



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO  
AUTOMATIZADO POR MICROASPERSIÓN CON CONTROL  
REMOTO GSM SMS Y ARDUINO PARA LAS ÁREAS VERDES Y  
PLANTAS ORNAMENTALES”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR: DANNY FABIÁN ALEJANDRO ORELLANA**

**TUTOR: Ing. Juan Rafael Pérez Pupo**

Riobamba – Ecuador

2019



**©2019, Danny Fabián Alejandro Orellana.**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.



Yo, **DANNY FABIÁN ALEJANDRO ORELLANA** declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chi8mborazo.

Riobamba, 11 de noviembre del 2019






**Danny Fabián Alejandro Orellana**  
CI: 070443940-5



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto Técnico, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO POR MICROASPERSIÓN CON CONTROL REMOTO GSM SMS Y ARDUINO PARA LAS ÁREAS VERDES Y PLANTAS ORNAMENTALES**”, realizado por el señor: **DANNY FABIÁN ALEJANDRO ORELLANA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Eduardo Francisco Garcia Cabezas <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		<u>11-11-2019</u>
Dr. Juan Rafael Pérez Pupo <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		<u>11-11-2019</u>
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		<u>11-11-2019</u>





## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada especialmente a Dios quien me dio fortaleza, paz y determinación a seguir en lucha para conseguir la meta deseada en mi vida.

A la memoria Dulis Juan Vera Pacheco, quien incondicionalmente siempre estuvo a mi lado en el transcurso de mis estudios sin ser parte del lazo sanguíneo que nos deparan al nacer mi padre-abuelo que siempre amare.

A mi familia con la cual me bendijo el ser divino supremo, “mi esposa, mi negra, mi compañera fiel incondicional” Mireya Gianella Cedeño Loaiza y mi príncipe angelical fruto de nuestro amor Dulis Fabián Alejandro Cedeño.

A mis padres Narcisa Cecibel Orellana Vilela y Carlos Danilo Alejandro Garzón los cuales también estuvieron en mi desarrollo y formación como ser humano ante la sociedad como el ejemplo del trabajo responsable, honesto y honrado.

**Danny Fabián Alejandro Orellana**



## **AGRADECIMIENTO**

Dios tu inmenso y gran infinito amor lleno de bendiciones para este humilde servidor terrenal vivirá siempre en deuda ante tan increíble apoyo que me has brindado, mi alegría por saber que a tu lado está el hombre que se mantuvo conmigo hasta el último día de su vida, mi felicidad y amor por darme una bella y encantadora familia, mi responsabilidad por el grato vínculo inculcado por mis padres, mi desarrollo profesional y humano por tan majestuosa institución que me acogió con las puertas abiertas para la preparación al mundo laboral mediante instructores que en mi camino de sapiencia me compartieron sus conocimientos y experiencias para una correcta lucha ante la sociedad en progreso y por último el apoyo incondicional de lo que llamare por siempre hermano-amigo. (J.W.C.B.) Familia-(C.A.G.P.) Familia-(C.J.B.Z.)-(D.G.M.V.).

**Danny Fabián Alejandro Orellana**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	4
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. <i>Objetivo General</i> .....	5
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	5
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2. SISTEMAS DE RIEGO.....</b>	<b>6</b>
2.1. Conceptualización.....	6
2.2. Riego por goteo.....	7
2.2.1. <i>Componentes del sistema</i> .....	7
2.2.2. <i>Ventajas del sistema</i> .....	8
2.2.3. <i>Desventajas del sistema</i> .....	8
2.3. Riego superficial.....	8
2.3.1. <i>Componentes del sistema</i> .....	9
2.3.2. <i>Ventajas del sistema</i> .....	10
2.3.3. <i>Desventajas del sistema</i> .....	10

<b>2.4.</b>	<b>Riego por microaspersión .....</b>	<b>10</b>
2.4.1.	<i>Componentes del sistema.....</i>	11
2.4.2.	<i>Ventajas del sistema .....</i>	11
2.4.3.	<i>Desventajas del sistema .....</i>	12
<b>2.5.</b>	<b>Tipos de microaspersores.....</b>	<b>12</b>
2.5.1.	<i>Microaspersores circulares .....</i>	13
2.5.2.	<i>Microaspersores por impulso .....</i>	13
2.5.3.	<i>Microaspersores rectangulares.....</i>	14
<b>2.6.</b>	<b>Conceptos básicos aplicados en el sistema de riego por microaspersión .....</b>	<b>14</b>
2.6.1.	<i>Presión .....</i>	15
2.6.2.	<i>Caudal.....</i>	15
2.6.3.	<i>Sensor de presión y accionamiento .....</i>	16
2.6.4.	<i>Electroválvula .....</i>	18
2.6.5.	<i>Software .....</i>	18
<b>2.7.</b>	<b>GSM.....</b>	<b>20</b>
<b>2.8.</b>	<b>Recomendaciones para la instalación de riego por microaspersión .....</b>	<b>21</b>

### CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO POR MICROASPERSIÓN.....</b>	<b>22</b>
3.1.	<b>Descripción del Área .....</b>	<b>22</b>
3.2.	<b>Situación actual.....</b>	<b>23</b>
3.3.	<b>Método de selección.....</b>	<b>23</b>
3.3.1.	<i>Estudio de variables .....</i>	23
3.3.1.1.	<i>Estudio de Campo.....</i>	24
3.3.2.	<i>Selección de microaspersores .....</i>	26
3.3.2.1.	<i>Mini-Wobblers .....</i>	26
3.3.2.2.	<i>Mini-Wobbler HA.....</i>	27
3.3.2.3.	<i>Xcel Wobbler .....</i>	28
3.3.3.	<i>Estructura del sistema hidráulico.....</i>	30
3.3.4.	<i>Cálculo del sistema hidráulico .....</i>	32
3.3.4.1.	<i>Pérdidas Primarias.....</i>	32
3.3.4.2.	<i>Pérdidas Secundarias.....</i>	33
3.3.4.3.	<i>Perdidas por fricción en tuberías principales .....</i>	33
3.3.5.	<i>Programación del sistema de riego.....</i>	38

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN</b>	<b>40</b>
<b>4.1.</b>	<b>Resultados y análisis.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1.1.</b>	<b><i>Instalación de accesorios y equipos en el sistema hidráulico.....</i></b>	<b>40</b>
<b>4.1.2.</b>	<b><i>Implementación del sistema hidráulico .....</i></b>	<b>41</b>
<b>4.1.2.1.</b>	<b><i>Sección Principal: Medición y Ubicación.....</i></b>	<b>41</b>
<b>4.1.2.2.</b>	<b><i>Sección Secundaria: Accesorios y Dispositivos.....</i></b>	<b>44</b>
<b>4.1.3.</b>	<b><i>Instalación de accesorios y equipos en el sistema eléctrico-automatizado .....</i></b>	<b>47</b>
<b>4.1.4.</b>	<b><i>Implementación del sistema eléctrico-automatizado.....</i></b>	<b>48</b>
<b>4.1.5.</b>	<b><i>Herramientas .....</i></b>	<b>50</b>
<b>4.2.</b>	<b>Pruebas de funcionamiento.....</b>	<b>51</b>
<b>4.3.</b>	<b>Resultados obtenidos.....</b>	<b>56</b>
<b>4.4.</b>	<b>Costos de diseño del sistema .....</b>	<b>61</b>
<b>4.4.1.</b>	<b><i>Costos directos.....</i></b>	<b>61</b>
<b>4.4.2.</b>	<b><i>Costos indirectos .....</i></b>	<b>62</b>
<b>4.4.3.</b>	<b><i>Costos totales.....</i></b>	<b>63</b>
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>64</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	





## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-3.</b> Método Volumétrico Toma 1.....	24
<b>Tabla 2-3.</b> Método Volumétrico Toma 2.....	25
<b>Tabla 3-3.</b> Características Mini-Wobbler .....	26
<b>Tabla 4-3.</b> Características Mini-Wobbler HA.....	27
<b>Tabla 5-3.</b> Características Xcel-Wobbler .....	28
<b>Tabla 6-3.</b> Tipos de Coeficiente de Fricción .....	34
<b>Tabla 1-4.</b> Accesorios utilizados para la implementación del Sistema de Riego por Microaspersión .....	40
<b>Tabla 2-4.</b> Accesorios utilizados para la implementación del Sistema de Riego por Microaspersión .....	47
<b>Tabla 3-4.</b> Herramientas utilizadas para la implementación del Sistema de Riego por Microaspersión .....	50
<b>Tabla 4-4.</b> Tiempos de Riego.....	57
<b>Tabla 5-4.</b> Consumo Hídrico del Sistema Manual de Riego en la Toma 1 .....	58
<b>Tabla 6-4.</b> Consumo Hídrico del Sistema Manual de Riego en la Toma 2 .....	58
<b>Tabla 7-4.</b> Consumo Hídrico del Sistema Automatizado de Riego en la Toma 1 .....	59
<b>Tabla 8-4.</b> Consumo Hídrico del Sistema Automatizado de Riego en la Toma 2 .....	59
<b>Tabla 9-4.</b> Costo por gasto Hidráulico en el Sistema de Riego Manual.....	60
<b>Tabla 10-4.</b> Costo por gasto Hidráulico en el Sistema de Riego Automatizado.....	60
<b>Tabla 11-4.</b> Costos Directos .....	61
<b>Tabla 12-4.</b> Costos Indirectos .....	62
<b>Tabla 13-4.</b> Costos Totales .....	63



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2.</b> Sistema de riego por goteo .....	7
<b>Figura 2-2.</b> Sistema de riego por superficie.....	9
<b>Figura 3-2.</b> Sistema de riego por microaspersión .....	11
<b>Figura 4-2.</b> Tipos de microaspersores de plástico rígido.....	12
<b>Figura 5-2.</b> Microaspersores circulares .....	13
<b>Figura 6-2.</b> Microaspersores por impulso.....	13
<b>Figura 7-2.</b> Microaspersores rectangulares.....	14
<b>Figura 8-2.</b> Sistema de riego por microaspersión .....	14
<b>Figura 9-2.</b> Manómetro de glicerina .....	15
<b>Figura 10-2.</b> Comportamiento de fluctuación en la tubería.....	16
<b>Figura 11-2.</b> Conjunto de conectividad de un Nodo MCU .....	17
<b>Figura 12-2.</b> Higrometro FC-28.....	17
<b>Figura 13-2.</b> Electroválvula.....	18
<b>Figura 14-2.</b> Software modulo Nod-Red.....	19
<b>Figura 15-2.</b> Protocolo MQTT.....	19
<b>Figura 1-3.</b> Ubicación satelital área de estudio.....	22
<b>Figura 2-3.</b> Mini-Wobbler .....	27
<b>Figura 3-3.</b> Mini Wobbler HA.....	28
<b>Figura 4-3.</b> Xcel-Wobbler HA.....	29
<b>Figura 5-3.</b> Diseño 3D, parcela principal .....	30
<b>Figura 6-3.</b> Diseño 3D, parcela secundaria y terciaria .....	31
<b>Figura 7-3.</b> Simulación 3D del fluido por tubería en la parcela principal .....	32
<b>Figura 8-3.</b> Base de datos para el cálculo por pérdida de accesorios .....	35
<b>Figura 9-3.</b> Base de datos para el cálculo por pérdida de accesorios .....	35
<b>Figura 10-3.</b> Conexión en serie de tuberías simples. a) esquema de conexión, b) construcción de las características sumarias.....	36
<b>Figura 11-3.</b> Conexión paralela de tuberías simples. a) esquema de conexión, b) construcción de las características sumarias .....	37
<b>Figura 12-3.</b> Programación en Node-Red, riego temporizado.....	38
<b>Figura 13-3.</b> Programación en Node-Red, modo automático .....	39



## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1-4.</b> Medición de las parcelas .....	42
<b>Fotografía 2-4.</b> Suelo Franco Arenoso y Profundidad de Zanjeo .....	42
<b>Fotografía 3-4.</b> Ramales secundarios en dirección de la tubería principal.....	43
<b>Fotografía 4-4.</b> Ramal secundario debajo de concreto.....	43
<b>Fotografía 5-4.</b> Manómetro de Glicerina en marcación de presión en bares a las dos tomas principales de abastecimiento.....	44
<b>Fotografía 6-4.</b> Conexión de la llave universal con llave, a la primera toma de abastecimiento para el sistema de riego .....	45
<b>Fotografía 7-4.</b> Tubo de red principal del sistema de riego de la primera parcela .....	45
<b>Fotografía 8-4.</b> Acople de collarín a la red principal de nuestro sistema de riego .....	46
<b>Fotografía 9-4.</b> Ramal Secundario con micro aspensor MINI-WOBBLER .....	46
<b>Fotografía 10-4.</b> Toma de abastecimiento para el acople del juego de seguridad con llave de paso .....	47
<b>Fotografía 11-4.</b> Toma principal de electricidad .....	49
<b>Fotografía 12-4.</b> Zanjeo para las líneas de alimentación eléctrica.....	49
<b>Fotografía 13-4.</b> Sistema de control automatizado .....	50
<b>Fotografía 14-4.</b> Sistema de Riego Manual.....	56
<b>Fotografía 15-4.</b> Sistema de Riego Implementado .....	57



## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A. INTERFAZ MEDIANTE SOFTWARE LIBRE, DIRECCIÓN IP**

**ANEXO B. DATOS HISTÓRICOS MONITOREO DE HUMEDAD Y TEMPERATURA**

**ANEXO C. HISTÓRICOS DE CONSUMO**

**ANEXO D. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA**

**ANEXO E. DISEÑO DEL SISTEMA HÍDRICO POR TUBERÍAS**

**ANEXO F. DISEÑO DEL SISTEMA MANDO Y POTENCIA**

**ANEXO G. DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO P&ID**

**ANEXO H. MANUAL DE OPERACIONES**





## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°C	Grados centígrados
A	Amperio
API	Application Programming Interface
cm	Centímetros
GB	Gigabyte
Hz	hercio
GPIO	General Purpose Input/output
I/O	Input/output
KPa	Kilopascales
m	Metros
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
Mbit/s	Megabit por segundo
MHz	Megahercio
mm	Milímetros
MQTT	Message Queue Telemetry Transport
RFID	Radio Frequency Identification
seg	Segundos
SoC	System on chip
TCP/IP	Protocolo de Control de Transmisión. / Protocolo de Internet
v	Voltios
WIFI	Wireless Fidelity

WLAN	Wireless Local Area Network
WSN	Wireless Sensor Network
MS	Mobile Station
SIM	Subscriber Identity Module
BSS	Base Station Subsystem
BTS	Base Transceiver Station
GMSSC	Gateway Mobile Services Switching Center
HLR	Home Location Register
VLR	Visitor Location Register
EIR	Equipment Identity Register

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como finalidad la de diseñar e implementar un sistema de riego automatizado por microaspersión con control remoto GSM SMS y Arduino para las áreas verdes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Epoch, mediante la utilización de sensores de humedad y control de electroválvulas, en conjunto con una interfaz hombre máquina dispuesta para la fácil manipulación del usuario. Este proyecto promueve el uso, manejo y consumo adecuado de agua requerida mediante la selección del modo automático, control en tiempo real con red estándar de comunicación para la telefonía móvil (GSM) mediante una aplicación de software libre para la visualización de información de los sensores del sistema automatizado. La selección tecnificada del diseño y elementos para el sistema de riego por microaspersión se encargará de mantener una capa de humedad adecuada en el suelo, Permitirá almacenar un historial diario de los datos arrojados por el sistema, con el fin de poder llevar a cabo un control estadístico que permita detectar cualquier anomalía, o en su caso mejorar la configuración de calibración. La parte eléctrica y de control tiene dos modos de funcionamiento, el modo manual entrega información de los sensores y el control de las electroválvulas, el modo automático permite programar tiempos de riego y activación de las electroválvulas en base a los sensores de humedad, todo esto de manera remota por medio de una aplicación de software libre para una mejor optimización de captación y distribución del recurso hídrico.

**Palabras clave:** <MECÁNICA DE FLUIDOS>, <INGENIERÍA INDUSTRIAL>, <MICROASPERSIÓN>, <RED INALÁMBRICA DE SENSORES>, <SISTEMA DE CALIBRACIÓN HUMEDAD >, <PROTOCOLO MQTT >, <NOD-RED (SOFTWARE)>.



## SUMMARY

The purpose of this work is to design and implement an automated micro-sprinkler irrigation system with GSM SMS remote control and Arduino for the green areas of the Industrial Engineering career at EsPOCH, through the use of humidity sensors and electrovalve control, in conjunction with a man-machine interface arranged for easy user manipulation. This project promotes the use, management and adequate consumption of water required by selecting the automatic mode, real-time control with standard communication network for mobile telephony (GSM) through a free software application for the display of sensor information of the automated system. The technical selection of the design and elements for the micro-sprinkler irrigation system will be in charge of maintaining an adequate layer of moisture in the soil, it will allow to store a daily history of the data provided by the system, in order to be able to carry out a statistical control that allows to detect any anomaly, or if necessary improve the calibration settings. The electrical and control part has two modes of operation, the manual mode provides information about the sensors and the control of the solenoid valves, the automatic mode allows to program irrigation times and activation of the solenoid valves based on the humidity sensors, all this remotely by means of a free software application for better optimization of water resource capture and distribution.

**Keywords:** <FLUID MECHANICS>, <INDUSTRIAL ENGINEERING>, <MICROASPERION>, <WIRELESS SENSOR NETWORK>, <HUMIDITY CALIBRATION SYSTEM >, <MQTT PROTOCOL >, <NOD-RED (SOFTWARE)>.



## INTRODUCCIÓN

El principio de los tiempos la humanidad se ha dedicado al consumo de los recursos renovables y no renovables, no solo para la subsistencia propia si no para cubrir necesidades primordiales que se han incrementado conforme a la evolución del ser humano. En la primera dinastía de Egipto, se construyó el primer proyecto de riego a gran escala, bajo el reinado del rey Menes. Se utilizaron presas y canales para dirigir las aguas de inundación del Nilo hacia el lago Moeris. Sería ya un milenio más tarde cuando aparecieron las tuberías de cemento y de roca molida. Los famosos acueductos, una invención construida por los ingenieros romanos, permitían transportar el agua salvando los desniveles del terreno. El rey babilónico Hamurabi, autor del famoso código jurídico, fue quien elaboró las primeras regulaciones sobre el *agua*. Tenía en consideración la distribución del agua de una manera proporcional, con base en la superficie labrada, también se definía la responsabilidad del agricultor de realizar mantenimiento de los canales de propiedad, así como la administración colectiva del canal por parte de todos sus usuarios. (Anon., 2011)

En este punto de la historia, el desarrollo agrícola radicaba en una serie de técnicas para manejar el agua de riego a través de los sistemas de distribución y en la construcción de terrazas de cultivo. Se desarrollaban tecnologías enfocadas a mitigar los efectos de la erosión, aminorar las inundaciones, retener humedad, y permitir captaciones, traslados y almacenamientos. Por otro lado, en la cultura azteca destacó el conocido como cultivo por chinampas, que consistía en una construcción de campos elevados dentro de una red de canales dragados sobre el lecho del lago. Así se reciclaban los nutrientes arrastrados por las lluvias. Los mayas, que estaban asentados en la selva tropical, establecieron diferentes técnicas adecuadas para cada tipo de terreno: campos elevados en zonas inundables y terrenos con desnivel en zonas de excesiva humedad. Construían terrazas de cultivo sostenidas por muros, así podían modificar la pendiente del terreno, contribuyendo a preservar la humedad y a mejorar la fertilidad del suelo. (Anon., 2011)

El primer sistema de riego por aspersión fue de carácter único. Se movía con su propia fuerza (el agua a presión), barriendo un círculo completo alrededor de un acoplamiento de tubería de agua giratoria. Eliminaba la tarea de cambiar el agua, la atención que es necesaria en los sistemas de gravedad, el desmantelamiento de las tuberías y el movimiento o entretenimiento bajo otro tipo de equipos de aspersión. (BIRD, 2013)

Se conoce que el 71% de la superficie que rodea el manto terrestre de nuestro planeta está constituido por agua; el 96,5 % es agua salada y se distribuye entre los océanos, mientras, sin embargo, apenas un 3,5% es agua dulce, es decir apta para el consumo humano. El agua es un recurso indispensable para la vida, el cual no es inagotable, por lo que la preocupación de que este se agote se ha incrementado globalmente. Dicho recurso es empleado en grandes cantidades para el desarrollo de la actividad agrícola, por lo que el diseño de sistemas de riego que permitan administrar el agua eficientemente es de suma importancia para su conservación. (Anon., 2016)

Con respecto al Sistema Automático de Riego controlando los parámetros de temperatura y humedad mediante HMI, selecciona equipos e implementan un sistema de riego por aspersión, el cual otorga una adecuada lámina de agua para mantener una adecuada lámina de agua para mantener una correcta producción de pasto. El automatismo trabaja mediante la agrupación de elementos hidráulicos, eléctricos y de control que facilitan el riego. (Anon., s.f.)

