los requerimientos y necesidades de los usuarios, en la Tabla 7 se puede ver las presentaciones más comunes en el mercado y sus características.

Entre las principales características de la arquitectura de los microcontroladores Atmel hay que destacar algunas que son muy importantes a tener en consideración. (ATERO, 2013)

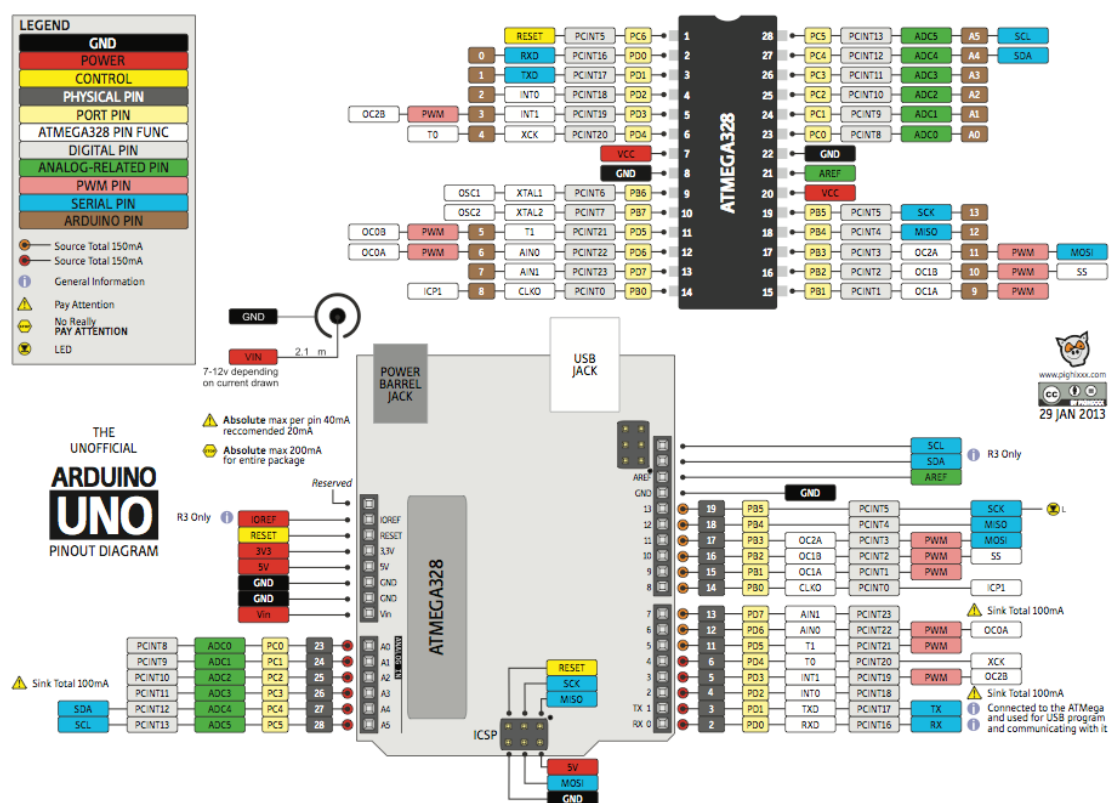


Figura 6 Placa Arduino Distribución (Purdum, 2012)

#### 4.2.1.1 Arquitectura de los microcontroladores Atmel

- **Flash:** El código de programa se almacena en el flash de la tarjeta de memoria. Esta memoria no es volátil, lo que significa que incluso si se desconecta la tarjeta de su fuente de alimentación, el contenido de la memoria flash se mantendrá intacto. Por lo que se debe tener en cuenta el tamaño del programa ya que este es directamente

proporcional a la capacidad de memoria Flash, cabe recalcar que para el arranque del software que permite la comunicación hacia el exterior incluyendo la PC, consume entre 2Kbyte y 8Kbyte de memoria Flash.

- **SRAM:** Conocida como Memoria de Acceso Aleatorio Estática, que es donde las variables del programa (datos) se almacenan durante la ejecución del programa. Los datos de la SRAM por lo general se pierden cuando se desconecta la alimentación de la tarjeta del controlador
- **EEPROM:** Es la memoria Eléctricamente Programable de Solo Lectura, es decir un área de la memoria no volátil donde a menudo se almacena los datos que necesitan ser recuperable incluso después de que hayan eliminado, y luego restaurada. A diferencia de los datos almacenados en la SRAM, que se pierde cuando se elimina la alimentación, los datos almacenados en la EEPROM logran sobrevivir a la extracción de la fuente de alimentación, es por ello que la memoria EEPROM se utiliza a menudo para configuración y almacenar la información que se necesitan cuando el sistema se enciende. (Purdum, 2012)

#### 4.2.2 Raspberry Pi

Es una minicomputadora que se encuentra en el mercado a precios muy cómodos creada en Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi, con el objetivo de promover la diversidad de en la enseñanza de las ciencias en la informática y de la computación para las escuelas. (School, 2012)

Este tipo de tecnología trabaja con software OPEN SOURCE, siendo su sistema operativo oficial una versión adaptada de Debían, denominada RaspBian, aunque permite otros sistemas operativos, incluido una versión de Windows 10 elaborada por Microsoft enfocándose en la IoT (Internet de las Cosas). (www.RaspberryPi.org, 2012)

Dentro de este proyecto de investigación se detallará de forma más específica la Raspberry-Pi en los modelos tipo B por ser las últimas versiones de este hardware.



#### 4.2.2.1 Arquitectura y partes de la Raspberry Pi 3 Modelo B+

Está constituida por un chip integrado Broadcom BCM2835<sup>1</sup>, que contiene un procesador ARM1176JZF-S<sup>2</sup> con varias frecuencias de un procesador gráfico VideoCore IV, y distintas cantidades de memoria RAM que se pueden asignar al proceso gráfico que permite a la tarjeta de video aceleración gráfica 3D y de video en alta definición, con 512 Mb de RAM, incluyendo una tarjeta de sonido estéreo y bus USB. (School, 2012)

El BCM2835 utiliza una generación del diseño del procesador ARM conocida como ARM11, que a su vez está diseñada en torno a una versión de la arquitectura de conjunto de instrucciones conocida como ARMv6. Vale la pena recordar que ARMv6 es una arquitectura ligera y potente, pero tiene un rival en la arquitectura más avanzada, ARMv7 utilizada por la familia de procesadores ARM Cortex. El software desarrollado para la ARMv7, al igual que el desarrollado para la x86, es por desgracia incompatible con el BCM2835 de la Raspberry Pi, aunque los desarrolladores generalmente pueden convertir el software para adecuarlo. (Eben Upton (cocreador de Raspberry) ,Gareth Halfcree)

Esto, sin embargo, significa que la Raspberry Pi no es compatible con el software de las PC tradicionales. La mayoría del software para computadoras de escritorio y laptops se construye teniendo en cuenta la arquitectura de conjunto de instrucciones x86, presente en los procesadores como AMD, Intel y VIA. Por consiguiente, este software no funciona en la Raspberry Pi que se basa en la arquitectura ARM. (Donat)

En cuanto a la Tarjeta de red se tiene a disposición un conector RJ-45 conectado a un integrado lan9512 -jzx de SMSC que proporciona conectividad a 10/100 Mbps además de buses USB 2.0. (School, 2012)

Conexiones. Se dispone de:

Dos buses USB.

Salida analógica de audio estéreo por jack de 3.5 mm.

Salida digital de video + audio HDMI.

Salida analógica de video RCA.

Pines de entrada y salida de propósito general. (GPIO).

---

<sup>1</sup> BCM2835: Procesador que funciona a 1GHz con un solo núcleo a 512MB de RAM,

<sup>2</sup>ARM1176JZF-S: es un grupo de núcleos de procesador ARM RISC de 32 bits más antiguos con licencia de ARM Holdings .

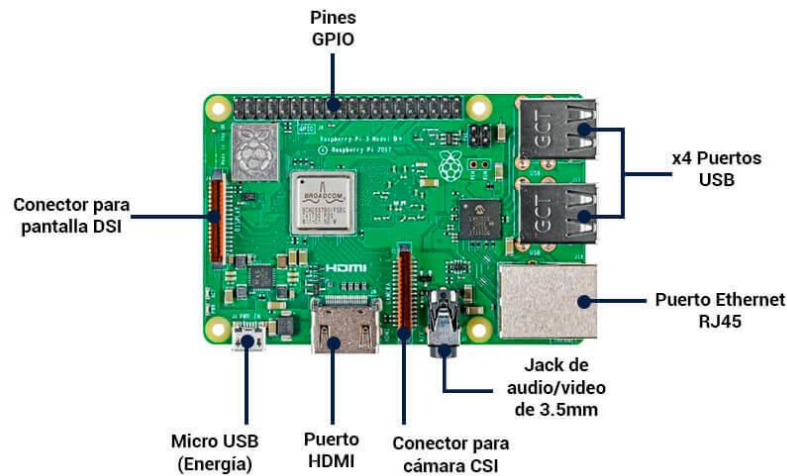


Figura 7 Raspberry Pi3 (element14, 2016)

### 4.2.3 Javascript

Es un lenguaje de programación de alto nivel creado por Netscape para hacer más interactivas cualquier página web, conocido también como lenguaje de escritura de guiones; ya que HTML no aportaba con la flexibilidad necesaria para el desarrollo de páginas web que cada vez se volvían más complejas debido a su exigencia en el mundo de la información a través de la web. (disenowebakus.net, s.f.)

El núcleo de JavaScript consiste en características comunes de programación que te permiten hacer cosas como:

- ✓ Almacenar valores útiles dentro de variables.
- ✓ Las operaciones escritas en formato de texto (Conocidas como "Strings" en lenguaje de programación).
- ✓ Hacer funcionar un código en respuesta a algunos eventos que están ocurriendo en una determinada página web.

Además, Java Script permite trabajar con funcionalidad construida por encima del núcleo del lenguaje de JavaScript. Llamada Interfaz de programación en aplicaciones (Application Programming Interfaz (API's) Los APIS son inserciones de líneas, o bloques gigantes de código listos para usar que permiten a un desarrollador implementarlo a programas que de cualquier otra forma podría ser difícil o incluso imposible de terminar,

haciendo mucho más fácil cumplir con las tareas que el programador tenga en desarrollo. (GAUCHAT, 2012)

JavaScript posee tres técnicas para el desarrollo de su programación en las que se destacan:

#### **4.2.3.1 Línea.**

Esta es una técnica muy fácil que permite insertar Javascript en nuestro documento y poder de esta manera aprovechar los atributos que comprenden elementos en HTML. Los mismos que son manejadores de eventos pudiendo de esta manera ejecutar el código de acuerdo a la acción del usuario; además se debe enfatizar que los manejadores de eventos más usados son, en general, los relacionados con el ratón, como por ejemplo onclick, onMouseOver, u onMouseOut por mencionar algunos. (GAUCHAT, 2012)

#### **4.2.3.2 Embebido.**

Cuando se dispone a trabajar con extensas líneas de códigos y funciones propias y modificadas para uso en base a nuestras conveniencias necesitamos agrupar los códigos en un mismo lugar entre etiquetas <script>; estos, elementos y su contenido pueden ser posicionados en cualquier lugar del documento, dentro de otros elementos o entre ellos por lo que, para mayor claridad, es recomendamos siempre colocar sus códigos Javascript en la cabecera del documento y luego referenciar los elementos a ser afectados usando los métodos Javascript apropiados para ese propósito destacándose los siguientes métodos disponibles en la actualidad para referenciar elementos HTML desde Javascript:

*“getElementsByTagName referencia un elemento por su nombre o palabra clave.”*

*“getElementById referencia un elemento por el valor de su atributo id.”*

*“getElementsByClassName es una nueva incorporación que nos permite referenciar un elemento por el valor de su atributo class.”* (GAUCHAT, 2012)

### 4.2.3.3 Archivos externos. APIs.

Los códigos Javascript crecen exponencialmente cuando agregamos nuevas funciones y aplicamos algunas de las APIs<sup>3</sup> previamente creadas, convirtiéndose en códigos embebidos incrementan el tamaño de nuestros documentos y los hacen repetitivos. Es por ello que, para reducir los tiempos de descarga, mejorar nuestra productividad y poder distribuir y reusar nuestros códigos en cada documento sin comprometer eficiencia del programa en cuestión, normalmente se graban todos los códigos Javascript en uno o más archivos externos para poderlos llamar cuando el programador requiera de su uso. (GAUCHAT, 2012)

JavaScript es tan poderoso como cualquier otro lenguaje de desarrollo en este momento, y al ser un lenguaje de programación profesional poseen librerías para crear elementos gráficos, motores 3D para video juegos, interfaz para acceder a bases de datos, siendo así que JavaScript cuenta con una gran variedad de APIs para ayudar a los programadores a lidiar con esta ardua tarea que sería muy compleja de no existir JavaScript.

Existen múltiples APIs en las que podemos destacar las siguientes:

➤ *Canvas*

Es una API gráfica que provee una básica pero muy robusta en cuanto a área gráfica (dibujos o animaciones) siendo la más prometedora API de todas porque permite diseñar crear e imprimir gráficos en una display, desarrollar animaciones así como también poder modificar o adecuar imágenes y videos (combinado con la funcionalidad restante de HTML5) abriendo muchas puertas a un mundo extenso dentro del desarrollo de software. Canvas genera una imagen con pixeles que son creados y manipulados por funciones y métodos provistos específicamente para este propósito. (GAUCHAT, 2012)

➤ *Drag and Drop.*

Incorpora la posibilidad de arrastrar y soltar elementos en la pantalla como lo haríamos comúnmente en aplicaciones de escritorio, pero la virtud es que, con unas pocas líneas de código, se puede hacer que un elemento esté disponible para ser arrastrado y soltado

---

<sup>3</sup> API's interfaz de programación aplicada

dentro de otro elemento en la pantalla; estos elementos pueden incluir no solo gráficos sino además textos, enlaces, archivos o datos en general. (GAUCHAT, 2012)

➤ *Geolocalización.*

Es utilizada para establecer la ubicación física del dispositivo usado para acceder a la aplicación, existiendo varios métodos para acceder a esta información, desde señales de red hasta el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) los valores retornados incluyen latitud y longitud, posibilitando la integración de esta API con otras como Google Maps, por ejemplo, o DarksKy.net que posee una API de Meteorología la misma que será usada en este proyecto. (GAUCHAT, 2012)

➤ *Storage.*

Fueron desarrolladas con propósitos de almacenamiento de datos: Web Storage e Indexed Database, por lo que básicamente estas APIs transfieren la responsabilidad por el almacenamiento de datos del servidor al ordenador del usuario, pero en el caso de Web Storage y su atributo como es el sessionStorage, esta incorporación también incrementa el nivel de control y la eficiencia de las aplicaciones web. Web Storage contiene dos importantes atributos que son a veces considerados APIs por sí mismos: sessionStorage la misma que es responsable de mantener consistencia sobre la duración de la sesión de una página web y preservar información temporal como por ejemplo el carrito de compras en línea y localStorage permite grabar contenidos extensos en el interior del computador del usuario. (GAUCHAT, 2012)

## **4.3 Predicciones Meteorológicas y Formas de Acceso**

### **4.3.1 La Observación del Tiempo**

Este proceso se realiza a través de medidas obtenidas por una diversidad y abundante número de estaciones meteorológicas distribuidas por todo el globo terrestre sobre tierra firme, sobre el mar, incluso a diversas alturas ubicadas estratégicamente en la atmósfera, tanto en áreas fijas, como también a en las rutas creadas para los barcos y aviones, aprovechando que todos ellos disponen de instrumentos meteorológicos a bordo.



Figura 8 Sistema Mundial de Observación. Foto: AEMET

Las estaciones que complementa todo este sistema se sustentan en muchos equipos ubicados en distintos puntos estratégicos como los son:

Tabla 5  
*Equipos de medición Meteorológica*

| INSTRUMENTO DE MEDIDA | VARIABLE METEOROLÓGICA | UNIDAD DE MEDIDA     |
|-----------------------|------------------------|----------------------|
| Termómetro            | Temperatura            | °C                   |
| Barómetro             | Presión atmosférica    | hPa                  |
| Pluviómetro           | Precipitación          | l/m <sup>2</sup>     |
| Higrómetro            | Humedad relativa       | %                    |
| Evaporímetro          | Evaporación            | Mm de agua evaporada |
| Anemómetro            | Velocidad del viento   | m/s Km/h             |
| Veleta                | Dirección del viento   | °                    |
| Heliógrafo            | Horas del sol          | H                    |
| Radiómetro            | Radiación              | W/m <sup>2</sup>     |

Nota 5. (Rosa M Rodriguez, Benito Agueda, Adelaida Portete, 2004)

#### **4.3.1.1 Variables Meteorológicas**

##### **4.3.1.2 La temperatura.**

La temperatura es una magnitud creada para conocer el estado de la atmósfera. Por otra parte, se puede decir que la temperatura del aire varía del día con respecto a la noche de una estación a otra, de una ubicación geográfica a otra. A tal punto que invierno puede alcanzar los 0° C y en verano superar los 40° C. (Rosa M Rodriguez, Benito Agueda, Adelaida Portete, 2004)

##### **4.3.1.3 La presión atmosférica.**

El aire tiene un peso y, por tanto, ejerce una fuerza sobre todos los cuerpos debida a la acción de la gravedad. Esta fuerza por unidad de superficie es la denominada *presión atmosférica*, cuya unidad de medida en el Sistema Internacional es el Pascal (1 Pascal = 1N/m<sup>2</sup>).

La presión atmosférica se analiza en base algunas variables, como la situación geográfica, la temperatura, la humedad y las condiciones meteorológicas son sus principales condicionantes principalmente la altitud, siendo así que entre alto de la atmósfera nos si ubique un cuerpo, la cantidad de aire sobre dicho cuerpo será mucho menor, lo que hará que también sea menor la presión que éste ejerza sobre un cuerpo ubicado allí, además de la altitud, depende de muchas otras variables tales como,. (Rosa M Rodriguez, Benito Agueda, Adelaida Portete, 2004)

##### **4.3.1.4 El viento.**

El viento consiste en el movimiento de aire desde una zona hasta otra, pudiéndose generar, por un lado, cuando entre dos áreas la presión del aire es distinta, éste tiende a moverse desde el área de alta presión al área de baja presión. Y en otro caso por variación térmica lo que pasa es que, si una masa de aire aumenta su temperatura por encima a la de su entorno, su volumen aumenta, de esta manera hace disminuir su densidad. A tal punto que genera flotación, haciendo que la masa de aire caliente ascienda, y este espacio ser ocupado por otras masas de aire, que en su desplazamiento ocasionarán el viento. (Rosa M Rodriguez, Benito Agueda, Adelaida Portete, 2004)

#### 4.3.1.5 *La humedad.*

El agua es uno de los principales componentes de la atmósfera, pudiendo estar presente como gas, como líquido, y como sólido. por lo tanto, la humedad es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Pero dicha cantidad no es constante, ya que depende de diversos factores, tal es el caso si ha llovido recientemente, si encuentra cerca del mar, si hay vegetación, entre otros. Además, se dice que existen diversas tipas de humedad (Rosa M Rodriguez, Benito Agueda, Adelaida Portete, 2004)

***Humedad absoluta:*** masa de vapor de agua, en gramos, contenida en 1m<sup>3</sup> de aire seco.

***Humedad específica:*** masa de vapor de agua, en gramos, contenida en 1 kg de aire.

***Razón de mezcla:*** masa de vapor de agua, en gramos, que hay en 1 kg de aire seco.

. (Rosa M Rodriguez, Benito Agueda, Adelaida Portete, 2004)

#### 4.3.1.6 *La precipitación.*

Para lograr que el vapor existente en una masa de aire alcance la saturación pueda condensarse es necesario que por una parte la masa de aire se haya enfriado lo suficiente, y la segunda es que existan en el aire núcleos de condensación conocidos como núcleos higroscópicos en los que se van formando gotitas de agua.

El volumen de lluvia recogida se mide en litros por metro cuadrado (l/m<sup>2</sup>) o lo que es lo mismo, en milímetros (mm.). Esta medida representa la altura, en milímetros, que alcanzaría una capa de agua que cubriese una superficie horizontal de un metro cuadrado. Se podría representar como: (Rosa M Rodriguez, Benito Agueda, Adelaida Portete, 2004)

$$V = h \times S \quad (10)$$

Siendo h la altura y S la superficie



#### **4.3.1.7 La predicción del tiempo.**

La predicción del tiempo ha tomado un papel muy importante en el vivir cotidiano. Su principal función es pronosticar los valores correspondientes a variables meteorológicas como la temperatura, la presión, la humedad, la nubosidad, la precipitación, etc., que involucraran a una determinada zona.

La predicción meteorológica puede realizarse haciendo uso de técnicas predictivas o estadísticas, aunque una de las formas que ofrecen mejores resultados, se fundamentan modelos matemáticos cuyas ecuaciones matemáticas están directamente relacionadas con las leyes físicas mismas que describen como se comporta la atmósfera. Para ello se parte del conocimiento del estado inicial de la atmósfera mediante los datos de observación obtenidos a través de diversos equipos, aunque hay que tener en cuenta que el análisis matemático es muy complejo por lo que la mayoría de meteorólogos, usan técnicas de modelización numérica para facilitar datos y tener valores aproximados del estado del tiempo.

Los pasos en los que se desarrolla una predicción de este tipo son los siguientes:

1. Recopilación de observaciones.
2. Control de calidad de observaciones.
3. Determinación de las condiciones iniciales en una serie de puntos geográficos (que en su conjunto conforman la denominada rejilla del modelo).
4. Resolución de las ecuaciones correspondientes a cada punto de la rejilla para un intervalo de tiempo  $t$ .
5. Repetición del proceso de resolución de las ecuaciones hasta llegar a la solución correspondiente al tiempo final de predicción (24h, 48h, 10 días...).
6. Representación gráfica de los resultados en forma de mapas de isolíneas.

Además de interpretar mapas, y dependiendo de qué tipo de predicción quiera realizarse, es conveniente consultar otras fuentes de información a su alcance como pueden ser los satélites. (Rosa M Rodríguez, Benito Agueda, Adelaida Portete, 2004)

### 4.3.2 INAMHI

Es el Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional del Ecuador creado por Ley, como una necesidad de poder aportar a información meteorológica a la comunidad, la misma que consiste en proveer datos informativos sobre el tiempo, el clima y los recursos hídricos del pasado, presente y futuro, para dar a conocer el país con la finalidad de proteger la vida humana y los bienes materiales.

*“Es una Institución con representación nacional e internacional, miembro de la Organización Meteorológica Mundial, OMM, organización intergubernamental especializada de las Naciones Unidas para la Meteorología (el tiempo y el clima), la Hidrología Operativa y las ciencias conexas”.*

Es un organismo técnico que conjuntamente con la Secretaria de Gestión de Riesgos; y con profesionales capacitados en diversa áreas de la ciencia principalmente en Meteorología e Hidrología, prestan su contingente para permitir el desarrollo económico y social del nuestro país. (INAMHI, s.f.)

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Materiales

Para llevar a cabo la cristalización del presente trabajo de titulación se ha hecho uso a la información detallada en las secciones anteriores en vista de que el proyecto debe sustentarse en su mayor parte con tecnología OPEN SOURCE se consideró adecuado el uso de las siguientes herramientas tanto hardware como software

#### 5.1.1 Hardware Seleccionado

##### 5.1.1.1 Arduino alternativa como PLC Básica

Como se había descrito en los capítulos anteriores parte de los elementos que componen un sistema automatizado son las PLC<sup>4</sup> es por ello que en el presente proyecto se a considerado conveniente trabajar con la Atmel de Arduino que se lo puede configurar para funcionar como un controlador lógico programable, conectándole la interfaz de tal manera que permita dejar bien definidas las entradas y salidas.

El PLC es considerado uno de los componentes básico para la automatización industrial, haciendo que los PLC llegaran a ser costosos y no muy accesibles, y debido a la complejidad de su programación, haciendo que sea más reducido el número de diseñadores de software experimentados capaces de extraer el máximo las cualidades de los controladores.

