



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA**

### **CARRERA MECÁNICA**

#### **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA JARDINES DOMICILIARIOS”**

##### **Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:  
**INGENIERO MECÁNICO**

##### **AUTOR:**

**RONNY ANDRES MACHADO SALAZAR**

Riobamba – Ecuador

2022



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA**

### **CARRERA MECÁNICA**

#### **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA JARDINES DOMICILIARIOS”**

##### **Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:  
**INGENIERO MECÁNICO**

**AUTOR: RONNY ANDRES MACHADO SALAZAR**

**DIRECTOR: ING. JORGE ISAÍAS CAICEDO REYES**

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Ronny Andres Machado Salazar

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

Yo, Ronny Andres Machado Salazar, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular 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 Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 24 de noviembre del 2022






**Ronny Andres Machado Salazar**  
0605125905

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA MECÁNICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA JARDINES DOMICILIARIOS**”, realizado por el señor: **RONNY ANDRES MACHADO SALAZAR**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Edwin Fernando Viteri Nuñez <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-08-15
Ing. Jorge Isafías Caicedo Reyes <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-08-15
Ing. Sócrates Miguel Aquino Arroba <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-08-15

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicado a mi familia, que me ayudado a recorrer todo el trayecto de esta carrera apoyándome para que continúe y que pueda convertirme en un gran profesional, también agradezco a Dios por todas las bendiciones que me ha dado siendo capaz de disfrutar estos momentos que son una etapa de nuestra vida.

**Ronny Andres Machado Salazar**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la ESPOCH por los años de preparación que me han dado impartiendo la enseñanza necesaria para convertirme en el profesional que soy, a mis padres Inés Salazar y Carlos Machado que han ayudado a lo largo de estos años, a mis hermanas Tania y Tatiana que con sus consejos, reclamos y experiencias me han incentivado a lo largo de todo el trayecto de mi carrera. También agradezco al Ing. Isaías Caicedo, y Ing. Miguel Aquino que me han brindado su apoyo y seguimiento a lo largo de este trabajo de titulación. Agradezco a todas las personas que me han brindado ayuda y han podido brindarme la paciencia necesaria a lo largo de mi vida estudiantil.

**Ronny Andres Machado Salazar**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvi
RESUMEN .....	xvii
SUMMARY .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Justificación .....	3
1.3.1. <i>Justificación Teórica</i> .....	3
1.3.2. <i>Justificación Práctica</i> .....	3
1.3.3. <i>Justificación Metodológico</i> .....	3
1.3.4. <i>Justificación Económica</i> .....	3
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.5. Alcance. ....	4
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1. Quality Function Deployment (QFD).....	5
2.1.1. <i>Función de despliegue de calidad</i> .....	5
2.1.1.1. <i>Planificación del producto</i> .....	6



2.1.1.2. <i>Despliegue de componentes</i> .....	6
2.1.1.3. <i>Planificación del proceso</i> .....	6
2.1.1.4. <i>Planificación de la producción</i> .....	6
<b>2.2. Matriz morfológica</b> .....	<b>6</b>
<b>2.3. Red Hidráulica</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3.1. Los componentes de una red</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3.2. Sistemas de Riego</b> .....	<b>9</b>
2.3.2.1. <i>Modelos de sistema de riego</i> .....	10
<b>2.3.3. Riego por aspersión</b> .....	<b>10</b>
<b>2.3.4. Aspersores</b> .....	<b>11</b>
<b>2.3.5. Presión</b> .....	<b>12</b>
<b>2.3.6. Manómetros</b> .....	<b>13</b>
<b>2.3.7. Caudal</b> .....	<b>13</b>
<b>2.3.8. Ecuación de Bernoulli</b> .....	<b>14</b>
<b>2.3.9. Ecuación de Darcy</b> .....	<b>15</b>
<b>2.4. P&amp;ID</b> .....	<b>15</b>
<b>2.4.1. Como interpretar un P&amp;ID</b> .....	<b>16</b>
<b>2.5. Control ON/OFF</b> .....	<b>17</b>
<b>2.6. Instalación Eléctrica</b> .....	<b>17</b>
<b>2.6.1. Instalación de enlace</b> .....	<b>17</b>
2.6.1.1. <i>Indicar el periodo con el que se debe tener un mantenimiento</i> .....	18
2.6.1.2. <i>Describe los términos necesarios</i> .....	18
2.6.1.3. <i>El proceso ponle a prueba</i> .....	18
2.6.1.4. <i>Actualiza y optimiza</i> .....	18
<b>CAPITULO III</b>	
<b>3. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1. DISEÑO CONCEPTUAL</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1.1. Metodología de diseño</b> .....	<b>19</b>