El riego por microaspersión es una variante del riego por aspersión, lanza a presión cortinas de gotas de agua que salen de un emisor, pero con menos alcance el agua no llega tan lejos y gotas más pequeñas. Por eso los microaspersores son ideales para el riego de plantas pequeñas. Su uso está muy extendido en invernaderos y viveros, y también para el riego de jardines. (Apaza, 2017)

Es un sistema de riego en el que el agua se aplica en forma de una lluvia más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo de infiltrarse en el mismo punto donde cae. Para ello es necesaria una red de distribución que permita que el agua de riego llegue con presión suficiente a los aspersores o difusores. (Apaza, 2017)

## **CAPÍTULO I**

### **1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Antecedentes**

Las antiguas civilizaciones se encontraban vinculadas a la construcción y administración de infraestructuras hidráulicas destinadas para el riego de cultivos. Existe un fuerte vínculo entre la civilización y el sistema de riego que permite la generación de excedentes agrícolas.

La actividad industrial es de gran importancia dentro de la economía del mundo, mediante la transformación de materia prima en un producto elaborado y, el desarrollo de sistemas mecánicos que simplifican la vida al ser humano dando paso a diferentes procesos productivos.

El sector manufacturero juega un papel trascendente en la economía del Ecuador por lo que cada año presenta un ascenso promedio de 4.6% anual en el Producto Interno Bruto del país, reflejando un nivel de dinamismo dentro de sus actividades. (Anon., 2013)

La Escuela Superior Politécnica del Chimborazo tiene como objetivo formar profesionales capaces de diseñar y optimizar sistemas de producción y logística dentro de la industria, por lo que la Facultad de Mecánica en su carrera de Ingeniería Industrial, realiza proyectos técnicos e investigativos, que pretenden ayudar al desarrollo industrial y económico a nivel nacional.

El presente trabajo se enfocará en uno de los principales problemas técnicos de la ESPOCH, el ineficiente sistema de riego para sus áreas verdes y plantas ornamentales provoca altos costos por el desperdicio constante de agua.

Un sistema de riego depende del tipo de suelo, del cultivo y de la cantidad de agua necesaria, que si no se logra satisfacer provocará la pérdida de las áreas verdes y las plantas ornamentales. Fomentar el crecimiento de áreas verdes en el Ecuador debe ser uno de los principales objetivos de las autoridades competentes. (Anon., 2013)

Controlar la humedad del suelo de manera oportuna, solucionando el requerimiento hídrico que necesitan las áreas verdes de la ESPOCH, dará como resultado un óptimo crecimiento del cultivo y un ahorro significativo del agua.

## **1.2. Planteamiento del problema**

El consumo doméstico de agua suele dividirse en uso de interiores, como: higiene personal, limpieza y alimentación; y de exteriores, como: riego de jardines, piscinas y otros usos ornamentales. El mayor gasto de agua en las áreas residuales se debe al uso que le dan las personas en exteriores, principalmente en el riego de jardines, por lo que el correcto empleo de un sistema de riego lograría reducir este gasto hasta en un 16% del consumo mensual. (Accesorios, s.f.)

La Carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Mecánica de la Escuela Politécnica del Chimborazo, siendo un establecimiento importante dentro de la provincia, cuenta con un sistema de riego establecido, el suministro de agua a las áreas verdes se realiza manualmente a criterio personal, incurriéndose en excesivos consumos de agua, además de presentarse problemas de exceso o falta de humedad en las áreas objeto de estudio.

## **1.3. Justificación**

El principal constituyente de todos los organismos vivos es el agua, la cual representa el 80% de su peso y es el medio por el que se transporta los nutrientes que provienen del suelo. En la mayoría de los cultivos, el consumo del agua es de vital importancia, siendo absorbido en un 95% de su totalidad.

Vivimos en un mundo en constante desarrollo y evolución, en el que la tecnología mejora con el pasar de los días. Los retos ingenieriles que se nos presentan en la actualidad son precisamente en los que la tecnología juega un papel importante, que nos obliga a buscar métodos y estrategias que permita encontrar las soluciones a estos problemas.

En el presente trabajo técnico-investigativo buscaremos solucionar el riego de las áreas verdes y plantas ornamentales de la carrera de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, mediante un sistema de riego eficaz, aplicando la tecnología pertinente.

La necesidad de implementar un sistema de riego en dicha área es el de fomentar el crecimiento de áreas verdes, no solo dentro de la Facultad de Mecánica de la institución, sino a nivel nacional.



Un sistema de riego tecnificado reduce al máximo la cantidad de agua que se utiliza para regar las áreas verdes, además debido a que el riego es automático solo requiere atención mínima y permite destinar el personal a otros sectores que requieran mayor necesidad.

El trabajo de campo se ha centrado en elaborar un sistema de riego eficaz teniendo como aliado la tecnología, permitiéndonos así abaratar costos, proteger el espacio e incentivar de esta manera la creación de áreas verdes dentro de la universidad.

Para que un sistema de riego sea eficaz debe considerar varios aspectos, como: las características del área donde se cultivará las plantas ornamentales, el clima y temperatura, el tipo de plantas y la densidad con que serán sembradas, el modelo de sistema que se va a implementar y el mantenimiento que requerirá el mismo. Esto evitará un aporte excesivo de agua al cultivo por factores como falta de experiencia y por ende la pérdida de la plantación.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo General***

Diseñar e implementar un sistema de riego automatizado por microaspersión con control remoto GSM SMS y Arduino para las áreas verdes de la carrera de Ingeniería Industrial de la ESPOCH

### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

- Realizar una evaluación de las condiciones actuales del sistema de riego.
- Realizar las mediciones y cálculos hidráulicos para el diseño del sistema automatizado de riego.
- Determinar los tipos de sensores, electroválvulas, microaspersores y caja térmica a utilizar en el sistema automatizado de riego.
- Diseñar un sistema de control lógico de riego automático mediante programación en Arduino.
- Implementar una interfaz gráfica para monitoreo mediante una aplicación móvil de software libre.
- Implementar el sistema de riego automatizado en la Carrera de Ingeniería Industrial.

## **CAPÍTULO II**

### **2. SISTEMAS DE RIEGO**

#### **2.1. Conceptualización**

Un sistema de riego abarca desde la captación de una fuente natural que puede ser conducida por canales o tuberías hasta el área que se desea regar y llevadas a un drenaje en el que desembocan.

El sistema de riego es un conjunto de estructuras que hacen posible que diferentes plantas sean cultivadas, proveyendo del agua necesaria para su ciclo vital. El sistema de riego se forma de una serie de componentes que varían dependiendo del riego a realizarse, es decir superficial, por aspersión o por goteo. (Darío., 2015)

Según Meijer, el riego es la provisión de medidas que capacitan a los usuarios a aplicar adecuadamente a sus cultivos el agua que toman en otra parte. Las operaciones de riego se enfocan en tres aspectos:

- El agua debe ser captada, transportada y distribuida.
- El gasto, será de acuerdo con los requerimientos del cultivo; y el personal capacitado para el manejo del sistema.
- El proceso de crecimiento de las plantas a cultivarse.

Tomar en cuenta estos aspectos logrará un eficiente sistema de riego y un ahorro considerable en la economía. A continuación, se tratará los tipos de sistema de riego y la conveniencia de utilizarlos según la plantación.

Los sistemas de riego adquieren mayor relevancia, considerando que la agricultura es el principal usuario del agua, y por lo tanto existe la obligación de realizar un aprovechamiento racional y controlado del recurso hídrico.

## 2.2. Riego por goteo

El riego por goteo es también conocido por el nombre “riego gota a gota”, mayormente utilizado en zonas secas, ya que permite la optimización de agua y abono. Es la aplicación del agua de forma lenta y localizada a la planta.

Es una técnica que se aplica en el sistema de agua de riego, que se ha difundido de forma acelerada alrededor del mundo. Consiste en llevar agua para los cultivos mediante tuberías de plástico, de menor diámetro, colocadas a lo largo de las plantas para proceder a regarlas lentamente por medio de dispositivos llamados goteros o emisores.

La aplicación es muy eficaz en el aprovechamiento del agua, por lo que se está difundiendo rápidamente en cultivos altamente remunerados y en lugares donde el líquido vital es limitado. (Fernández, 2010)



**Figura 1-2.** Sistema de riego por goteo

Fuente: (Merlín, 2016)

### 2.2.1. Componentes del sistema

Los elementos que forman parte de un sistema eficiente de riego por goteo son los siguientes:

- Fuente de agua, de donde se captará el líquido vital.
- Cabezal de abastecimiento y regulación, que a su vez está formado por una válvula de retención, inyector de fertilizantes de ser necesario, filtros, medidor de volúmenes, equipo

purificador y manómetros. Los cuales variarán según la característica del agua y la topografía del terreno.

- Red de tuberías, que serán las encargadas de conducir y distribuir el agua para riego.

### **2.2.2. Ventajas del sistema**

Las ventajas del sistema de riego gota a gota son las siguientes:

- El agua no se acumula en la superficie, por el contrario, es absorbida por la planta.
- No se consume energía excesivamente en el bombeo del agua.
- El sistema es controlado por el programa utilizado en el sistema.
- Las plantas absorben los nutrientes y fertilizantes necesarios gracias a una buena administración.
- Se reduce la aparición de hongos, ya que el agua no se estanca en la superficie.
- Este sistema es posible instalarlo en cualquier tipo de terreno.
- Riega la cantidad exacta de agua que necesita la plantación, por lo que evita el desperdicio.

### **2.2.3. Desventajas del sistema**

Las desventajas del sistema de riego por goteo son las siguientes:

- Presenta un alto costo en su mantenimiento.
- Una vez colocado el sistema de riego, no es posible labrar el suelo.
- Riesgo de taponamiento de los goteros por sales que puede llegar a contener el agua.
- Los fertilizantes que se deben utilizar deben ser totalmente solubles en el agua, de otra manera provocará taponamiento.

## **2.3. Riego superficial**

El riego por superficie acopla una gran variedad de tipos de riego que mantienen una característica en común, el agua se aplica en la superficie del suelo y se dispersa por gravedad.

El objetivo de un sistema de riego superficial es administrar a la plantación el agua adicional a la precipitación para que crezca óptimamente.

El sistema de riego por superficie, al solo contar con la gravedad para la distribución del agua, hace que este sistema sea el más económico, ya que no es necesario disponer de complejas estructuras de distribución para poder regar la plantación. (Anon., 2016)

Cuando un sistema de riego superficial está bien diseñado y manejado correctamente, resulta ser muy uniforme y eficiente, caso contrario las ventajas son nulas:



**Figura 2-2.** Sistema de riego por superficie

**Fuente:** (Colombiana, 2011)

El sistema de riego superficial tiene cuatro fases bien definidas, que son las siguientes:

- ✓ La primera fase, o también denominada fase de avance, es el intervalo de tiempo que demora el agua que ha sido colocada en la cabecera, en llegar al otro extremo del área que necesita ser regada.
- ✓ La fase de almacenamiento es el tiempo en que el agua se desplaza por toda el área sin cortarse su aplicación. Si el agua no llega al otro extremo, esta fase no ha sido cumplida por el sistema.
- ✓ Si se ha iniciado la desaparición del agua sobre el terreno, esto es denominada como fase de agotamiento.
- ✓ En el momento en el que la superficie está totalmente seca, la fase de receso ha comenzado su proceso.

### **2.3.1. Componentes del sistema**

Los componentes de un sistema de riego por superficie son los siguientes:

- Captación, de donde se va a tomar el agua para riego, que puede ser desde un embalse, río o pozo de agua subterránea.
- La red principal o de conducción, es aquella que se encarga de transportar el agua desde la captación hasta el área que se va a regar.

- Red de distribución, aquella que está encargada de distribuir el agua hasta la superficie para regarla.
- Red terciaria, son los ramales de tubería de último orden en la red de distribución que dirigen el agua a un extremo del terreno.
- La red de drenaje, su objetivo es evacuar de forma uniforme el agua sobrante en la zona de cultivo, de esta forma las plantas no sufren por exceso de humedad.

### **2.3.2. Ventajas del sistema**

Los sistemas de riego superficial tienen las siguientes ventajas:

- Es uno de los más económicos.
- Gracias a que este sistema utiliza la gravedad como principal fuente de energía, no utiliza energía eléctrica en todo su proceso.
- El viento no es un limitante para la distribución del agua.

### **2.3.3. Desventajas del sistema**

Las desventajas del sistema de riego por superficie son:

- No se puede emplear en terrenos con pendiente, por lo que el agua se desvía y no realiza la distribución correcta en el cultivo.
- En el caso de que la distribución no sea correcta, y humedecer mayormente solo una parte del terreno, podría producirse maleza y enfermedades de tipo fungoso.

## **2.4. Riego por microaspersión**

El sistema de riego por aspersión o microaspersión consiste en distribuir el agua a través de microaspersores que riegan los cultivos de manera similar a una lluvia. Logran alcanzar grandes distancias y son capaces de regar la plantación de forma uniforme y circular.

Los microaspersores tienen como objeto suministrar el agua de riego por medio de gotas muy finas. Cuentan con un deflector giratorio, que ayuda a alcanzar una mayor cobertura con un diámetro mayor. (Fernández, 2010)

Existen dos tipos de microaspersores: fijos y móviles.

- Los microaspersores fijos se componen de tuberías ubicadas debajo de la superficie del terreno. Colocados de manera uniforme para no dejar ni un solo espacio sin ser regado.
- Los microaspersores móviles constan de tuberías subterráneas conectadas con microaspersores que cambian de ubicación manualmente para poder regar toda la zona de cultivo.



**Figura 3-2.** Sistema de riego por microaspersión

Fuente: (Parques, 2018)

#### **2.4.1. Componentes del sistema**

El sistema de riego por microaspersión consta de los siguientes componentes:

- Grupo de bombeo, son aquellos que facilitan el caudal de agua necesario para suplir con las necesidades del cultivo.
- Filtración, según la calidad de agua y el tamaño de la boquilla del aspersor, será el grado de espesor de la filtración.
- Sistema de abona, debe ser el correcto que, en conjunto con un eficiente regado, el cultivo crezca óptimamente.
- Red de tuberías, para poder llevar el agua desde el pozo de captación.
- Microaspersores, dependiendo del alcance, caudal y tamaño de gota determinan el tipo de aspersor a utilizarse.

#### **2.4.2. Ventajas del sistema**

Las ventajas del sistema de riego por microaspersión son:

- Se adecua a cualquier topografía de terreno.
- Duplica el área a regar.
- Se optimiza el agua, porque el riego es uniforme.
- Se pueden aplicar fertilizantes solubles.
- Crea un microclima que favorece al desarrollo de la plantación.

### 2.4.3. Desventajas del sistema

Las desventajas de este sistema son las siguientes:

- Fuerte inversión en la instalación inicial.
- Exige agua libre de sedimentos y sales, para evitar el taponamiento de los microaspersores.
- El fuerte impacto de algunas gotas puede dañar ciertos cultivos.

Analizando las ventajas y desventajas, los componentes que intervienen y la relación costo/beneficio de los diferentes sistemas de riego; en el presente trabajo se ha decidido emplear el riego por microaspersión, el cual será de gran beneficio para un mantenimiento idóneo de las plantas ornamentales y áreas verdes de la Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería Industrial de la Escuela Politécnica del Chimborazo, por lo que se estudiará dicho sistema a profundidad.

### 2.5. Tipos de microaspersores

Mantener un jardín o huerta de manera impecable se debe primordialmente a un buen riego. Para el riego de plantas ornamentales y áreas verdes, los siguientes tipos de microaspersores son los más utilizados.



**Figura 4-2.** Tipos de microaspersores de plástico rígido

Fuente: (Novagric, 2016)



### **2.5.1. *Microaspersores circulares***

Los microaspersores circulares son de fácil instalación y utilizados principalmente para el riego de césped y se flores. Después de colocar el aspersor en la superficie, se conecta mediante manguera o tubería hasta la captación para poder ponerlo en funcionamiento. (Novagric, 2016)

Lo que diferencia a los microaspersores circulares del resto de modelos es que abarca una mayor área de riego a diferencia de los demás. (Adolfo, 2011)



**Figura 5-2.** Microaspersores circulares

Fuente: (Merlín, 2016)

### **2.5.2. *Microaspersores por impulso***

Los microaspersores por impulsos son idóneos para jardines. Una vez conectado el aspersor y puesto en funcionamiento, se lo coloca de manera que se pueda conseguir que el chorro sea capaz de alcanzar toda el área que se necesita regar. (Ramos, 2013)



**Figura 6-2.** Microaspersores por impulso

Fuente: (ANTELCO, 2016)

### 2.5.3. *Microaspersores rectangulares*

Los microaspersores rectangulares son utilizados para el riego de zonas pequeñas, como una huerta. En este tipo de microaspersores se debe reajustar el margen de oscilación y la anchura de proyección del chorro, además de fijar el aspersor al suelo porque es fácil de desplazarse por la fuerza del agua. (BIRD, 2013)



**Figura 7-2.** Microaspersores rectangulares

Fuente: (ANTELCO, 2016)

### 2.6. **Conceptos básicos aplicados en el sistema de riego por microaspersión**



**Figura 8-2.** Sistema de riego por microaspersión

Fuente: (Universo, 2016)

Para poder desarrollar un sistema de riego por microaspersión es importante conocer conceptos generales de mecánica de fluidos que intervienen en la creación de dicho sistema.

### 2.6.1. Presión

Presión, es la aplicación de una fuerza sobre la superficie; en una superficie cerrada, el líquido ejerce fuerzas normales en cada uno de los elementos del área.

La presión atmosférica local se mide con un barómetro de mercurio o con un barómetro aneroide, el cual mide la diferencia de presión entre la atmosfera y una caja y un tubo. Se puede medir de manera análoga con un manómetro de resorte, con la condición de que en el tubo se ha hecho al vacío y se ha cerrado.

Los manómetros emplean columnas liquidas para determinar las diferencias de presiones; un tubo de cristal vertical se conecta en el interior del recipiente, el líquido eleva el tubo hasta alcanzar el equilibrio. Sirve para medir la presión de un líquido cuando es superior a la presión atmosférica local; la unidad de medida de la Presión es en Pascales. (Bergada, 2006)



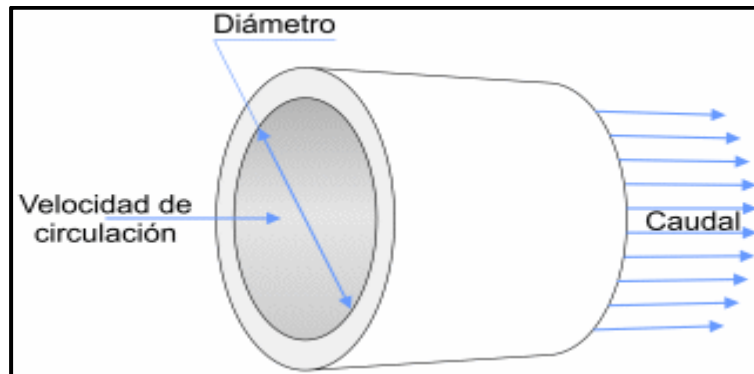
**Figura 9-2.** Manómetro de glicerina

Fuente: (Accesorios, s.f.)

### 2.6.2. Caudal

El caudal es la medida que describe el movimiento de un fluido mientras lo transporta por un determinado lugar, sea este canal o tubería, en una cierta cantidad de tiempo.

El caudal está dado por la siguiente formula:



**Figura 10-2.** Comportamiento de fluctuación en la tubería

Fuente: (Apaza, 2017)

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q= Caudal, expresado en m<sup>3</sup>/s.

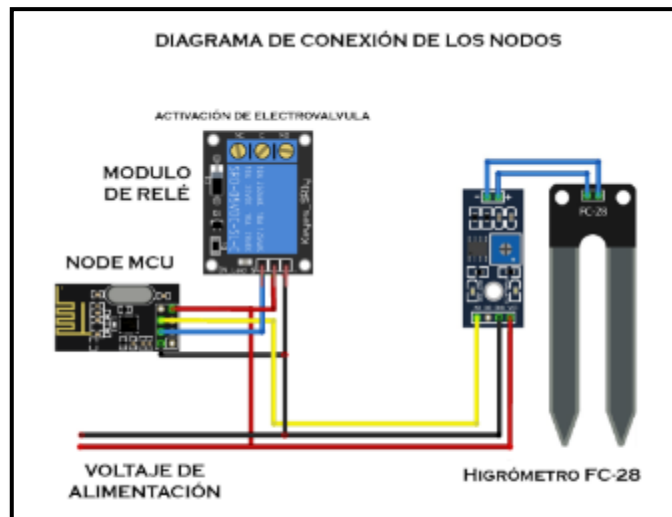
A= Área de la sección transversal, en m<sup>2</sup>.

V= Velocidad, en m/s.

### **2.6.3. Sensor de presión y accionamiento**

Los sensores de presión y accionamiento son sistemas eléctricos empleados en industrias, máquinas eléctricas y diversas aplicaciones; tienen la ventaja de que son usados de manera automáticas o manual según el proceso en que se los necesite.

Los sensores de presión son dispositivos que convierten una señal física en una señal distinta, es decir transforma un tipo de energía en otro.