Arduino en parte podría considerarse como controlador programable universal, aunque claro está que solo sería el ALU<sup>5</sup> ya que para asemejarse a un PLC completo , se requiere contar con un desarrollo de hardware externo (principalmente elementos electrónicos que en conjunto cumplan una acción específica en respuesta a valores proporcionados por sensores, reduciendo la EMI<sup>6</sup> que pudiese ocasionar daños el microcontrolador) y con un software adecuado se podría lograr algo muy similar a un PLC. (Gonzalez, 2011)

En referencia a la Tabla 6 podemos ver las características que posee los controladores más comunes de la tecnología Atmel que posee Arduino, por lo que se ha creído conveniente trabajar con el Atmega328 conocido en el mercado como Arduino Uno.

---

<sup>4</sup> PLC: (Controlador Lógico Programable)

<sup>5</sup> ALU Unidad Lógica Programable

<sup>6</sup> EMI: Interferencia Electromagnética

Tabla 6  
**Microcontroladores Atmel Común usados en Arduino**

| Micro Controlador | Memoria Flash (byte) | SRAM (byte) | EEPROM (byte) | Velocidad de Reloj | Digital I/O Pines | Pines de entrada Analógica | Voltaje |
|-------------------|----------------------|-------------|---------------|--------------------|-------------------|----------------------------|---------|
| ATmega 168        | 16K                  | 1K          | 512K          | 16Mhz              | 14                | 6                          | 5V      |
| ATmega 328        | 32K                  | 2K          | 1K            | 16Mhz              | 14                | 6                          | 5V      |
| ATmega 1280       | 128K                 | 8K          | 4K            | 16Mhz              | 54                | 16                         | 5V      |
| ATmega 2560       | 256K                 | 8K          | 4K            | 16Mhz              | 54                | 16                         | 5V      |

Nota 6. (Purdum, 2012)

Para tal efecto haciendo uso de las entradas y salidas digitales que posee la placa Arduino Atmega328 se desarrolló una placa con 4 salidas de control las mismas que permitirán gestionar el comportamiento de los equipos en la parte de potencia; además se tiene 2 salidas digitales con señal de clock requeridas por los sensores de humedad de suelo, y 6 entradas digitales para recepción de datos, haciendo uso únicamente de 2 para los sensores sht10



Figura 9 Arduino alternativa como PLC (El autor)

### 5.1.1.2 Sensor de temperatura y humedad de suelo SHT10

El sensor SHT10 pertenece a la familia de sensores SENSIRION SHT1x de temperatura y humedad de Sensirion, “Los sensores integran el propio sensor más de un procesado de señal que proporciona una salida digital totalmente calibrada. Consta de un sensor capacitivo para medir la humedad mientras que la temperatura se mide por un sensor “band-gap”, es decir, es un sensor digital de alta precisión que posee un bajo consumo por lo que es utilizado en la

mayoría de aplicaciones por su estabilidad; en la Figura 10 se muestra el diseño del sensor y en la Figura 11 su circuito típico. (SENSIRIONS, 2011)



Figura 10 Sensor SHT10 (SENSIRIONS, 2011)

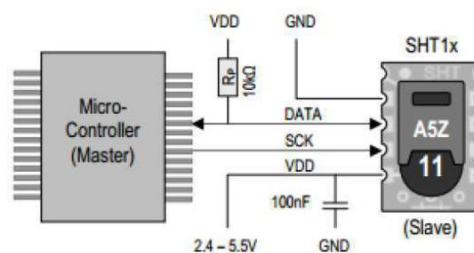


Figura 11 . Aplicación típica (SENSIRIONS, 2011)

El SHT10 cuenta además con una sonda y una carcasa anticorrosiva de acero inoxidable que lo protege de agentes externos y condiciones adversas, siendo una de las razones en que se convierte en el sensor ideal para implementarlo en el suelo de plantaciones en exteriores e interiores (invernaderos), funciona a un voltaje de 3-5 voltios y se acopla perfectamente a una placa Arduino ya que cuenta con 4 cables de datos y potencia como se muestra en la Figura 11. (SENSIRIONS, 2011)

El SHT10 consta de las siguientes características:

- Precisión de humedad  $\pm 4.5$ [%RH]
- Precisión de Temperatura  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  @  $25^{\circ}\text{C}$
- Tensión de alimentación entre 3V – 5V
- Rango de Temperatura -40 a  $120^{\circ}\text{C}$
- Rango de Humedad de 0 – 100 % RH
- Consumo 80 uW (12 medidas, 1 Vez/s)
- Tiempo de respuesta 8s (Humedad );5-30s (Temperatura)

- Dimensiones de Encapsulado 14mm diámetro, 50mm de largo



Figura 12 SHT10 con blindaje Recuperado: [https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-658279478-sensor-de-humedad-y-temperatura-sht10-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-658279478-sensor-de-humedad-y-temperatura-sht10-_JM)

Tabla 7  
Distribución de pines SHT10 (Elaboración propia)

| Señal | COLOR    | PIN SENSOR 1 | PIN SENSOR 2 |
|-------|----------|--------------|--------------|
| VCC   | Marrón   | 3,3V         | 3,3V         |
| GND   | Negro    | GND          | GND          |
| CLOCK | Azul     | PIN 13       | PIN 11       |
| DATA  | Amarillo | PIN 12       | PIN 10       |

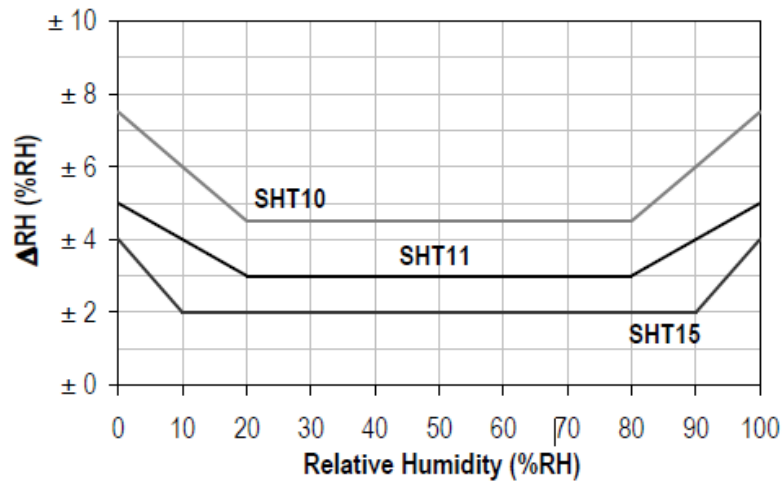


Figura 13 Curva Característica Comportamiento De Medición De Humedad (SENSIRIONS, 2011))

### 5.1.1.3 Raspberry Pi Modelo B+

En vista de que en el presente trabajo de titulación se requiere por un lado acceder a los datos meteorológicos como son la precipitación y el estado del tiempo que más adelante explicara a más detalle y por otro lado la humedad relativa del suelo la misma que se obtiene a través del sensor SHT10 se hacía necesario contar con un computador que permita procesar todo este tipo de datos obtenidos y a su vez puedan ser visualizados por el usuario.

En base a la información recopilada en los capítulos anteriores se ha considerado conveniente trabajar con la Raspberry Modelo B+ ya que posee las siguientes características: (Pi3, 2018)

Tabla 8  
Especificaciones técnicas (Pi3, 2018)

| <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b> |  |
|----------------------------------|--|
| Procesador                       | Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz   |
| Memoria                          | 1GB LPDDR2 SDRAM   |
| Conectividad                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless</li> <li>• LAN, Bluetooth 4.2, BLE</li> <li>• Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300Mbps)</li> </ul> |

---

|                           |   |
|---------------------------|---|
|                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 × USB 2.0 ports</li> </ul>   |
| Pines de Control y Acceso | Extended 40-pin GPIO header   |
| Sonido y Video            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 × full HDMI</li> <li>• MIPI DSI display port</li> <li>• MIPI CSI camera port</li> <li>• 4 pole stereo output and composite video port</li> </ul> |
| Multimedia                | H.264, MPEG-4 decode (1080p30); H.264 encode (1080p30); OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics   |
| Soporte SD card           | Micro SD formateada y cargada con sistema operativo compatible  |
| Alimentación              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5V/2.5A DC via micro USB</li> <li>• 5V DC via GPIO header</li> <li>• Power over Ethernet (PoE)–enabled (requires separate PoE HAT)</li> </ul>      |
| Ambiente                  | Opera a temperaturas de 0–50°C  |

---

## 5.1.2 Componentes y Software

### 5.1.2.1 Proteus

Para llevar a cabo este proceso se utilizó el software de simulación y desarrollo de PCB Proteus Figura 14 ya que es una herramienta muy versátil que permite la realización completa de proyectos de construcción de equipos electrónicos desde el diseño, la simulación de cualquier esquema electrónico, la compilación y verificación de errores y construcción electrónica con previa visualizaciones en 3D, además está constituida de varias herramientas que permiten diseñar el esquema electrónico y simulación de la placa de circuito impresos. (hubor-proteus, s.f.)



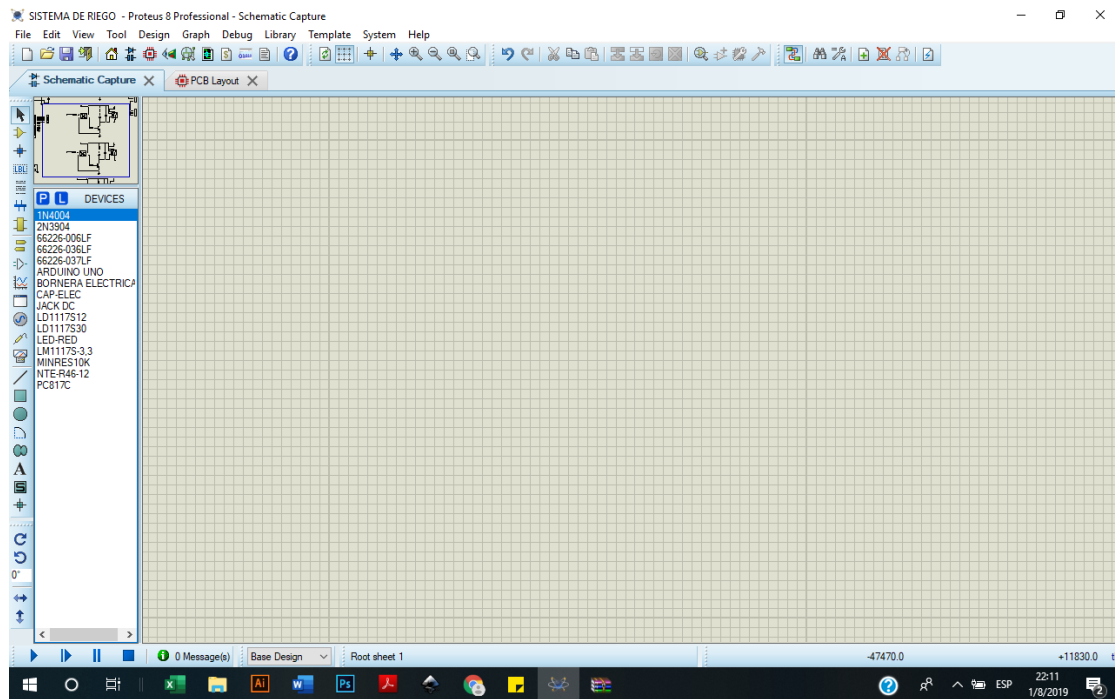


Figura 14 Interfaz simulador Proteus

### 5.1.2.2 Arduino IDE

Arduino IDE es un entorno de desarrollo para programar los microcontroladores Atmega que permite crear e imprimir scripts o programas ya compilados en la memoria de almacenamiento interna del microcontrolador, “utiliza un lenguaje de programación propio parecido a C/C++; además con el uso de esta herramienta se puede programar la tarjeta Arduino para lograr que interactúe con otros dispositivos de hardware como sensores, microcontroladores, leds, etc. En el caso de un sensor de temperatura y humedad se puede definir por medio de un código tanto la frecuencia de toma de datos como la conversión de los mismos, permitiendo, además visualizar la información en la terminal de la placa. A continuación, en la se muestra la interfaz gráfica de Arduino IDE.

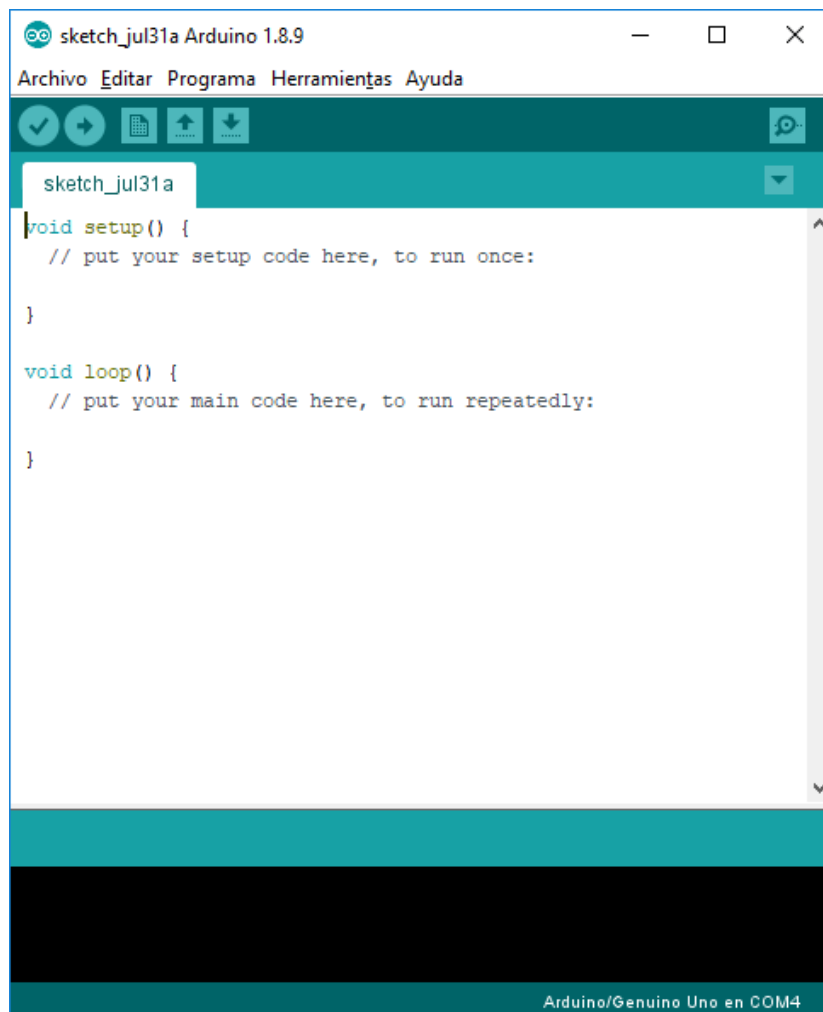


Figura 15 Entorno de desarrollo y programación IDE Arduino

### 5.1.2.3 Software Javascript

Para el desarrollo se ocupa la tecnología basada en JavaScript como se había hablado en capítulos anteriores JavaScript permite trabajar con script y APIs que pueden ser creadas por terceros o por el mismo programador para ser usadas por distintas aplicaciones, por tanto, para este proyecto se está haciendo uso de las siguientes herramientas:

- **Nodes Js:** “Node.js es un entorno JavaScript de lado de servidor que utiliza un modelo asíncrono y dirigido por eventos”. “Node está extremadamente bien diseñado para situaciones en que usted esté esperando una gran cantidad de tráfico y donde la lógica del lado del servidor y el procesamiento requeridos, no sean necesariamente grandes antes de responder al cliente.” (devcode, s.f.) (IBM, s.f.)

- **Electron js:** “Electron es un framework para JavaScript que facilita crear aplicaciones robustas para un entorno de escritorio a través del uso de tecnologías web. Esta desarrollado por GitHub, es de código abierto y multiplataforma (puede operar bajo Windows, Linux, Mac ). (electronjs, s.f.)

Electron está basado en io.js y puede trabajar con un subconjunto muy pequeño de librerías de Chromium. Además, permite el acceso a APIs nativas robustecidas mediante el motor de Chromium, el cual es manejado en lenguaje de programación JavaScript, lo que facilita que se pueda acceder a ciertas librerías gráficas del sistema operativo, ya que su GUI se desarrolla mediante HTML, pudiendo sacar mayor provecho a ciertas características de las librerías nativas mediante Chromium. Compañías como Microsoft, Facebook, Slack y Docker utilizan esta plataforma.” (programacion.net, s.f.)

- **socket IO:** Socket.io es una librería en JavaScript para Node.js que permite una intercomunicación bidireccional entre cliente y servidor, destacando que se basa principalmente en Websocket aunque también puede hacer uso de otros aplicativos propietarios como sockets de Adobe Flash, JSONP polling o long polling en AJAX, seleccionando la mejor alternativa para el cliente justo en tiempo de ejecución. (socket, s.f.)

- **SerialPort:** Librería que permite comunicar hardware y software dentro de Javascript. Dentro del contexto específico de la informática, puerto es la interfaz que permite enviar y recibir datos digitales. Puede tratarse de puertos físicos (que presentan una entrada en el hardware para que se conecte un periférico) o de puertos virtuales (interfaz lógica administrada mediante un programa informático), por tanto, un puerto serial es aquel que posibilita la transmisión de un bit a la vez. (19ju)

#### **5.1.2.4 API DARKSKY.NET**

La interfaz de programación de aplicaciones DarkSky está respaldada por una amplia gama de fuentes de datos meteorológicos, que se agrupan para proporcionar el pronóstico más preciso posible para una ubicación determinada como son el centro meteorológico canadiense con su modelo GEPS (Sistema de Predicciones de conjunto Global) y NOAA’s de Estados Unidos con sus sistema Goba Forest System, entre otros.

Una solicitud de pronóstico devuelve las condiciones climáticas actuales, sean por minutos por horas o días incluso datos de la próxima semana, esto se lo logra mediante un llamado desde el siguiente enlace <https://api.darksky.net/forecast/>; para lo cual se requiere haberse creado previamente una cuenta de usuario, la misma que se puede obtener de forma gratuita si se accede a <https://darksky.net/dev>, con solo una cuenta de correo electrónico válida y una contraseña que supere los 8 caracteres, esto con la finalidad de obtener una clave que permitirá hacer el llamado a la API en intervalos que el cliente crea conveniente teniendo en cuenta que se puede realizar hasta 1,000 solicitudes a la API por día de forma gratuita, pero si se requiere llamadas de API mayores a las 1,000 por día se facturarán a una tasa de \$ 0.0001 (USD) por solicitud de API individual o \$ 1 por 10,000 solicitudes.

Además, dado que es una aplicación que proporciona información a nivel global se requiere contar con la información de latitud y longitud, la misma que para validación del presente proyecto fueron **latitud -4.002892** y **longitud -79.379781**. coordenadas que pertenecen a la parroquia la vega del cantón Catamayo provincia de Loja como se puede apreciar en Figura 16



Figura 16 Ubicación geográfica jardín

## 5.2 MÉTODOS

Para llevar a cabo este proyecto se ha haciendo uso de una variedad de métodos entre los cuales se encuentran:

### ➤ **Método Investigativo**

Este método se utilizó en la búsqueda y recolección de información bibliográfica para determinar y establecer las condiciones y poder logra cumplir con los objetivos de la investigación.

### ➤ **Método de observación**

Este método concierne al trabajo de campo, realizado para obtener las mediciones espectrales en el lugar de ejecución del enlace, dichos datos son requeridos para la presente investigación.

### ➤ **El método deductivo**

La aplicación de este método se lo realizó al momento de conocer los aspectos generales de la problemática investigada, con la finalidad de determinar y obtener los parámetros correctos para la creación de un diseño funcional y posteriormente una implementación fiable.

### ➤ **El método inductivo**

Este método se empleó al establecer la lógica de los bloques a construir, permitiendo posteriormente diseñar y programar los mismos junto con el lenguaje necesario para un correcto funcionamiento y así establecer la comunicación en el enlace.

### ➤ **El método científico.**

Este método se utilizó al realizar las diversas pruebas y ejecutar las diferentes correcciones tanto en los códigos creados como en la estructura del diagrama de bloques, el mismo fue evolucionando acorde a los requerimientos solicitados logrando como resultado el diseño más óptimo.

A continuación, se describe el esquema planteado empleando la información recopilada previamente.

## **5.3 ANÁLISIS DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO**

En esta etapa se va tomar en consideración la investigación previa realizada y proceder a efectuar los cálculos necesarios para poder cumplir con los objetivos propuestos para llevar a cabo el presente proyecto, de tal manera se ha propuesto en tener en consideración los siguientes puntos:

- ✓ Acciones previas a la Optimización
- ✓ Diseño y desarrollo de la instalación de riego
- ✓ Diseño y desarrollo electrónico
- ✓ Diseños y desarrollo de interfaz gráfica

### **5.3.1 Acciones previas a la optimización**

Con el objetivo de tener un sistema de riego automatizado y trabajando en un ambiente adecuado, se tomó a consideración los daños existentes en el sistema actual, esto con la finalidad de que el funcionamiento del riego se lleve a cabo de manera eficiente.

A continuación, se enlistan algunas de las recomendaciones a tener en consideración:

- ✓ Limpiar las cisternas para evitar que se ensucie el agua que es suministrada.
- ✓ Verificación de las instalaciones eléctricas para el funcionamiento de los equipos de riego, con el fin de determinar su buen estado o sino proceder al cambio sean estos bombas contactores o breaker o cable sulfatado todo esto para evitar accidentes provocados por cortos circuitos.
- ✓ Revisar todas las partes donde existen conexiones de tuberías con válvulas y, en caso de que existan pequeñas fugas, corregirlas para no desperdiciar el agua y a su vez evitar que el equipo se dañe.
- ✓ Limpiar las áreas donde se encuentran las válvulas, es decir, quitar toda la basura que se encuentra a su alrededor, así como colocar o cambiar las tapas que las cubren.

- ✓ Los aspersores deben de ser calibrados con la finalidad de que rieguen solo las áreas verdes y no el concreto. Además, no debe de haber obstrucciones que impidan que los aspersores rieguen el pasto o los árboles y en caso de ser así, se deben reubicar en áreas donde se pueda aprovechar el agua.
- ✓ Al ser un sistema de riego para jardines residencial se considera conveniente tener en cuenta los requerimientos del usuario final para un mejor confort

### ***5.3.1.1 Gestión del Riego***

Una vez que se han realizado las acciones previas que se mencionaron con anterioridad, lo que se pretende hacer es la mejora del sistema de riego utilizando elementos que se tienen actualmente en el sistema como lo son el mismo tipo de tubería, utilizar los mismos aspersores, así como dejar las cisternas y adicionar dispositivos de control que van a permitir visualizar el funcionamiento a través de un computador. (miliarium, 2004)

El riego automático posibilita regar de noche o al amanecer. A esas horas hay menos viento, para el césped es mejor puesto que no hace tanto calor, se pierde menos agua por evaporación.

Con el sistema de riego automatizado se podrá lograr lo siguiente:

- ✓ Regar la zona en horas preestablecidas por el usuario.
- ✓ Activar o apagar el riego manual desde el entorno grafico instalado en Microcomputadora (Rasberry Pi3).
- ✓ El sistema se apaga de forma automática si hay indicios de lluvia o ha llovido esto se lo lograría gracias a los datos aportados por el sensor de humedad de suelo y por librerías gratuitas mediante el acceso a internet.

### ***5.3.1.2 Funcionamiento de gestión de riego***

El sistema crea una base de datos temporal, en la carpeta temporal del sistema operativo para proceder hacer un análisis de las variables obtenidas en ese momento, por un lado predicciones meteorológicas, principalmente de la precipitación existente en la zona, la cual se lo logra, gracias a que la librería que nos facilita DARKSKY.NET nos permite setear las coordenadas longitud y latitud del área de riego en acción, y por otro lado tenemos los datos obtenidos mediante el censado de humedad del suelo, los mismos que se obtienen a través

del sensor SHT10. de tal manera que se pueda determinar con la mayor certeza los requerimientos óptimos de la zona que se desea regar.

Una vez que el sistema analiza la información obtenida establece las condiciones de riego para garantizar la humedad necesaria de la vegetación en cuestión.