3.1.2. <i>Necesidades del usuario</i> .....	20
3.1.3. <i>Requerimientos técnicos (VOZ DEL INGENIERO)</i> .....	21
3.1.5. <i>Análisis de la Función de Despliegue de la calidad (Q.F.D) para un sistema de riego automatizado para jardines domiciliario</i> .....	23
3.1.5.1. <i>Conclusiones de la Matriz Q.F.D</i> .....	25
3.1.6. <i>Estructura funcional</i> .....	26
3.1.6.1. <i>Análisis funcional</i> .....	26
3.1.7. <i>Generación de alternativas</i> .....	30
3.1.8. <i>Evaluación de alternativas</i> .....	32
3.1.9. <i>Descripción del área</i> .....	35
3.1.10. <i>Sistema hidráulico</i> .....	36
3.1.11. <i>Programación del Sistema de riego</i> .....	44
3.1.12. <i>Diagrama de flujo de Procesos</i> .....	46
3.1.13. <i>Implementación del sistema hidráulico</i> .....	47
3.1.14. <i>Medición de presiones</i> .....	57
<b>CAPITULO IV</b>	
4. <b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	63
4.1. <b>Condiciones del suelo</b> .....	63
4.2. <b>Instalación de accesorios y equipos</b> .....	64
4.2.1. <i>Sistema hidráulico</i> .....	64
4.2.2. <i>Sistema eléctrico-automatizado</i> .....	65
4.2.3. <i>Herramientas</i> .....	65
4.2.4.1. <i>Costos directos</i> .....	66
4.2.4.2. <i>Costos indirectos</i> .....	67
4.2.4.3. <i>Costos totales</i> .....	67
4.3. <b>Resultados obtenidos</b> .....	67
4.3.1. <i>Análisis del tiempo de riego</i> .....	68
4.3.2. <i>Análisis del volumen de agua</i> .....	70

4.3.3. <i>Análisis costos de agua</i> .....	73
4.3.4. <i>Análisis costos de luz</i> .....	75
4.3.5. <i>Análisis de costo de consumo del sistema de riego automatizado</i> .....	76
4.3.6. <i>Análisis de mantenimiento</i> .....	78
<b>CAPITULO V</b>	
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>80</b>
5.1. <b>Conclusiones</b> .....	<b>80</b>
5.2. <b>Recomendaciones</b> .....	<b>80</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>81</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3-1:</b> Requerimientos del usuario.....	20
<b>Tabla 3-2.</b> Ponderación .....	20
<b>Tabla 3-3.</b> Clasificación de las necesidades del usuario .....	21
<b>Tabla 3-4:</b> Factor de incidencia .....	22
<b>Tabla 3-5:</b> Compromiso técnico .....	23
<b>Tabla 3-6:</b> Especificaciones técnicas requeridas para el diseño de un sistema de riego automatizado por aspersión .....	25
<b>Tabla 3-7:</b> Matriz Morfológica de alternativas de soluciones.....	28
<b>Tabla 3-8:</b> Diseño Conceptual.....	29
<b>Tabla 3-9:</b> Consideración de los criterios de evaluación .....	33
<b>Tabla 3-10:</b> Evaluación de los pesos específicos del módulo 1 .....	33
<b>Tabla 3-11:</b> Evaluación de los pesos específicos del criterio ahorro de tiempo .....	33
<b>Tabla 3-12:</b> Evaluación del peso específico del criterio fácil manejo.....	34
<b>Tabla 3-17:</b> Presión que necesita el aspersor .....	37
<b>Tabla 3-18:</b> Datos del tramo principal.....	40
<b>Tabla 3-19:</b> Cálculos de tramo principal .....	41
<b>Tabla 3-20:</b> Diámetros comerciales de los tubos .....	41
<b>Tabla 3-21:</b> Resultado del sistema.....	42
<b>Tabla 3-22:</b> Cálculos de tramo secundario sección B .....	42
<b>Tabla 3-23:</b> Resultado del tramo secundario sección B .....	43
<b>Tabla 3-24:</b> Cálculos de tramo secundario sección A.....	44
<b>Tabla 3-25:</b> Resultado del tramo secundario sección A.....	44
<b>Tabla 3-26:</b> Representación del diagrama de flujo .....	46
<b>Tabla 3-27:</b> Diagrama de flujo .....	47
<b>Tabla 4-1:</b> Propiedades químicas del suelo .....	63
<b>Tabla 4-2:</b> Propiedades físicas del suelo .....	63
<b>Tabla 4-3:</b> Accesorios utilizados en la implementación de un sistema de riego por aspersión ..	64
<b>Tabla 4-4:</b> Accesorios utilizados en la implementación de un sistema eléctrico-automatizado .	65
<b>Tabla 4-5:</b> Herramientas utilizadas para la implementación del Sistema de Riego .....	65
<b>Tabla 4-6:</b> Costos directos.....	66
<b>Tabla 4-7:</b> Costos Indirectos .....	67
<b>Tabla 4-8:</b> Costos Totales.....	67
<b>Tabla 4-9:</b> Tiempos de riego manual.....	68

<b>Tabla 4-10:</b> Tiempos de riego automatizado .....	69
<b>Tabla 4-11:</b> Consumo de agua del sistema manual de riego .....	70
<b>Tabla 4-12:</b> Consumo de agua del sistema automatizado de riego .....	71
<b>Tabla 4-13:</b> Costo por gasto Hidráulico en el Sistema de Riego Manual .....	73
<b>Tabla 4-14:</b> Costo por gasto Hidráulico en el Sistema de Riego Automatizado .....	74
<b>Tabla 4-15:</b> Costo por energía eléctrica en el Sistema de Riego Automatizado .....	75
<b>Tabla 4-16:</b> Costo total de consumo del Sistema de Riego Automatizado .....	76
<b>Tabla 4-17:</b> Costo total de mantenimiento del Sistema de Riego Automatizado .....	78