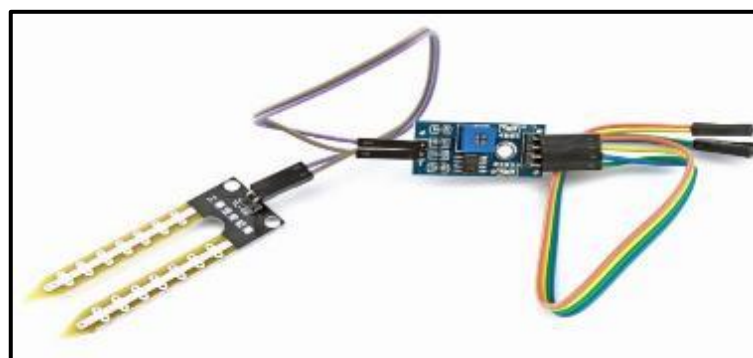


**Figura 11-2.** Conjunto de conectividad de un Nodo MCU  
**Fuente:** (Iberobotics, 2019)

La señal recibida por el sensor depende del medio donde se mide, ampliando la señal adquirida que no pueden ser percibidas directamente por los sentidos. (Ramos, 2013)

Los sensores se clasifican dependiendo su aplicación o requerimiento para ser empleados de acuerdo con la necesidad:

- Dependiendo el aporte de energía, existen sensores moduladores y generadores como, por ejemplo, el termistor y el termopar.
- Según la señal de salida, los sensores son analógicos o digitales, como el potenciómetro y el sensor codificador de posición.
- Aplicando el criterio de modo de operación, existen los sensores de deflexión y de comparación, como el acelerómetro de deflexión y el servoacelerómetro.



**Figura 12-2.** Higrómetro FC-28  
**Fuente:** (Iberobotics, 2019)

La cantidad de presión en un fluido se define como la fuerza por unidad de área. La unidad de medida de la presión, según el Sistema Internacional de Unidades, son los Pascales ( $1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$ ); debido a que los sensores usan mayormente la presión barométrica, resulta conveniente utilizar las unidades de medición como los bares ( $1\text{atm} = 1.03525$  bares).

#### **2.6.4. *Electroválvula***

Las electroválvulas son accionamientos eléctricos utilizados en procesos industriales, están programadas permitiendo el paso o cierre del agua mediante una válvula hidráulica automatizada por una bobina. Colocando un relé adecuado, controla caudales y todos los mecanismos de seguridad. (Bergada, 2006)



**Figura 13-2.** Electroválvula

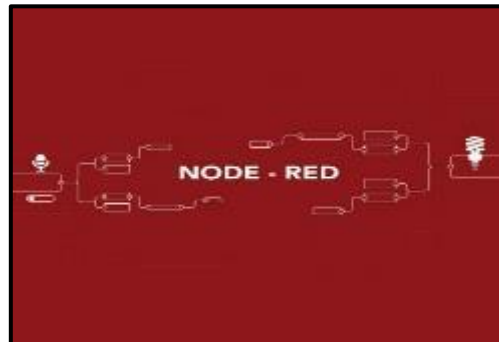
Fuente: (Flume, 2016)

#### **2.6.5. *Software***

El programa para utilizarse en la implementación del sistema de riego por microaspersión de manera temporizada es Node-Red, el cual es una herramienta bastante sencilla, creada por Nick O'Leary y Dave Conway-Jones del grupo de Servicios de Tecnologías Emergentes de IBM en el año 2013.

Node-Red es un programa potente que permite comunicar hardware y servicios de manera rápida, eficaz y sencilla, teniendo como objetivo facilitar el trabajo de programar del servidor.

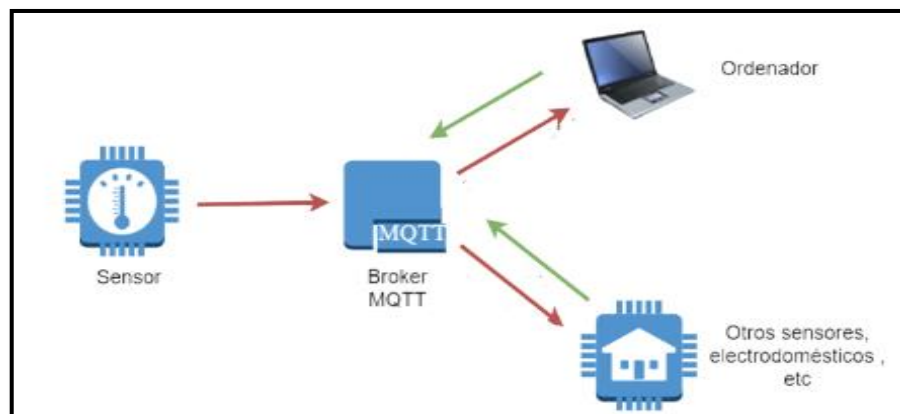
Permite utilizar tecnologías complejas sin profundizar en el más mínimo detalle. Su estructura está formada por nodos, los cuales llevan a través de la interfaz gráfica y permite realizar una tarea concreta. (Núñez, 2014)



**Figura 14-2.** Software módulo Nod-Red

Fuente: (IBM, 2019)

Las alarmas con SONOFF-ARDUINO que genera este software las envía directamente al teléfono celular mediante notificaciones PUSH-WEB, valiéndose de una llamada HTTP, un mensaje MQTT o activando un pulsador.



**Figura 15-2.** Protocolo MQTT

Fuente: (IBM, 2019)

El software Node-Red puede instalarse fácilmente en cualquier sistema operativo, evitando profundizar en tecnologías complejas y difíciles de implementar.

Con el simple hecho de saber la IP de una computadora o Tablet y disponer de un navegador, se puede instalar el programa.

Las características anteriormente mencionadas, son las que hacen que Node-Red sea el más indicado para ejecutarse en cualquier tipo de plataforma, por su fácil instalación y manejo del software. Estas razones han permitido que se haga la elección del uso de este programa para la automatización del sistema de riego por microaspersión. (Valle Hernández, 2018)

## 2.7. GSM

Los fundamentos principales en construcción de una red GSM constan de lo siguiente:

➤ La Estación Móvil o Mobile Station (MS): Consta a su vez de dos elementos básicos, por un lado, el terminal o equipo móvil y por otro lado el SIM o Subscriber Identity Module. El SIM es una pequeña tarjeta inteligente que sirve para identificar las características de nuestro terminal. Esta tarjeta se inserta en el interior del móvil y permite al usuario acceder a todos los servicios que haya disponibles por su operador, sin la tarjeta SIM el terminal no nos sirve de nada porque no podemos hacer uso de la red.

➤ La Estación Base o Base Station Subsystem (BSS): Sirve para conectar a las estaciones móviles con los NSS, además de ser los encargados de la transmisión y recepción. Como los MS también constan de dos elementos diferenciados: La Base Transceiver Station (BTS) o Base Station y la Base Station Controller (BSC).

➤ El Subsistema de Conmutación y Red o Network and Switching Subsystem (NSS): Este sistema se encarga de administrar las comunicaciones que se realizan entre los diferentes usuarios de la red; para poder hacer este trabajo la NSS se divide en siete sistemas diferentes, cada uno con una misión dentro de la red:

1. Mobile Services Switching Center (MSC): Es el componente central del NSS y se encarga de realizar las labores de conmutación dentro de la red, así como de proporcionar conexión con otras redes.

2. Gateway Mobile Services Switching Center (GMSC): Un gateway es un dispositivo traductor (puede ser software o hardware que se encarga de interconectar dos redes haciendo que los protocolos de comunicaciones que existen en ambas redes se entiendan. Bien, la misión del GMSC es esta misma, servir de mediador entre las redes de telefonía fijas y la red GSM.

3. Home Location Register (HLR): El HLR es una base de datos que contiene información sobre los usuarios conectados a un determinado MSC. Entre la información que almacena el HLR tenemos fundamentalmente la localización del usuario y los servicios a los que tiene acceso.



4. Visitor Location Register (VLR): Contiene toda la información sobre un usuario necesaria para que dicho usuario acceda a los servicios de red. Forma parte del HLR con quien comparte funcionalidad.

5. Authentication Center (AuC): Proporciona los parámetros necesarios para la autenticación de usuarios dentro de la red; también se encarga de soportar funciones de encriptación.

6. Equipment Identity Register (EIR): También se utiliza para proporcionar seguridad en las redes GSM, pero a nivel de equipos válidos. La EIR contiene una base de datos con todos los terminales que son válidos para ser usados en la red.

7. GSM Interworking Unit (GIWU): Sirve como interfaz de comunicación entre diferentes redes para comunicación de datos.

➤ Los Subsistemas de soporte y Operación u Operation and Support Subsystem (OSS): Los OSS se conectan a diferentes NSS y BSC para controlar y monitorizar toda la red GSM. (Gurovich, (1985))

## **2.8. Recomendaciones para la instalación de riego por microaspersión**

1. Tener en cuenta que la presión sea constante para evitar pérdidas durante el funcionamiento, esta puede ser comprobada por un manómetro.

2. Colación de un filtro al ingreso del agua al sistema, para de esta manera evitar el ingreso de cuerpos extraños en el agua.

3. El sistema de riego por microaspersión no se debe realizar con aguas contaminadas, con contenidos salinos para evitar el taponamiento de estos.

4. Es recomendable llevar un control del viento, por lo que realizar el riego con vientos fuertes, el agua no se distribuirá de manera uniforme. Además, con altas velocidades aumente el porcentaje de pérdidas por evaporación y arrastre.

5. Comprobar que los accesorios se encuentren completamente limpios y sellados, para evitar pérdidas de agua.

6. Realizar un mantenimiento adecuado de todos los elementos que intervienen en el sistema, para evitar la rotura de la tubería de conducción y taponamiento de los filtros.

7. Tener en cuenta el diámetro a utilizarse de las tuberías para que el sistema pueda funcionar de manera eficaz y abastecer a toda el área que necesita ser regada; es decir, no escatimar valores en estas decisiones para un buen cumplimiento del sistema. (Capraro, 2014)

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO POR MICROASPERSIÓN

#### 3.1. Descripción del Área

En la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, en la Avenida Pedro Vicente Maldonado (vía Panamericana Sur km 1½), se encuentra ubicada la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), dentro de la Facultad de Mecánica, en la Escuela de Ingeniería Industrial, existen tres áreas verdes con sembríos de plantas ornamentales, localizada (2.816 metros sobre el nivel del mar), caracterizada por tener un invierno húmedo-frío y un verano cálido, con una humedad del 98.8% según datos del INAMHI.



**Figura 1-3.** Ubicación satelital área de estudio

Fuente: (Maps, 2009)

ESPOCH es una de las principales universidades a nivel nacional, se caracteriza por la excelente educación e instalaciones que brinda a los estudiantes que la acogen por sus años de estudio, por tal motivo debe mantener el aspecto ornamental que aporta a la ciudad, debiendo así dar el mantenimiento apropiado a las áreas verdes y jardinerías que se hallan alrededor de las facultades y escuelas de esta.

### **3.2. Situación actual**

Las áreas verdes de la carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, cuentan con un sistema de riego manual para el mantenimiento de dichas áreas; de las tres áreas, solo dos se abastecen mediante tomas de agua que son captadas directamente de la tubería de agua potable que abastece a la ESPOCH, sin contar con un reservorio adecuado para prevenir la falta del líquido en algún momento.

Para la elaboración del diseño e implementación del sistema de riego automatizado por microaspersión, se eligieron las tres zonas de sembríos de áreas verdes y plantas ornamentales con las que cuenta la Carrera de Ingeniería Industrial, que tienen las siguientes características:

- Terreno 1: Consta de 5.40 m de ancho por 11 m de longitud, con un área de 59.4 m<sup>2</sup>, la característica del suelo es de tipo franco arenoso, lo que favorece a una elevada producción agrícola, cuenta con una toma de agua de tubería PVC de ½”, llevando el líquido desde la red principal de agua potable.
- Terreno 2: Consta de un ancho de 8 m por una longitud de 5.50 m, un área de 44 m<sup>2</sup>. El suelo es de excelente producción agrícola, franco arenoso; esta superficie no cuenta con ninguna toma de agua, por lo que se encuentra totalmente descuidada y con la vegetación perdida por falta de agua.
- Terreno 3: Consta de característica similar a las anteriores, con una longitud de 4.60 m y un ancho de 4.10 m, el área de sembrío es de 18.86 m<sup>2</sup>; la cual dispone de una toma de agua captada desde la red principal, con una tubería PVC de ½”.

### **3.3. Método de selección**

#### **3.3.1. Estudio de variables**

El caudal y la presión son las características más importantes que se debe tomar en cuenta al momento de diseñar un sistema de riego. El conocimiento de estos datos facilita selección al método del sistema hidráulico a utilizarse y los elementos que garanticen un funcionamiento eficaz.

### 3.3.1.1. Estudio de Campo

El cálculo del caudal se realizó por medio del Método Volumétrico, el cual permite la obtención de este dato, mediante el llenado cronometrado de un recipiente cualquiera de volumen conocido.

Para este caso, se utilizó un recipiente de 12 litros, se tomaron 10 muestras en periodo matutino y vespertino en el estudio, para luego proceder a determinar el promedio. Se utilizó la fórmula del caudal, detallada anteriormente en el marco teórico del presente trabajo.

**Tabla 1-3.** Método Volumétrico Toma 1

N°	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	CAUDAL (L/s)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
1	12	110	0.10	0.0001
2	12	100	0.12	0.00012
3	12	56	0.21	0.00021
4	12	57	0.21	0.00021
5	12	58	0.20	0.0002
6	12	91	0.13	0.00013
7	12	59	0.20	0.0002
8	12	95	0.12	0.00012
9	12	70	0.17	0.00017
10	12	58	0.20	0.0002
		<b>Q PROMEDIO</b>	0.16	0.00017

Fuente: Autor

**Tabla 2-3. Método Volumétrico Toma 2**

N°	VOLUMEN (L)	TIEMPO (s)	CAUDAL (L/s)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
1	12	55	0.21	0.00021
2	12	42	0.28	0.00028
3	12	51	0.23	0.00023
4	12	55	0.21	0.00021
5	12	54	0.22	0.00022
6	12	51	0.23	0.00023
7	12	53	0.22	0.00022
8	12	45	0.26	0.00026
9	12	50	0.24	0.00024
10	12	59	0.20	0.0002
		<b>Q PROMEDIO</b>	0.23	0.00023

Fuente: Autor

Para poder determinar la presión de agua, se tomó un manómetro de glicerina, el cual se coloca en la tubería de 1/2" existente, utilizando el acople de un collarín.

En el primer terreno de sembrío de áreas verdes y plantas ornamentales, el manómetro arroja una presión de 0.9 bar en la toma de agua existente y; en la tercera superficie a regarse, la presión fue de 1 bar en la tubería de 1/2" de la toma.

### 3.3.2. Selección de microaspersores

Al analizar todos los aspectos físicos y naturales a los que están sometidas las áreas verdes que necesitan ser regadas, se opta por un sistema de riego automatizado por microaspersión.

Para la selección de los microaspersores, se revisó el extenso mercado que existe para la obtención de estos accesorios; tomando en cuenta las especificaciones, características y condiciones que permitan cumplir a cabalidad el riego superando las condiciones antes mencionadas, entre los cuales los óptimos fueron:

#### 3.3.2.1. Mini-Wobblers

Los mini-Wobblers son microaspersores ideales para proporcionar una cobertura de riego instantánea y uniforme en condiciones de áreas grandes o pequeñas. Cuentan con las siguientes características:

- Cuenta con una cobertura de 360° de acción central rotativa.
- Tiene uniformidad de distribución del agua y largo alcance con presiones bajas.
- Buen tamaño de gota y de suave aplicación.
- De máxima durabilidad porque posee una gran resistencia a la corrosión.

**Tabla 3-3.** Características Mini-Wobbler

MINI WOBBLER Boquilla 6 R/M ½"	PRESIONES DE TRABAJO (PSI)				
	15	20	25	30	35
Caudal (GPM)	0.95	1.1	1.25	1.36	1.47
Diámetro a 0.50 m	10.13	11.00	11.23	11.53	11.47

Fuente: (Plastigama, 2017)



**Figura 2-3.** Mini-Wobbler

Fuente: (Plastigama, 2017)

### 3.3.2.2. Mini-Wobbler HA

Las características del microaspersores Mini-Wobbler HA, son las siguientes:

- Trabaja bajo pérdida por evaporación.
- Tiene una cobertura de 360° de acción rotativa oscilante.
- Logra un máximo alcance aun con presiones bajas, y mediante una cobertura totalmente uniforme.
- El riego de este microaspersores se asemeja mucho a la lluvia. (BIRD, 2013)

**Tabla 4-3.** Características Mini-Wobbler HA

MINI WOBBLER HA Boquilla 6 R/M ½"	PRESIONES DE TRABAJO (PSI)				
	15	20	25	30	35
Caudal (GPM)	1.3	1.51	1.69	1.86	2.01
Diámetro a 0.50 m	13.20	13.80	14.20	14.40	14.60

Fuente: (Plastigama, 2017)



**Figura 3-3.** Mini Wobbler HA

Fuente: (Plastigama, 2017)

### 3.3.2.3. Xcel Wobbler

El microaspersores Xcel Wobbler dispone de las siguientes características:

- Dispone de un diseño totalmente renovado.
- Cuenta con un goteo suave, pero maximiza el área con un riego uniforme.
- Cuenta con un mayor diámetro en presiones bajas, y provoca menos pérdida por evaporación.
- Microaspersores fuerte y de gran durabilidad.
- No produce pérdida de agua
- Conexión a rosca hembra de ½” y ¾”. (Adolfo, 2011)

**Tabla 5-3.** Características Xcel-Wobbler

Xcel Wobbler	PRESIONES DE TRABAJO (PSI)				
	10	15	20	25	30
Boquilla 6 R/M ½”					
Caudal (GPM)	0.78	0.95	1.10	1.35	1.35
Diámetro a 0.50 m	10.38	12.05	12.97	13.43	13.43
Boquilla 7 R/M ½”					
Caudal (GPM)	1.06	1.3	1.5	1.68	1.84
Diámetro a 0.50 m	10.68	12.36	13.12	13.58	13.73
Boquilla 10 R/M ½” y ¾”					
Caudal (GPM)	2.22	2.72	3.14	3.51	3.85
Diámetro a 0.50 m	11.60	13.28	14.04	14.50	14.65

Fuente: (Plastigama, 2017)





**Figura 4-3.** Xcel-Wobbler HA

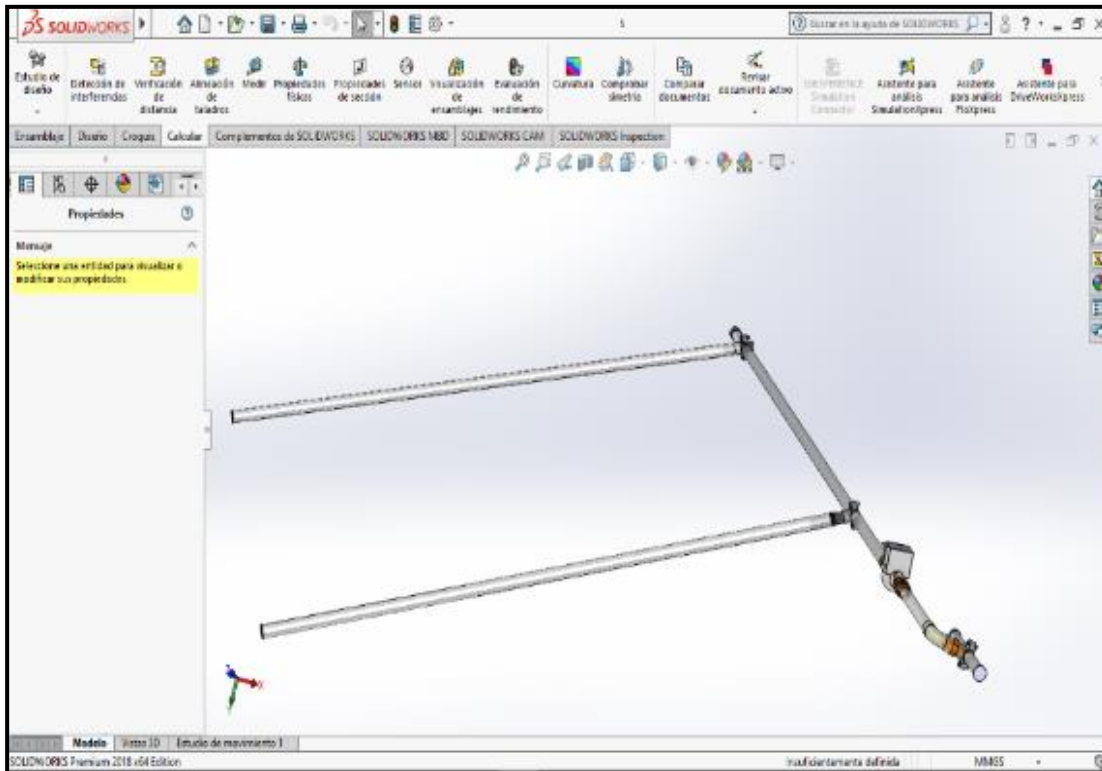
Fuente: ( (Plastigama, 2017)

Analizando la información recolectada de los distintos microaspersores que se encuentran en el mercado nacional, se ha optado la utilización del microaspersores el modelo Mini-Wobbler, por sus características:

- Están formados por una única pieza móvil, por efecto tendrá una mayor vida útil del dispositivo.
- La pérdida por evaporación y por la presencia del viento a bajas presiones es prácticamente nula a diferencia del resto de microaspersores que se encuentran en el mercado.
- Tiene conexión de ½” NPT macho.
- Dispone de boquillas codificadas por diferentes colores para poder identificarlos de manera rápida.
- Su rotación es de un deflector ranurado combinado con una acción oscilante, que proporciona una aplicación uniforme del agua.
- Distribuye agua en gotas de menor intensidad sobre una gran área de cobertura con presiones bajas. (Darío., 2015)

### 3.3.3. Estructura del sistema hidráulico

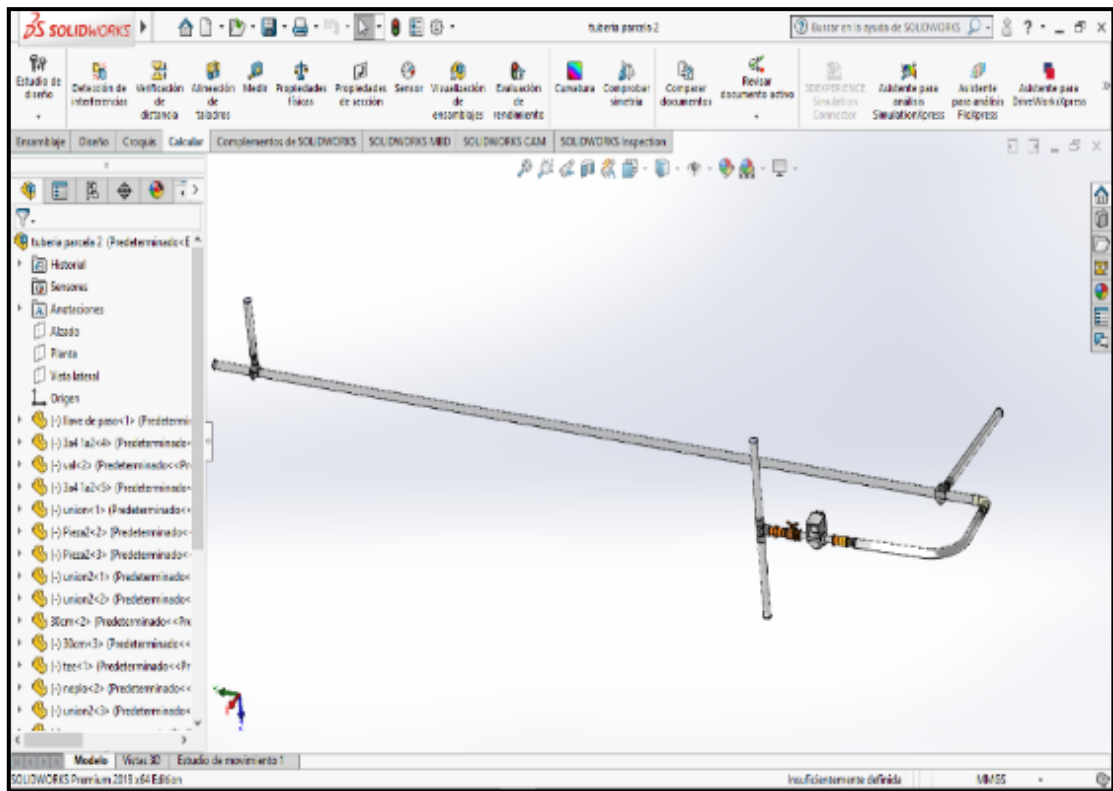
Una de las partes primordiales del proyecto es la estructura del sistema hidráulico, para esto, el programa SOLIDWORKS es una de las herramientas más factible para la realización del diseño del sistema de riego por microaspersión.



**Figura 5-3.** Diseño 3D, parcela principal

Fuente: Autor

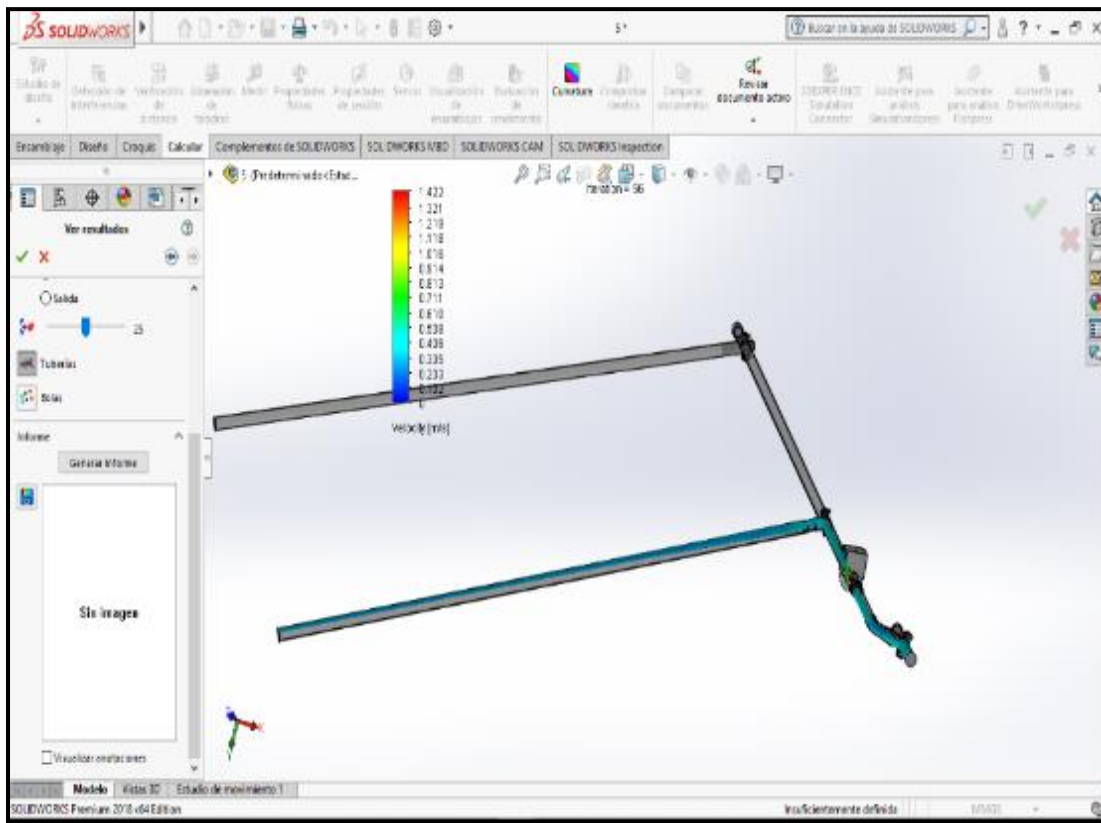
Mediante la utilización de SOLIDWORKS podemos recrear las áreas de sembrío de áreas verdes y plantas ornamentales que van a ser regadas, permitiéndonos establecer dimensiones exactas de las tuberías y tipos de accesorios que se necesitan emplear.



**Figura 6-3.** Diseño 3D, parcela secundaria y terciaria

Fuente: Autor

Para poder realizar el diseño del sistema de riego, se analizó meticulosamente las áreas verdes, las tomas de agua disponibles, el tipo de suelo en el que se encuentra el sembrío, el clima, la humedad, la presión y el caudal de agua.



**Figura 7-3.** Simulación 3D del fluido por tubería en la parcela principal

Fuente: Autor

### 3.3.4. Cálculo del sistema hidráulico

El diseño hidráulico selecciona los componentes, dimensiones de la red y funcionamiento de la instalación de riego, para la impulsión y conducción de agua de tal manera que se pueda satisfacer las necesidades de agua en el cultivo en un tiempo establecido.

Las pérdidas son el resultado del contacto del agua con la superficie de las tuberías, provocando una resistencia al movimiento. Existen dos pérdidas primarias y secundarias teniendo en cuenta dos factores la tubería y flujo. (Villalobos, 2013)

#### 3.3.4.1. Pérdidas Primarias

La pérdida de carga es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad media en la tubería y a la longitud de la tubería e inversamente proporcional al diámetro de esta, como se muestra en la ecuación 1. (Bergada, 2006)

$$h_f = \lambda \frac{Lv^2}{D*2g} \quad (1)$$

Donde:

$h_f$  = Coeficiente de pérdida primaria

$L$  = Longitud de tubería

$D$  = Diámetro de tubería

$v$  = Velocidad media

#### 3.3.4.2. Pérdidas Secundarias

Las pérdidas secundarias dependen de un factor  $k$ , que se basa en un factor de fricción que se determina por el diámetro y longitud de la tubería. Como se observa en la ecuación 2 (Gavidia Navarro, 2015).

$$h_{pa} = k \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

Donde:

$h_{pa}$  = Coeficiente de pérdida secundaria

$k$  = Coeficiente de pérdida

$v$  = Velocidad media

#### 3.3.4.3. Pérdidas por fricción en tuberías principales

El diseño hidráulico para riego se basa un sistema de tuberías, y busca en lo posible reducir las pérdidas de fluido para mejorar la eficiencia del sistema de riego, usando la ecuación de Hanzen Williams ya que solo asocia el coeficiente de rugosidad relativa de los conductores, basado en el material y tiempo de uso.

Se usa normalmente para estimar las pérdidas de agua por fricción en laterales de aspersión y goteo en líneas principales; siempre que estos conductos sean tubulares cerrados que trabajan a presión. Su fórmula se expresa en la ecuación 3. (Villalobos, 2013)

$$J = \frac{hf \times 100}{L} = K \left( \frac{Q}{C} \right)^{1.852} D^{-4.87} \quad (3)$$

Donde:

$J$  = Gradiente de pérdida de carga [ $m/100$ ]

$K$  = Constante de conversión

$hf$  = Pérdidas de carga debida a fricción [ $m$ ]

$L$  = Longitud de la tubería, [ $m$ ]

$Q$  = Caudal en la tubería, [ $L/s$ ]

$C$  = Coeficiente de fricción

$D$  = Diámetro interno del tubo, mm [ $in$ ]

El coeficiente de fricción o coeficiente de resistencia es un parámetro adimensional relacionada al material de la tubería. Para la aplicación de la ecuación 3 se debe conocer el material de la tubería y esta puede variar disminuyendo por la edad de esta, ya que tienen a ser más rugosas según su uso.

**Tabla 6-3.** Tipos de Coeficiente de Fricción

Tubería	Coeficiente $C$
<b>Plástico</b>	150
<b>Asbesto cemento</b>	140
<b>Aluminio con acoples</b>	130
<b>Acero Galvanizado</b>	130
<b>Acero nuevo</b>	130
<b>Acero de 15 años de uso</b>	100

Fuente: (UTAH, 2015)

4	Datos (Necesario llenar manualmente)								
5									
6		In	m	m <sup>3</sup> /s	m <sup>2</sup> /s	kg/m <sup>3</sup>	m/s	Resultado (HF) m	
7	L (ongitud)=		11					HF=	0,0003
8	V (velocidad)=						0,27		
9	Q (Gasto)=			0,00017					
10	D (Diámetro)=	2	1,905					Calcular HF	
11	Y (Peso específico)					920			
12	E (Rugosidad)=		0,00025						
13	u (viscosidad cinemática)=				1,01E-06				

**Figura 8-3.** Base de datos para el cálculo por pérdida de accesorios

Fuente: (Dragoit, 2017)

4	Datos (Necesario llenar manualmente)								
5								NO aplica a 2000 < Re < 4000	
6		In	m	m <sup>3</sup> /s	m <sup>2</sup> /s	kg/m <sup>3</sup>	m/s		
7	L (ongitud)=		11						
8	V (velocidad)=						0,27	Resultado (HF) m	
9	Q (Gasto)=			0,11				HF=	0,09
10	D (Diámetro)=	4	1,905						
11	Y (Peso específico)					920			
12	E (Rugosidad)=		0,00044						
13	u (viscosidad cinemática)=				1,00E-04				
14									

**Figura 9-3.** Base de datos para el cálculo por pérdida de accesorios

Fuente: (Dragoit, 2017)

Las pérdidas de presión hidráulica en las resistencias locales, se calculan según la fórmula empírica:

$$\Delta p_{rl} = \xi \left( \frac{\rho \cdot v_{med.prl}^2}{2} \right) \quad (1.52)$$

$\xi = \left( 1 - \frac{D_{intt.may}^2}{d_{intt.men}^2} \right)^2$  = para la ampliación brusca de la tubería donde  $D_{intt.may}$  y  $d_{intt.men}$  son diámetros interiores de las tuberías en las secciones mayores y menores.

$\xi = 2$  a  $4$  = para distribuidores.

$\xi = 2$  a  $3$  = para válvulas antirretorno.

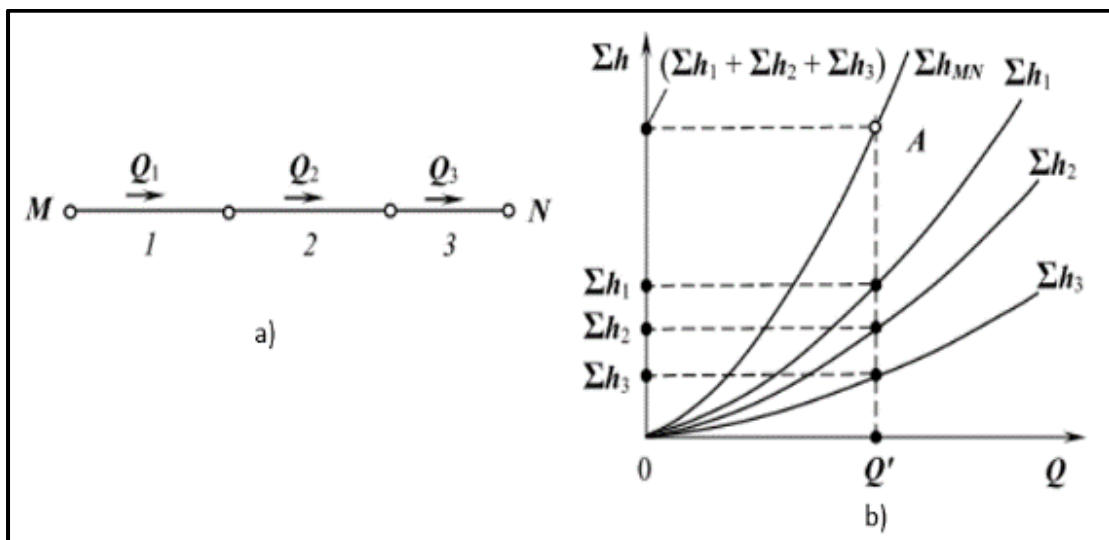
$\xi = 0,5 \left( 1 - \frac{D_{intt.may}^2}{d_{intt.men}^2} \right)$  = para el estrechamiento repentino de la tubería.

$\xi = 1$  a  $2$  = para el giro de la tubería a  $90^\circ$ .

$\xi = 0,5$  = para la entrada de la tubería con bordes agudos.

$\xi = 0,06$  a  $0,1$  = para entrada en la tubería con bordes redondeados.

Si hay una conexión en serie de varias tuberías simples 1, 2 y 3 (Figura N°. 22. a) de diferente longitud, diferente diámetro, con un conjunto diferente de resistencias locales (dado que estas tuberías están conectadas en serie, cada una de ellas tiene el mismo caudal Q). La pérdida de presión total para toda la conexión (entre los puntos M y N):  $\sum h_{MN}$  es la suma de las pérdidas de presión en cada tubería simple ( $\sum h_1, \sum h_2, \sum h_3$ ), es decir, para una conexión en serie, el siguiente sistema de ecuaciones es válido



**Figura 10-3.** Conexión en serie de tuberías simples. a) esquema de conexión, b) construcción de las características sumarias

Fuente: (Mecánica de Fluidos, 2017)



$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3; \quad (1.53)$$

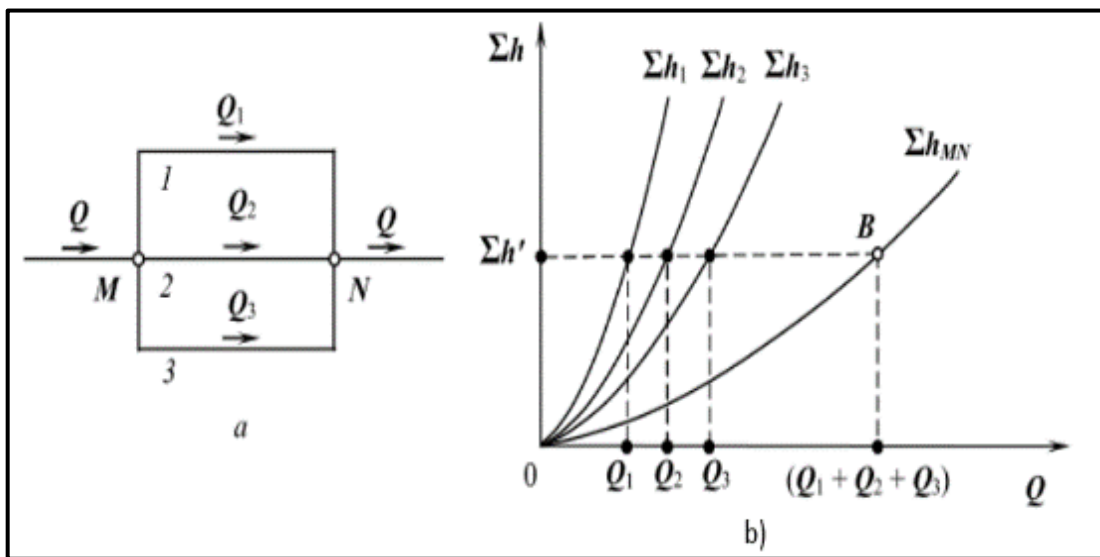
$$\Sigma h_{MN} = \Sigma h_1 + \Sigma h_2 + \Sigma h_3.$$

La pérdida de presión en cada tubería simple se puede determinar a través de los valores de los caudales correspondientes, teniendo en cuenta el coeficiente  $K_i$  (.....).

$$\Sigma h_1 = K_1 Q_1^m; \Sigma h_2 = K_2 Q_2^m; \Sigma h_3 = K_3 Q_3^m. \quad (1.54)$$

El sistema de ecuaciones (1.53) y las dependencias (1.54) son la base para calcular un sistema hidráulico con una conexión en serie de tuberías.

Paralela es la conexión de tuberías (Figura N°. 23. 1.12 a), en la que todas las tuberías tienen dos puntos comunes: el punto de derivación ( $M_{pdt}$ ) y el punto de cierre ( $N_{pct}$ ).



**Figura 11-3.** Conexión paralela de tuberías simples. a) esquema de conexión, b) construcción de las características sumarias

Fuente: (Mecánica de Fluidos, 2017)

Con tal conexión, el caudal  $Q$  del fluido en el sistema hidráulico antes de la derivación (punto  $M_{pdt}$ ) y después del cierre (punto  $N_{pct}$ ) es el mismo y es igual a la suma de los caudales de flujo  $Q_1$ ,  $Q_2$  y  $Q_3$  en las ramas paralelas.

Si designamos la carga en los puntos  $M_{pdt}$  y  $N_{pct}$  por  $H_M$  y  $H_N$ , entonces, para cada tubería simple, la pérdida de carga es igual a la diferencia de éstas.

$$\Sigma h_1 = H_M - H_N; \Sigma h_2 = H_M - H_N; \Sigma h_3 = H_M - H_N, \quad (1.55)$$

Es decir, en tuberías paralelas las pérdidas son siempre las mismas. Esto se debe a que, con tal conexión, a pesar de las diferentes resistencias hidráulicas de cada tubería simple, los caudales  $Q_1$ ,  $Q_2$  y  $Q_3$  se distribuyen entre ellos para que las pérdidas sigan siendo iguales. El sistema de ecuaciones para la conexión paralela de tuberías es:

$$Q = Q_1 + \dots + Q_3; \quad (1.56)$$

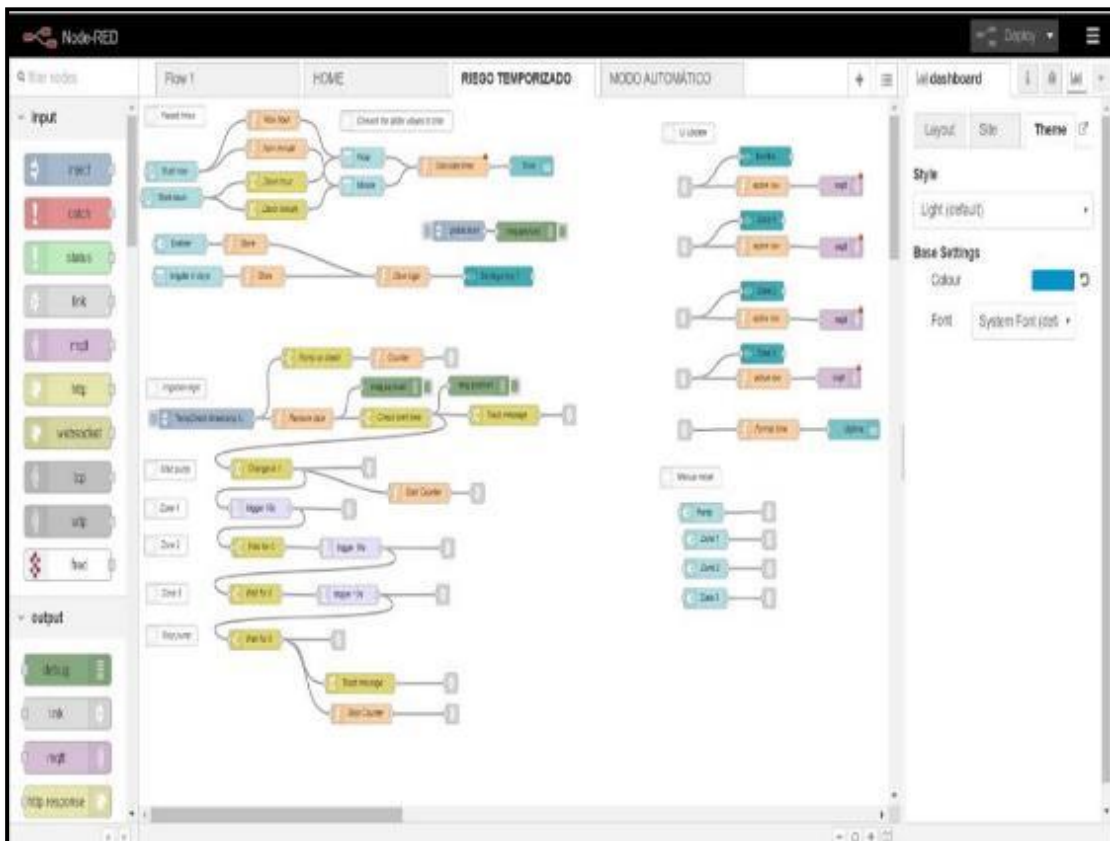
$$\sum h_1 = \sum h_2 = \sum h_3.$$

La pérdida de presión en cada tubería que ingresa a la unión se puede determinar mediante las fórmulas (1.54). Así, el sistema de ecuaciones (1.56) complementado por las ecuaciones (1.54) es la base para el cálculo de sistemas hidráulicos con conexión paralela de tuberías.