En el caso de la automatización del riego, por medio de un software, la computadora va a servir de herramienta para llevar a cabo la programación, en este caso será en lenguaje de escalera, para que puedan ejecutar las órdenes que requiera el operador.

Además de la programación, permite la monitorización y control de un sitio completo o parte de un sitio que nos interesa controlar (el control, en este caso, puede ser sobre las electroválvulas, las bombas, etc.).

Por otra parte, el poder tener acceso a la información de diversas variables atmosféricas través de las estaciones meteorológicas ubicadas de forma estrategia en el país permitirá acceder a las predicciones del estado del tiempo entre otros datos permitiendo mayor eficiencia del sistema y establecer un riego más inteligente y a su vez ahorro de recursos hídricos siendo por ende más amigable con el medio ambiente.

### 5.3.2 Diseño y desarrollo de las instalaciones de riego

El predio urbano se encuentra ubicado en la ciudad de Catamayo sector la Vega perteneciente a la provincia de Loja.

El jardín constas de una variada vegetación la misma que se especifica en la siguiente Tabla además se describe la vegetación que se provee a futuro sembrar.

Tabla 9

*Especies vegetales \*Especies existentes (Elaboración propia)*

| ESPECIE      | NOMBRE CIENTÍFICO   |
|--------------|---------------------|
| *Mandarina   | citrus x reticulata |
| *Naranja     | citrus x sinenses   |
| *limón       | citrus x lemon      |
| *césped      | Cynodon dactylon    |
| *palma cica  | Cycas revoluta      |
| *palma enana | phoenix roebelenii  |



|                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| <b>*duranta</b>           | Duranta repens           |
| <b>*veigela</b>           | weigela florida          |
| <b>*Guineo</b>            | Musa × paradisiaca       |
| <b>crotos</b>             | Codiaeum                 |
| <b>*Pino enano</b>        | pinus mugo               |
| <b>Margarita africana</b> | Osteospermum             |
| <b>Jasmín amarillo</b>    | Jasminun fruticans       |
| <b>SÁBILA</b>             | Aloe vera                |
| <b>*ROMERO</b>            | Rosmarinus officinalis   |
| <b>*ROSA</b>              | rosa banksiae            |
| <b>SALVIA</b>             | Salvia leucantha         |
| <b>Streptosolen</b>       | Streptosolen jamesonii   |
| <b>Magnolia</b>           | Magnolia grandiflora     |
| <b>Mala madre</b>         | Chlorophytum comosum     |
| <b>crisantemo</b>         | Chrysanthemum parthenium |
| <b>penca variegada</b>    | Agave amaricana          |
| <b>*Árbol morado,</b>     | Euphorbia candelabrum    |
| <b>Cordeline</b>          | Cordeline                |
| <b>flor de novia</b>      | Yucca elephantiphes      |

### 5.3.2.1 Análisis de los requerimientos netos de agua

Como se ha descrito en los capítulos anteriores uno de los factores que afecta directamente el proceso de desarrollo normal de la vegetación es el fenómeno de la Evapotranspiración que es el proceso de la evaporación del agua producto de la radiación solar conjuntamente a la transpiración propia de la planta la misma que se describe de la siguiente formula ecuación ( 2) .

$$E_T = E_R \times K_j$$

En donde  $E_R$  es un dato obtenido mediante modelados matemáticos y estadísticos referenciados con 10 años de recopilación de información y que es proporcionado por INAMHI mediante anuarios técnicos que publican cada año. Este valor varía de acuerdo a la zona es por ello que se hace uso del mapa cartográfico referente a la evapotranspiración

potencial (Anexo 1.1.4), por lo que para el área donde se lleva a cabo la validación del prototipo es de **3.15 mm/día**

En las secciones anteriores se mencionó temas como el coeficiente de jardín  $K_j$  que era el producto del coeficiente de especie  $K_e$  el coeficiente de densidad  $K_d$  y el coeficiente de microclima  $K_m$  según la ecuación ( 3).

$$K_j = K_e \times K_d \times K_m$$

Para obtener el coeficiente de especie nos basaremos en los datos recopilados en la siguiente tabla.

Tabla 10  
*Coeficiente de Especie Ke (Elaboración propia)*

| ESPECIE                   | NOMBRE CIENTÍFICO        | Ke   |
|---------------------------|--------------------------|------|
| <b>Mandarina</b>          | citrus x reticulata      | 0,5  |
| <b>Naranja</b>            | citrus x sinenses        | 0,5  |
| <b>limon</b>              | citrus x lemon           | 0,5  |
| <b>cesped</b>             | Cynodon dactylon         | 0,2  |
| <b>palma cica</b>         | Cycas revoluta           | 0,5  |
| <b>palma enana</b>        | phoenix roebelenii       | 0,5  |
| <b>duranta</b>            | Duranta repens           | 0,5  |
| <b>veigela</b>            | weigela florida          | 0,5  |
| <b>Guineo</b>             | Musa x paradisiaca       | 0,74 |
| <b>croton</b>             | Codiaeum                 | 0,48 |
| <b>Pino enano</b>         | pinus mugo               | 0,35 |
| <b>Margarita africana</b> | Osteospermum             | 0,26 |
| <b>jasmin amarillo</b>    | Jasminun fruticans       | 0,4  |
| <b>SABILA</b>             | Aloe vera                | 0,2  |
| <b>ROMERO</b>             | Rosmarinus officinalis   | 0,3  |
| <b>ROSA</b>               | rosa banksiae            | 0,4  |
| <b>SALVIA</b>             | Salvia leucantha         | 0,3  |
| <b>Streptosolen</b>       | Streptosolen jamesonii   | 0,65 |
| <b>Magnolia</b>           | Magnolia grandiflora     | 0,56 |
| <b>Mala madre</b>         | Chlorophytum comosum     | 0,3  |
| <b>crisantemo</b>         | Chrysanthemum parthenium | 0,32 |

|                        |                          |     |
|------------------------|--------------------------|-----|
| <b>penca variegada</b> | Agave amaricana          | 0,2 |
| <b>Árbol morado,</b>   | Euphorbia<br>candelabrum | 04  |
| <b>Cordeline</b>       |                          | 0,4 |
| <b>flor de novia</b>   | Yucca elephantiphes      | 0,2 |

Teniendo un valor de ***Ke de 0,45***

Para obtener el valor del coeficiente de densidad  $K_d$  haremos uso de los valores de la Tabla 2 para lo cual en base a la vegetación existente en la zona se tiene un terreno con vegetación mixta (0,6), tapizantes 0,5 y césped 0,6 teniendo como promedio un valor para  **$K_d = 0,55$** .

De la misma manera procedemos a revisar la Tabla 3 para obtener los valores del coeficiente de microclima  $K_m$  para este caso escogimos los valores de a que son considerados para zonas de tropicales al igual con vegetación mixta (1,4), tapizantes 1,2 y césped 1,2 teniendo como promedio un valor para  **$K_m = 1,26$** .

$$K_j = K_e \times K_d \times K_m$$

$$K_j = 0,45 \times 0,55 \times 1,26$$

$$K_j = 0,313$$

Entonces tenemos

$$E_T = 3,15 \times 0,313$$

$$E_T = 0,98 \text{ mm/dia}$$

Esto sería la necesidad neta de agua ahora bien dado que se está considerando un sistema en su mayor parte por aspersión se debe tener en cuenta que existirá pérdida por vientos y demás condiciones del entorno y además que tenemos una vegetación mixta para ello haremos uso de la ecuación que nos permite determinar la necesidad bruta de agua  $N_b$ .

$$N_b = \frac{0,9 \times E_T}{75} \times 100$$

Teniendo como resultado

$$N_b = \frac{0,9 \times 0,98}{75} \times 100 = 1,18 \text{ mm/dia}$$

Haciendo uso de los valores detallados en la Tabla 4 en base a la textura del suelo tenemos los siguientes valores de humedad mínima

$$N_{bmin} = \frac{N_b}{3,15} \times 100 = \frac{1,18}{3,15} \times 100 = 37,56\%$$

$$N_{norma} = \frac{N_b}{2,4} \times 100 = \frac{1,18}{2,4} \times 100 = 49,1\%$$

$$N_{maxima} = \frac{N_b}{1,6} \times 100 = \frac{1,18}{1,6} \times 100 = 73\%$$

### ***5.3.2.2 Análisis para Instalación y Calibración de los elementos del Sistema riego***

En base a las consideraciones que se ha tomado anteriormente contamos con una vegetación con una densidad media lo que nos dará la opción de considerar que el área de riego es de aproximadamente de unos 40% - a 60% del área total que tiene el jardín.

Tomando en cuenta los criterios antes mencionados nos vamos a centra en analizar el marco de riego y la distribución de los aspersores en el jardín para ello vamos describir las características del tipo de aspersor que se consiguió en el mercado Aspersor Naan plástico sectorizado mod 427 ½”.



*Figura 17 Aspersor Naan plástico sectorizado mod 427 ½”*

Recuperado de: <http://es.naandanjain.com/products/irristand/amirit-systems/427-bag-427b-gag-2/>

Es un aspersor plástico a impacto de giro completo o parcial de  $\frac{1}{2}$ ", que permite un montaje en elevación, ideal para jardines domiciliarios y parques públicos de menor tamaño.

Posee un mecanismo de diseño único que provee una amplia variedad de presiones de funcionamiento, además cuenta con un deflector que ajusta la longitud y altura del chorro y la densidad del rociado para una distribución pareja del agua. Tiene una característica especial que es su brazo de guía el cual controla el chorro de agua e impide las salpicaduras laterales a edificaciones o senderos adyacentes. Tiene un alcance de hasta 15 metros por lo que se considera adecuado de acuerdo al fabricante distribuir los espaciamientos entre rociadores de hasta 12 m adema soporta una presión de entre 1.0 y 4.5 bares con una caudal de  $0.570m^3/h$  a 2 bar de presión.

Teniendo en cuenta estas consideraciones y a sabiendas que el área de riego es de aproximadamente  $200m^2$  la misma que está dividida en dos parcelas por lo que ha se ha considerado adecuado distribuir en dos marcos uno en forma triangular y el otro en forma rectangular

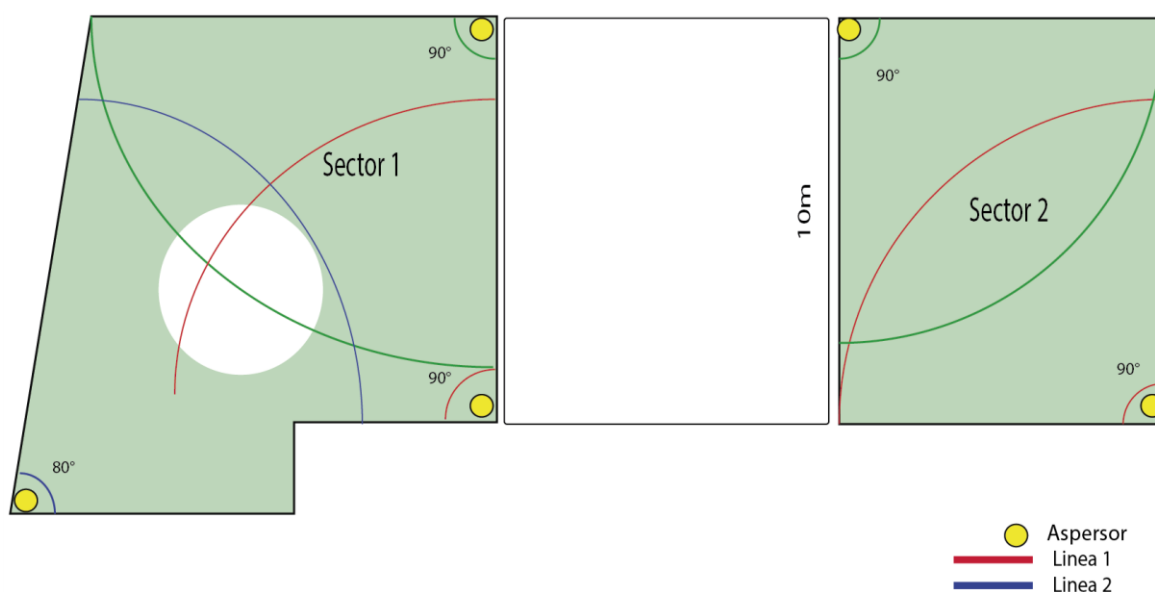


Figura 18 Distribución de aspersores y Angulo de cobertura (Elaboración propia)

### 5.3.2.3 Consideración y distribución de sensores

Para llevar a cabo la distribución de los sensores de humedad de suelo y en consideración a que el área de riego es plana, se consideró adecuado disponer de un sensor por cada

hidrozonas, para ello se dispuso instalar 35 metros de cable control de 10 hilos 22AWG apantallado que servirá para llevar la alimentación de de 3,3V , la señal de Reloj y la señal de Datos destinando 4 hilos para el Sensor del sector 1 y 4 hilos para el sensor del sector 2; cabe recalcar que la razón de usar cable de control es para tener mayor estabilidad y fidelidad de los datos que transmite el sensor y así evitar pérdidas en la transmisión, los mismo que fueron ubicados en sectores estratégicos como se muestra en la Figura 19.

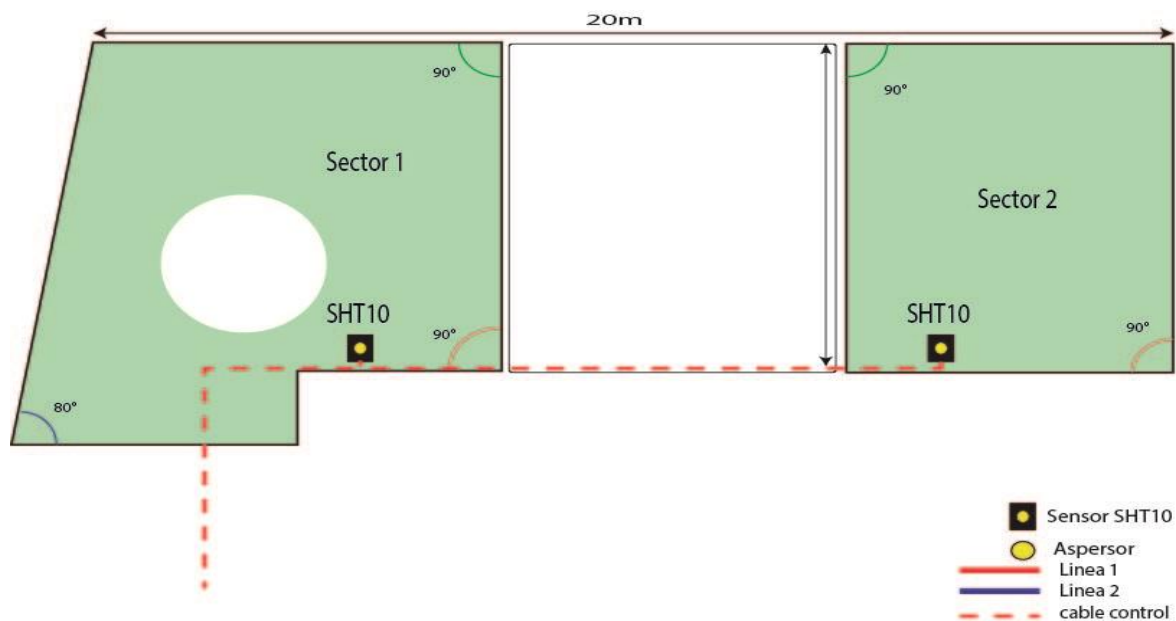


Figura 19 Distribución de Sensores (Elaboración propia)

#### 5.3.2.4 Diseño hidráulico de la instalación de riego

El diseño hidráulico de una instalación de riego está enfocado en determinar el cálculo de las dimensiones principalmente de la tubería y la presión a soportar el sistema teniendo en consideración las áreas verdes a regar con respecto a las zonas no hábiles de riego sean estas, pasillos, veredas estacionamientos, etc.

Como nos podemos dar cuenta en la Figura 18 existen dos hidrozonas de riego, además disponemos de una bomba que tiene las siguientes características



Figura 20 Motor periférico PK60M

Tabla 11  
Especificaciones técnicas motor

| MODELO PK60         |                   |               |                 |            |
|---------------------|-------------------|---------------|-----------------|------------|
| <b>Caudal</b>       | <b>Q</b> 5-60 l/m | <b>H</b>      | 29- 5 m         |            |
| <b>Altura</b>       | <b>Hmax</b> 30m   | <b>Hmin</b>   | 5 m             | t max 60°C |
| <b>Voltaje</b>      | ~ 110 V           | 60 Hz         | 3450 min        |            |
| <b>Potencia</b>     | <b>P2</b> 0,37kW  | <b>0,5 HP</b> | In 6.5 Amperios |            |
| <b>Capacitancia</b> | <b>C</b> 25 uF    | <b>250 VL</b> | ICL F           | IP X4      |

Donde Q es el caudal soportado por la bomba, H hace referencia a la altura, tanto máxima como mínima con respecto a la ubicación de la bomba para garantizar el buen desempeño.

De acuerdo a las especificaciones técnicas de los equipos de riego y el área total que debemos regar disponemos de los siguiente.

Caudal de la toma: 60 l/min

Presión de la toma: 6 bar ~ 6,11 Kg/cm<sup>2</sup> ~ 61,1 m.c.a<sup>7</sup>

Caudal unitario de los aspersores l/mim: aspersor a 360° =9,5 l/mim

aspersor a 180° =4,75 l/mim

aspersor a 90° =2,37 l/mim

<sup>7</sup> m.c.a (metro por columna de agua).es la presión ejercida por un metro de columna de agua sobre la gravedad terrestre

Presión nominal del aspersor es 2 bar ~ 2,039 Kgf/cm<sup>2</sup> ~ 20,03 m.c.a

Presión máxima del aspersor es 4 bar ~ 4,07 Kgf/cm<sup>2</sup> ~ 40,07 m.c.a

Radio de alcance 14 m

En este caso el área de riego está distribuido en dos sectores con dos ramales de riego como se muestra en la Figura 21, de tal manera que el caudal requerido por cada sector quedaría distribuido de la siguiente manera:

**Sector 1** aspersores a 90°  $3 \times 2,37 = 7,14 \text{ l/mim}$

**Sector 2** aspersores a 90°  $2 \times 2,37 = 4,74 \text{ l/mim}$

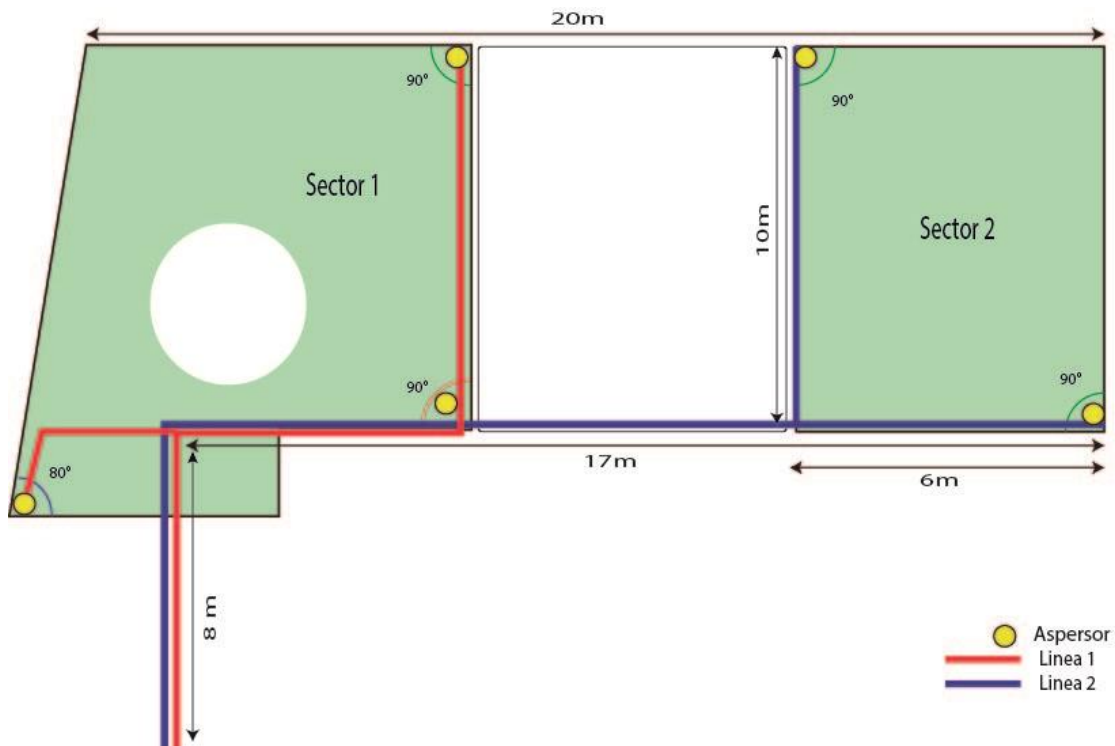


Figura 21 Distribución zona y tubería

El cálculo de las tuberías se realizará para el sector más alejado de la toma. Es por ello que se considerará el ramal del sector 2 para el análisis.

En primer lugar, se determina la pérdida de presión máxima admisible que sería

*la presión en la boca nominal del riego – presión en los emisores*

$$= 61,1 \text{ m. c. a} - 40,07 \text{ m. c. a} = 21,03 \text{ m. c. a}$$



A continuación, se calculan las pérdidas de carga hasta el punto más desfavorable de la instalación:

La distancia del ramal 2 es de 29 m

Caudal circulante en el ramal 2 es:

**Sector 2** aspersores a 90°  $2 \times 2,37 = 4,74 \text{ l/mim}$

Tabla 12

*Tabla de pérdidas de carga tubería PVC Polietileno (Datos técnicos fabricantes)*

| Q l/h       | Diámetro interior de la tubería mm               |      |     |     |     |    |    |    |
|-------------|--|------|-----|-----|-----|----|----|----|
|             | 14   | 19   | 25  | 32  | 38  | 50 | 63 | 75 |
|             | Metros de columna de agua por 100 m de recorrido |      |     |     |     |    |    |    |
| <b>500</b>  | 8,9  | 2,1  | 0,6 |     |     |    |    |    |
| <b>800</b>  | 20,2   | 4,7  | 0,4 |     |     |    |    |    |
| <b>1000</b> | 29,8   | 7    | 1,9 | 0,6 |     |    |    |    |
| <b>1500</b> |  | 14,2 | 3,9 | 1,2 | 0,5 |    |    |    |

### ***Pérdida de Carga***

$$= \frac{\text{Pérdida de Carga por cada 100 metros de tubería} \times \text{longitud de tubería}}{100}$$

$$PC = \frac{J(m/100m) \times L(m)}{100}$$

$$PC = \frac{8,9 \times 29m}{100} = 2,58 \text{ m. c. a}$$

Ahora bien, para considerar las pérdidas por derivaciones o de carga en el ramal se calculan utilizando el coeficiente de **Christiansen**.

Tabla 13

*Coefficientes de Christiansen*

| Numero de derivaciones | Valor de coeficiente F | Numero de derivaciones | Valor de coeficiente F |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>5</b>               | 0,469                  | <b>10</b>              | 0,415                  |

|    |       |    |       |
|----|-------|----|-------|
| 20 | 0,389 | 12 | 0,380 |
|----|-------|----|-------|

$$PC = \frac{0,469 \times 8,9 \times 29m}{100} 1,21 m. c. a$$

Considerando además las pérdidas de carga singulares (15% de las lineales), las pérdidas de carga totales ocasionadas hasta el aspersor más desfavorable serán:

$$PC \text{ total} = (1,21 + 2,58) \times 1,15 = 4,35 m. c. a$$

Y al ser la pérdida de carga máxima permitida 21,03 m.c.a no hay limitación de presión para el diseño seleccionado.