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Función de despliegue de calidad .....	6
<b>Ilustración 2-2:</b> Matriz morfológica.....	8
<b>Ilustración 2-3:</b> Sistema de riego .....	9
<b>Ilustración 2-4:</b> Sistema por aspersión.....	11
<b>Ilustración 2-5:</b> Aspersores de acuerdo a su alcance tenemos los siguientes tipos, difusor (3 a 5m) (a), turbina (8 a 12m) (b), turbinas para área grande (8 a 12m) (c), difusor para áreas pequeñas (3 a 5m) (d), y miniturbina (5 a 9m) (e) .....	12
<b>Ilustración 2-6:</b> Manómetro.....	13
<b>Ilustración 2-7:</b> Comportamiento de las fluctuaciones en la tubería .....	13
<b>Ilustración 2-8:</b> Diagrama de P&ID.....	17
<b>Ilustración 2-9:</b> Vista interior de la caja de protección .....	18
<b>Ilustración 3-1:</b> Metodología de diseño .....	19
<b>Ilustración 3-2:</b> Matriz Q.F.D para un sistema de riego automatizado.....	24
<b>Ilustración 3-3:</b> Análisis Funcional- Nivel 0.....	26
<b>Ilustración 3-4:</b> Análisis Funcional de un sistema de riego -Nivel 1.....	26
<b>Ilustración 3-5:</b> Solución 1 .....	30
<b>Ilustración 3-6:</b> Solución 2 .....	31
<b>Ilustración 3-7:</b> Solución 3 .....	32
<b>Ilustración 3-8:</b> Ubicación satelital de área de estudio.....	36
<b>Ilustración 3-9:</b> Diseño 3D del sistema para la alimentación del sistema de riego.....	36
<b>Ilustración 3-10:</b> Diseño 3D del sistema de riego para el jardín .....	37
<b>Ilustración 3-11:</b> Conexión de la bomba Diseño 3D .....	38
<b>Ilustración 3-12:</b> Diagrama del sistema de riego por aspersión .....	38
<b>Ilustración 3-13:</b> Diagrama del sistema de riego con el valor de los caudales en cada toma y su recorrido.....	40
<b>Ilustración 3-14:</b> Diagrama del sistema de riego del tramo secundario sección B .....	42
<b>Ilustración 3-15:</b> Diagrama del sistema de riego del tramo secundario sección A .....	43
<b>Ilustración 3-16:</b> Programación del sistema de riego .....	45
<b>Ilustración 3-17:</b> Diagrama de la conexión eléctrica- electrónica .....	46
<b>Ilustración 3-18:</b> Medición de la primera parcela .....	48
<b>Ilustración 3-19:</b> Medición de la segunda parcela.....	48
<b>Ilustración 3-20:</b> Zanjeo del Suelo.....	49
<b>Ilustración 3-21:</b> Removimiento de concreto, línea de alimentación de la bomba.....	49

<b>Ilustración 3-22:</b> Ubicación de materiales .....	50
<b>Ilustración 3-23:</b> Ubicación de la bomba .....	50
<b>Ilustración 3-24:</b> Instalación de la bomba.....	51
<b>Ilustración 3-25:</b> Instalación de la línea de alimentación de la bomba.....	51
<b>Ilustración 3-26:</b> Instalación de la válvula de pie.....	52
<b>Ilustración 3-27:</b> Instalación Tee, un reductor de 1 ½ a 1, .....	52
<b>Ilustración 3-28:</b> Instalación del ramal secundario sección 1,.....	53
<b>Ilustración 3-29:</b> Instalación del collarín en los ramales principal y secundario .....	53
<b>Ilustración 3-30:</b> Instalación de los aspersores .....	54
<b>Ilustración 3-31:</b> Instalación de una caja de control.....	54
<b>Ilustración 3-32:</b> Pruebas de funcionamiento en la caja de control .....	55
<b>Ilustración 3-33:</b> Pruebas de funcionamiento en los aspersores .....	55
<b>Ilustración 3-34:</b> Calibración en los aspersores .....	55
<b>Ilustración 3-35:</b> Relleno del zanjado .....	56
<b>Ilustración 3-36:</b> Relleno de concreto en la zona de circulación de la tubería .....	56
<b>Ilustración 3-37:</b> Medición de los aspersores Punto crítico 11.....	57
<b>Ilustración 3-38:</b> Medición de los aspersores Punto crítico 13.....	57
<b>Ilustración 3-39:</b> Medición de los aspersores Punto crítico 4.....	58
<b>Ilustración 3-40:</b> Medición de los aspersores Punto crítico .....	58
<b>Ilustración 3-41:</b> Estado de la condición del césped semana 1 .....	59
<b>Ilustración 3-42:</b> Estado de la condición del césped semana 2.....	60
<b>Ilustración 3-43:</b> Estado de la condición del césped semana 3 .....	61
<b>Ilustración 3-44:</b> Estado de la condición del césped semana 4 .....	61
<b>Ilustración 4-1:</b> Tiempo de riego .....	70
<b>Ilustración 4-2:</b> Consumo de agua en los sistemas de riego.....	72
<b>Ilustración 4-3:</b> Costo de gasto hidráulico .....	75
<b>Ilustración 4-4:</b> Costo del consumo del sistema de riego.....	77