La Figura N°.23 1.12 b) muestra el método para obtener las características totales de la conexión paralela. Para este propósito, se utilizan las características de las tuberías simples 1, 2 y 3, que se construyen de acuerdo con las ecuaciones (1.54). (Villalobos, 2013)

### 3.3.5. Programación del sistema de riego

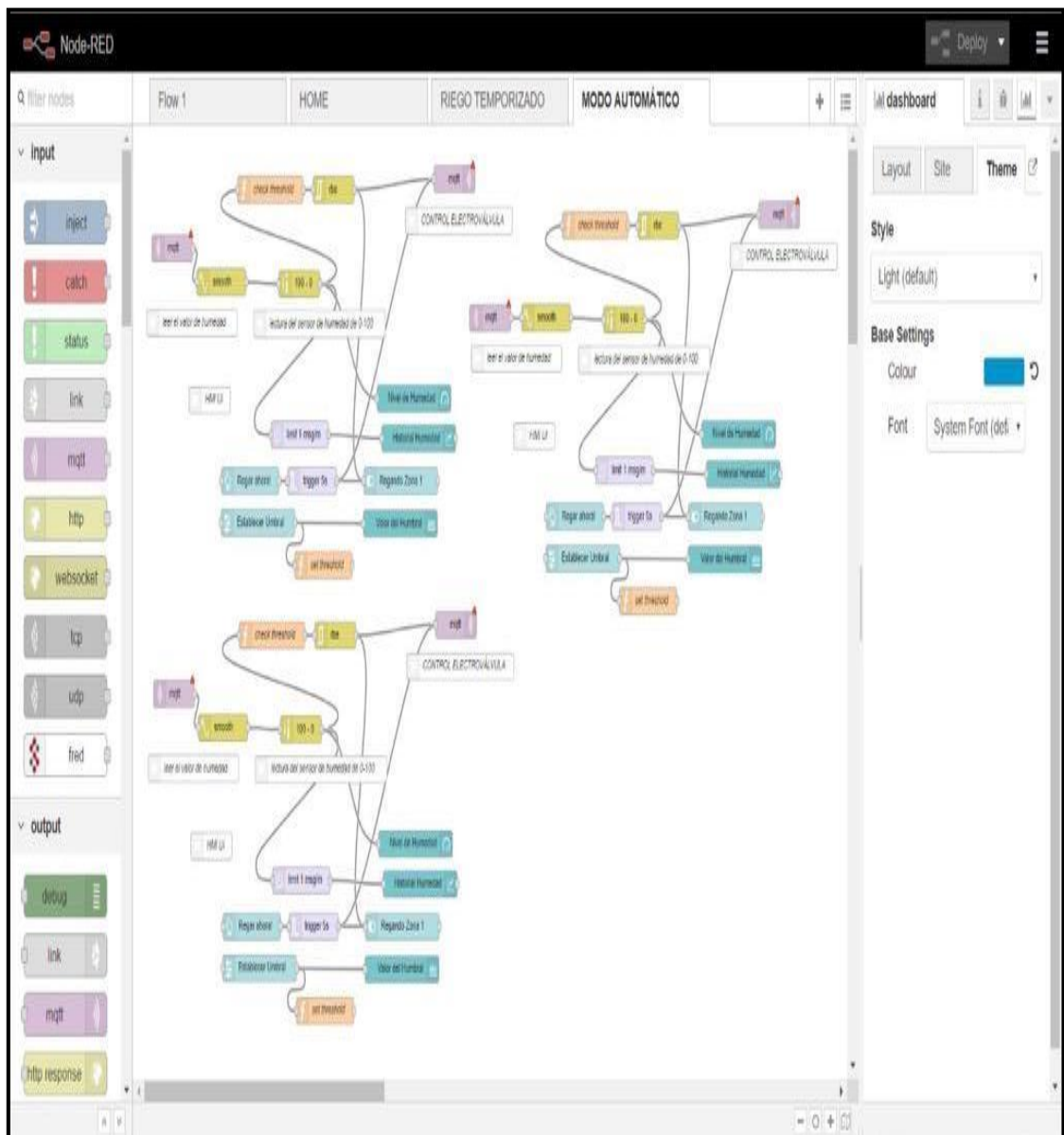
La programación del sistema de riego consiste en un esquema eléctrico para el programa que se va a utilizar. Se identifican las entradas, como: sensores y pulsadores; y salidas como las electroválvulas, las que indicarán señales numéricas y literales en cada una de estas.



**Figura 12-3.** Programación en Node-Red, riego temporizado

Fuente: Autor

Antes de la programación final para el sistema de riego, se realizan simulaciones con el software Node – Red, de esta manera se evita posibles errores cuando entre en funcionamiento los microaspersores



**Figura 13-3.** Programación en Node-Red, modo automático

Fuente: Autor

Las señales detalladas anteriormente son las que permitirán armar el circuito en el programa para su correcta funcionalidad, los sensores detectarán la variación de humedad en la entrada y salida del circuito diseñado, habiéndole otorgado un valor de humedad máxima y mínima al sistema para que las áreas sean abastecidas en su totalidad. Las señales que emiten los sensores de humedad son los que permitirán la activación inmediata de las electroválvulas en la secuencia determinada.

## CAPÍTULO IV

### 4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN

#### 4.1. Resultados y análisis

Realizado el diseño e implementación del sistema automatizado de riego por microaspersión se procede a su confirmación, con la finalidad de demostrar que se cumpla con los requerimientos especificados establecidos en el sistema.

La valoración del sistema mediante mejoras, ventajas y prestaciones se determinan mediante los resultados que ofrece este nuevo sistema de riego automatizado para operación respecto al control del proceso manual que se realizaba anteriormente.

##### 4.1.1. *Instalación de accesorios y equipos en el sistema hidráulico*

Los requerimientos técnicos para el sistema de riego automatizado por microaspersión.

**Tabla 1-4.** Accesorios utilizados para la implementación del Sistema de Riego por Microaspersión

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Asp 1 senn mini-wobbler ½” m #6	4
Rizer armado	4
Tubo 25 mm ec 1.6 mpax6m	4
Collarín dos tornillos 25mm x 3/4”	4
Tee ½ “rosc plast	1
Tapón pvc h de 25	2
Manguera ¾ “bicapa 100 m	1
Adaptor flex ¾ “hembra eco	1
Abrazadera 12-22 ¾”	12
Agroflex de ¾ por metros	15
Tapón h ¾”	4
Adaptador flex ¾ “macho gp-350	8
Codo ¾ “x 90 gr rosc plast	1

<b>Bushing 1" m x 3/4" h rosc plast</b>	8
<b>Codo pvc (25x90)</b>	2
<b>Adaptador m 25 x 3/4</b>	2
<b>Collarín dos tornillos 20 mm x 1/2"</b>	2
<b>Adaptador m 25 1/2</b>	1
<b>Pega weld-on 705-32g (1/2 galon)</b>	1
<b>Teflón grande</b>	1
<b>Bushing 3/4 "m x 1/2" h rosc plast</b>	5
<b>Válvula universal con llave</b>	1
<b>Válvula universal</b>	1
<b>Neplo 1 1/2" x 3/4</b>	1
<b>Neplo 3/4 corrido plast</b>	1
<b>Válvula de esfera 3/4 rosc tigre</b>	1
<b>Neplo 1/2" corrido plast</b>	1

Fuente: Autor

#### **4.1.2. Implementación del sistema hidráulico**

En la implementación del sistema hidráulico se realiza una serie de actividades de forma congruente que garantice el funcionamiento del sistema, el cual se ha dividido en dos secciones que lo conforman de la siguiente manera:

- Sección Principal (Medición y Ubicación)
- Sección Secundaria (Accesorios y Dispositivos)

##### **4.1.2.1. Sección Principal: Medición y Ubicación**

Para la implementación de la sección principal, se desarrolló el siguiente procedimiento:

- a) La medición del entorno de estudio es primordial para conocer el alcance del diseño del sistema de riego hidráulico.



**Fotografía 1-4.** Medición de las parcelas

Fuente: Autor

b) Se realiza la excavación para la zanja, debe ser un intervalo de 15 cm a 30 cm de profundidad, ya que es un suelo franco-arenoso, ideal para la instalación de accesorios y tuberías para jardines y áreas pequeñas de cultivo.



**Fotografía 2-4.** Suelo Franco Arenoso y  
Profundidad de Zanjeo

Fuente: Autor

c) Se procede a realizar los ramales donde se situarán las mangueras.



**Fotografía 3-4.** Ramales secundarios en dirección de la tubería principal

Fuente: Autor

d) Se desarrolló removimiento de concreto para realizar las conexiones de tubería hacia la tercera parcela.



**Fotografía 4-4.** Ramal secundario debajo de concreto

Fuente: Autor

e) Se desarrolla la medición de la presión del agua con que se va a aplicar el sistema de riego diseñado.



**Fotografía 5-4.** Manómetro de Glicerina en marcación de presión en bares a las dos tomas principales de abastecimiento

**Fuente:** Autor

#### *4.1.2.2. Sección Secundaria: Accesorios y Dispositivos*

Para la ejecución del segundo paso para la implementación de sistema de riego por microaspersión, se realizaron los siguientes pasos para la colocación de accesorios y dispositivos:

a) Se instala una llave de paso (válvula universal con llave), con el fin de evitar contratiempos con el sistema de riego establecido, logrando una independencia total de la tubería principal a nuestro sistema mediante el uso de un codo y collarín.





**Fotografía 6-4.** Conexión de la llave universal con llave, a la primera toma de abastecimiento para el sistema de riego

Fuente: Autor

b) Se instala el acople de la llave de paso mediante un bushing con pegamento Weld-on la red de tubería principal del sistema de riego a la primera parcela.



**Fotografía 7-4.** Tubo de red principal del sistema de riego de la primera parcela

Fuente: Autor

c) Instalación de collarín para el ramal secundario.



**Fotografía 8-4.** Acople de collarín a la red principal de nuestro sistema de riego

Fuente: Autor

d) Instalación del ramal secundario mediante manguera bicapa con micro aspersor MINI-WOBBLER en su extremo y tapón de seguridad en caso de fallo.



**Fotografía 9-4.** Ramal Secundario con micro aspersor MINI-WOBBLER

Fuente: Autor

e) Instalación de acoples a la segunda toma de abastecimiento, mangueras, llave de paso, collarín, abrazaderas, bushing.



**Fotografía 10-4.** Toma de abastecimiento para el acople del juego de seguridad con llave de paso

Fuente: Autor

#### 4.1.3. *Instalación de accesorios y equipos en el sistema eléctrico-automatizado*

Requerimientos tecnificados para el sistema de riego automatizado por microaspersión

**Tabla 2-4.** Accesorios utilizados para la implementación del Sistema de Riego por Microaspersión

Descripción	Cantidad
Válvula electromagnética 12vdc ¾ plg nc	2
Transformador 110v a 12v 15w	2
Sensor de corriente no invasivo 5a sct 013-005	1
Modulo sensor de suelo y temperatura para enterrar higrómetro	6
Protoboard mini 170 puntos	2
Sonoff WIFI wireless smart switch	4
Kit de 40 cables Arduino 20 cm de longitud hembra-hembra	1

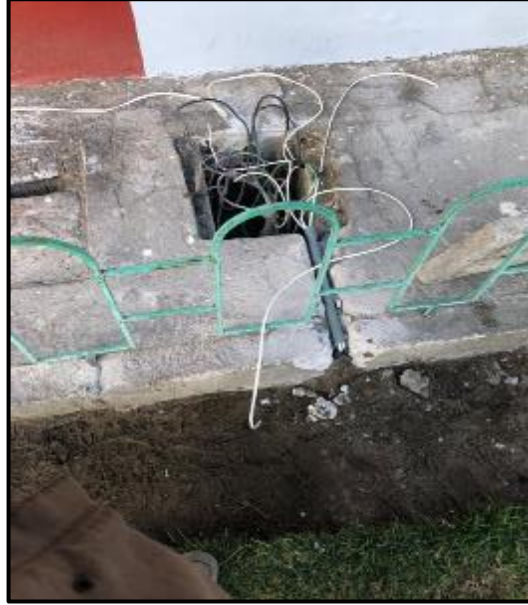
<b>Kit de 40 cables Arduino 20 cm de longitud hembra-macho</b>	1
<b>Rollo de 20 metros de cable utp categoría 5e</b>	1
<b>Plug red rj45 cat 5e macho</b>	6
<b>Capuchón cat 5e</b>	6
<b>Terminales planos</b>	6
<b>Sensor de flujo de agua caudal yf-5201c g1/2 1-30 l/min negro</b>	2
<b>Caja de protección térmica</b>	2
<b>Rollo de 50 metros de cable gemelo #18</b>	1
<b>Tablet Lenovo</b>	1
<b>Router wlan</b>	1
<b>Tarjetas Node mcu</b>	2

Fuente: Autor

#### ***4.1.4. Implementación del sistema eléctrico-automatizado***

En la implementación del sistema eléctrico-automatizado se realizan una serie de actividades de forma congruente que garantice el funcionamiento del sistema y medidas óptimas:

a) Se consideró como punto de control base para la alimentación del sistema eléctrico-automatizado la alimentación principal que obtiene el edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial.



**Fotografía 11-4.** Toma principal de electricidad

Fuente: Autor

b) Se realizó el zanjeo superficial para las líneas de fuente de alimentación para las parcelas cuya profundidad no es mayor a 10 cm.



**Fotografía 12-4.** Zanjeo para las líneas de alimentación eléctrica

Fuente: Autor

c) Se procede a realizar el armado de control, sensores de humedad, electroválvulas, medidor de caudal, transformador de corriente AC-DC en resguardo a la caja de protección.



**Fotografía 13-4.** Sistema de control automatizado

Fuente: Autor

#### 4.1.5. Herramientas

Requerimientos tecnificados para el sistema de riego automatizado por microaspersión

**Tabla 3-4.** Herramientas utilizadas para la implementación del Sistema de Riego por Microaspersión

Descripción	Cantidad
Segueta	1
Martillo hidráulico	1
Gafas y orejeras de protección	1
Guantes de protección	1
Guantes aislantes para campos eléctricos	1
Pala	1
Carretilla	1
Desarmadores estrella y plano	1
Playo de precisión	1
Llaves para tubo juego doble	1
Paleta	1
Bailejo	1
Terraja de 3/4	1
Taladro	1
Martillo	1

Fuente: Autor

## 4.2. Pruebas de funcionamiento

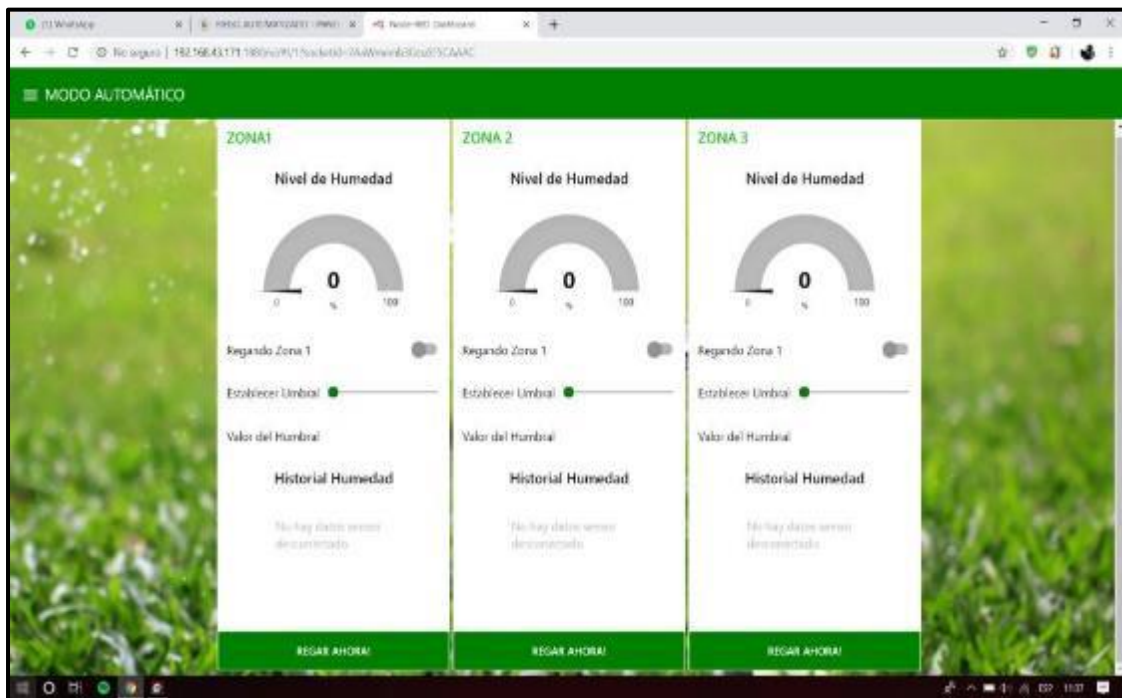
Para las pruebas de funcionamiento se estableció la secuencia operativa en función de los datos que leen los sensores para el respectivo funcionamiento y presurización del sistema a controlar, por medio de datos informativos online e históricos recolectados por el operario cuya presentación es la siguiente:



La interfaz principal al comenzar el arranque del sistema por medio del operario en funcionamiento a través de la tablet con su menú de operabilidad de riego en sección inicial principal.

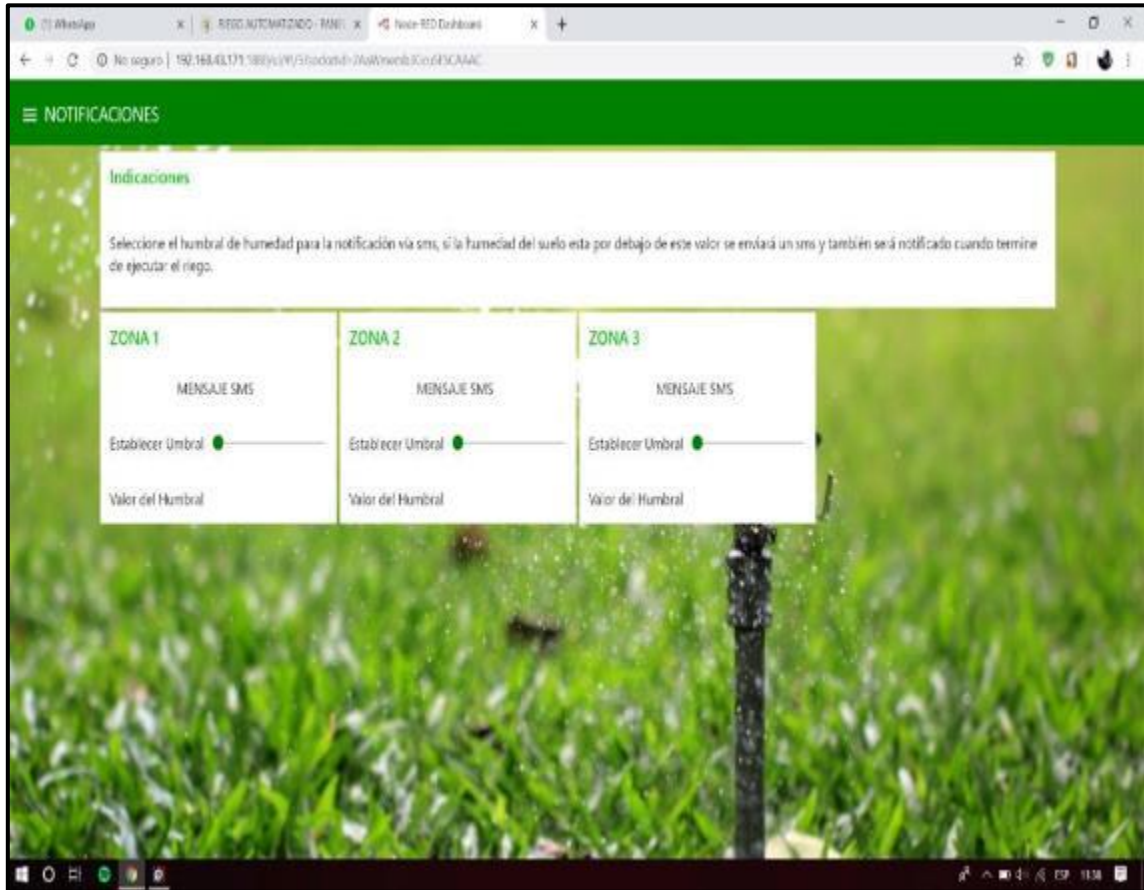


El sistema de control tiene mando automático y manual según la disposición de tiempo, humedad y consumo para el riego automatizado en consideración, sea por datos online meteorológicos o notificaciones al correo electrónico según la necesidad del sistema para tomar las indicaciones pertinentes por parte del operario.