Ahora bien, para comprobar que la presión que llega a los aspersores es la adecuada, se calcula la presión que llega al emisor que trabaja en condiciones más favorables.

$$\text{Presión en la boca nominal del riego} = 61,1 m. c.$$

$$\text{Pérdida de carga en ramal 2} = (2,58 \times 1,15) = 2,96 m. c. a$$

$$\text{Presión en el emisor mas favorable} = (61,1 - 2,96) = 58.14 m. c. a$$

$$\text{Presión en el emisor menos favorable} = (61,1 - 4,35) = 56,75 m. c. a$$

### 5.3.3 Diseño desarrollo y construcción electrónica

El diseño y construcción electrónica del presente prototipo de riego automatizado está estructurada en tres partes principales: la parte de control, la parte de potencia y una tercera que constituiría de presentación de resultados mediante una interfaz gráfica que a su vez permitirá al usuario la interacción con el sistema como se muestra en la Figura 22

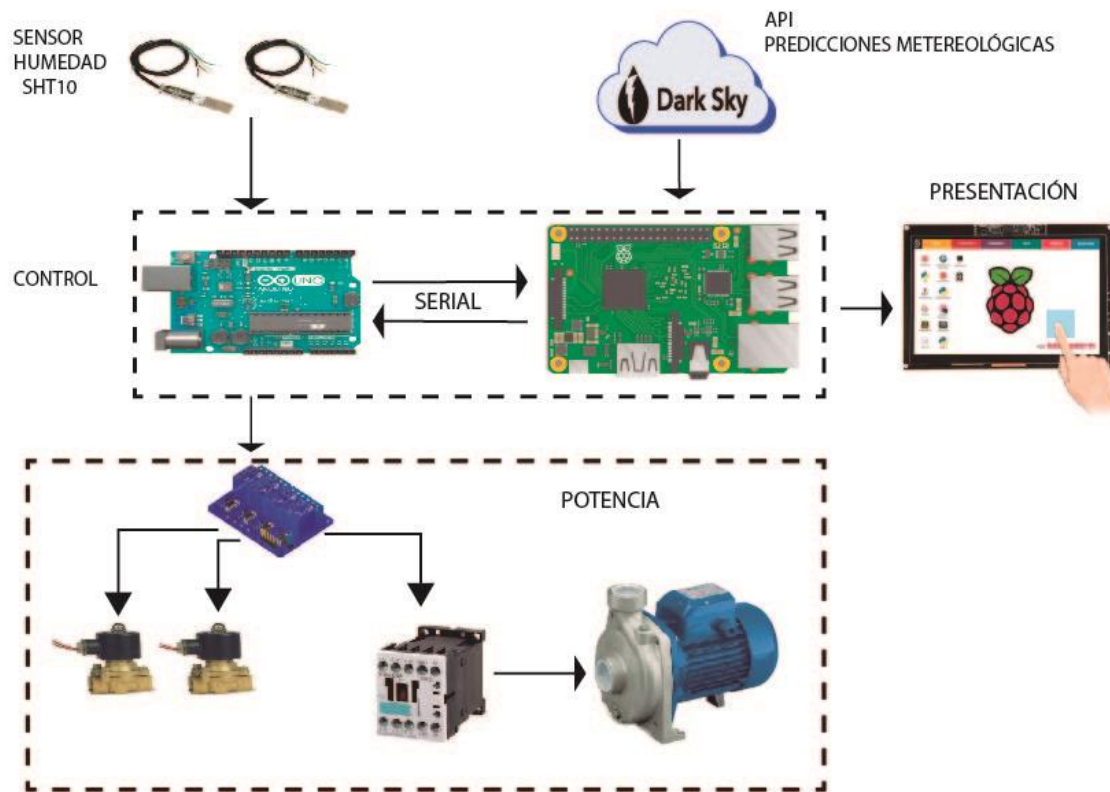


Figura 22 Estructura Sistema Riego

### 5.3.3.1 Etapa de control

Para el diseño de la parte de control se ha considerado pertinente diseñar e instalar un sistema de regulación de voltaje de baja intensidad que servirá de alimentación para el Arduino uno (Atmega328), para el accionamiento y control de los relés que para el efecto se conmutan con 5V a sus entradas y para alimentación de los sensores se cuenta con una fuente de 3,3V ya que los sensores de humedad del suelo SHT10 requieren una alimentación de 3,2V a 5V como máximo Figura 23.

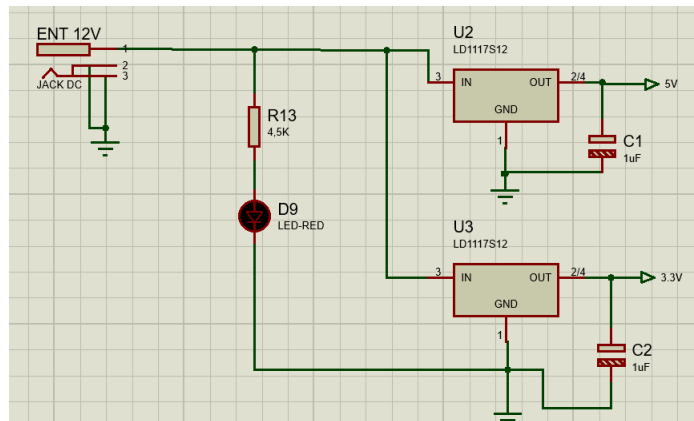


Figura 23 Fuente Alimentación de 5V y 3,3V

Posteriormente para poder ejercer el control en las electroválvulas, motor y recibir los datos proporcionados por los sensores de humedad se requiere configurar el Arduino Uno Atmega328, para ello se ha establecido los pines 6 7 8 y 9 como salidas los mismos que controlarán el encendido y apagado de la electroválvula 1, electroválvula 2 y el motor respectivamente, además como se puede ver más adelante en la Figura 24 el pin 6 está considerado libre para acondicionar cualquier otro elemento adicional sea este una electroválvula o bomba de agua.

Por otra parte, los pines 10 y 12 se han considerado entradas los mismo que tendrán la función de recibir los datos proporcionados por los sensores SHT10 pero en vista de que estos sensores requieren de una señal de reloj a 8 bits para su perfecto funcionamiento se ha considerado pertinente configurar los pines 11 y 13 para cumplan con esta función.

Además, los pines del 0 al 5 están considerado como reservas para conectar algún elemento adicional extra pudiendo ser un tercer sensor, etc.

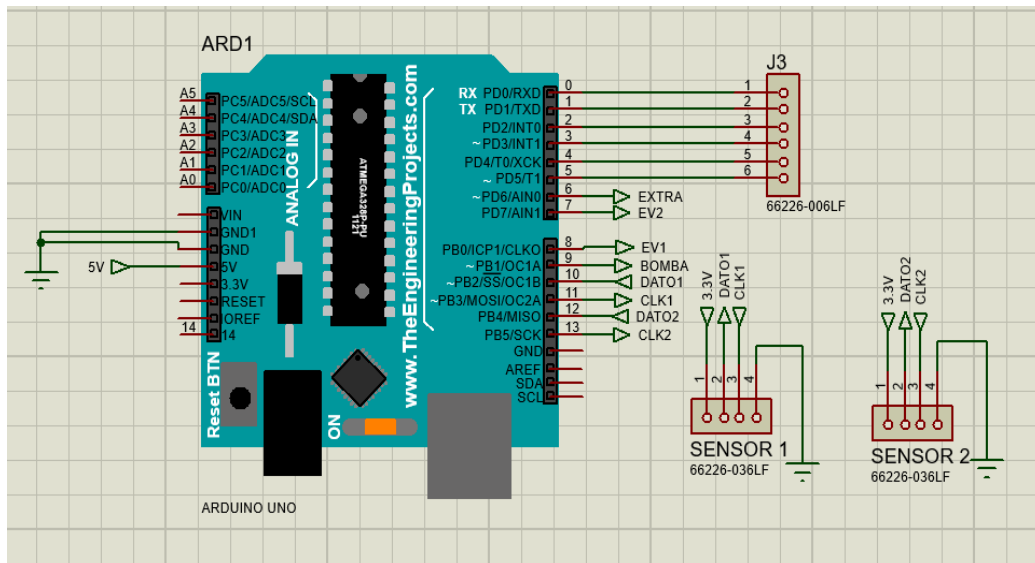


Figura 24 Distribución pines entrada salida Arduino Uno Atmega328

Ahora bien, para llevar a cabo la etapa de transición entre la parte de control y la parte de potencia se ha diseñado un sistema de opto-acoplamiento entre estas dos partes, para ello se ha hecho uso del circuito integrado PC817 Figura 25 .

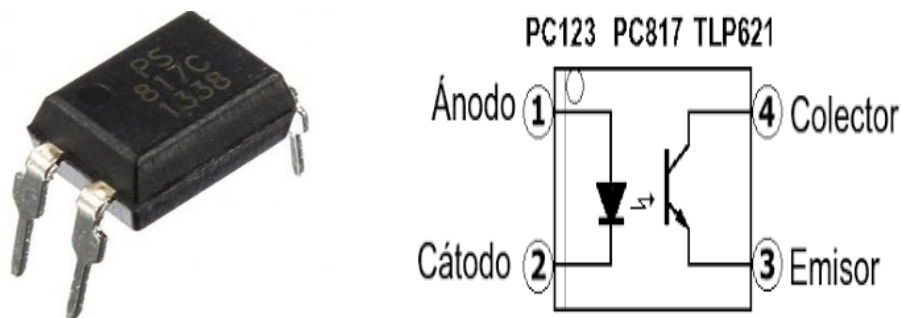


Figura 25 Circuito integrado PC817 (TIGER ELECTRONICS)

Y de acuerdo a los requerimiento detallados en la hoja de datos del circuito integrado este requiere un máximo de 1,4V por tal razón se debe instalar una resistancia que actúa como diferenciador de voltaje la misma que para este diseño es de  $1k\Omega$  y va a la entrada es decir al pin 1 del circuito integrado, además cuenta con un indicador led el mismo que servirá para interpretar cuando haya un evento de cambio de estado encendido – apagado o viceversa como se puede ver en la Figura 26

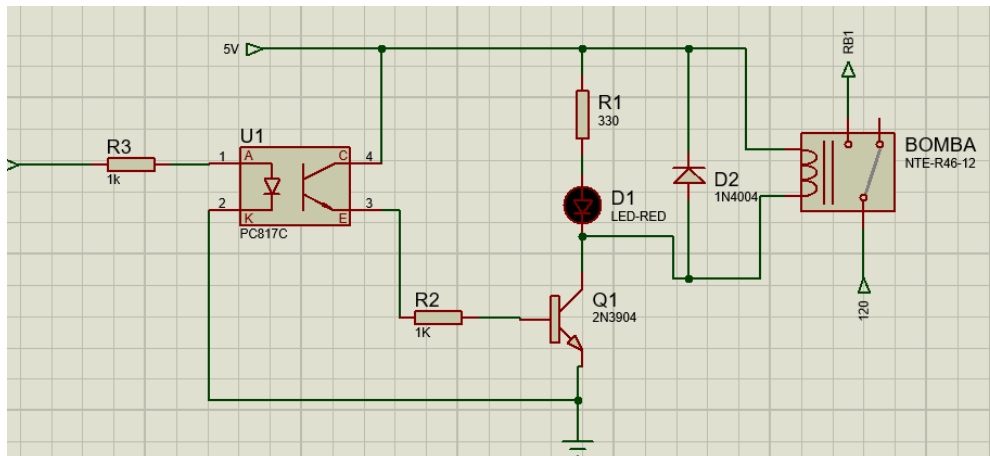


Figura 26 Diseño Sistema Optoacoplador

### 5.3.3.2 Etapa de Potencia

En esta etapa dentro del diseño como se puede ver en la Figura 27, se requiere alimentar y controlar 2 electroválvulas que operan a 110V 1A y una electrobomba que opera a 110V 6A, para ello se ha hecho necesario contar con un contactor con el objetivo de proteger el circuito de control del flujo de altas corrientes dejando netamente que la corriente requerida por la bomba fluya únicamente por el contactor directamente desde la red a la carga, ya que una de las virtudes de este elemento es precisamente el poder accionarse con baja corriente la misma que es suministrada cuando se acciona los relés de control, y poder operar a altas corrientes sin ningún problema.

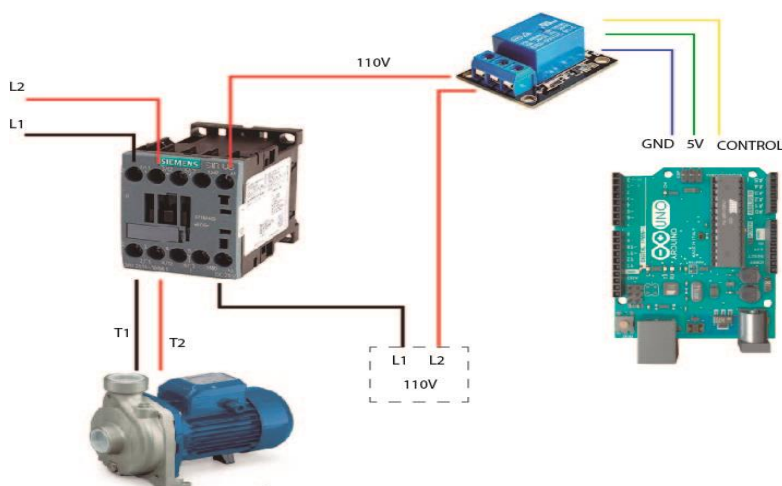


Figura 27 Instalación de motor

### 5.3.4 DESARROLLO DE APP PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO JARDÍN RESIDENCIAL

Como se mencionó anteriormente para llevar el desarrollo de la app se utilizó algunas de las herramientas de JavaScript que a continuación se detallan y que se pueden visualizar en Anexos en la Figura 51 :

- **Assets:** Contiene las imágenes que se encuentran dentro de la aplicación
- **Node\_modules:** Contiene todas las librerías y dependencias de node.js
- **Src:** carpeta principal del proyecto la cual contiene archivos html, CSS y js divididos en subcarpetas styles, views y js
- **Index.js:** archivo principal el cual crea todas las ventanas dentro de la aplicación y el cual se ejecuta primero.
- **Index.html:** archivo con el código de la pantalla principal de la aplicación
- **accionarManual.html:** archivo con el código de la pantalla para accionar manualmente e ingresar la hora de riego.
- **ingresarConfiguracion.html:** archivo que contiene la parte visual de la pantalla para configurar los coeficientes del jardín.
- **ingresarEspecies.html:** archivo que contiene el código para la parte visual de la pantalla para configurar las especies que tendrá el jardín.
- **Home.js:** archivo que contiene la parte lógica y principal de la aplicación la cual se encuentra funciones de almacenar, obtener tiempo desde la API de Darsky.
- **configurarEspecies.js:** archivo que contiene la parte lógica de la aplicación para almacenar y configurar las especies del jardín.

- **ConexiónSocket.js** archivo que contiene toda la lógica de conexión con el servidor de sockets que se conecta al hardware Arduino para la recepción y envío de señales al puerto serial, también se encuentra la lógica de funciones para automatizar el riego dependiendo de los valores recibidos de humedad de los sensores.

## 5.1 Estructura de control aplicación sistema de riego

Para llevar a cabo el proceso automático de riego el sistema está diseñado para mantener un comportamiento dinámico con una lógica de programación como se detalla en el siguiente diagrama de flujo, Figura 28, en donde el proceso se efectúa cada hora, y cada 3 segundos el servidor local se actualiza con datos obtenidos del sensor de humedad.

En este diagrama se puede visualizar los parámetros considerado dentro del algoritmo principal, para el manejo de las variables tanto de humedad de suelo como como los datos obtenidos mediante la APIs Darsky las mismas que en base a los cálculos realizados anteriormente y el uso de ecuaciones serán comparadas para ofrecer un dato final el cual servirá para cumplir una sentencia específica la misma que será enviada mediante comunicación serial hacia el Arduino Atmega el cual junto a un arreglo de optoacopladores y relés cumple la función de un PLC acondicionado para activar tanto la bomba de agua como las electroválvulas, y a su vez recibir y transmitir datos proporciona por los sensores de humedad de suelo SHT10 mediante comunicación serial hacia la raspberry pi 3 la misma que aloja el algoritmo principal de la aplicación como la interface grafica de la mima.

En el diagrama podemos verificar que se ha considerado pertinente que se efectuara el riego de forma inmediata y descartando los valores proporcionados por la API únicamente cuando los datos proporcionados por el sensor de Humedad de suelo estén por debajo del valor mínimo, es decir será este el único caso en el que se dará prioridad a un accionamiento inmediato, para la cual el algoritmo está en la capacidad de responder y llevar los datos mediante comunicación serial hacia el Arduino mismo que será el encargado de efectuar la sentencia para accionar tanto la bomba y la electroválvula que en base a los datos proporcionados por el sensor se determinara cuál de las dos electroválvulas se debe accionar.

El llamado hacia la API para recopilar información se hace cada hora con un barrido de datos correspondientes a las 12 horas siguientes de la hora actual todo esto con el objetivo de tomar



datos que nos permitan confirmar un posible caso de lluvia por lo que en base a los análisis se puede considerar lluvia si los datos de predicciones meteorológicas están por encima de un 40% de probabilidad.

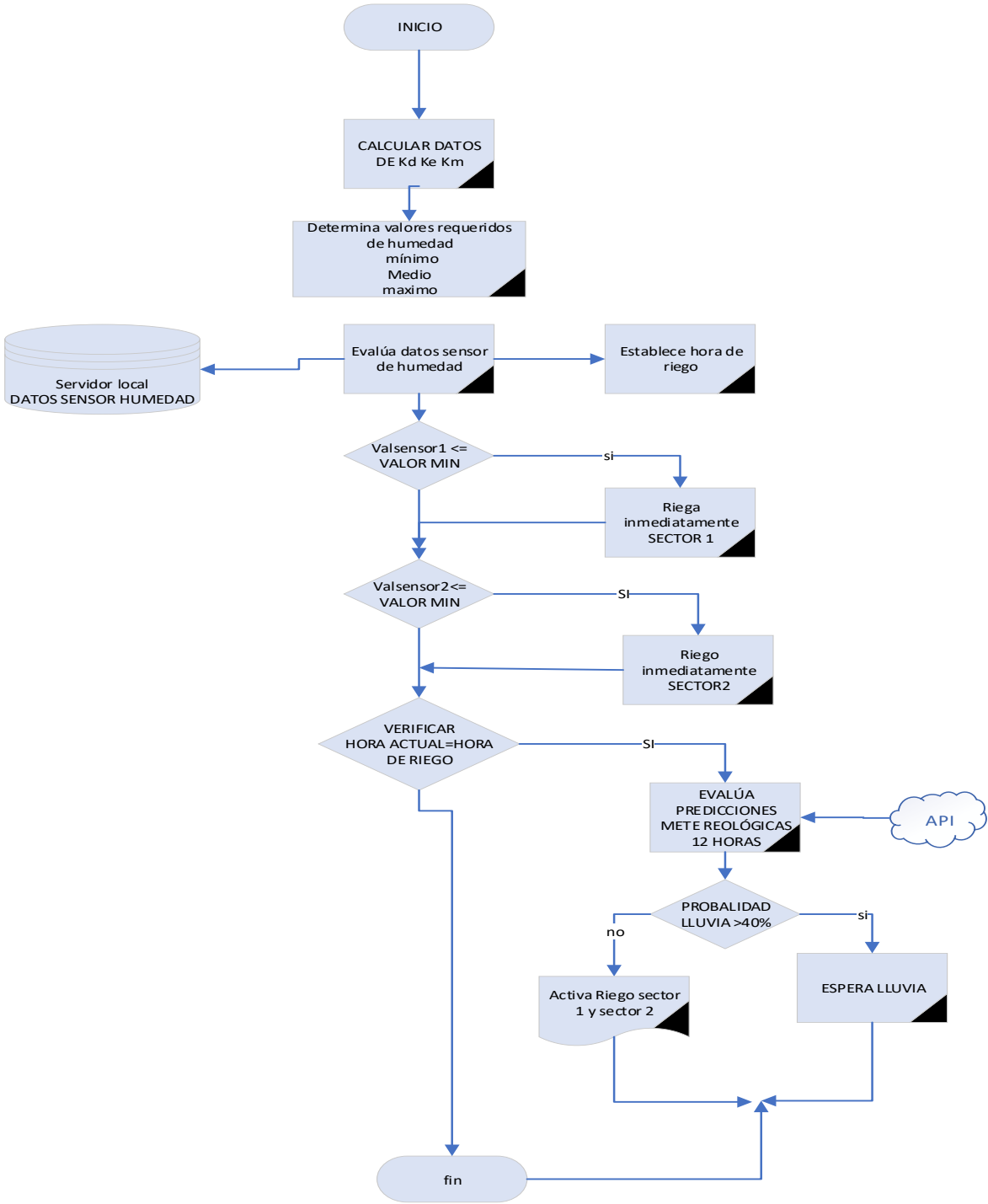


Figura 28 . Diagrama De Flujo aplicación

## 6. RESULTADOS

En este apartado se muestran cada uno de los resultados que se han obtenido una vez culminado el presente trabajo.

Con la finalidad de lograr un sistema de automatización capaz de contribuir a la optimización de recursos hídricos en jardines residenciales de manera autónoma el sistema responde a la siguiente estructura de control.

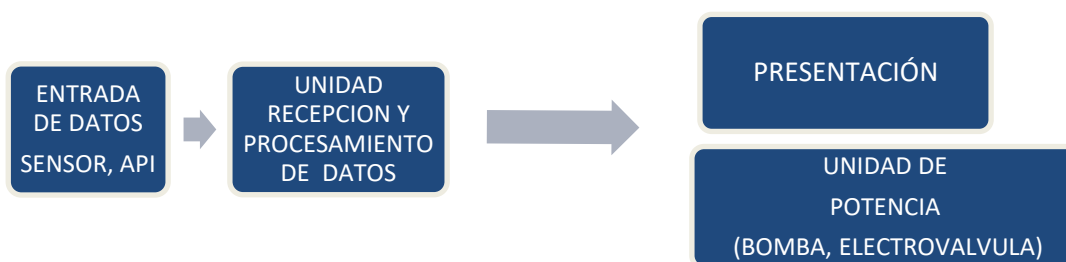


Figura 29 diagrama de bloque Sistema Autónomo

### 6.1 Unidad del prototipo para la recepción y procesamiento de datos

El poder crear sistema autónomo capaz de gestionar la optimización de los recursos hídricos mediante el control de sensores medidores de humedad de suelo y actuadores tales como bombas de agua y electroválvulas se procedió a la construcción diseño e implementación de la placa de control. Para ello con el uso del software para el desarrollo electrónico, simulación y PCB Proteus en su versión 8.8 se lleva a cabo la implementación del esquemático y obtención del PCB, el mismo que está estructurado de la siguiente manera:

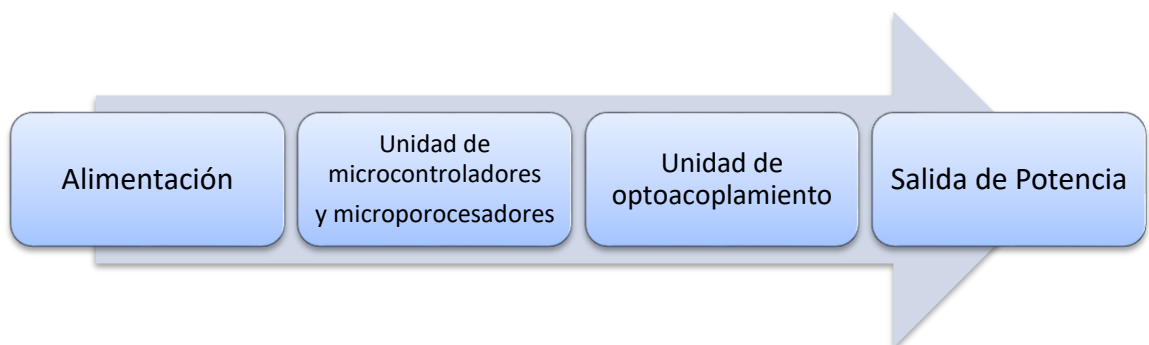


Figura 30 Estructura placa de control

Para la alimentación se ha hecho uso de una fuente de 12V la misma que es regulada por los reguladores de la serie LD1117 para obtener una salida de 3,3V y LM7805 para 5V y poder suministrar el voltaje necesario tanto al Arduino Uno Atmega328 como a los sensores de humedad de suelo, así como también para lo que es la alimentación de la raspberry pi esta requiere una fuente externa de 5V a 3A

Para la unidad de microcontroladores y microprocesadores se ha destinado un área para sus respectivo ensamblaje y distribución de pines.