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 2-1:</b> Ecuación de Bernoulli .....	14
<b>Ecuación 2-2:</b> Ecuación de Darcy .....	15
<b>Ecuación 3-1:</b> Incidencia.....	22
<b>Ecuación 3-2:</b> Índice de mejora.....	24
<b>Ecuación 3-3:</b> Ponderación .....	25
<b>Ecuación 3-4:</b> Presión mínima permisible.....	39
<b>Ecuación 3-5:</b> Perdidas por longitud de tubería del tramo principal.....	39
<b>Ecuación 3-6:</b> Ecuación de Darcy .....	39



## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** ESTRUCTURA FUNCIONAL COMPLETA

**ANEXO B:** PLANOS SOLUCIÓN 1

**ANEXO C:** PLANOS SOLUCIÓN 2

**ANEXO D:** PLANOS SOLUCIÓN 3

**ANEXO E:** P&ID DEL SISTEMA DE RIEGO

**ANEXO F:** MANUAL DE MANTENIMIENTO

## RESUMEN

El sistema de riego por aspersión, para jardines domiciliario no tienen un estudio para áreas reducidas e irregulares que cuenten con una automatización adecuada para su uso, presentando problemas en el cuidado del jardín en especial en su riego. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue realizar el diseño y construcción de un sistema de riego automatizado para un jardín domiciliario en la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo. La metodología implementada tuvo un enfoque cuantitativo, utilizando la automatización en un logo programado en lenguaje Ladder, mediante el estudio QFD, se implementó los principales factores para un jardín en forma de L, la primera con un área de 2.4m x 17m, y la segunda de 1.9m x 8.5m, para controlar su riego mediante la recopilación de información se monitoreo parámetros y secuencias establecidas, para la calibración correcta del suministro de agua, se evaluó comparando con la cantidad de uso manual. Mediante esta metodología se estableció un ahorro aproximadamente de un 40% de agua en comparación con el riego manual. La implementación del sistema automatizado mejora la eficiencia del sistema de riego y ahorra el recurso natural "agua", también se realizó una comparación del costo del sistema de riego manual versus el sistema de riego automatizado. En ese contexto se concluye que el estudio QFD se adquirió los valores característicos para el diseño, implementando una automatización adecuada permitiendo el transporte del agua en toda el área del jardín con una presión y caudal correcto en cada punto, teniendo un ahorro hídrico que dará un ahorro económico en el periodo de un año.

**Palabras clave:** <SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN> <AUTOMATIZACIÓN>  
<LENGUAJE LADDER> <DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD (QFD)>  
<SUMINISTRO DE AGUA>.

2245-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

The sprinkler irrigation system for home gardens does not have a study for small and irregular areas that have adequate automation for its use, presenting problems in the care of the garden, especially in its irrigation. Therefore, the objective of this research was to carry out the design and construction of an automated irrigation system for a home garden in the city of Riobamba, province of Chimborazo. The methodology implemented had a quantitative approach, using automation in a logo programmed in Ladder language, through the QFD study, the main factors for an L-shaped garden were implemented, the first with an area of 2.4m x 17m, and the second of 1.9m x 8.5m, to control your irrigation by collecting information, monitoring parameters and established sequences, for the correct calibration of the water supply, it was evaluated by comparing with the amount of manual use. Using this methodology, approximately 40% water savings were established compared to manual irrigation. The implementation of the automated system improves the efficiency of the irrigation system and saves the natural resource "water", a comparison of the cost of the manual irrigation system versus the automated irrigation system was also carried out. In this context, it is concluded that the QFD study acquired the characteristic values for the design, implementing adequate automation allowing the transport of water throughout the garden area with a correct pressure and flow at each point, having water savings that will give a economic savings in the period of one year.

**Keywords:** <SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM> <AUTOMATION> <LADDER LANGUAGE> <QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)> <WATER SUPPLY>.



Lic. Luis Francisco Mantilla Cabrera Mgs.

C.I: 0603747809

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación se basa en la necesidad humana de desarrollar un sistema de riego que se adapte a la demanda para el cuidado de jardines domiciliarios, en primera instancia se hace un levantamiento topográfico del área del jardín posterior a esto se hace el diseño del sistema con ayuda del análisis despliegue de la función calidad (QFD) y la matriz morfológica para tener los parámetros fundamentales del funcionamiento del sistema, como presiones caudales en el cual se hará uso de los aspersores de tal forma que no intervengan o distorsionen el paisaje del jardín, posteriormente complementario se hará la selección respectiva de la bomba y con ello también el tiempo que se requiere la cantidad de agua o el reservorio de agua, en la parte eléctrica y electrónica se realiza la programación de un *Logo* para lograr que el sistema se encienda automáticamente durante el tiempo que resulte más idóneo en base al tipo de césped y tipo de suelo.