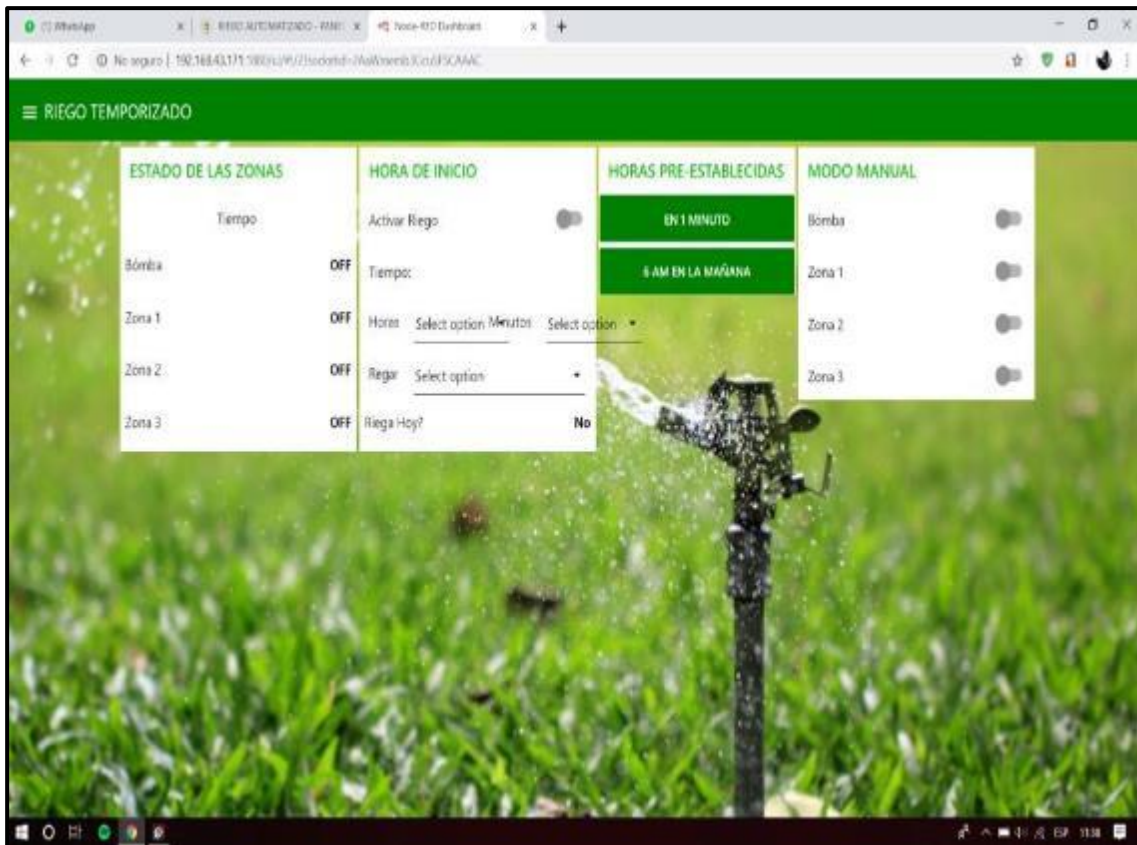




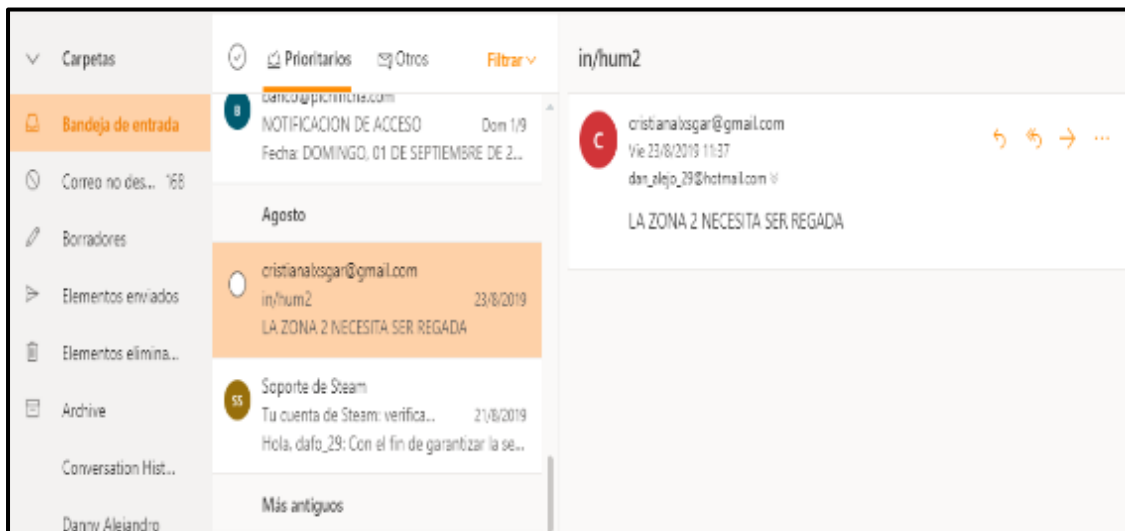
Se sitúan al alcance del operario las respectivas parcelas de riego según el nivel de humedad que haya considerado el sistema mediante un lumbral para la zona.



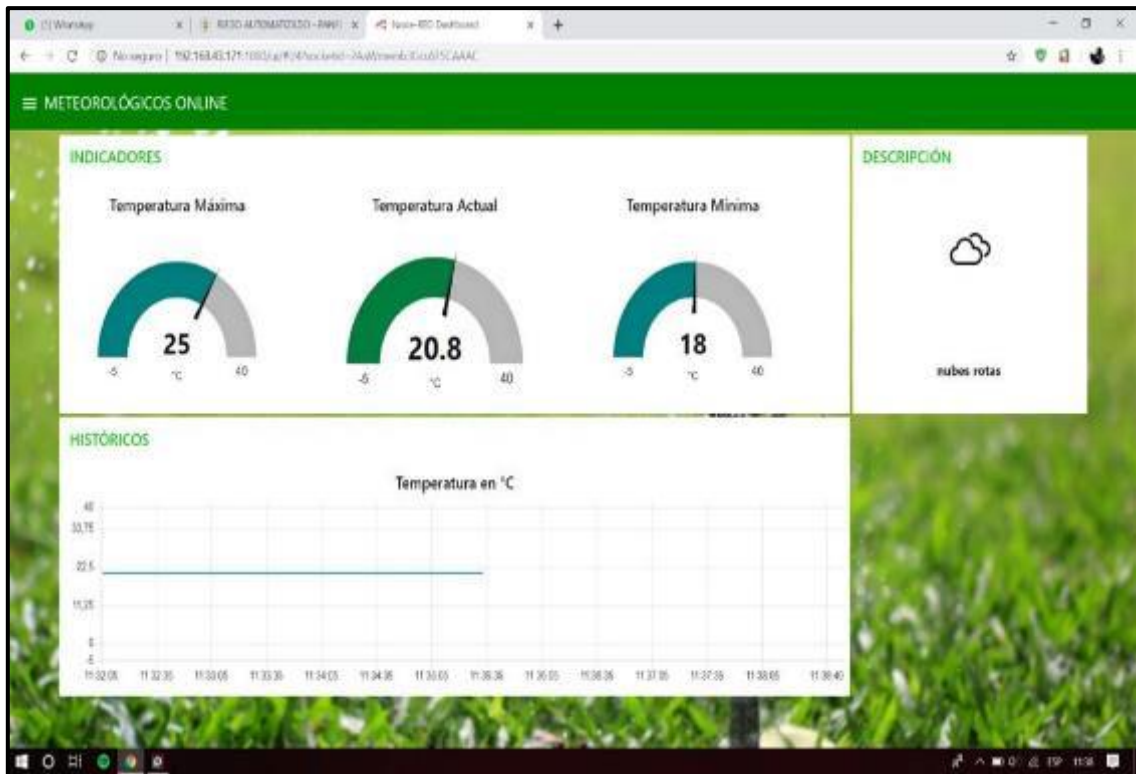
Se consideró la opción de riego temporizado donde se puede programar la presurización del sistema para el respectivo riego de la zona afectada ante un consumo de agua necesario mediante datos meteorológicos u históricos que capta el sistema en su base de control.



La respectiva notificación consecuente a la necesidad de agua de riego a la zona mediante correo electrónico.



Indicadores online que se denotaron para el tiempo de riego real mediante temperatura pronosticada, proporcionando la opción de nubes rotas como tiempo climatológico lluvioso.



Control de consumo de agua y eléctrico mediante el arranque del sistema y presurización en tiempo real del sistema de riego.



### 4.3. Resultados obtenidos

La implementación del sistema de riego diseñado muestra resultados en eficiencia ante un consumo de agua inapropiado, dando como resultado un riego uniforme con mejoramiento estético de las áreas verdes expuestas.

La eficiencia del sistema implica haber alcanzado la meta planteada al menor tiempo y cantidad de recursos utilizables, la institución no se ve inmersa en la realización de futuras actividades de riego por motivo de implementación, no obstante, adquiere nuevas maneras de mantenimiento.



**Fotografía 14-4.** Sistema de Riego Manual, vistas

**Fuente:** Autor

Como resultado al sistema de riego por microaspersión, por lo que es necesario establecer un cuidado eficaz del sistema en consumo de agua, también es importante tener en cuenta que en la actualidad cualquier sistema productivo debe ser amigable con el medio ambiente, pues es un tema que cada vez intercala, ganando espacio al desarrollo humano y urbano el cual nunca debe ser pasado por desapercibido.



**Fotografía 15-4.** Sistema de Riego Implementado

Fuente: Autor

Resultados comparativos de tiempos de riego en días laborales para el sistema manual vs tiempos de riego de todos los días de la semana para el sistema automatizado.

**Tabla 4-4.** Tiempos de Riego

Etapas	Sistema Manual de Riego		Etapas	Sistema Automatizado de Riego	
	Matutino	Vespertino		Matutino	Vespertino
<b>Tiempo de Riego</b>	3 horas	3 horas	<b>Tiempo de Riego</b>	30 min	30 min
<b>Tiempo de Riego Diario</b>	6 horas		<b>Tiempo de Riego Diario</b>	1 hora	
<b>Tiempo de Riego Semanal</b>	30 horas		<b>Tiempo de Riego Semanal</b>	7 horas	
<b>Tiempo de Riego Mensual</b>	120 horas		<b>Tiempo de Riego Mensual</b>	28 horas	

Fuente: Autor

Descripción de la cantidad hídrica, por tiempos individuales para una mejor apreciación del gasto en litros que se da en el sistema manual de riego, finalizando en un tiempo promedio mensual de 120 horas laborables de consumo en las dos tomas de agua en estudio.

**Tabla 5-4.** Consumo Hídrico del Sistema Manual de Riego en la Toma 1

<b>Toma 1</b>			
<b>Tiempo</b>			<b>Volumen</b>
76 seg			12 litros
1 min		60 seg	9,47 litros
1 hora	60 min	3600 seg	568,2 litros
3 horas	180 min	10800 seg	1704,6 litros
6 horas	360 min	21600 seg	3409,2 litros
30 horas	1800 min	108000 seg	17046 litros
120 horas	7200 min	432000 seg	68184 litros

Fuente: Autor

**Tabla 6-4.** Consumo Hídrico del Sistema Manual de Riego en la Toma 2

<b>Toma 2</b>			
<b>Tiempo</b>			<b>Volumen</b>
52 seg			12 litros
1 min		60 seg	13,84 litros
1 hora	60 min	3600 seg	830,4 litros
3 horas	180 min	10800 seg	2491,2 litros
6 horas	360 min	21600 seg	4982,4 litros
30 horas	1800 min	108000 seg	24912 litros
120 horas	7200 min	432000 seg	99648 litros

Fuente: Autor

Descripción de la cantidad hídrica, por tiempos individuales para una mejor apreciación del gasto en litros que se da en el sistema automatizado de riego, finalizando en un tiempo promedio mensual de 28 horas, en consideración a los 7 días de la semana a las dos tomas de agua en estudio.

**Tabla 7-4.** Consumo Hídrico del Sistema Automatizado de Riego en la Toma 1

<b>Toma 1</b>			
<b>Tiempo</b>			<b>Volumen</b>
76 seg			12 litros
1 min		60 seg	9,47 litros
1 hora	60 min	3600 seg	568,2 litros
30 min		1800 seg	284,1 litros
1 hora	60 min	3600 seg	568,2 litros
7 horas	420 min	25200 seg	3977,4 litros
28 horas	1680 min	100800 seg	15909,6 litros

Fuente: Autor

**Tabla 8-4.** Consumo Hídrico del Sistema Automatizado de Riego en la Toma 2

<b>Toma 2</b>			
<b>Tiempo</b>			<b>Volumen</b>
52 seg			12 litros
1 min		60 seg	13,84 litros
1 hora	60 min	3600 seg	830,4 litros
30 min		1800 seg	415,2 litros
1 hora	60 min	3600 seg	830,4 litros
7 horas	420 min	25200 seg	5812,8 litros
28 horas	1680 min	100800 seg	23251,2 litros

Fuente: Autor

La relación del costo por m<sup>3</sup> cuesta \$0.48, denotando el consumo de agua que se da mensualmente en \$32,73 y \$47,83 en las tomas respectivas de estudio mediante el sistema manual de riego.

**Tabla 9-4.** Costo por gasto Hidráulico en el Sistema de Riego Manual

<b>Sistema de Riego Manual</b>					
		Volumen Toma 1		Costo	Total
		Litros	m <sup>3</sup>	\$	\$
Diario		3409,2	3,4092	0,48	1,64
Semanal		17046	17,046	0,48	8,18
Mensual		68184	68,184	0,48	32,73
		Volumen Toma 2		Costo	Total
		Litros	m <sup>3</sup>	\$	\$
Diario		4982,4	4,9824	0,48	2,39
Semanal		24912	24,912	0,48	11,96
Mensual		99648	99,648	0,48	47,83

Fuente: Autor

El consumo de agua mediante el sistema automatizado de riego denota un costo mensual aproximado de \$7.64 y \$11.16 de las tomas de agua en estudio dando una reducción financiera considerada ante el sistema manual de riego, cuyo valor de ahorro en la toma 1 es de \$25.09 y en la toma 2 de \$36.67.

**Tabla 10-4.** Costo por gasto Hidráulico en el Sistema de Riego Automatizado

<b>Sistema de Riego Automatizado</b>					
		Volumen Toma 1		Costo	Total
		Litros	m <sup>3</sup>	\$	\$
Diario		568,2	0,5682	0,48	\$0,27
Semanal		3977,4	3,9774	0,48	\$1,91
Mensual		15909,6	15,9096	0,48	\$7,64
		Volumen Toma 2		Costo	Total
		Litros	m <sup>3</sup>	\$	\$
Diario		830,4	0,8304	0,48	0,40
Semanal		5812,8	5,8128	0,48	2,79
Mensual		23251,2	23,2512	0,48	11,16

Fuente: Autor



#### 4.4. Costos de diseño del sistema

##### 4.4.1. Costos directos

Tabla 11-4. Costos Directos

Cantidad	Descripción	Valor unitario	Valor total
4	asp 1 senn mini-wobbler ½” m #6	5.00	20.00
4	rizer armado	4.00	16.00
4	tubo 25 mm ec 1.6 mpax6m	3.50	14.00
4	collarín dos tornillos 25mm x ¾”	1.00	4.00
1	tee ½ “rosc plast	0.94	0.94
2	tapón pvc h de 25	0.50	1.00
1	manguera ¾ “bicapa 100 m	1.50	1.50
1	adaptor flex ¾ “hembra eco	0.50	0.50
12	abrazadera 12-22 ¾”	0.75	9.00
15	agroflex de ¾ por metros	0.40	6.00
4	tapón h ¾”	0.35	1.40
8	adaptador flex ¾ “macho gp-350	0.55	4.40
1	codo ¾ “x 90 gr rosc plast	0.70	0.70
8	bushing 1” m x ¾” h rosc plast	0.98	7.84
2	codo pvc (25x90)	0.65	1.30
2	adaptador m 25 x ¾	0.45	0.90
2	collarín dos tornillos 20 mm x ½”	2.25	4.50
1	adaptador m 25 ½	0.58	0.58
1	pega weld-on 705-32g (1/2 galon)	4.50	4.50
1	teflón grande	1.55	1.55
5	bushing ¾ “m x ½” h rosc plast	1.00	5.00
1	válvula universal con llave	6.45	6.45
1	válvula universal	6.55	6.55
1	neplo 1 ½” x ¾	0.75	0.75
1	Neplo ¾ corrido plast	0.50	0.50
1	Válvula de esfera ¾ rosc tigre	5.00	5.00
2	Válvula electromagnética 12vdc ¾ plg nc	40.00	80.00
2	Transformador 110v a 12v 15w	15.00	30.00

1	Sensor de corriente no invasivo 5a set 013-005	9.00	9.00
6	Modulo sensor de suelo y temperatura para enterrar higrómetro	6.00	36.00
2	Protoboard mini 170 puntos	5.00	10.00
4	Sonoff WIFI wireless smart switch	9.00	36.00
1	Kit de 40 cables Arduino 20 cm de longitud hembra-hembra	10.00	10.00
1	Kit de 40 cables Arduino 20 cm de longitud hembra-macho	10.00	10.00
1	Rollo de 20 metros de cable utp categoría 5e	35.00	35.00
6	Plug red rj45 cat 5e macho	0.45	2.70
6	Capuchón cat 5e	1.10	6.60
6	Terminales planos	0.80	4.80
2	Sensor de flujo de agua caudal yf-5201c g1/2 1-30 l/min negro	4.50	9.00
2	Caja de protección térmica	15.00	30.00
1	Rollo de 50 metros de cable gemelo #18	35.00	35.00
1	Tablet Lenovo	100.00	100.00
1	Router wlan	80.00	80.00
2	Tarjetas Node mcu	15.00	30.00
		<b>Total:</b>	<b>678.96</b>

Fuente: Autor

#### 4.4.2. Costos indirectos

**Tabla 12-4.** Costos Indirectos

Número de horas	Descripción	Valor unitario	Valor total
30	Investigación de campo	10.00	300.00
70	Investigación de internet	0.80	56.00
110	Herramientas	0.50	55.00
		<b>Total:</b>	<b>411.00</b>

Fuente: Autor

#### 4.4.3. Costos totales

**Tabla 13-4.** Costos Totales

<b>Descripción</b>	<b>Valor total</b>
<b>Costos directos</b>	678.96
<b>Costos indirectos</b>	411.00
<b>Total</b>	1089.96

Fuente: Autor

## **CONCLUSIONES**

- Se aplicaron los conocimientos adquiridos durante la carrera en mecánica de fluidos y diseño por computadora, en el trabajo de investigación, construcción e implementación del sistema automatizado de riego por microaspersión.
- Se implementó el sistema automatizado de riego en las áreas verdes de la Escuela de Ingeniería Industrial para mejorar el consumo de agua en un 90% de gasto volumétrico mensual
- La implementación del sistema de riego diseñado muestra resultados de ahorro hídrico ante un consumo de agua que se genera mediante el uso inapropiado, permitiendo que mensualmente se reduzca a 15.909,6 litros en la toma de agua 1 y 23.251,2 litros en la toma de agua 2.
- Se sometió a prueba el sistema automatizado de riego mediante la interfaz hombre – máquina en los horarios programados y calibrados con un lumbral de humedad de (40-60) % en suelo franco-arenoso.
- El accionamiento del sistema con la implementación realizada es la correcta ya que se trabaja con presiones medidas en el estudio de campo entre (0.9-1) Bares.

## **RECOMENDACIONES**

- Aplicar mantenimiento periódico a los sensores de humedad Fc-28 cada 6 meses por su tiempo de vida útil.
- Cumplir las indicaciones de operación del sistema automatizado de riego por microaspersión.
- Verificar si existe el recurso hídrico en las tomas para su normal funcionamiento con la presurización del sistema total
- Evitar el contacto líquido con las tarjetas Nod-Mcu ya que son dispositivos electrónicos donde pueden formarse sobre cargas eléctricas.
- Mantenerse en el rango límite de 20 mts de frecuencia de la red wifi para un correcto funcionamiento e interacción con el sistema.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**Rain Bird.** “El riego automático de espacios verdes”, 2013.