Con lo que respecta a la etapa de opto acoplamiento se tiene 4 salidas diseñadas bajo las condiciones y requerimientos del circuito integrado PC817C cuyas entradas están conectadas a los pines 6, 7, 8 y 9 del Arduino y sus salidas van accionar relés a 5V de entrada y 120V de salida como podemos ver en las Figura 31 Figura 32



Figura 31 Placa PCB de control del sistema de riego.

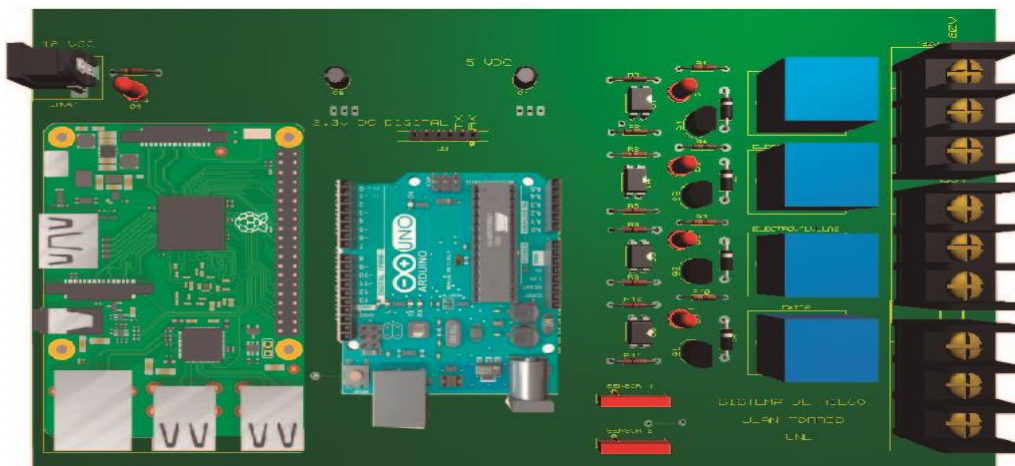


Figura 32 Ilustración 3D.

### **1.1.1 Comunicación arduino-sensor sht10**

Ahora bien, para llevar a cabo lo que es el censado de la humedad del suelo se trabajó do con las librerías acopladas al lenguaje de programación IDE de Arduino proporcionadas por colaboradores de SENSIRIONS empresa propietaria de las patentes pertenecientes al sensor SHT10.

Para lograr con este acometido teniendo una buena interpretación de los datos, y poder establecer la comunicación entre el Arduino Atmega328 y el sensor, y a su vez también establecer las condiciones para controlar el accionamiento tanto de las electroválvulas y motor, para ello se requirió desarrollar un código programado bajo la plataforma del IDE de Arduino misma que se rigió al siguiente diagrama de flujo. Figura 33

Una vez establecida la comunicación serial entre el Arduino y la Raspberry lo que se envía del Arduino son los datos obtenidos mediante el sensor de humedad valores que oscilan entre 0 a 100 mientras que desde la raspberry a través de la APP que más adelante se explicara a detalle, se recibe los caracteres “a” para accionar el motor conjuntamente con la electroválvula 1 “b” para accionar el motor conjuntamente con la electroválvula 2 y “o” para apagar las electroválvulas y la bomba

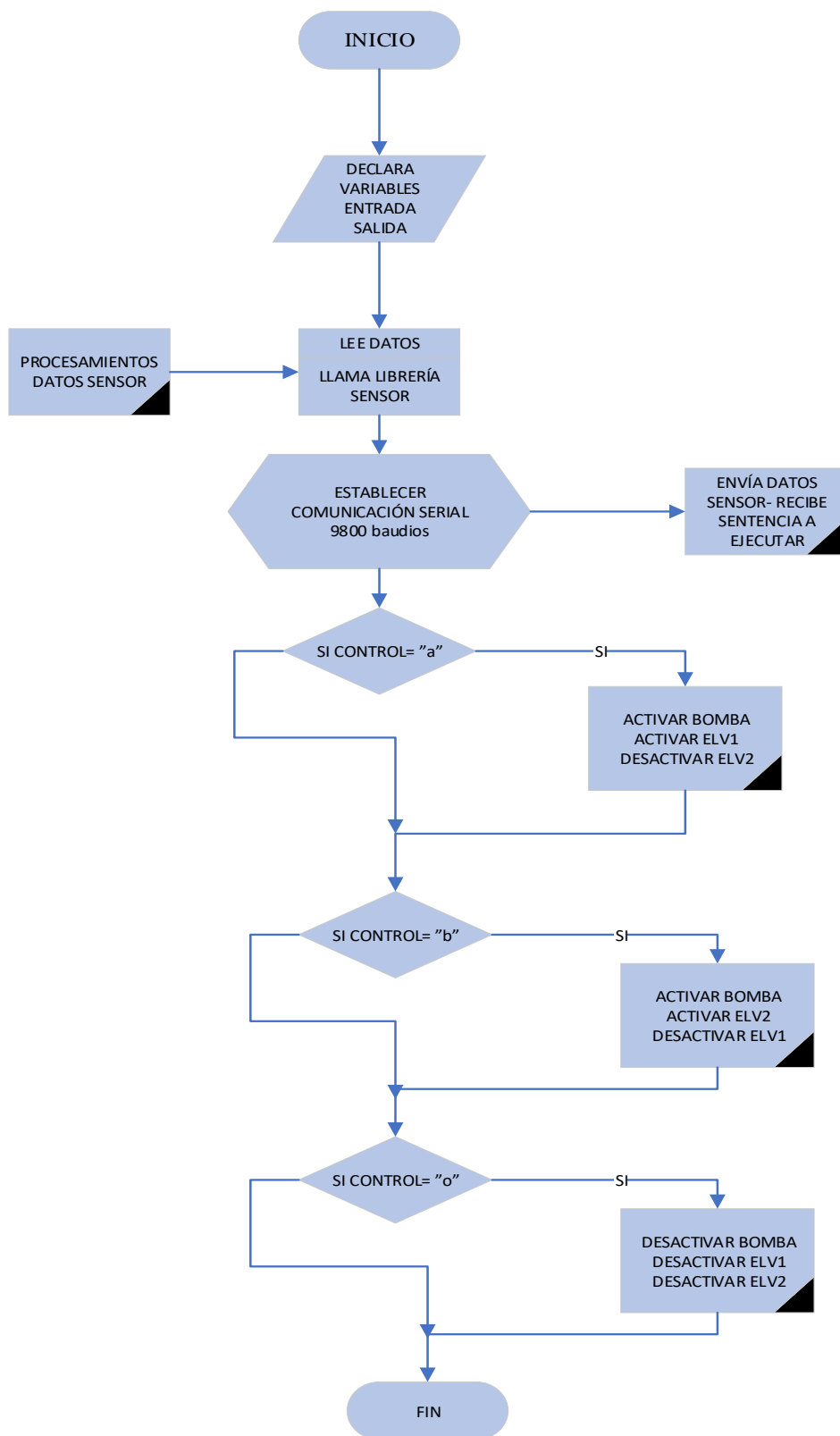


Figura 33 Diagrama de Flujo para control de bomba y electroválvulas

## 6.2 Obtención de la interfaz gráfica

Para llevar a cabo con el diseño de la interfaz gráfica como se mencionó anteriormente se utilizó la plataforma JavaScript y para lograr que sea lo más amigable con el usuario se ha considerado el diseño de 3 interfaz dentro de la misma aplicación para una mejor interacción con el usuario.

La interfaz principal permite al usuario visualizar los valores de precipitación y humedad obtenidos mediante la API Darksky.net así como también poder presentar los valores de humedad del suelo mismo que han sido enviados desde el Arduino mediante comunicación serial a servidor local creado para el efecto.

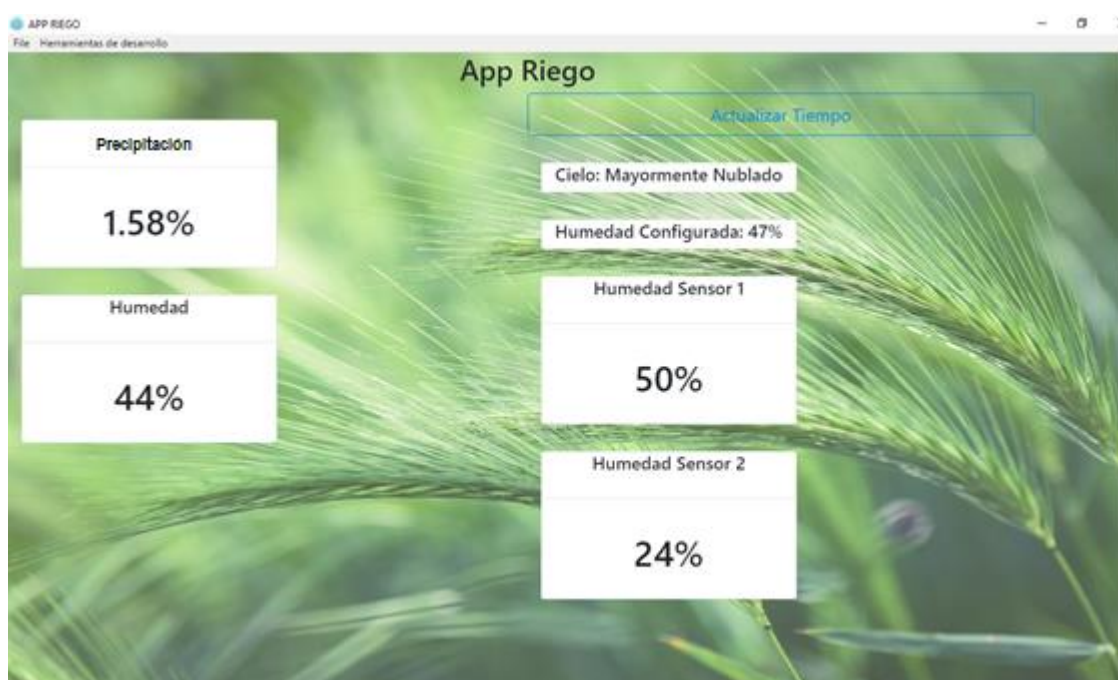


Figura 34 Ventana principal APP Riego

Posteriormente tenemos una segunda interfaz la misma que permite configurar los coeficientes de densidad y microclima estos valores se determinan en base a la densidad de vegetación que existe en la zona de riego y el clima de dicha zona el mismo que se ha clasificado como medio alto o bajo contando con un submenú para escoger cuantos tipos de vegetales se tiene en el jardín.



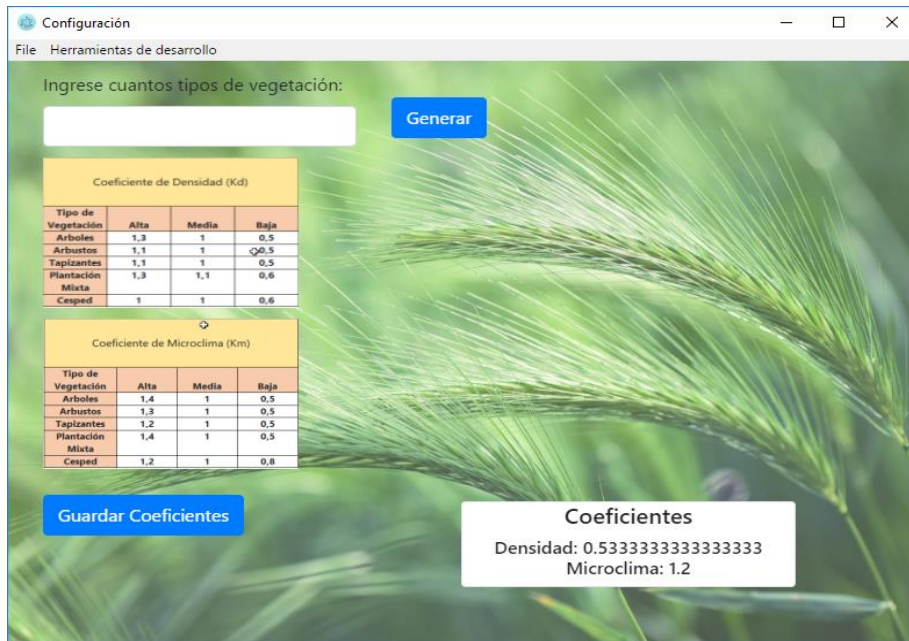


Figura 35 Configuración de coeficiente de densidad y microclima

Luego tenemos una tercera interfaz que es la que permite configurar los valores de del coeficiente de especie que está en función a cada uno de los vegetales existentes en el jardín; como se describió anteriormente estos valores fueron tomados previo análisis de la vegetación en terreno y posible siembra de nuevos vegetales comunes en la zona.

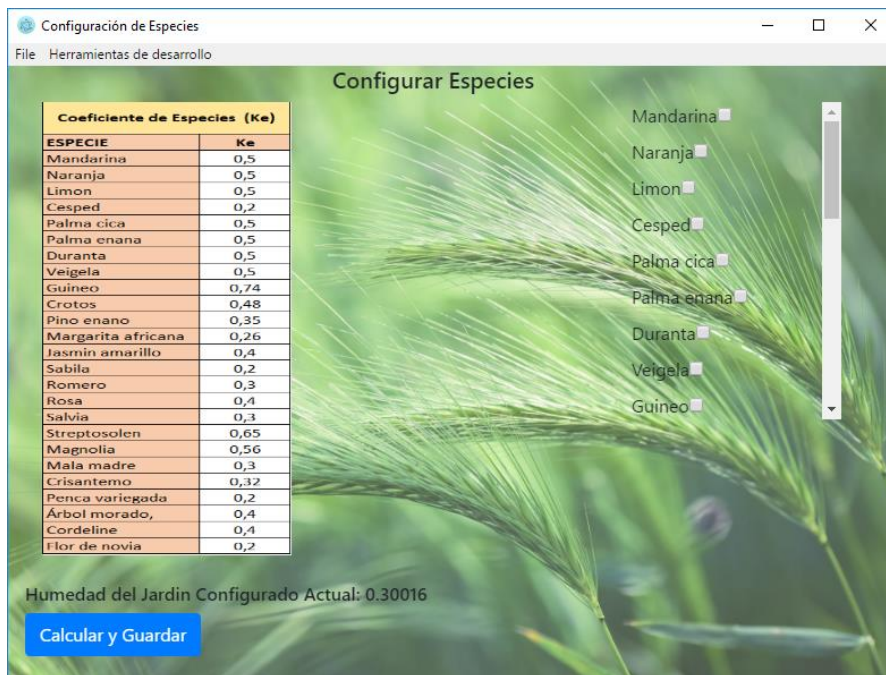


Figura 36 Interfaz de coeficientes de especie

Y por último contamos con una cuarta interfaz la misma que nos permite un accionamiento manual del sistema permitiendo así al usuario establecer un hora de riego y controlar el accionamiento de cualquiera de las electroválvulas existentes, esta situación surge debido a que es recomendable el riego en las mañanas o en las tardes en horas principalmente con más baja intensidad de rayos solares con el fin de evitar la evaporación del agua productos de las altas temperaturas, y pretendiendo generar mayor comodidad en el cliente.

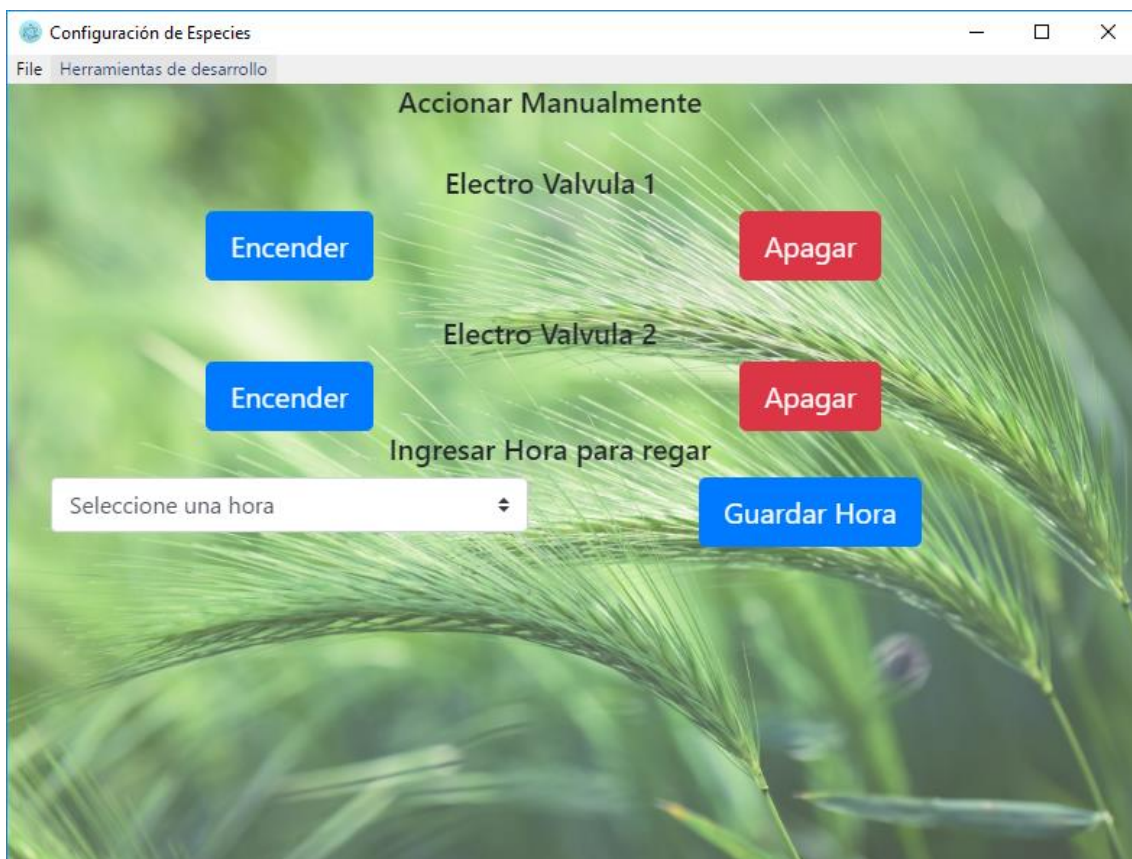


Figura 37 Interfaz de Accionamiento Manual.

### 6.3 Instalación de bomba y electroválvulas

Para llevar a cabo la instalación hidráulica y en base a la metodología mencionada anteriormente se hizo uso de material pvc la ducteria principal esta conformada por tubo de  $\frac{3}{4}$ " el mismo que viene conectado desde la cisterna la cual tiene capacidad para 1000 litros de agua; y la red secundaria consta de una tubería de  $\frac{1}{2}$ " pulgada.





Figura 38 Instalación de bomba y electroválvula

Una vez instalada la red se procedió a instalar los aspersores, que para este diseño se consideraron 5 aspersores, todos calibrados a 90°.



Figura 39 instalación de aspersores.

#### 6.4 Instalación de sensores de humedad de suelo

Como se había descrito anteriormente el diseño de este trabajo comprende de dos sensores de humedad los mismos que irán ubicados en cada sector de riego, para llevar a cabo la instalación y ayudar a proteger la parte electronica de los sensores estos incluyen un capuchon metalico ideal para ser soterrados, pero para protección y mayor durabilidad del dispositivos



se a considerado adecuarlos con materiales pvc como son teflon en la parte de la rosca del dispositivo y cinta autofundente en la parte que conecta al cable con el sensor para evitar que la humedad destruya la electronica del dispositivo Figura 40.



*Figura 40 Aislamiento de Sensores*

Una vez hecho esto se procedió a instalar los sensores en sus respectivas zonas de riego, para ello únicamente la parte que comprende el capuchón metálico es soterrada la demás parte del sensor puede quedar a la intemperie por esta razón es que es recomendable cubrir con cinta autofundente.



*Figura 41 Soterramiento de Sensores de humedad*

Posterior a ello se procedio a adecuar el módulo de control, que contiene internamente la raspberry pi 3 el arduino Uno Admega328 y la placa de control que se explico anteriormente, incluido una pantalla lcd touch de 7 pulgadas que permite la interacción del usuario con el sistema cumpliendo asi uno de los objetivos plateados para llevar a cabo es presente proyecto.



Figura 42 Módulo de Control Sistema de Riego

### 6.5 Visualización Interfaz gráfica del sistema de riego

Se procedio a evaluar los resultados en campo en la *Figura 43* se puede visualizar que el sensor 1 esta por debajo de la media (valor que de acurdo a los cálculos obtenidos es de aproximadamente 30% como mínimo y 71% como normal), por lo tanto el sistema, toma la decisión en este caso debe ser inmediata para la cual activa la bomba y etrovalvula 1 como se puede ver en la *Figura 44*





Figura 43 Interfaz gráfica sensor 1 menos al valor mínimo

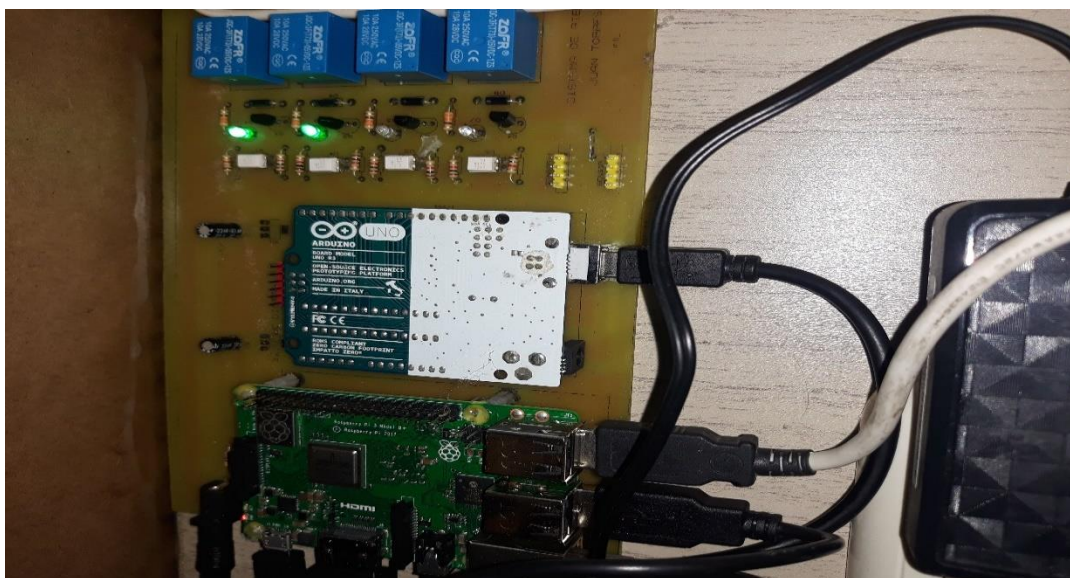


Figura 44 Indicador led encendido de bomba y electroválvula 1

En la *Figura 45* se puede ver los resultados de humedad del suelo tanto en el sensor 1 como en el dos en optimas condiciones por lo tanto el sistema se mantendria apagado o se esperaria lluvia pero como nos podemos dar cuenta el valor de precipitacion es muy bajo casi nula como para creer que va a llover, ya que para este diseño se hace un análisis de las próximas 12 horas para determinar los niveles de precipitación; si estos valores fueran mayores al 60%, hay la posibilidad de que pueda llover sobre un 60% del territorio para el cual se han seteado las coordenadas.