## CAPITULO I

### 1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Antecedentes

Varios estudios se han hecho respecto al sistema de riego por lo que comenzamos con la cita de la tesis de la Universidad San Francisco de Quito de Miguel Guerra que hace un estudio de “Diseño de sistemas de riego a gravedad y por aspersión” que nos explica que los diversos sistemas de riego dependerán de los cultivos que vamos a cuidar como de la zona topográfica, climática y las características del cultivo, podemos seleccionar un sistema de riego que mejor se adapte a y brinde para todos los casos, un sistema de aspersión si bien es útil para la mayoría de los casos pero no se recomienda para los cultivos delicados como para lechugas. La ventaja de un sistema de aspersión es el control de riego evitando perdidas de recursos, por lo que su eficiencia del riego es mejor y recomienda que los aspersores estén separados de tal forma que en su posición den una humedad de 65% del diámetro de la zona bañada. (Guerra, 2009, págs. 1-37)

Posteriormente tenemos la tesis de la Politécnica de Danny Alejandro con el tema “Diseño e implementación de sistema de riego automatizado por micro-aspersión para las áreas verdes” que en su estudio nos habla de las ventajas como de la mejora del consumo de agua en un 90% de gasto volumétrico mensual, reduciendo el consumo de agua por uso inapropiado, también que la calidad del suelo franco-arenoso debe tener un lumbral de humedad de (40-60) %, y validando que este sistema de riego por micro-aspersión tiene una presión de trabajo de (0.9-1)bar. (Alejandro, 2019, págs.1-16)

También tenemos otra tesis de la Politécnica de Danny Tite con el tema “Diseño y construcción de un sistema automático para controlar el microclima en una cámara de germinación” se realizó un análisis de cultivos para utilizar nebulizadores, y sensor de humedad de esta manera se regula de forma constante la temperatura que varían intervalos como en su temperatura mínima 16.5°C a una máxima de 24.8°C que es perfecto para la germinación y que la planta comience a enraizar. (Tite, 2020, págs. 1-8)

En la literatura revisada no se ha encontrado un estudio de sistemas de riego automatizado para jardines domiciliarios por la virtud que se ha implementado una ordenanza municipal en la ciudad de Riobamba en zonas urbanas Ordenanza Nro.012-2019 que nos indica que de acuerdo a nuestro eje estructural se establecerá un retiro frontal de 3m, esto da lugar a que los ciudadanos pongan jardines, en esencia esta investigación es para apoyar bibliográficamente con principios físicos de presiones, caudales que se han utilizado en los estudios anteriores para aplicar el riego para las necesidades planteadas anteriormente. (Consejo Municipal de cantón Riobamba, 2019, pág. 33)

## **1.2. Formulación del problema**

En virtud de que no se cuenta con estudios, el presente trabajo de investigación trata de proporcionar una alternativa de sistema de riego automatizado para jardines domiciliarios con el afán de optimizar agua, optimizar tiempo y recursos además que no sea de un impacto visual a la naturaleza del jardín

## **1.3. Justificación**

### ***1.3.1. Justificación Teórica***

Nuestro trabajo de investigación tiene su justificación teórica en virtud que se plasmará en el documento un fundamento bibliográfico de tal forma que este detallado el procedimiento, técnica y los métodos que se creó, para llegar al diseño y la automatización lo cual servirá como base bibliográfica a futuras investigaciones a jardines domiciliarios.

### ***1.3.2. Justificación Práctica***

Nuestro trabajo de investigación tiene su justificación practica en virtud de que el estudio teórico, como el diseño teórico se pondrá en práctica, instalaremos y montaremos el sistema diseñado para ponerlo en funcionamiento y tener datos experimentales.

### ***1.3.3. Justificación Metodológico***

El presente trabajo de investigación tiene sus justificaciones metodológicas de tipo comparativo ya que los resultados teóricos que se obtengan en el diseño manual compararemos con los datos experimentalmente una vez que se ponga en marcha el sistema, teniendo una valoración real en este trabajo.

### ***1.3.4. Justificación Económica***

El presente trabajo de investigación tiene sus justificaciones económicas en virtud de que entre los objetivos se presenta el ahorro de agua, se van a tomar datos del riego manual, ahorrando tiempo y recursos. Tiempo que se emplea manualmente para regar y con los recursos es una comparación del manual con el automatizando menorando costos.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Diseñar y construir un sistema de riego automatizado para jardines domiciliarios

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Realizar un estudio QFD y la matriz morfológica de un sistema de riego automatizado para jardines domiciliarios.
- Realizar los cálculos de diámetros de tubería, presiones y caudales en la red hidráulica
- Diseñar un diagrama P&ID del sistema de riego y realizar la programación de un logo mediante el lenguaje Ladder
- Instalar y montar todos los elementos hidráulicos, eléctricos y electrónicos que constituyen el sistema de riego diseñado.
- Realizar el protocolo de pruebas de funcionamiento y el respectivo manual de operación y mantenimiento.