**Antelco.** “Sistema de riego. Catalogo métrico”. 2016.

**APAZA MAMANI Darwin Fray & IRVIN JHONS La Torre Javier.** Diseño e Implementación de un Sistema Automatizado para Riego Tecnificado Basado en el Balance de Humedad de Suelo con Tecnología Arduino en el Laboratorio de Control y Automatización Epime 2016. Puno-Perú (2017).

**Hunter Industries Incorporated (1940).** Manual de Diseño de un Sistema de Riego Residencial. Diamond Street, San Marcos, California 92078. (2013) [www.hunterindustries.com/global](http://www.hunterindustries.com/global).

**Capraro, F., Tosetti, S., Vita, F., Patiño, D., Schugurensky, C., y Fullana, R.** Sistemas de monitoreo continuo de la humedad en el suelo para el control de riego en un olivar (*Olea europaea* L.). Empleando LabVIEW. Jornadas de inf. ind. pp 28-42. Escalas G. “Diseño y desarrollo de un prototipo de riego automático controlado con Raspberry Pi y Arduino”(Trabajo final de grado). Universidad Politécnica de Catalunya, España. (2014).

**Fernández, R., Yruela M., Milla, M., Garcia J., y Oyonarte N.** Manual de riego para agricultores Módulo 4: Riego localizado. Ideas, exclusivas y publicidad S.L. (2010).

**Gurovich, L.** Fundamento y diseño de Sistemas de Riego. Costa Rica, Levantex S.A. (1985).

**Villalobos, Rossela.** Mecánica de fluidos: pérdidas primarias y secundarias. [Blog]. 2013. Disponible en: <http://villalobosfisicoquimicaii.blogspot.com/2013/12/v-behaviorurldefaultvmlo.html>

**Valle Hernández, Luis.** Introducción a NodeRED. [En línea]. 2018. [Consulta: 24 junio 2019]. Disponible en: <https://programarfacil.com/blog/raspberry-pi/introduccion-node-red-raspberry-pi/>.

**Traxco.** Transpiración y sistemas de riego. [En línea], 2011. [Consulta: 8 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.traxco.es/blog/tecnología-del-riego/transpiración>.

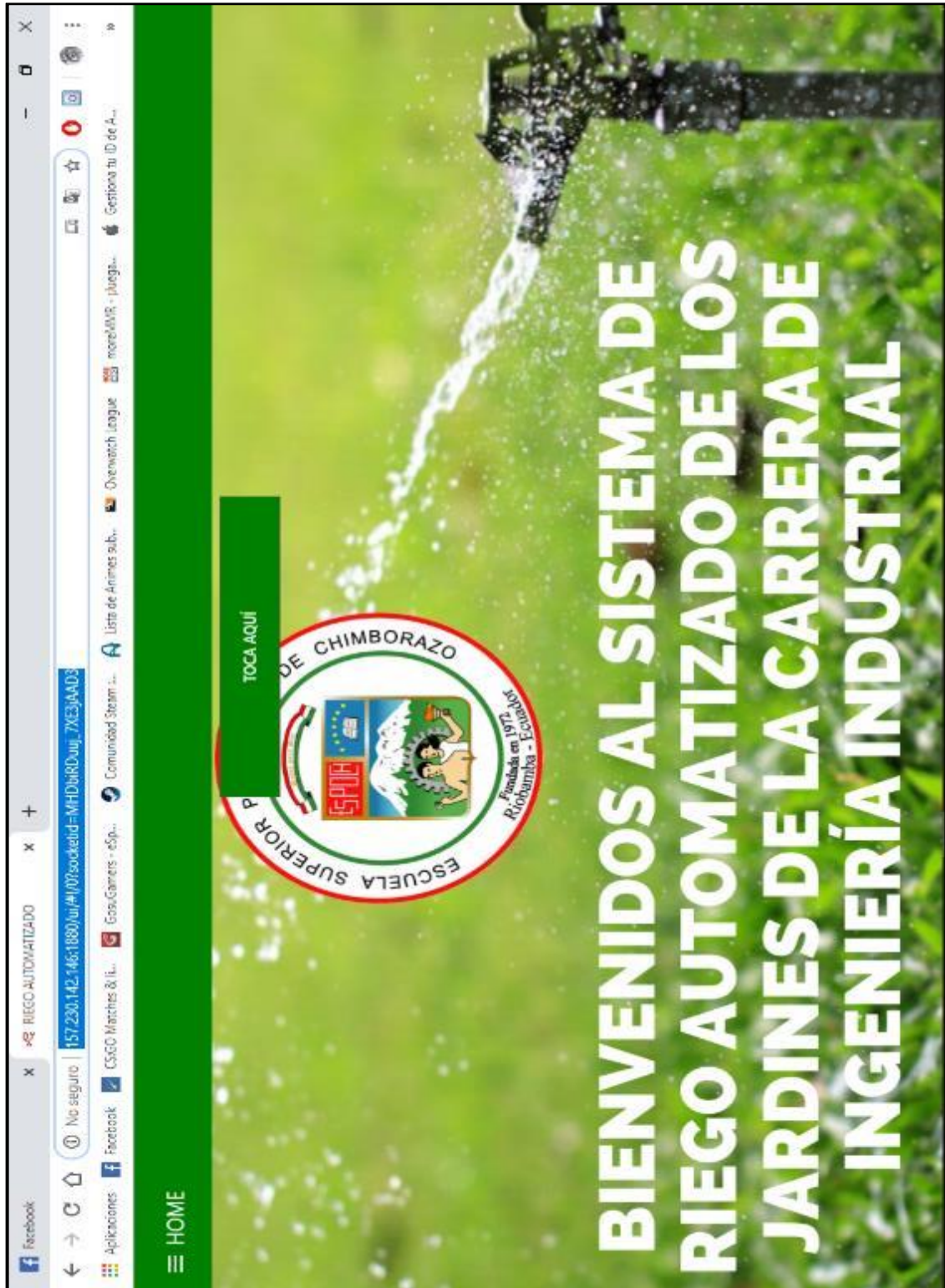
**Ramos, Marco & Báez, Darío.** Diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión en una parcela demostrativa en el Cantón Cevallos. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba - Ecuador. 2013. pp. 1-133

**NOVAGRIC.** Riego por Aspersión. [Blog]. 2016. [Consulta: 28 septiembre 2019]. Disponible en: <https://www.novagric.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-por-aspersion>.

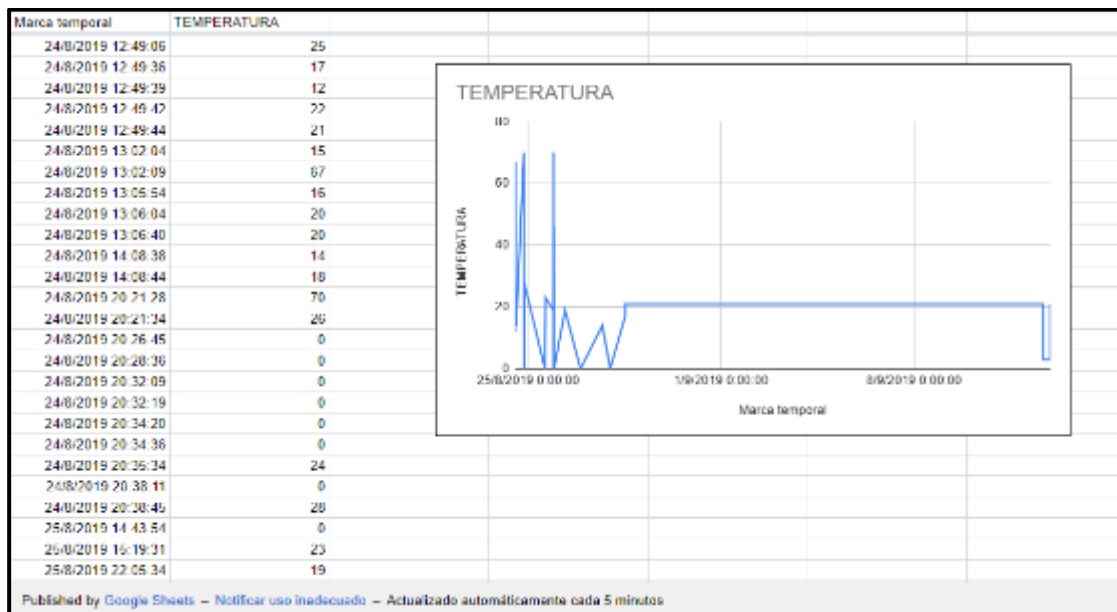
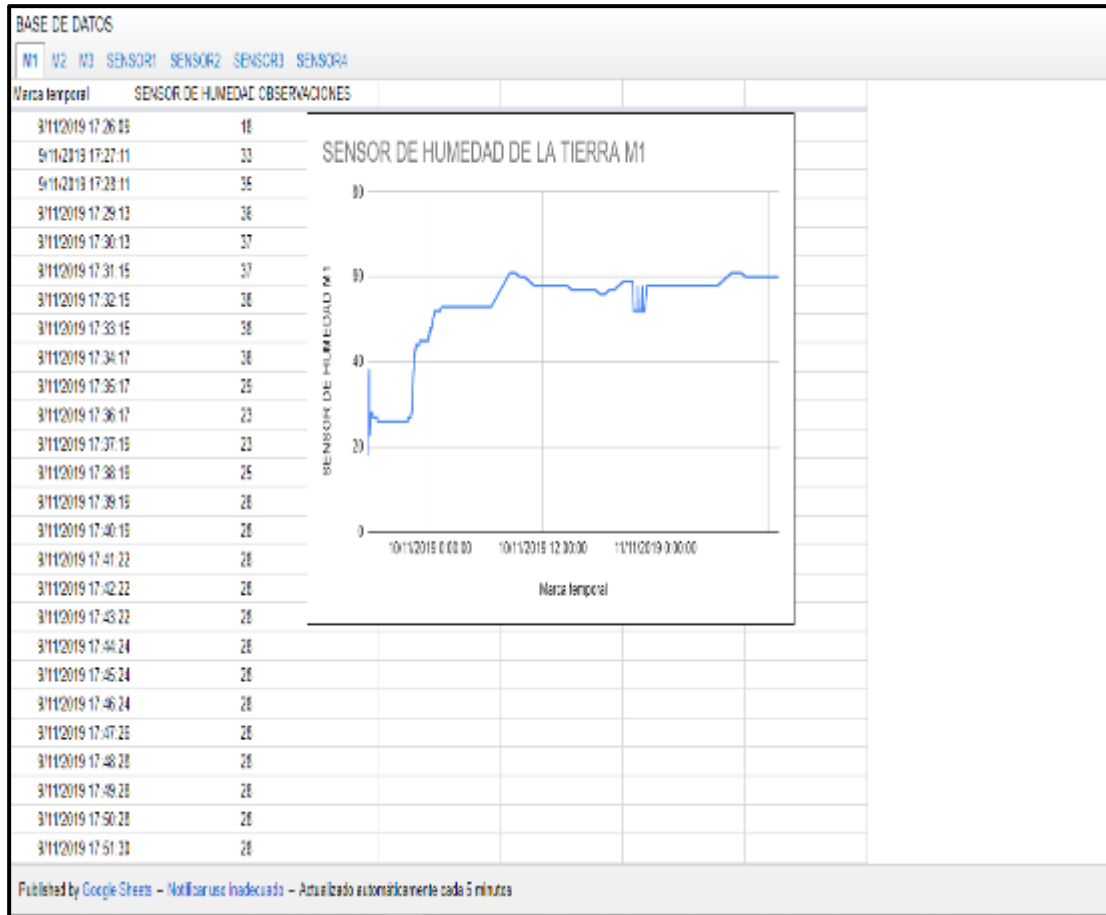
**NETAFIM.** Aquanet PLUS AC / DC THE PROFESSIONAL ELECTRIC / HYDRAULIC VALVE LINE. [En línea]. 2019. [Consulta: 23 junio 2019]. Disponible en: <http://www.netafim.fr/Data/Uploads/AquaNetAC-DC%20new5.pdf>

## ANEXOS

ANEXO A. INTERFAZ MEDIANTE SOFTWARE LIBRE, DIRECCIÓN IP  
([http://157.230.142.146:1880/ui/#!/0?socketid=MHDbiRDuuj\\_7XE3jAAD3](http://157.230.142.146:1880/ui/#!/0?socketid=MHDbiRDuuj_7XE3jAAD3))