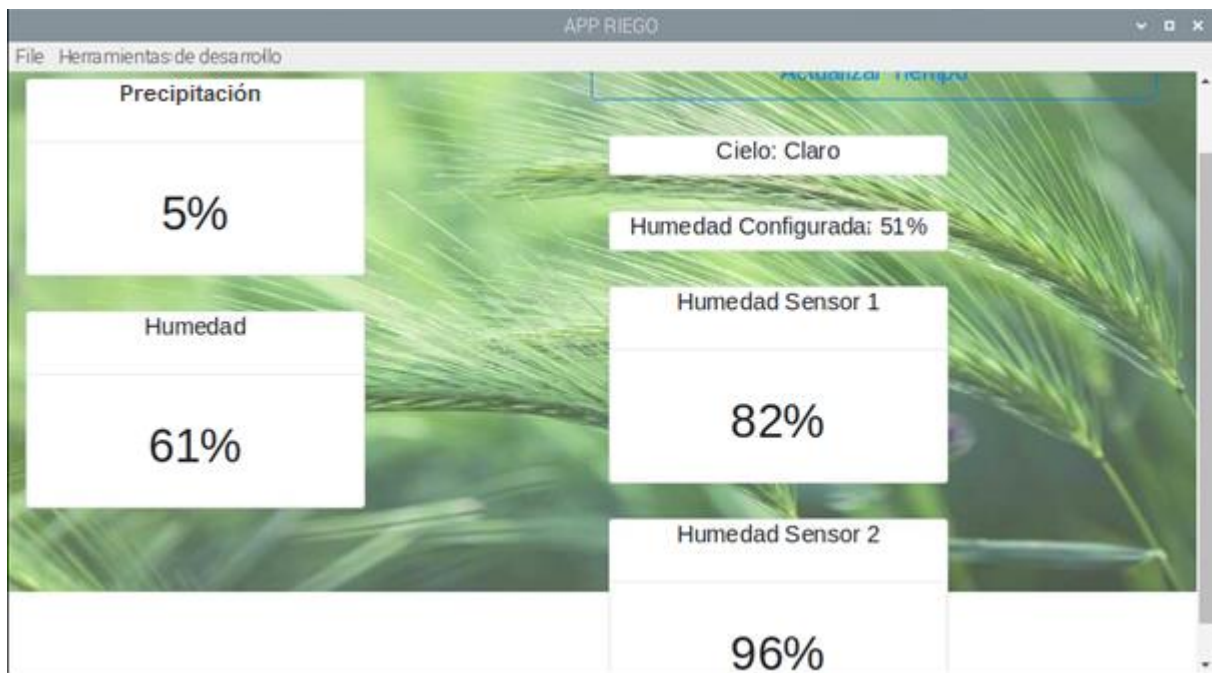


Figura 45 Presentación resultados Humedad de suelo y precipitación

## 6.6 Evaluación del Prototipo de Riego

En este proceso se procedió a sacar los sensores de la tierra para visualizar la respuesta de los sensores al no estar en contacto directo con la zona de riego y se obtuvo el siguiente resultado Figura 46

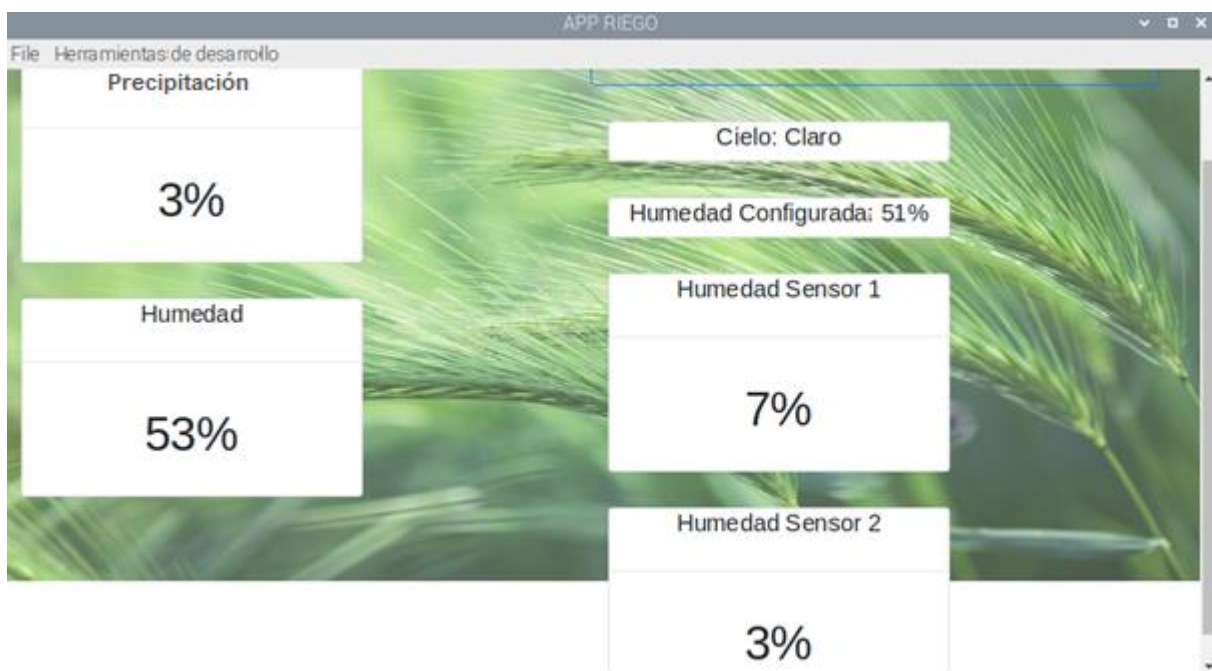


Figura 46 Sensores fuera de zona de Riego

Posteriormente se procedió hacer una prueba de desabastecimiento de tanque cisterna con un sensor dentro de una de las zonas de riego (Sector 1) y el otro fuera de la zona de riego, teniendo como resultado en primera instancia al ubicar el sensor en la zona de riego un valor del 53% de humedad posterior aproximadamente transcurridos unos 6 minutos se obtuvo ya un aproximado a el valor máximo calculado 75% y luego aproximadamente transcurrido unos 18 minutos se culminó totalmente de desabastecer el tanque cisterna teniendo un 94% de humedad vs un 5% del sensor fuera de la tierra.

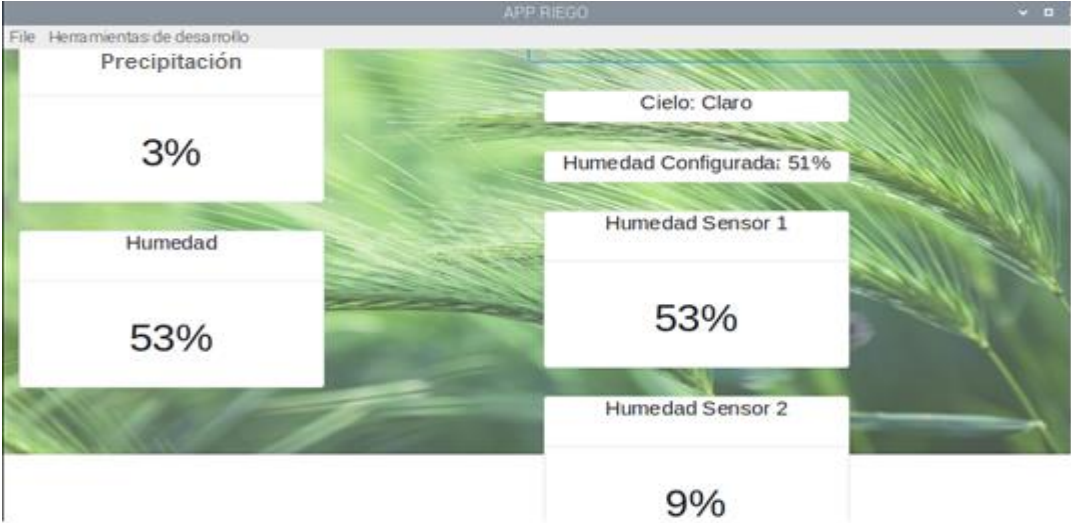


Figura 47 Inicio desabastecimiento de Tanque

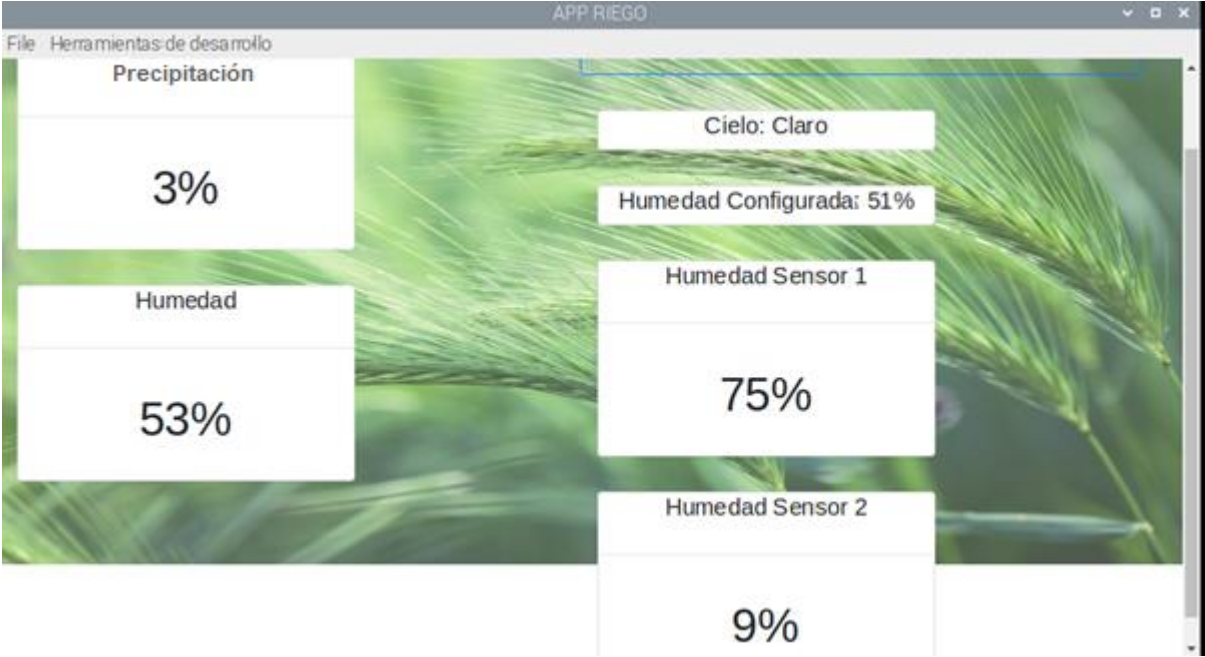


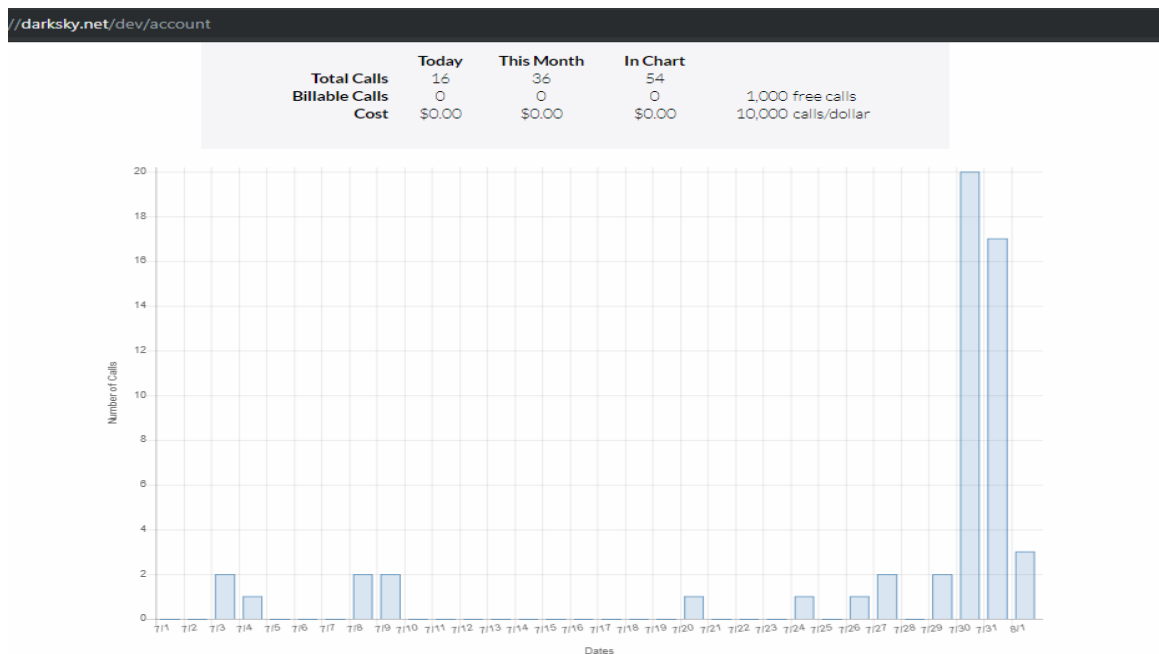
Figura 48 Comparativa con valor máximo Calculado





**Figura 49** Resultado desabastecimiento de tanque

Por otro lado, la API nos ofrece un cuadro de barras en base a los llamados que se haya hecho desde la aplicación para tener un control del tráfico de llamados que se haya hecho en total.



**Figura 50** Resultado De llamados desde App a Darksky

Fuente: Recuperado de <https://darksky.net/dev/account> (2019)

## 6.7 Presupuesto

Tabla 14  
Presupuesto Materiales

| Cantidad | Especificación de Materiales                       | Precio (Dólares) | Precio Total (Dólar) |
|----------|--|------------------|----------------------|
| 1        | Raspberry Pi 3 (microsd 32 gb+cargador+case)       | \$ 75,00         | \$ 75,00             |
| 1        | Arduino Uno  | \$ 25,00         | \$ 25,00             |
| 2        | sensor de humedad de suelo                         | \$ 48,00         | \$ 96,00             |
| 1        | electrobomba de agua                               | \$ 150,00        | \$ 150,00            |
| 1        | lcd touch 8" raspberry                             | \$ 80,00         | \$ 80,00             |
| 1        | router   | \$ 30,00         | \$ 30,00             |
| 2        | electroválvulas                                    | \$ 45,00         | \$ 90,00             |
| 1        | Materiales eléctricos (tomacorrientes, cable, etc) | \$ 200,00        | \$ 200,00            |
| 10       | tubo pvc 1/2"                                      | \$ 6,00          | \$ 60,00             |
| 5        | aspersores   | \$ 5,00          | \$ 25,00             |
| 50       | cable sensores metros                              | \$ 1,25          | \$ 62,50             |
| 1        | varios (impresiones, anillados, empastados, papel) | \$ 250,00        | \$ 250,00            |
| Total    |  |                  | \$ 1.143,50          |



## 7. DISCUSIÓN

Es importante que si se va a levantar las instalaciones de un jardín se considere muy bien el tipo de vegetación que se va a sembrar con la intención de sectorizar de mejor manera los vegetales y establecer hidrozonas en función de los requerimientos de agua de cada familia de vegetales, esto con la finalidad de obtener coeficientes de especies similares y para que al momento de la irrigación no sufran por histéresis las plantas con coeficientes menos favorables.

El poder trabajar con herramientas de la plataforma JavaScript facilita muchísimo poder desarrollar interfaz gráfica ya que una de las ventajas de esta herramienta es que nos permite trabajar con eventos volviéndose más dinámica la programación porque nos permite reutilizar líneas de código optimizando el tiempo de desarrollo, y a su vez poder crear script que nos faciliten establecer la dinámica de la aplicación en desarrollo es decir nos permite trabajar con múltiples interfaz dentro de la misma APP.

La API Darksky en el presente proyecto ha sido de gran ayuda primero por ser una de las API que permite mayor número de llamadas, así como también se alimenta de múltiples fuentes de información meteorológica principalmente satelitales, aunque también se alimenta de aporte de estaciones meteorológicas, respaldada principalmente por el centro meteorológico canadiense y su sistema GEPS (Sistema de Predicciones de Conjunto Global) así como también NOAA de Estados Unidos con sus múltiples sistemas permitiendo lograr cumplir con uno de los objetivos que es el acceso a la información de predicciones meteorológicas sean estas por minuto por hora incluso días y sobre todo tener a disposición un aproximado de 1000 llamadas gratuitas suficientes para poder respaldar la validación de este proyecto.

En vista a los resultados obtenidos nos podemos dar cuenta que se ha logrado obtener una interfaz gráfica amigable con el usuario permitiéndole tener un control más adecuado de los recursos hídricos.

Se pudo evaluar y corroborar el margen de error que prestan los sensores en base a las pruebas realizadas con el sensor dentro y fuera de la zona de riego teniendo así las perspectivas de un margen de error de aproximadamente 4% RH corroborando de tal manera que están bien calibrados ya que su hoja técnica así lo indica.

Mediante las pruebas realizadas se ha podido evidenciar que con un máximo de 8 minutos por zona de riego se podría obtener ya un 70% de humedad valor razonable para logra una vegetación que ofrezca un buen impacto visual y amigables con los transeúntes.

El contar con tecnologías OPEN SOURCE al alcance de nuestras manos permite que se puedan llevar a cabo soluciones con equipos relativamente mucho más accesibles tal es el caso de este proyecto que cuenta con un microcomputador como es la raspberry pi 3 y un microcontrolador como lo es el Arduino Uno Atmega328 dos elementos desarrollados bajo estándar OPEN SOURCE y que hoy por hoy han ganado gran popularidad por su versatilidad al momento de implementar soluciones.

## 8. CONCLUSIONES

El poder contar con un sistema de control automatizado que permita aprovechar al máximo las funcionalidades de transductores (Sensores) y actuadores (Bomba de Agua, Electroválvulas), nos ha permitido lograr construir un prototipo destinado al riego de parques y jardines capaz de ser autónomo y eficiente, por lo que nos podemos dar cuenta la gran importancia que estos elementos tienen en el campo de la automatización ya que esto nos permite poder trabajar con variables medibles y a la vez acoplarlas a los requerimientos del usuario final; como es nuestro caso en el que se ha podido suministrar el agua necesario requerida por la vegetación existente en nuestro jardín, gracias a los valores proporcionados con respecto a la humedad del suelo por el sensor SHT10, datos que son enviados y analizados internamente por la aplicación desarrollada para el efecto, la misma que decidirá cuando activar o desactivar la bomba y las electroválvula.

Para este proyecto de titulación haber trabajado con herramientas de programación y desarrollo de aplicaciones como las que ofrece JavaScript ha sido muy útil ya que ha permitido desarrollar una interfaz gráfica dinámica q facilita la interacción del sistema con el usuario, teniendo una perspectiva de lo que está pasando en el entorno HMI (Interfaz Hombre Máquina).

A través de este proyecto se ha logrado comprender la gran importancia que hoy por hoy tiene las tecnologías OPEN SOURCE ya que están al alcance y disposición de cualquier persona interesada en el desarrollo para ser modificadas y acondicionadas a su conveniencia y poder coadyuvar a dar soluciones a problemas existente en el medio, tal es el caso de la API Darksky que permite tener información proporcionada tanto por satélites como por estaciones meteorológicas prácticamente de manera gratuita, logrando así poder cumplir con el acceso a información meteorológica tanto de tiempos presentes como futuros gracias a sus fuentes colaboradoras hacen de Darksky una API muy robusta.

Además, a través de este proyecto de titulación se ha logrado obtener un prototipo en su mayor parte respaldado con tecnología OPEN SOURCE, pudiendo de esta manera ser más flexible para a futuro mejorar sus características ya que la interfaz gráfica que lo constituyen es multiplataforma.

## **9. RECOMENDACIONES**

Al momento de trabajar con sensores se recomienda tener mucho cuidado con la sensibilidad al ruido que estos puedan presentar tal es el caso de sensor SHT10 de la familia SHT1x para el cual se tuvo que considerar cable control apantallada para lograr una mejor estabilidad en los datos que se transmiten.

Tener muy presente el tipo de vegetación que se va a sembrar en un jardín urbano con el objetivo de evitar que se llegue a tener vegetación que requiere de muchos más recursos hídricos que los que a nuestras viviendas les proveen.

Hay que destacar que este proyecto está diseñado para el control de áreas de riego en zonas residenciales es decir zonas de un área limitada de vegetación, ya que si este sistema fuera implementado en sectores agrícolas donde la demanda de terrenos supera algunos cientos de metros cuadrados los costos de implementación serían muy elevados debido al incremento de sensores y cableado, aunque se podría mitigar si se utilizara tecnología inalámbrica.

Desarrollar con tecnología OPEN SOURCE puede resultar hasta cierto punto muy beneficioso porque por lo general se cuenta con una red de colaboradores muy amplia a nivel mundial que diseñan desarrollan y comparten información en la red, misma que puede ser utilizada para múltiples propósitos abriendo un mundo sinfín de posibilidades para un mejor futuro con tecnologías más limpias y amigables con el ambiente.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

(s.f.). Recuperado el 26 de julio de 2019, de <https://serialport.io/>

*areatecnologia*. (03 de ABRIL de 2008). Recuperado el 20 de JULIO de 2019, de areatecnologia: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/imagenes/contactor.jpg>

ATERO, O. T. (2013). *ARDUINO CURSO PRACTICO DE FORMACION*. MEXICO: ALFAOMEGA.

Bolton, W. (2002). *MECATRONICA, Sistemas de control electronico e ingenieria mecanica y electrica*. Barcelona: SA Marcombo.

Bolton, W. (2006). *Programmable Logic Controllers*. NEW YORK: ELSEVIER.

Daneri, P. A. (2008). *PLC Automatizacion Control Industrial*. Argentina: HASA.

*devcode*. (s.f.). (devcode) Recuperado el 26 de julio de 2019, de devcode: <https://devcode.la/blog/que-es-nodejs/>

*disenowebakus.net*. (s.f.). *akus.net diseño web*. (disenowebakus.net) Recuperado el 26 de julio de 2019, de akus.net diseño web: <https://disenowebakus.net/javascript.php>

Donat, W. (s.f.). *Learn Raspberry Pi Programming with Python*. Friends of Apress.

Douarain, M. L. (2001 -2016). *ClassicLadder project*. Recuperado el 25 de JUNIO de 2019, de <https://sites.google.com/site/classicladder/home>

Duque, R. G. (s.f.). *Python para todos*. Creative Commons Reconocimiento 2.5 España.

Eben Upton (cocreador de Raspberry) ,Gareth Halfcree. (s.f.). *Raspberry Pi Guia de Usuario*.

Edwar, C. M. (2017). Metodos para medir la humedad del suelo para la programación . (Az1220s).

*electronjs*. (s.f.). (electronjs) Recuperado el 26 de JULIO de 2019, de electronjs: <https://electronjs.org/>

*element14*. (29 de febrero de 2016). Recuperado el 15 de julio de 2019, de element14: <https://www.element14.com/community/servlet/JiveServlet/showImage/102-80899-14-252356/Pi3.png>

- Fernández, A. Martín. R. Avila Ma.Truela. R. Plaza A. Navas. R. (s.f.). *MANUAL DE RIEGO DE JARDINES*. Córdoba: JUNTA DE ANDALUCIA Edicion S.I.
- García, I. y Briones, G. (2007). *Sistema de Riego por Aspercion y Goteo*. Mexico, Mexico: EDITORIAL TRILLAS.
- GAUCHAT, j. D. (2012). *El gran libro de HTML5 CSS3 y Javascríp*. GRAN VIA DE LAS CORTES CATALANAS BARCELONA: MARCOMBO.
- Gonzalez, O. (04 de julio de 2011). *bricogeek.com*. Recuperado el 24 de JUNIO de 2019, de <http://blog.bricogeek.com/noticias/arduino/conexion-entre-arduino-y-plc-omron/>
- hubor-proteus*. (s.f.). Recuperado el 26 de julio de 2019, de <http://www.hubor-proteus.com/>
- IBM. (s.f.). (IMB) Recuperado el 26 de julio de 2019, de IBM: <https://www.ibm.com/developerworks/ssa/opensource/library/os-nodejs/index.html>
- INAMHI. (s.f.). *SERVICIO DE METEREOLOGIA DEL ECUADOR*. (ministerio de agricultura, acuicultura y pesca del ecuador) Recuperado el 12 de JUNIO de 2019, de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/la-institucion/>
- IRRIGATION, G. (5 de DICIEMBRE de 2018). *GRITEC IRRIGATION* . (GRITEC IRRIGATION ) Recuperado el 20 de JULIO de 2019, de GRITEC IRRIGATION : <http://www.gritec.com.mx/sistema-de-riego-por-aspersion/>
- James F. Kurose, Kate W. Rose. (2010). *REDES DE COMPUTADORAS*. Madrid. España: PEARSON.
- Jean-François Pillou,. (02 de 02 de 2012). *CCM*. (CCM) Recuperado el 22 de JULIO de 2019, de CCM: <http://es.ccm.net/contents/818-redes-inalambricas>.
- JORGE, B. y VEGA, I. (2005). *CURSO DE RIEGO PARA AGRICULTORES*. Argentina: ARTES GRAFICAS PALERMO. SL.
- Josep Balcells, Jose Luis Romeral. (2002). *Automatas Programables* . Barcelona: Marcombo .
- Kenkeiras. (2010). De 0 Python. *Hack X crack*.
- Mark J Guzdial. Barbara Ericson. (2003). *introduccion a la computacion y programacion* . Mexico: Pearson Educacion .