## **1.5. Alcance.**

El sistema automatizado se realizará con tubería PVC que es la más utilizada en el mercado de marca PLASTIGAMA con una cedula estándar estas tienen una resistencia a la presión 0.8MPa, que son utilizadas en su mayoría para construcción de red hidráulicas, para la conexión con el aspersor se utilizará manguera flexible que tiene una resistencia a la presión hasta 4MPa. En la caja térmica no contará de protección lo cual se diseñará una línea independiente para la caja térmica y para la programación de un ON/OFF mediante un logo, se instalará un circuito para el encendido ya que por la debida conexión se recomienda tener en cuenta el problema de tensión en la línea eléctrica que provoca que este no se encienda.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se analizará el diseño conceptual de un sistema de riego para jardines domiciliario para ello se procederá con los incisos 2.1 al 2.2 que hablaremos de la casa de la calidad ayudándonos con la matriz morfológica este estudio nos dará las características a considerar para el diseño del sistema, posteriormente en el numeral 2.3 hablaremos sobre las características principales de una red hidráulica y cómo podemos calcularlo para tener un mejor entendimiento de los puntos críticos de nuestro sistema de riego, en los numerales 2.4 al 2.5 se analizará el sistema de control ON/OFF mediante un diagrama que se representará de una manera que sea fácil para su entendimiento, y finalizaremos con el punto 2.7 sobre cómo podemos hacer un manual de operación y mantenimiento de nuestro sistema de riego validando los resultados, teniendo un correcto uso de acuerdo a nuestro diseño.

#### 2.1. Quality Function Deployment (QFD)

El QFD o también llamada “La casa de la calidad” es una metodología usada en la ingeniería de la calidad para crear productos que se adapten a las necesidades y gustos del usuario. Se aplica en una amplia variedad de servicios ya que aporta funciones de calidad a la hora de diseñar ya que nos permite utilizar para gestionar la calidad de acuerdo a la norma ISO 9001, que nos da tres puntos a considerar en un producto:

- Una visión objetiva de las necesidades y requisitos que busca el usuario en el producto
- Tener una priorización a las características necesarias prioritarias que debemos añadir
- Tener una visión clara de nuestro producto respecto a la competencia, sabiendo los aspectos en los que podemos mejorar.

Los beneficios que nos aporta el QFD es la reducción de los tiempos que desarrollamos al realizar nuevos productos, es decir sacar nuevos productos al mercado antes de la competencia de tal forma que los costos sean bajos y de mejor calidad logrando un mecanismo óptimo y funcional. Este es un concepto que proporciona los medios para trasladar los requisitos del consumidor a requerimientos técnicos apropiados para cada etapa del proceso. (IONOS, 2021)

##### 2.1.1. *Función de despliegue de calidad*

Para el desarrollo en la función en la casa de calidad se tiene que considerar los requerimientos del cliente en la definición de un producto, su desarrollo se compone de 4 fases como se muestra en la Ilustración 2-1:



### 2.1.1.1. Planificación del producto

Esta Etapa consiste en tener en consideración las demandas del cliente traduciéndolas en características técnicas que usaremos para crear el producto (Llorente, 2016, pág. 9)

### 2.1.1.2. Despliegue de componentes

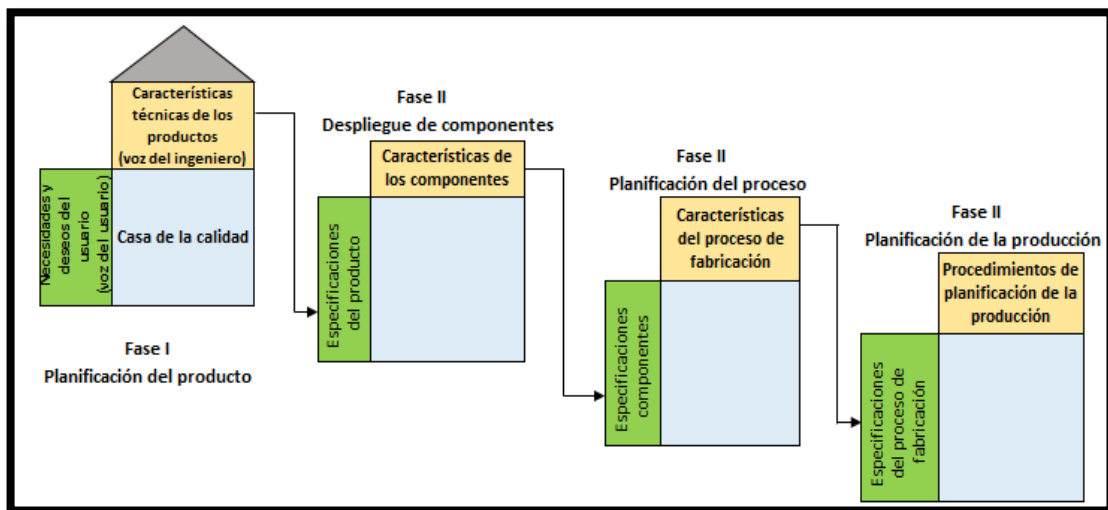
Para esta etapa tenemos que tomar las especificaciones del producto traduciendo en características de los componentes específicos. (Llorente, 2016, pág. 9)

### 2.1.1.3. Planificación del proceso

En esta fase es principal traducir las especificaciones de los componentes en características del proceso de fabricación (Llorente, 2016, pág. 9)

### 2.1.1.4. Planificación de la producción

En esta fase ponemos todas las especificaciones del proceso, traduciendo en procedimientos de planificación de la producción. (Llorente, 2016, pág. 9)



**Ilustración 2-1:** Función de despliegue de calidad

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

## 2.2. Matriz morfológica

La matriz morfológica es una serie de cuadros que tiene una descripción de productos por medio de observaciones en las cuales se genera una gran cantidad de ideas para trabajos técnicos en un tiempo corto, esta matriz se compone de conceptos o problemas para el diseño de elementos o estructuras básicas mediante la ideación creativa.