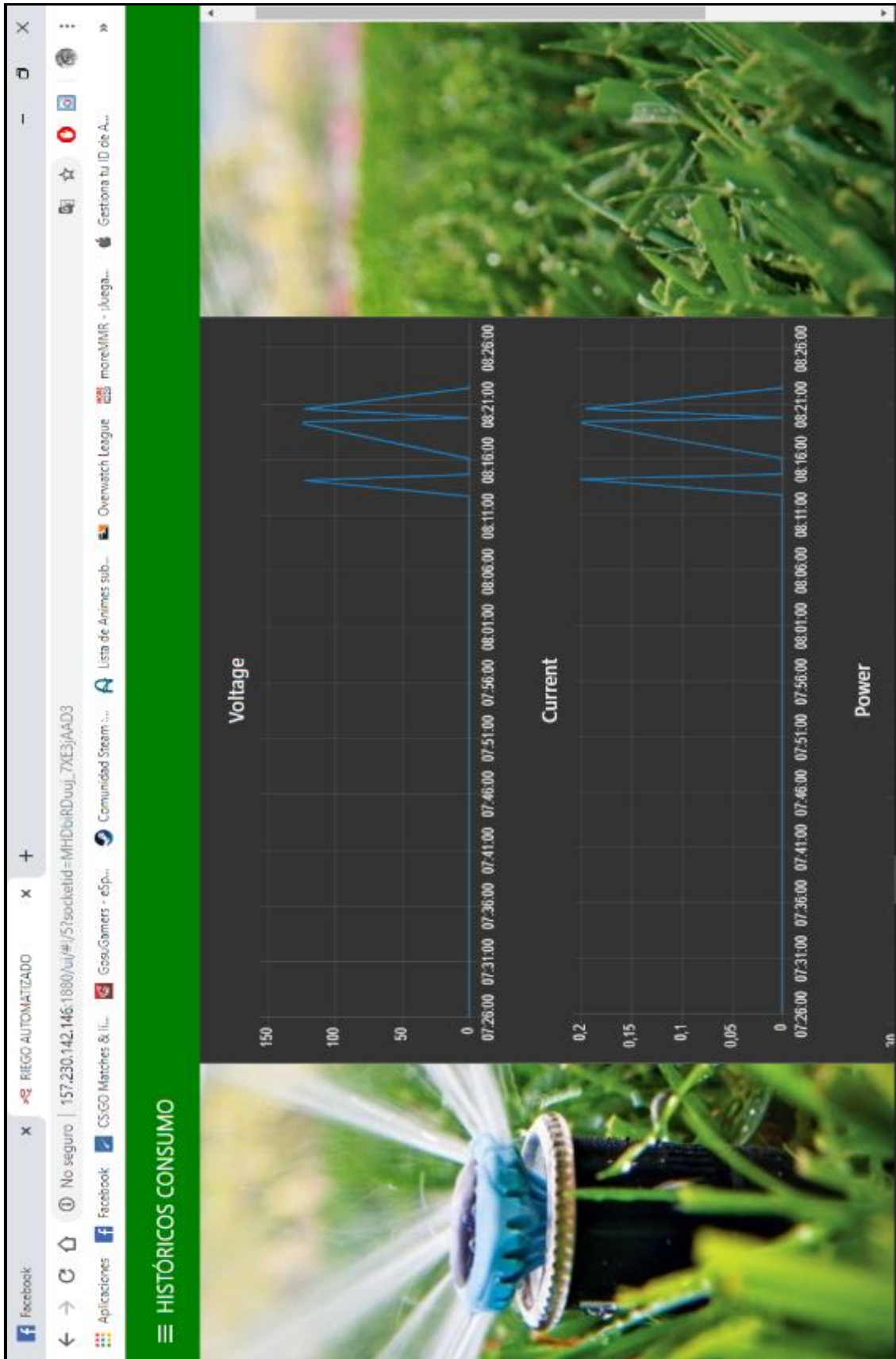


## ANEXO B. DATOS HISTÓRICOS MONITOREO DE HUMEDAD Y TEMPERATURA





# ANEXO C. HISTÓRICOS DE CONSUMO



**ANEXO D. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA**

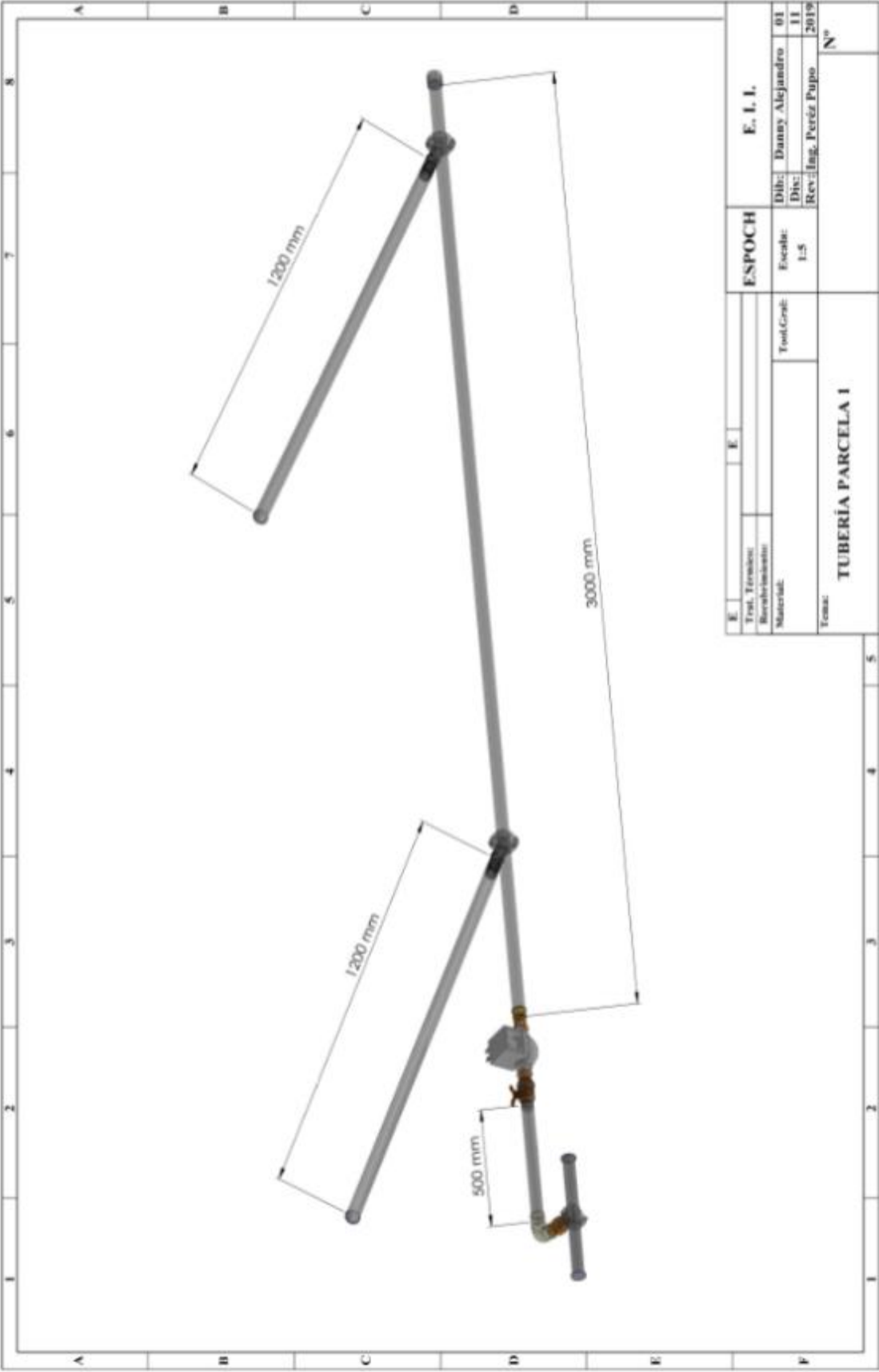




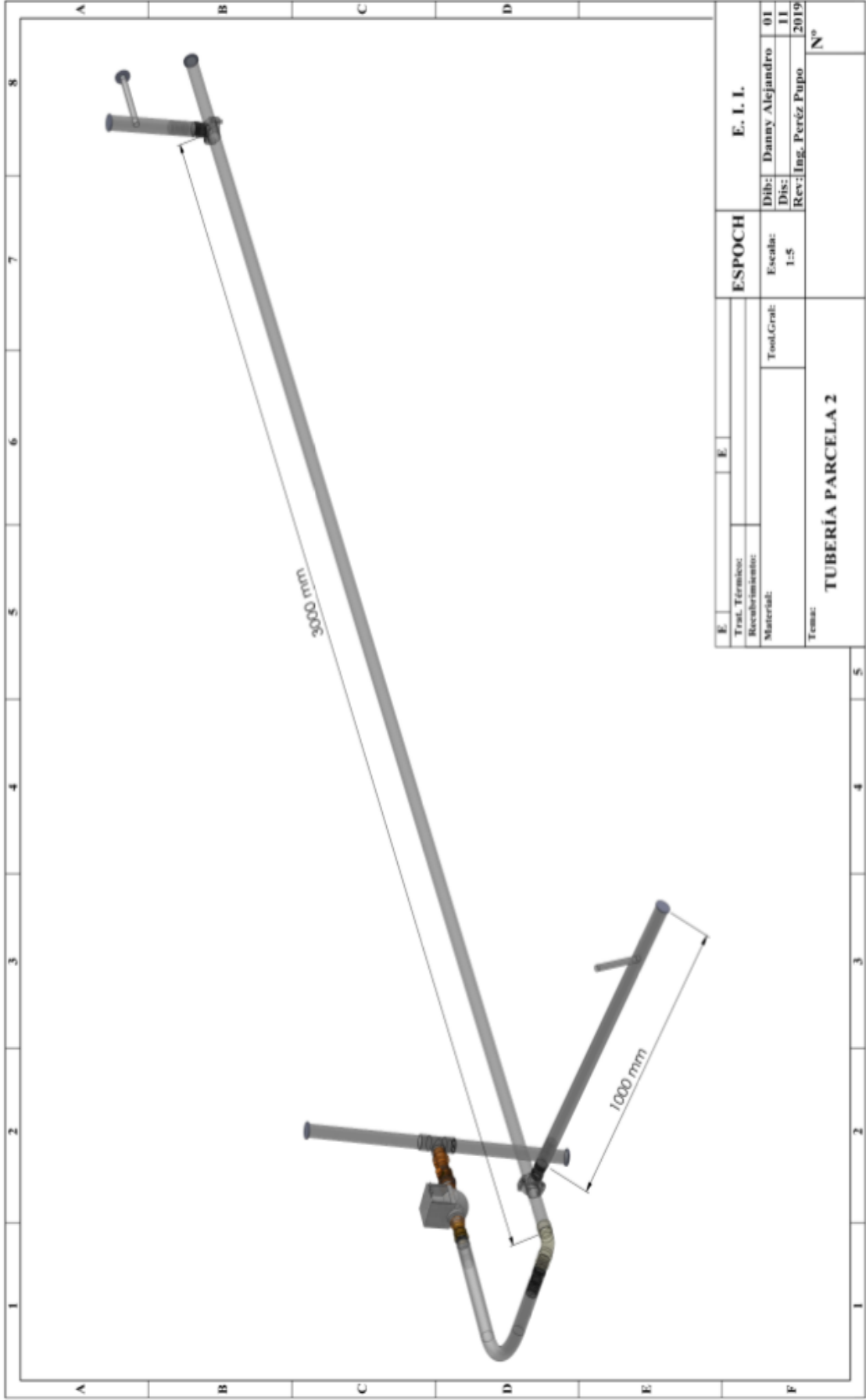




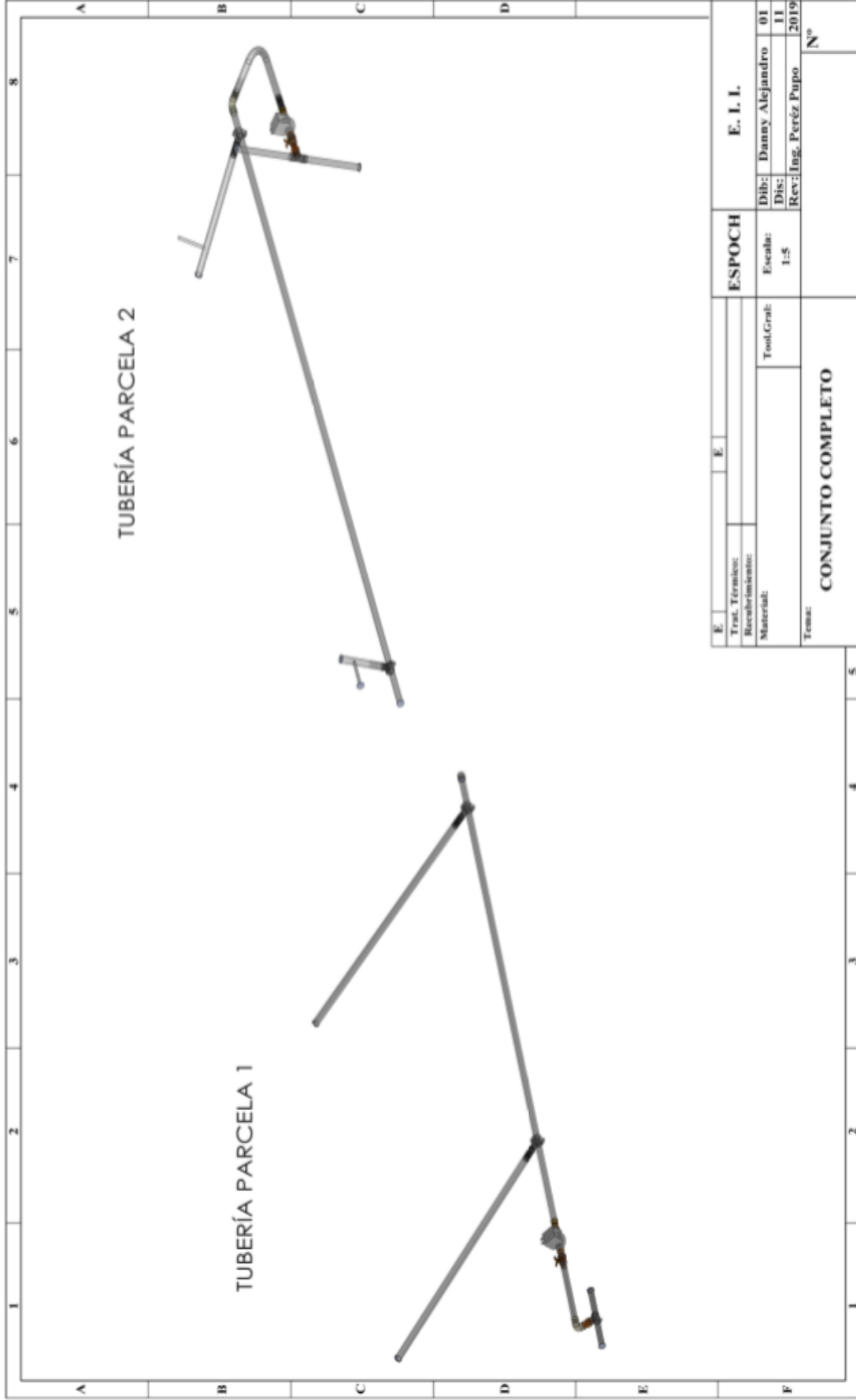
ANEXO E. DISEÑO DEL SISTEMA HÍDRICO POR TUBERÍAS



E		E		E. I. I.	
Trot. Termino:		Espoch		E. I. I.	
Barrido/Instalación:		Escala:		Dibj: Danny Alejandro 01	
Material:		1:5		Dibj: 11	
Tema:		Tub. Gral:		Rev: Ing. Peréz Pupo 2019	
TUBERÍA PARCELA 1				Nº	



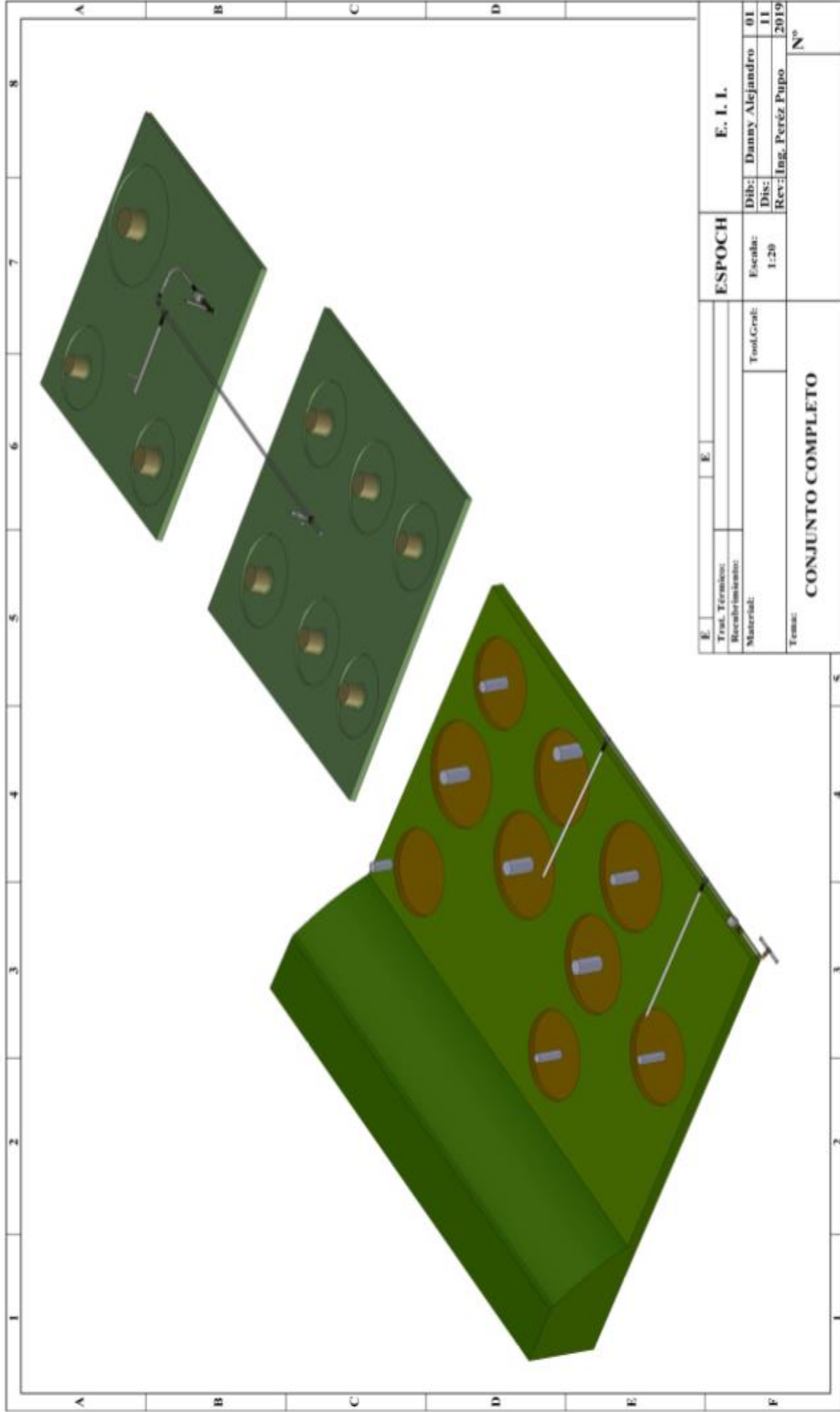
E		E		E. I. L.	
Trat. Técnico:				Dib: Danny Alejandro 01	
Revisión:				Dib: II	
Material:		Tubo: Galv.		Rev: Ing. Pérez Pupo 2019	
Escala:		1:5		N°	
Tema:				TUBERÍA PARCELA 2	



E		E		E. I. I.	
Titol. Técnico:				Dibj: Danny Alejandro 01	
Revisor:				Dis: 11	
Material:		Titol. Graf:		Rev: Ing. Pérez Pupo 2019	
Escala:		1:5		Nº	
Tema:				CONJUNTO COMPLETO	

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---





E		E		E		E. I. I.	
Título:		Especie:		Escala:		Dib.: Danny Alejandro 01	
Revisión:		Tamaño:		1:20		Dib.: 11	
Material:		Tema:		1:20		Rev.: Ing. Peréz Pupo 2019	
Tema:		CONJUNTO COMPLETO		Nº			

5

4

3

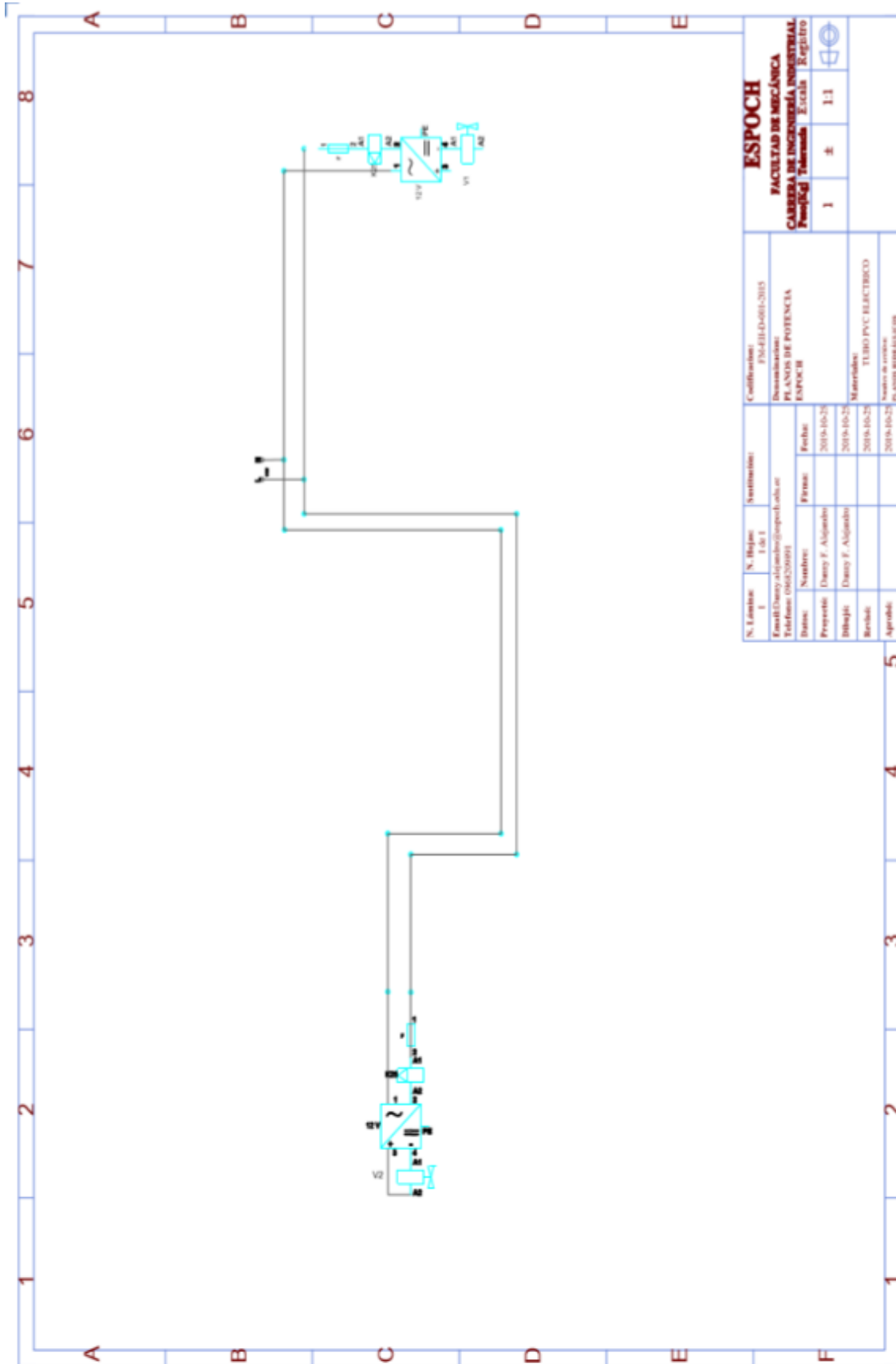
2

1

A A B C D E F

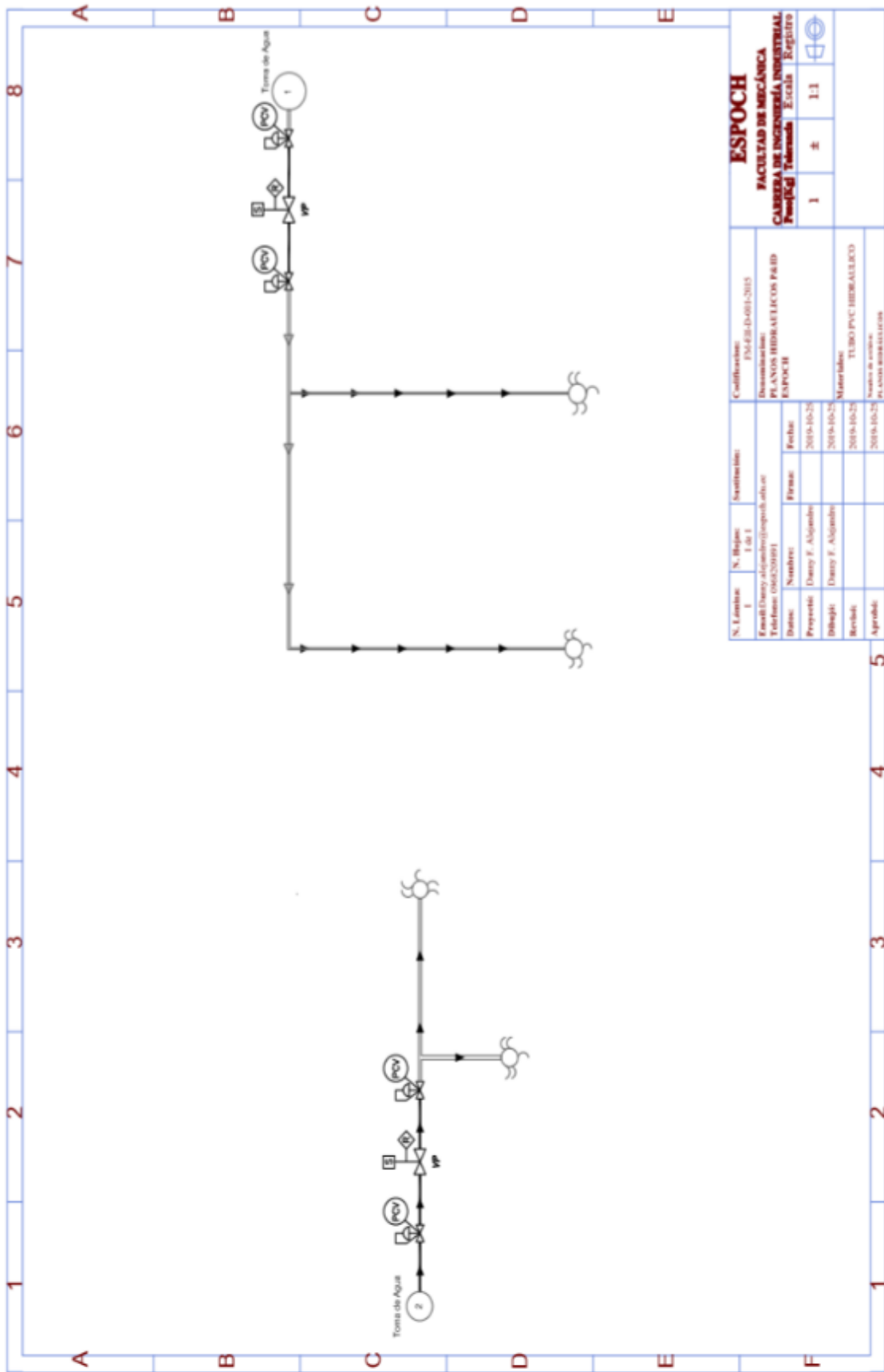
1 2 3 4 5 6 7 8

# ANEXO F. DISEÑO DEL SISTEMA MANDO Y POTENCIA



<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b> <b>Planificación   Mantenimiento   Electricidad   Seguridad</b>		Código interno: F56-411-D-001-2015 Denominación: PLANOS DE POTENCIA ESPOCH	N.º Lámina: 1 N.º Hojas: 1 de 1 Fecha: 2019-10-25 Autor: Danny F. Alcázar Revisado: 2019-10-25 Aprobado: 2019-10-25
Escala: 1:1	Materiales: TUBO PVC ELECTRICO	Nombre de archivo: PL. ANEXO SISTEMA LECTURA	Escala: 1:1

# ANEXO G. DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO P&ID



<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b> <b>Proyecto Tercera Etapa</b>		Códificación: P&ID-01-2015 Descripción: PLANOS HIDRÁULICOS P&ID ESPOCH		Escala: 1:1	
N. Lámina: 1 N. Hojas: 1 de 1 Email: danny.alexander@esPOCH.edu.ec Teléfono: (062)201091	Autorización:	Fecha: 2019-10-25	Materiales: TUBO PVC HIBRIDO	Nombre de usuario:	Fecha de actualización:
Nombre: Danny F. Alexander	Firma:	Fecha: 2019-10-25	Materiales:	Nombre de usuario:	Fecha de actualización:
Propósito: Danny F. Alexander	Firma:	Fecha: 2019-10-25	Materiales:	Nombre de usuario:	Fecha de actualización:
Dibujó: Danny F. Alexander	Firma:	Fecha: 2019-10-25	Materiales:	Nombre de usuario:	Fecha de actualización:
Revisó:	Firma:	Fecha:	Materiales:	Nombre de usuario:	Fecha de actualización:
Aprobó:	Firma:	Fecha:	Materiales:	Nombre de usuario:	Fecha de actualización:

**ANEXO H. MANUAL DE OPERACIONES**