*materialesriegos*. (02 de 02 de 2015). (materialesriegos) Recuperado el 22 de julio de 2019, de materialesriegos: <https://www.materialesriegos.com/Materiales-de-Riegos/Goteros-Microaspersion/Microaspersion>

miliarium. (julio de 2004). *miliarium*. (Miliarium Aureum, S.L.) Recuperado el 2 de JULIO de 2019, de [http://www.miliarium.com/monografias/sequia/Metodos\\_Riego.htm](http://www.miliarium.com/monografias/sequia/Metodos_Riego.htm)

Pi3, R. (2018). *Raspberry Pi3*. (Raspberry Pi3) Recuperado el 26 de julio de 2019, de Raspberry Pi3: <https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf>

*programacion.net*. (s.f.). (programacion.net) Recuperado el 26 de JULIO de 2019, de programacion.net: [https://programacion.net/noticia/electron-\\_el\\_framework\\_javascript\\_para\\_aplicaciones\\_de\\_escritorio\\_2221](https://programacion.net/noticia/electron-_el_framework_javascript_para_aplicaciones_de_escritorio_2221)

Purdum, P. J. (2012). *Beginning C for Arduino*. New York: Apress\*.

Rdriguez, A. (2007). *Sistemas SCADA 2da Edicion*. BARCELONA ESPAÑA: MARCOMBO.

*RIEGO POR GOTEO*. (02 de 04 de 2018). (RIEGO POR GOTEO) Recuperado el 22 de JULIO de 2019, de RIEGO POR GOTEO: <https://www.riegoporgoteo.online/wp-content/uploads/2018/10/riego-por-goteo-para-huerta.jpg>

*RIEGO POR GOTEO*. (02 de 04 de 2019). (RIEGO POR GOTEO) Recuperado el 22 de julio de 2019, de RIEGO POR GOTEO: <https://www.riegoporgoteo.online/>

Rodó, D. M. (s.f.). *El Lenguaje Python*. universidad Oberta de Cataluña.

Rosa M Rodriguez, Benito Agueda, Adelaida Portete. (2004). *Metereologia y Climatologia*. Madrid: FECYT.

Salas, A. F., Salas, A. F., Urrestarazu, L. P. . (5 de AGOSTO de 2018). *OPEN COURSE WARE UNIVERSIDAD DE SEVILLA*. (OPEN COURSE WARE UNIVERSIDAD DE SEVILLA) Recuperado el 22 de JULIO de 2019, de OPEN COURSE WARE UNIVERSIDAD DE SEVILLA: [http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%207.%20Bombas/tutorial\\_06.htm](http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%207.%20Bombas/tutorial_06.htm).

SANTOS L , VARELO J, PICORNELL M , TARJUELO A. (2004). *EL RIEGO Y SUS TECNOLOGIAS*. España: EUROPA-AMERICA en Lisboa.

School, C. A. (2012). *The raspberry Pi Education Manual*. BCS, The Chartered Institute for IT.

SENSIRIONS. (2011).

*socket*. (s.f.). (socket) Recuperado el 26 de JULIO de 2019, de socket: <https://socket.io/>

Stallings, W. (Madrid). *COMUNICACIONES Y REDES, Séptima edición*. 2004: Pearson Educacion S.A.

Tenenbaum, A. S. (2012). *Redes de Computadoras*. Mexico: Pearson Educación .

*TIGER ELECTRONICS*. (s.f.). Recuperado el 26 de JULIO de 2019, de PC817 SERIES: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/826266/TGS/PC817C.html>

TINSA. (06 de 06 de 2016). *TINSA EQUIPO DE RIEGO*. (TINSA EQUIPO DE RIEGO) Recuperado el 22 de JULIO de 2019, de TINSA EQUIPO DE RIEGO: <http://www.tinsa.com.mx/aspersores.html>

VALENCIA, U. D. (s.f.). *Redes de comunicación: Topología y enlaces*. VALENCIA.

[www.RaspberryPi.org](http://www.RaspberryPi.org). (01 de mayo de 2012). *the MagPi magazine*. (the MagPi) Recuperado el 29 de junio de 2019, de <https://www.raspberrypi.org/magpi/issues/>

*YTIMG*. (4 de diciembre de 2018). (YTIMG) Recuperado el 22 de julio de 2019, de YTIMG: <https://i.ytimg.com/vi/qcmB7YRpoFw/maxresdefault.jpg>



## 11. ANEXOS

### 11.1 ESTRACTO DE PROGRAMACION EN JAVASCRIPT Y SUS LIBRERIAS

**Package.json:** archivo principal el cual contiene el nombre de las librerías y paquetes utilizados dentro de la aplicación.

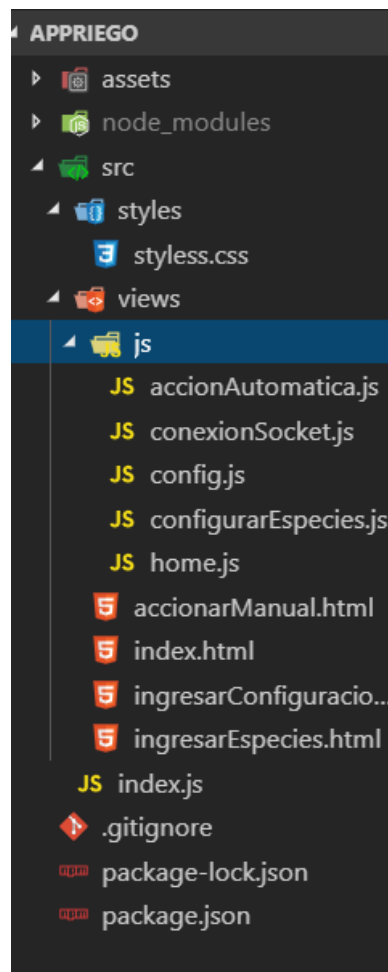


Figura 51 Directorio App (Elaboración propia)

## Index.js

Este archivo es creado para poder ejecutar y levantar la pantalla principal de la aplicación.

```
// ventana principal
app.on('ready', ()=>{
  mainWindow = new BrowserWindow({
    webPreferences: { // para poder utilizar nodeJS en cada ventana
      // allow code inside this window to use use native window.open()
      nativeWindowOpen: true,
      nodeIntegration: true,
    },
  });
  //
  // mostrar index.html
  //
  mainWindow.loadURL(url.format({
    pathname: path.join(__dirname, 'views/index.html'), //concatenar
    protocol: 'file', //protoco de carga
    slashes: true
  }));

  // navegacion
  // menu a partir de un arreglo
  const menuPrincipal = Menu.buildFromTemplate(templateMenu);
  Menu.setApplicationMenu(menuPrincipal);

  mainWindow.on('closed', ()=> { // escuchar que se cierre toda la aplicacion
```

Figura 52 Extracto index.js

## Index.html

Permite la construcción visual para la ventana principal de la aplicación.

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">

<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="ie=edge">
  <title>APP RIEGO</title>
  <link rel="stylesheet" href="../../node_modules/bootstrap/dist/css/bootstrap.min.css">
  <link rel="stylesheet" href="../styles/styleless.css">
  <script src="../index.js"></script>
  <script src="js/home.js"></script>
  <!-- <script src="js/accionAutomatica.js"></script> -->
  <script src="../../views/js/conexionSocket.js"></script>
</head>

<body class="">
  
  <div class="container contenedor">
    <h2 class="text-center">App Riego</h2>
    <div class="row">
      <div class="col">
        <div class="row">
          <div class="card carddesing" style="width: 18rem;">
```

Figura 53 Extracto de index.html

## Home.js

Desde aquí se configuran las coordenadas y la cabecera para permitir la comunicación entre el Aplicación de Sistema de Riego y la API Darsky con la finalidad de actualizar los datos de la precipitación.

```
const config = {
  url: "https://api.darsky.net/forecast/",
  apikey: "cd747cc8303ae0aea22c1b4182eea273",
  latitud: "-4.005837",
  longitud: "-79.188261",
  unidades: "?units=si"
};

//Step 1 - Set the headers
var headers = {
  'User-Agent': 'Super Agent/0.0.1',
  'Content-Type': 'application/x-www-form-urlencoded'
}
```

Figura 54 Configuración Url

Luego se crea la función para obtener datos del archivo json de tiempo almacenados anteriormente y presentarlos dentro de la aplicación.

```
function obtenerStorage(){
  storage.get('tiempo', function(error, data) {
    var console = console;
    console.log(data);
    var presipitacion = (data.currently.precipIntensity)*100;
    var humedad = (data.currently.humidity)*100;
    if (document.getElementById('presipitacion') && document.getElementById('humedad')) {
      document.getElementById('presipitacion').innerHTML = presipitacion+'%';
      document.getElementById('humedad').innerHTML=humedad+'%';
    }
  })
}
```

Figura 55 obtención de datos de predicciones almacenados internamente

## Conexionsockets.js

Se ha creado un servidor local con la finalidad de almacenar la información que se recibe de los sensores de humedad del suelo para ello se utiliza la función (io.connect) que permite conexión al servidor de sockets Figura 56 y dentro de este mismo archivo están las sentencias que permiten la comunicación con el servidor y el Arduino para que enciendan las electro válvulas.

```
// librerias para conexion de sockets
const io = require('socket.io-client');
var socket = io.connect('http://localhost:3000');
```

Figura 56 Conexión al servidor local

```
// funciones para enviar dato al arduino
// encender bomba 1
function encenderBomba1() {
  console.log('se ejecuto');
  var data = {
    value: 'a'
  }
  socket.emit('prueba', data);
}

// encender bomba 2
function encenderBomba2() {
  console.log('se ejecuto');
  var data = {
    value: 'b'
  }
  socket.emit('prueba', data);
}
```

Figura 57 App Activación y desactivación de electroválvulas

Este archivo es el más importante en la aplicación porque es aquí donde está la función que permite evaluar si lloverá o no durante las próximas 12 horas de acuerdo a la hora establecida de riego.

```

function evaluarSiLlovera() {
  // variable contadora si llovera
  var contadorProbabilidad=0;
  // fecha y hora actual
  var fechaHoy = new Date();
  var horaHoy = fechaHoy.getHours();
  var fechaActual = fechaHoy.getFullYear+'/'+fechaHoy.getMonth+'/'+fechaHoy.getDay();
  // indice hasta 12 horas
  var indiceInicial;
  var indiceFinal;
  // recorre toda la data de horas
  tiempoPorHoras.forEach(function (element, index){
    var fecha = new Date(element.time*1000);
    var hora = fecha.getHours();
    var fechaEvaluar = fecha.getFullYear+'/'+fecha.getMonth+'/'+fecha.getDay();
    if (horaHoy == hora && fechaActual == fechaEvaluar) {
      indiceInicial = index;
      indiceFinal =index+12;
      // recorre las 12 horas el tiempo desde el indice inicial hasta el final
      tiempoPorHoras.forEach(function (horadata, indice){
        if (indice >= indiceInicial && indice <=indiceFinal) {
          // variable que almacena temporalmente intensidad de precipitación que se prevee
          var precipitacion = horadata.precipIntensity*100;
          // console.log('indice', indice, horadata);
        }
      });
    }
  });
}

```

Figura 58 Evaluación del estado del tiempo

Función que evalúa la humedad de los sensores con la humedad mínima configurada.

```

// función para evaluar porcentaje del sensor
function evaluarPorcSensor(humedadSensor1, humedadSensor2) {
  console.log('se ejecuto evaluar sensores');
  // SENSOR 1
  // evaluar si es menor a la humedad minima regar
  if (humedadSensor1 <= humedadConfiguradaMinima) {
    // regar inmediatamente
    console.log('regar1');
    encenderBomba1();
  }
  // SENSOR 2
  // evaluar si es menor a la humedad minima regar
  if (humedadSensor2 <= humedadConfiguradaMinima) {
    // regar inmediatamente
    console.log('regar2');
    encenderBomba2();
  }
}

```

Figura 59 Evaluación datos sensor

Posteriormente se lleva a cabo la función para presentar humedad de sensores recibidas por el socket.

```

function presentarHumedadSensores(sensorUno, sensorDos) {
  console.log('presentar ');
  if (document.getElementById('humedadSensor1') && document.getElementById('humedadSensor2')) {
    console.log('entro para presentar');
    document.getElementById('humedadSensor1').innerHTML = sensorUno+'%';
    document.getElementById('humedadSensor2').innerHTML=sensorDos+'%';
  }
}

```

Figura 60 Comparación de datos de humedad

Ahora bien, se crea un script que permita la comunicación serial entre el Arduino el servidor y la raspberry por lo que es importante tener en cuenta la velocidad de comunicación para tal efecto dicha velocidad se ha seteado a 9600 baudios (Figura 61). La comunicación para el efecto será bidireccional ya que existen datos que serán generados por los sensores de humedad de suelo los mismos que se reconocerán y procesarán internamente en la tarjeta Arduino para posteriormente ser enviados desde el Arduino a la APP del sistema de riego que se ejecutará en la Raspberry pi y en contraparte esta información será analizada y procesada desde la aplicación del sistema de riego para que se puedan ejecutar las sentencias programadas y configuradas y a las vez puedan cumplir las acciones encomendadas, sean estas el accionamiento de una electroválvula o activación de bomba de agua , siendo la tarjeta Arduino el nexo entre la parte lógica de control inmersa en las Raspberry pi y la de potencia Figura 62.

```

const mySerial = new SerialPort('COM5', {
  // const mySerial = new SerialPort('COM6', {
  |
  |   baudRate: 9600
  |
  });

```

Figura 61 COM Serial para la comunicación

```

// enviar al arduino mediante puerto serial
function enviarArduino(data) {
  console.log('se ejecuto' );
  // envia el valor al arduino
  mySerial.write(data);
}

```

Figura 62 Envía los datos recibidos del Arduino hacia la aplicación

## 11.2 PROGRAMA IDE ARDUINO UNO ATMEGA 328

```

///  

// */ Query a SHT10 temperature and humidity sensor  

// *  

// * A simple example that queries the sensor every 5 seconds  

// * and communicates the result over a serial connection.  

// * Error handling is omitted in this example.  

///  


#include <Sensirion.h>

const uint8_t dataPin = 10; // ASIGNACION DE PING DE 8 BITS PARA DATO  

SENSOR 1  

const uint8_t clockPin = 11; // ASIGNACION DE PING DE 8 BITS PARA CLOCK  

SENSOR 1  

const uint8_t dataPin2 = 12; // ASIGNACION DE PING DE 8 BITS PARA DATO  

SENSOR 2  

const uint8_t clockPin2 = 13; // ASIGNACION DE PING DE 8 BITS PARA CLOCK  

SENSOR 2

float temperature;  

float humidity;  

float dewpoint;

float temperature2;  

float humidity2;  

float dewpoint2;

int bomba = 6; //asignacion de pin para control bomba

```

```

int v1 = 7;      //asignacion de pin para control valvula1
int v2 =8;      //asignacion de pin para control valvula2
int control ;   //Inicializamos la variable input como el carácter que recibirá la placa
                //como input.
int extra=9;
float vhumedad=0; // asignacion de variable para vhumedad
float calhumedad=0;// asignacion de variable para calhumedad
float vhumedad1=0; // asignacion de variable para vhumedad1
float calhumedad1=0; // asignacion de variable para vhumedad1

Sensirion tempSensor = Sensirion(dataPin, clockPin);
Sensirion tempSensor2 = Sensirion(dataPin2, clockPin2);
void setup()
{

pinMode(extra, OUTPUT); //declara como pin de salida
pinMode(bomba, OUTPUT); //declara como pin de salida
pinMode(v1, OUTPUT); //declara como pin de salida
pinMode(v2, OUTPUT); //declara como pin de salida

    digitalWrite(extra, LOW); // inician apagados
    digitalWrite(bomba, LOW); // inician apagados
    digitalWrite(v1, LOW); // inician apagados
    digitalWrite(v2, LOW); // inician apagados

    Serial.begin(9600); //velocidad de la comunicacion serial en baudios

}

void loop()
{
tempSensor.measure(&temperature, &humidity, &dewpoint); //accede a la libreria del
sensor para analizar datos
vhumedad= humidity -45; //almacena valor de dato de humedad sensor 1
calhumedad = map(vhumedad, 0, 52, 0, 100);
if (calhumedad <0){
    calhumedad=0;
}

    if (calhumedad >100){
    calhumedad=100;
}
    delay(3000) ;

    tempSensor2.measure(&temperature, &humidity, &dewpoint); //accede a la libreria
del sensor para analizar datos
    vhumedad1= humidity -45 ;
    calhumedad1= map(vhumedad1, 0, 52, 0, 100);

```



```

if (calhumedad1 <0){
  calhumedad1=0;
}

if (calhumedad1 >100){
  calhumedad1=100;
}

Serial.print(calhumedad); // se lee los valores de humedad del sensor 1
Serial.print(","); // se establece un espacio para recibir los valores del siguiente
sensor
Serial.println(calhumedad1); //se lee los valores de humedad del sensor 2

if (Serial.available()>0){
  control = Serial.read(); //Leemos el dato enviado desde la raspberry.

  if (control=='a'&bandera1==0){ // ACTIVA BOMBA CON ELECTROVALVULA
1.
  valvulauno ();
  bandera1=1 ;
  bandera2=0;
  bandera3=0;
  }
  if (control=='b' & bandera2==0){ // SE ACTIVA LA BOMBA CON
ELECTROVALVULA2.
  valvulados ();
  bandera2=1;
  bandera1=0;
  bandera3=0;
  }

  if (control=='o'& bandera3==0){ //BOMBA Y ELECTROVALVULAS
APAGADAS.

  apagado ();
  bandera3=1;
  bandera1=0;
  bandera2=0;
  }
  }
}

void valvulauno () {

```

```
digitalWrite(v1, HIGH);
delay(100);
digitalWrite(bomba, HIGH);
digitalWrite(v2, LOW);
digitalWrite(extra, LOW);

//Serial.println("RIEGO ACTIVO E1");

}

void valvulados () {

digitalWrite(v2, HIGH);
delay(100);
digitalWrite(bomba, HIGH);
digitalWrite(v1, LOW);

digitalWrite(extra, LOW);
//Serial.println("RIEGO ACTIVO E2");

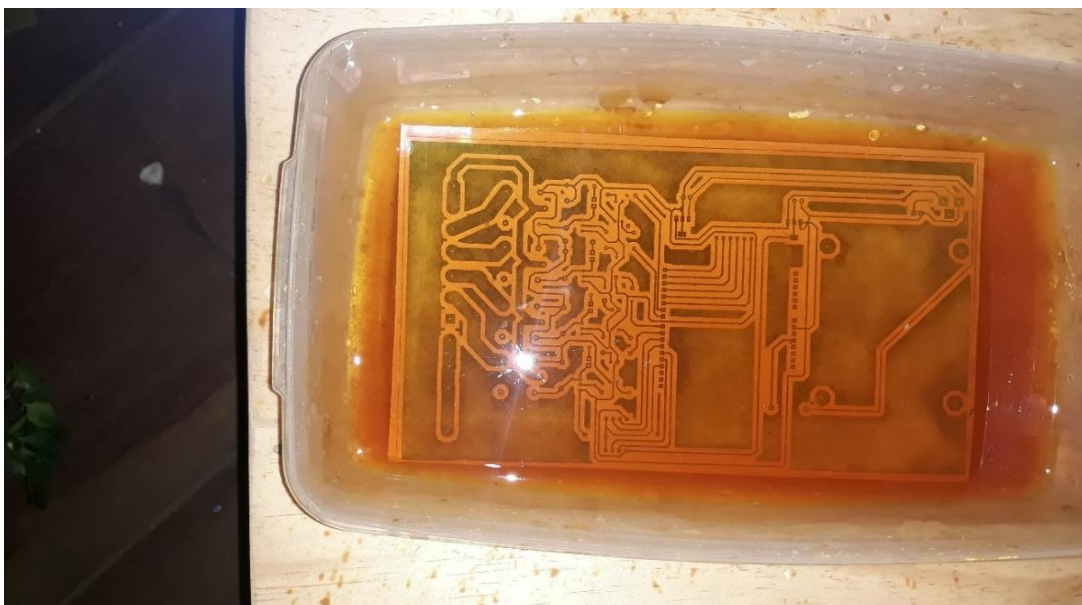
}

void apagado () {

digitalWrite(bomba, LOW);
digitalWrite(v1, LOW);
digitalWrite(v2, LOW);
digitalWrite(extra, LOW );
//Serial.println("APAGADO");