La matriz morfológica nos permite descomponer un problema en sus combinaciones básicas para posteriormente generar ideas de implementación fácil y sencilla, es decir es la generación de nuestras ideas en forma de matriz.

Los principios fundamentales son:

- En problemas complejos es recomendable descomponer en problemas más sencillos
- Generar soluciones para cada problema simple
- Reconponer soluciones para un problema complejo

Para realizar una matriz morfológica se sigue los siguientes pasos:

1. Especificar el Problema

2. Debemos seleccionar nuestros parámetros.

Para plantear si nuestro parámetro se ajusta a la necesidad debemos preguntarnos “Seguirá existiendo problemas sin el parámetro que estoy planteando en la matriz”

3. Realizar combinaciones diferentes.

Una vez realizada la matriz. Podemos realizar combinaciones al azar con los distintos parámetros y observar si esta afecta al problema. Si existe 10 o más parámetro se recomienda examinar al azar para luego restringir gradualmente operaciones que parezcan fructíferas.

Esta técnica es muy útil para generar ideas, pero también se tienen una complejidad al trabajar con ella, por lo que se recomienda cuando:

- Se realiza nuevos productos o servicios
- En aplicaciones de materiales nuevos
- Crear nuevos segmentos de mercado
- Cuando queremos tener una ventaja competitiva
- Crear nuevas técnicas proporcionales a nuestro producto

La matriz morfológica es una técnica de ayuda a la búsqueda de soluciones e implementación a problemas de diseño como se muestra en la Ilustración 2-2. Teniendo nuestras principales características.

Entrada: son las funciones del último nivel del árbol de funciones obtenidos de la descomposición funcional. Se genera ideas de implementación a un nivel individual en las que se utiliza dibujos o expresiones verbales

Salida: nos concibe combinaciones de soluciones de implementación formadas por la implementación de cada subfunción. Permitiendo profundizar en nuestro concepto del producto encontrando soluciones con mayor detalle. (Ramírez Miguel, 2020, pág. 15)

Soluciones		Subfunciones					
		1	2	...	j	...	m
1	$F_1$	$S_{11}$	$S_{12}$		$S_{1j}$		$S_{1m}$
2	$F_2$	$S_{21}$	$S_{22}$		$S_{2j}$		$S_{2m}$
⋮		⋮	⋮		⋮		⋮
i	$F_i$	$S_{i1}$	$S_{i2}$		$S_{ij}$		$S_{im}$
⋮		⋮	⋮		⋮		⋮
n	$F_n$	$S_{n1}$	$S_{n2}$		$S_{nj}$		$S_{nm}$

**Ilustración 1-2:** Matriz morfológica

Fuente: (Ramírez Miguel, 2020)

A lo largo de nuestro análisis para encontrar las soluciones y características que nos ayuden con el diseño de nuestro sistema de riego, es recomendable analizar la parte hidráulica donde tenemos que considerar los componentes formados, como se pueden calcular y que se necesita para su desarrollo.

### 2.3. Red Hidráulica

La red hidráulica es un sistema bien establecidos de elementos como tuberías, bombas, válvulas, tanques, etc. En los que se conectan entre sí de tal forma que permita la circulación del fluido en donde las presiones nodales deben tener un valor mínimo establecido de acuerdo a las normas locales. Su finalidad es proporcionar agua para el consumo doméstico, público, industrial o comercial u otros servicios como en caso de extinguir incendios.

La red hidráulica se proporciona condiciones ópticas de presión, caso contrario puede provocar sobrepresiones, o depresiones dañando gran parte de la red hidráulica. (Conagua, 2019, pág. 1)

#### 2.3.1. Los componentes de una red

En una red de agua potable, los principales componentes son:

1. Tuberías: se llama al conjunto de tubos que se encuentran ensamblados es decir que comprende entre la unión de dos secciones transversales de un determinado diámetro.