}
```

### 11.3 Desarrollo e implementación



*Figura 63 proceso de quemado d baquelita*



*Figura 64 Ensamblado de placa de control*

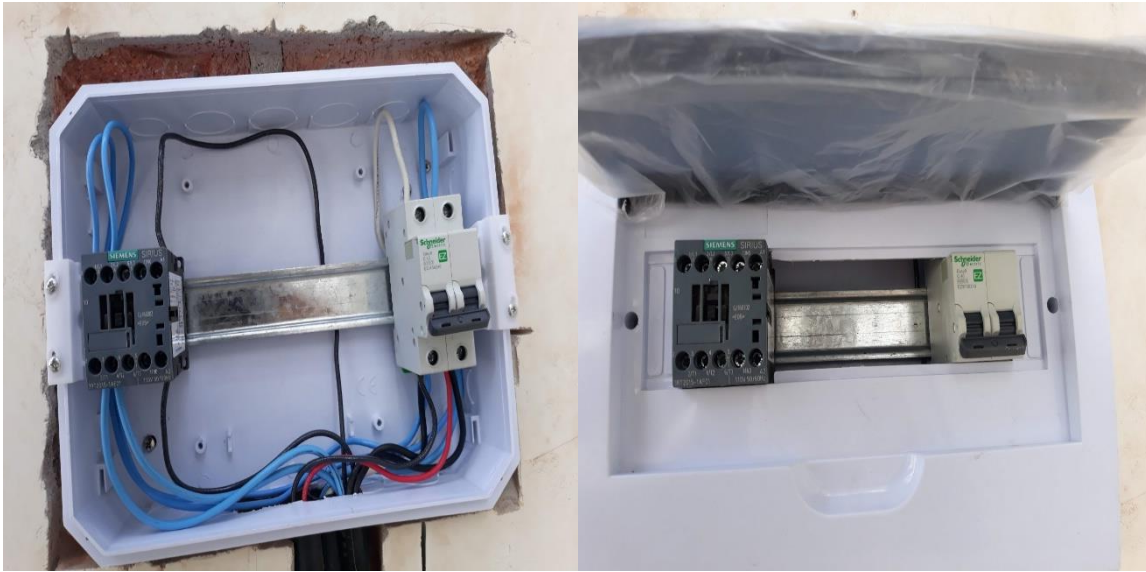


Figura 65 Armado de tablero Eléctrico de 120V DC



Figura 66 instalación de tablero de control





*Figura 67 instalación de Aspersor*



*Figura 68 vista de aspersor calibrado y listo para su funcionamiento*





*Figura 69 vista área de riego*

## 11.4 COEFICIENTE DE CRISTHIANSEN

Tabla 3.13. Coeficientes de Christiansen

| n    | $l_0 = 1$    |              |              |              |              | n   | $l_0 = 1/2$  |              |              |              |              |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|      | $\beta=1,75$ | $\beta=1,80$ | $\beta=1,85$ | $\beta=1,90$ | $\beta=2,00$ |     | $\beta=1,75$ | $\beta=1,80$ | $\beta=1,85$ | $\beta=1,90$ | $\beta=2,00$ |
| 1    | 1,000        | 1,000        | 1,000        | 1,000        | 1,000        | 1   | 1,000        | 1,000        | 1,000        | 1,000        | 1,000        |
| 2    | 0,650        | 0,644        | 0,639        | 0,634        | 0,625        | 2   | 0,532        | 0,525        | 0,518        | 0,512        | 0,500        |
| 3    | 0,546        | 0,540        | 0,535        | 0,528        | 0,518        | 3   | 0,455        | 0,448        | 0,441        | 0,434        | 0,422        |
| 4    | 0,497        | 0,491        | 0,486        | 0,480        | 0,469        | 4   | 0,426        | 0,419        | 0,412        | 0,405        | 0,393        |
| 5    | 0,469        | 0,463        | 0,457        | 0,451        | 0,440        | 5   | 0,410        | 0,403        | 0,397        | 0,390        | 0,378        |
| 6    | 0,451        | 0,445        | 0,435        | 0,433        | 0,421        | 6   | 0,401        | 0,394        | 0,387        | 0,381        | 0,369        |
| 7    | 0,438        | 0,432        | 0,425        | 0,419        | 0,408        | 7   | 0,395        | 0,388        | 0,381        | 0,375        | 0,363        |
| 8    | 0,428        | 0,422        | 0,415        | 0,410        | 0,398        | 8   | 0,390        | 0,383        | 0,377        | 0,370        | 0,358        |
| 9    | 0,421        | 0,414        | 0,409        | 0,402        | 0,391        | 9   | 0,387        | 0,380        | 0,374        | 0,367        | 0,355        |
| 10   | 0,415        | 0,409        | 0,402        | 0,396        | 0,385        | 10  | 0,384        | 0,378        | 0,371        | 0,365        | 0,353        |
| 11   | 0,410        | 0,404        | 0,397        | 0,392        | 0,380        | 11  | 0,382        | 0,375        | 0,369        | 0,363        | 0,351        |
| 12   | 0,406        | 0,400        | 0,394        | 0,388        | 0,376        | 12  | 0,380        | 0,374        | 0,367        | 0,361        | 0,349        |
| 13   | 0,403        | 0,396        | 0,391        | 0,384        | 0,373        | 13  | 0,379        | 0,372        | 0,366        | 0,360        | 0,348        |
| 14   | 0,400        | 0,394        | 0,387        | 0,381        | 0,370        | 14  | 0,378        | 0,371        | 0,365        | 0,358        | 0,347        |
| 15   | 0,397        | 0,391        | 0,384        | 0,379        | 0,367        | 15  | 0,377        | 0,370        | 0,364        | 0,357        | 0,346        |
| 16   | 0,395        | 0,389        | 0,382        | 0,377        | 0,365        | 16  | 0,376        | 0,369        | 0,363        | 0,357        | 0,345        |
| 17   | 0,393        | 0,387        | 0,380        | 0,375        | 0,363        | 17  | 0,375        | 0,368        | 0,362        | 0,356        | 0,344        |
| 18   | 0,392        | 0,385        | 0,379        | 0,373        | 0,361        | 18  | 0,374        | 0,368        | 0,361        | 0,355        | 0,343        |
| 19   | 0,390        | 0,384        | 0,377        | 0,372        | 0,360        | 19  | 0,374        | 0,367        | 0,361        | 0,355        | 0,343        |
| 20   | 0,389        | 0,382        | 0,376        | 0,370        | 0,359        | 20  | 0,373        | 0,367        | 0,360        | 0,354        | 0,342        |
| 22   | 0,387        | 0,380        | 0,374        | 0,368        | 0,357        | 22  | 0,372        | 0,366        | 0,359        | 0,353        | 0,341        |
| 24   | 0,385        | 0,378        | 0,372        | 0,365        | 0,355        | 24  | 0,372        | 0,365        | 0,359        | 0,352        | 0,341        |
| 26   | 0,383        | 0,376        | 0,370        | 0,364        | 0,353        | 26  | 0,371        | 0,364        | 0,358        | 0,351        | 0,340        |
| 28   | 0,382        | 0,375        | 0,369        | 0,363        | 0,351        | 28  | 0,370        | 0,364        | 0,357        | 0,351        | 0,340        |
| 30   | 0,380        | 0,374        | 0,368        | 0,362        | 0,350        | 30  | 0,370        | 0,363        | 0,357        | 0,350        | 0,339        |
| 35   | 0,378        | 0,371        | 0,356        | 0,359        | 0,347        | 35  | 0,369        | 0,362        | 0,356        | 0,350        | 0,338        |
| 40   | 0,376        | 0,370        | 0,364        | 0,357        | 0,345        | 40  | 0,368        | 0,362        | 0,355        | 0,349        | 0,349        |
| 50   | 0,374        | 0,367        | 0,361        | 0,355        | 0,343        | 50  | 0,367        | 0,361        | 0,354        | 0,348        | 0,337        |
| 60   | 0,372        | 0,366        | 0,359        | 0,353        | 0,342        | 100 | 0,365        | 0,359        | 0,353        | 0,347        | 0,335        |
| 80   | 0,370        | 0,363        | 0,357        | 0,351        | 0,340        | 200 | 0,365        | 0,358        | 0,352        | 0,346        | 0,334        |
| 100  | 0,369        | 0,362        | 0,356        | 0,350        | 0,338        | -   | -            | -            | -            | -            | -            |
| 150  | 0,367        | 0,360        | 0,354        | 0,348        | 0,337        | -   | -            | -            | -            | -            | -            |
| 300  | 0,365        | 0,359        | 0,353        | 0,346        | 0,335        | -   | -            | -            | -            | -            | -            |
| >300 | 0,364        | 0,357        | 0,351        | 0,345        | 0,333        | -   | -            | -            | -            | -            | -            |

Figura 70 coeficiente de crithiansen

## 11.5 MANUAL DE USO

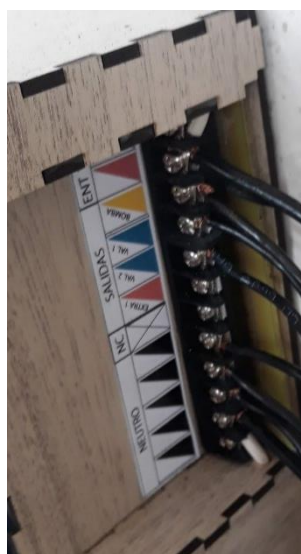
### INSTALACIÓN ELÉCTRICA



#### INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Para instalar de forma adecuada el equipo se requiere una alimentación de 120V

- Conectar la línea viva Fase en cualquiera de los PIN block destinados Etiqueta Color Rojo
- Conectar la línea Neutro en cualquiera de los PIN block destinados Etiqueta Color Negro
- Conectar la línea fase de la bomba en el PIN block destinados Etiqueta Color Amarillo
- Conectar la línea fase de la Válvula en cualquiera de los PIN block destinados Etiqueta Color Azul

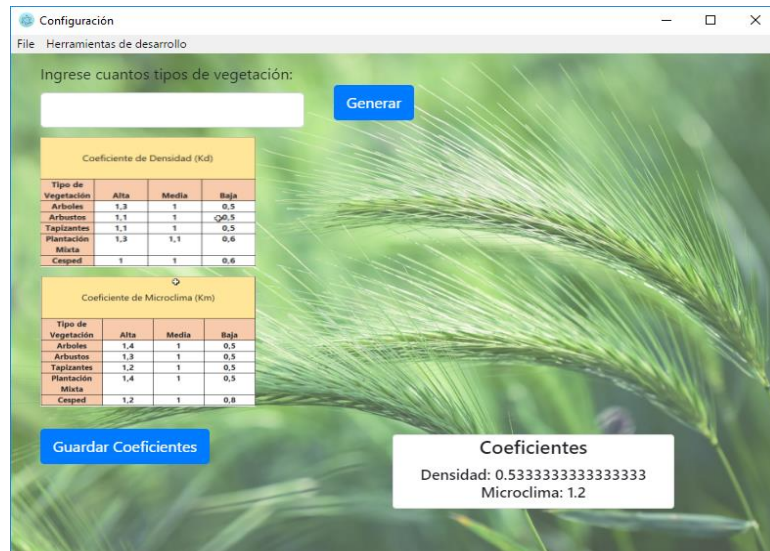




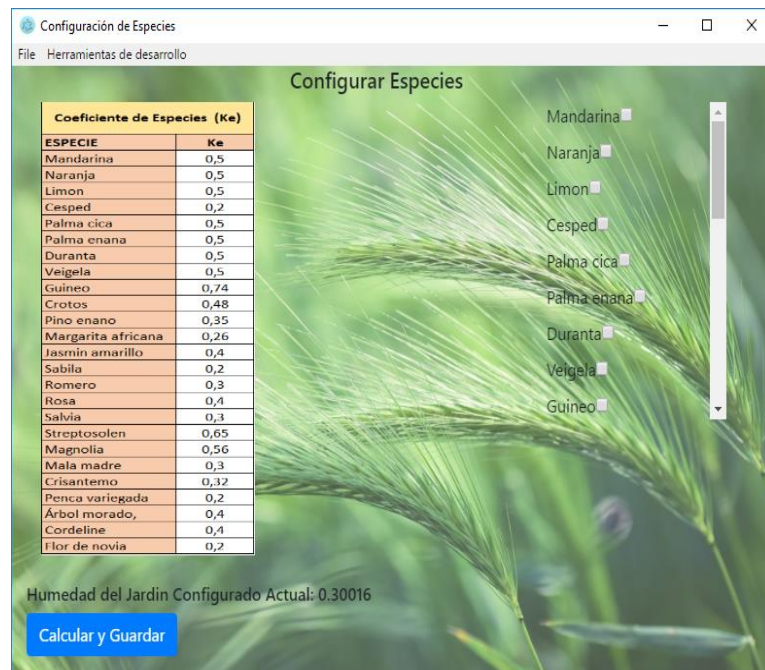
## MANEJO DE INTERFAZ GRÁFICA

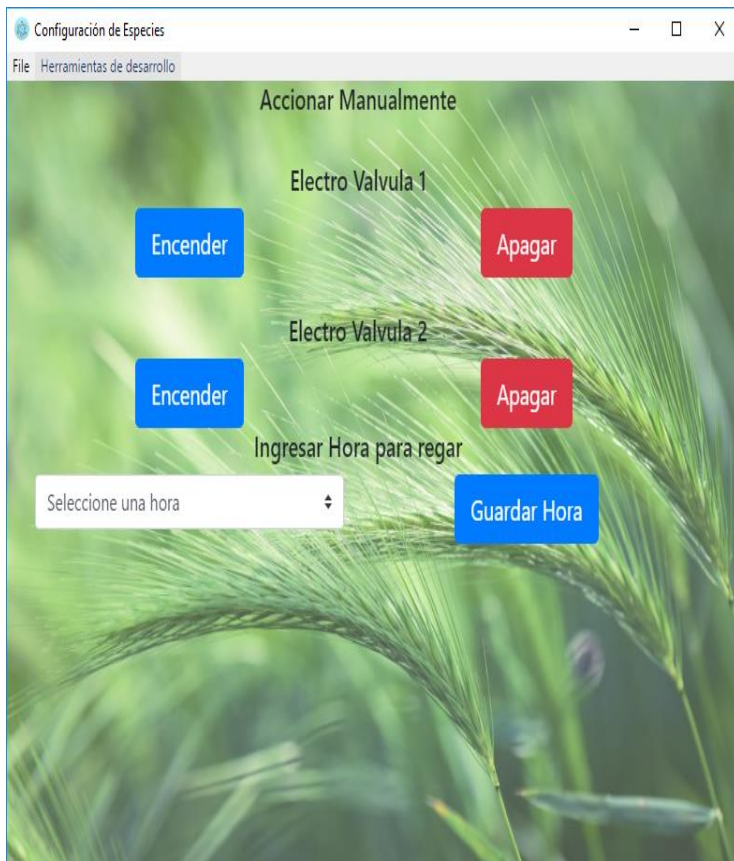
Cuando se inicia por primera vez el sistema se debe de configurar los coeficientes de especie, coeficientes de microclima y coeficientes de densidad

- Primero nos vamos a FILE hacemos Click en la pestaña que se nos despliega hacemos click en Configuración coeficiente de Densidad y microclima
- Se nos de plagara una venta en que contiene valores de referencia para ellos en base a nuestro tipo de vegetación existente sentamos en pestaña de generar un valor de 1 mínimo a 5 máximo y clic en Generar
- Se nos abrirán unas pestañas en los que debemos definir el valor adecuado a base a nuestra vegetación
- Una vez terminado damos click en guardar coeficientes
- .cerramos la ventana



- Luego hacemos clic nuevamente en File y escogemos la opción Configurar Especies
- Seleccionamos todas las especies existentes en nuestro jardín
- Una vez seleccionadas todas damos click en guardar cambios
- Listo ya estará configurado nuestro sistema para regar de forma automática





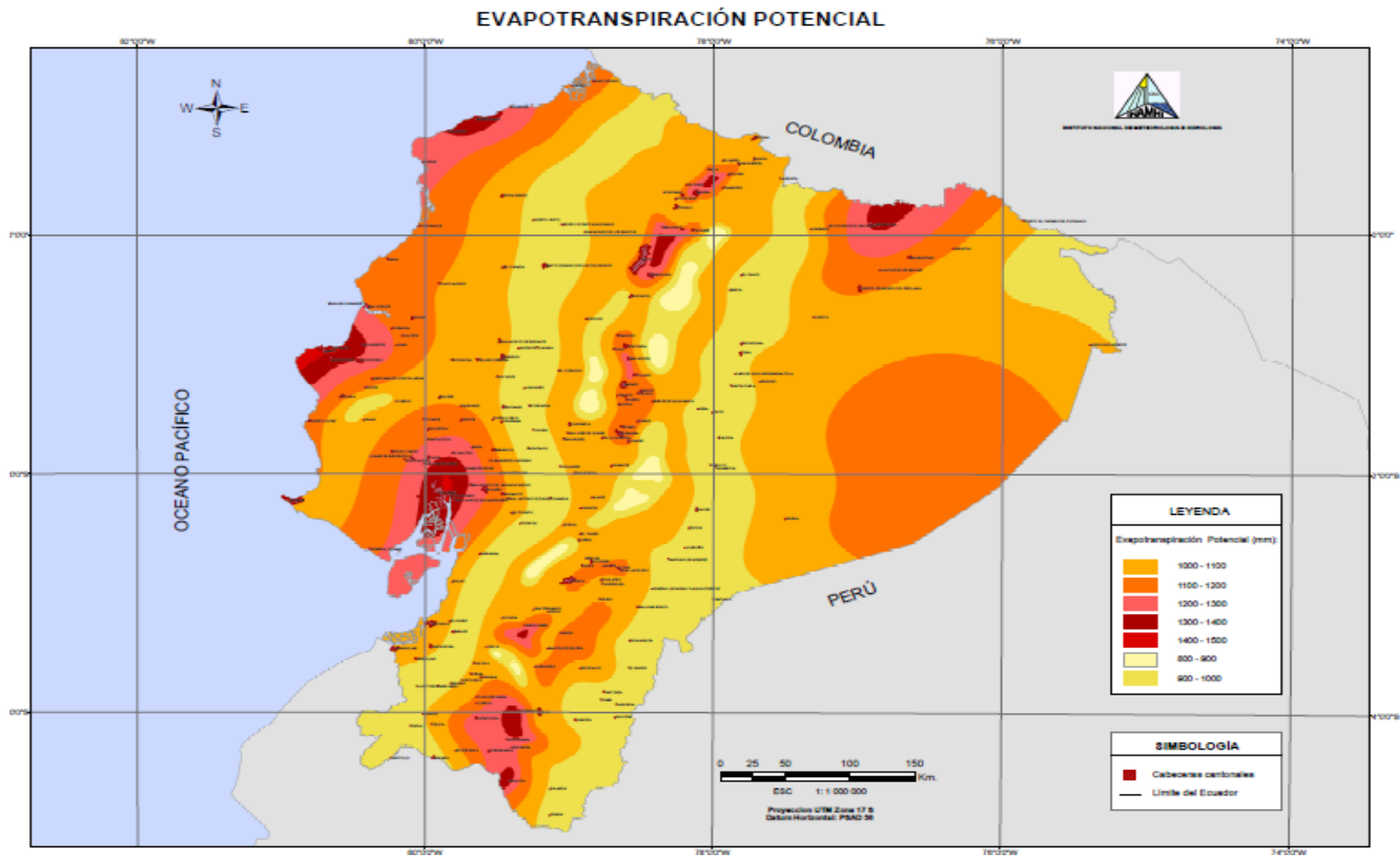
### MANEJO DE LA OPCIÓN MODO MANUAL

- Para ello nos dirigimos a la pestaña file y hacemos click en accionar manualmente

En este apartado tendremos la potestad de hacer funcionar de forma manual el sistema y podremos acciona tanto la Electroválvula 1 como la Electroválvula 2

- Adema podremos definir una hora de regado con la finalidad de brindar mayor comodidad al usuario

### 1.1.2 Evapotranspiración potencial



### 1.1.3 LIBRERÍA CON ACCESO A INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

| NOMBRE      | PRECIO   | CAPA GRATUITA   | PETICIONES POR DÍA | DATOS OBTENIDOS  | LIMITE TRIAL  | OBSERVACIÓN   |
|-------------|--|-----------------|--------------------|--|---|---|
| Darksky     | Free o superior a 1000 peticiones costo de llamada 0.0001 O por volumen contactarse con la empresa | 1 key/developer | 1000               | Apparent (feels-like) temperature<br>Atmospheric pressure<br>Cloud cover<br>Dew point<br>Humidity<br>Liquid precipitation rate<br>Moon phase<br>Nearest storm distance<br>Nearest storm direction<br>Ozone<br>Precipitation type<br>Snowfall<br>Sun rise/set<br>Temperature<br>Text summaries<br>UV index<br>Wind gust<br>Wind speed<br>Wind direction | Condiciones climáticas actuales<br>Pronósticos minutos a minuto a una hora<br>Pronósticos hora por hora y día por día hasta siete días<br>Observaciones hora por hora y día por día que se remontan a décadas atrás.<br>Alertas de clima severo en los Estados Unidos, Canadá, naciones miembros de la Unión Europea e Israel | Api presenta información relevante y la capa gratuita se adapta para realizar pruebas en un ambiente de desarrollo además el precio no es elevado |
| accuweather | Free and 25-250-500 dolares / mes  | 1 key/developer | 50                 | LocalObservationDateTime<br>EpochTime<br>WeatherText<br>WeatherIcon<br>LocalSource.Id<br>LocalSource.Name<br>LocalSource.WeatherCode<br>IsDayTime<br>Temperature.Metric.Value  | Locations<br>Current<br>Conditions<br>24-Hour Historical<br>Current<br>Conditions<br>Forecast 5-day<br>Forecast 12-hour<br>Indices 5-day  | Precio muy elevado y limitación de llamadas diarias para la capa gratuita   |

|  |  |  |  |   |  |  |
|--|--|--|--|---|--|--|
|  |  |  |  | Temperature.Metric.Unit<br>Temperature.Metric.UnitType<br>Temperature.Imperial.Value<br>Temperature.Imperial.Unit<br>Temperature.Imperial.UnitType<br>RealFeelTemperature<br>RealFeelTemperatureShade<br>RelativeHumidity<br>DewPoint<br>Wind.Direction.Degrees<br>Wind.Direction.English<br>Wind.Direction.Localized<br>Wind.Speed<br>WindGust.Speed<br>UVIndex<br>UVIndexText<br>Visibility<br>ObstructionsToVisibility string<br>CloudCover<br>Ceiling<br>Pressure<br>PressureTendency.LocalizedText<br>PressureTendency.Code string<br>Past24HourTemperatureDeparture<br>ApparentTemperature<br>WindChillTemperature<br>Precip1hr<br>PrecipitationSummary.Precipitation<br>PrecipitationSummary.PastHour object<br>PrecipitationSummary.Past3Hours<br>PrecipitationSummary.Past6Hours<br>PrecipitationSummary.Past9Hours<br>PrecipitationSummary.Past12Hours<br>PrecipitationSummary.Past18Hours<br>PrecipitationSummary.Past24Hours<br>TemperatureSummary.Past6HourRange.Minimum |  |  |
|--|--|--|--|---|--|--|

|                |                                    |                 |                        |   |   |  |
|----------------|------------------------------------|-----------------|------------------------|---|---|--|
|                |                                    |                 |                        | TemperatureSummary.Past6HourRange.Maximum<br>TemperatureSummary.Past12HourRange.Minimum<br>TemperatureSummary.Past12HourRange.Maximum<br>TemperatureSummary.Past24<br>HourRange.Minimum<br>TemperatureSummary.Past24<br>HourRange.Maximum<br>MobileLink<br>Link<br>HasPrecipitation<br>PrecipitationType  |   |  |
| openweathermap | Free and 40-180-470-2000 / por mes | N / key develop | 60 llamadas por minuto | <ul style="list-style-type: none"> <li>• coord <ul style="list-style-type: none"> <li>○ coord.lon City geo location, longitude</li> <li>○ coord.lat City geo location, latitude</li> </ul> </li> <li>• weather (more info Weather condition codes) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ weather.id Weather condition id</li> <li>○ weather.main Group of weather parameters (Rain, Snow, Extreme etc.)</li> <li>○ weather.description Weather condition within the group</li> <li>○ weather.icon Weather icon id</li> </ul> </li> <li>• base Internal parameter</li> <li>• main <ul style="list-style-type: none"> <li>○ main.temp Temperature. Unit Default: Kelvin, Metric: Celsius, Imperial: Fahrenheit.</li> <li>○ main.pressure Atmospheric pressure (on the sea level, if there is no sea_level or grnd_level data), hPa</li> <li>○ main.humidity Humidity, %</li> <li>○ main.temp_min Minimum temperature at the moment. This is</li> </ul> </li> </ul> | <a href="#">Current weather API</a><br><a href="#">5 days/3 hour forecast API</a><br><a href="#">Weather maps 1.0</a><br><a href="#">UV index</a><br><a href="#">Weather alerts</a> | El tiempo actual no se actualiza de forma continua hay que acceder a una cuenta de pago, además la precipitación solo se encuentra disponibles en algunos estados ciudades, lamentablemente para ecuador no se encuentra disponible este dato. |

|  |  |  |  |   |  |  |
|--|--|--|--|---|--|--|
|  |  |  |  | <p>deviation from current temp that is possible for large cities and megalopolises geographically expanded (use these parameter optionally). Unit Default: Kelvin, Metric: Celsius, Imperial: Fahrenheit.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ main.temp_max Maximum temperature at the moment. This is deviation from current temp that is possible for large cities and megalopolises geographically expanded (use these parameter optionally). Unit Default: Kelvin, Metric: Celsius, Imperial: Fahrenheit.</li> <li>○ main.sea_level Atmospheric pressure on the sea level, hPa</li> <li>○ main.grnd_level Atmospheric pressure on the ground level, hPa</li> <li>• wind <ul style="list-style-type: none"> <li>○ wind.speed Wind speed. Unit Default: meter/sec, Metric: meter/sec, Imperial: miles/hour.</li> <li>○ wind.deg Wind direction, degrees (meteorological)</li> </ul> </li> <li>• clouds <ul style="list-style-type: none"> <li>○ clouds.all Cloudiness, %</li> </ul> </li> <li>• rain <ul style="list-style-type: none"> <li>○ rain.1h Rain volume for the last 1 hour, mm</li> <li>○ rain.3h Rain volume for the last 3 hours, mm</li> </ul> </li> <li>• snow</li> </ul> |  |  |
|--|--|--|--|---|--|--|

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ snow.1h Snow volume for the last 1 hour, mm</li> <li>○ snow.3h Snow volume for the last 3 hours, mm</li> <li>• dt Time of data calculation, unix, UTC</li> <li>• sys <ul style="list-style-type: none"> <li>○ sys.type Internal parameter</li> <li>○ sys.id Internal parameter</li> <li>○ sys.message Internal parameter</li> <li>○ sys.country Country code (GB, JP etc.)</li> <li>○ sys.sunrise Sunrise time, unix, UTC</li> <li>○ sys.sunset Sunset time, unix, UTC</li> </ul> </li> <li>• timezone Shift in seconds from UTC</li> <li>• id City ID</li> <li>• name City name</li> <li>• cod Internal parameter</li> </ul> |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|