La red de distribución es el conjunto de tuberías bien ensambladas en los puntos de uniones se llaman nudos o uniones. La red de distribución se puede dividir en: red primaria y red secundaria según sus funciones. Las tuberías que llevan el agua desde el tanque de regulación hasta el punto donde comienza a distribuirse el agua se denominan líneas de agua y se considera parte de la red principal. La división de las redes de distribución en redes primarias

o secundarias resultan del tamaño de la red y del diámetro de las tuberías. Así, la red primaria está formada por tuberías de mayor diámetro, y la red secundaria de tuberías de menor diámetro que cubre la mayor parte de la red hidráulica. (Conagua, 2019, págs. 2-3)

2. Piezas especiales: Son todos los accesorios que se utilizan para generar las ramificaciones, intersecciones, cambios de dirección, modificaciones de diámetro, uniones de tuberías de diferente material o diámetro, y terminales de los conductos, entre otros. (Conagua, 2019, págs. 2-3)

### 2.3.2. *Sistemas de Riego*

Un sistema de riego es la construcción de una red hidráulica en el que la principal función es abastecer agua a las plantas implementando redes principales y redes secundarias que sirvan para el transporte de agua a gran y pequeña escala sin embargo en estas redes se regulará el consumo de agua a tal forma que llegue lo idóneo a los cultivos determinados como se muestra en la Ilustración 2-3.

El desarrollo y e instalación de un sistema de riego se analiza de acuerdo al tipo de cultivo o planta que se piensa cuidar, utilizando los elementos que son los más importantes para su funcionamiento como:

- La fuente de agua
- Plano topográfico
- Diseño de riego
- Lista de materiales
- Realizar el zanjado teniendo en cuenta que se replanteo en el terreno después proceder a la instalación de tuberías con sus respectivos accesorios. (Hunter, 2013, págs. 3-11)



**Ilustración 2-3:** Sistema de riego

**Fuente:** (Hunter, 2013)

### 2.3.2.1. Modelos de sistema de riego

A lo largo de la historia por la necesidad del ser humano se han dado distintas formas para el riego, analizando diversos factores como, cuidado de las plantas, la topografía del suelo, el área de riego, propiedades del suelo y su clima. Estos factores han influido en la creación de sistemas de riego que sean idóneos y diversos de acuerdo a cada caso que podamos tener, para el diseño de un sistema de riego entre los principales tenemos:

- **Riego por Goteo:** es un método de riego empleado en las zonas áridas pues permite la utilización óptima de agua y abonos. Se utiliza en cultivos delicados como la lechuga.
- **Riego hidropónico:** es un sistema de regadío en el que consiste que las raíces de los cultivos reciban una nutrición equilibrada que constara de una solución disuelta en el agua de tal manera que tenga los elementos químicos necesario para el correcto crecimiento de la planta.
- **Riego por aspersión:** Los aspersores tienen un alcance superior a 6 metros, por lo que lanzan el agua a esta distancia según tengan más o menos presión y el tipo de boquilla. Los aspersores se pueden dividir en:
  - Emergentes:** estos aspersores se consideran para el uso doméstico ya que se levantan del suelo cuando comienza el riego y cuando finaliza se retraen.
  - Móviles:** se conectan al extremo de una manguera la cual tiene un movimiento rotatorio.
- **Riego por Micro-aspersión:** es muy parecida al riego por aspersión ya que es una variante de ella, pero con menor alcance ya que esta tiene gotas más pequeñas cuidando de una manera más delicada a las plantas como las hortalizas.
- **Riego por Subfoliar:** es aquel sistema de riego que trata de imitar a la lluvia. Es decir que cuenta un sistema de tubería de cuando alcanza cierta presión este comienza a funcionar
- **Riego por Nebulización:** se trata de un sistema que pulveriza gotas de agua que, al entrar en contacto con el ambiente, absorben el calor. A las personas que están a su alrededor no les mojará, será como una neblina que hará que estemos más frescos, unos 10° menos.

### 2.3.3. Riego por aspersión

El sistema de riego por aspersión es el método más usado ya que este nos facilita regar una gran área uniformemente como se muestra en la Ilustración 2-4, este método consiste en que el riego se produzca en forma de lluvia abarcando un área circular de su entorno, la desventaja de este método es el viento que puede cambiar la dirección del riego produciendo pérdidas. De acuerdo a sus boquillas este se clasifica en emergentes que se levantan del suelo y se contraen al terminarse, tienen un radio de riego de 1m hasta 6m. Y los móviles que tienen un acople de una manguera y se mueve rotativamente regando una gran área de 10 a 50m de radio. En el riego por

aspersión se debe tener en cuenta que la velocidad de aspersión sea igual a la de infiltración del suelo ya que comienza a producirse escurrimiento. Entre los valores tenemos un promedio respecto al caudal que los aspersores utiliza entre 600 litros/hora y de presiones de alrededor de 2,5Kg/cm<sup>2</sup> (de baja presión) y de hasta 4,5 Kg/cm<sup>2</sup> (de alta presión).



**Ilustración 2-4:** Sistema por aspersión

Fuente: (Hunter, 2013)

#### **2.3.4. Aspersores**

Los aspersores expulsan un pequeño chorro de agua que es un emisor del riego dependiendo del modelo este puede girar o estar fijo para una zona específica, este habitualmente se utiliza para riegos en praderas o césped. Los alcances de los aspersores son muy amplios depende de la zona como de la planta de desee regar ya que esta se puede controlar por las boquillas en la que expulsan el agua.

Hay aspersores de largo y corto alcance, en donde podemos encontrar aspersores emergentes que se instalan nivelados con el terreno y los aspersores fijos donde la instalación es aérea ya que se utiliza para los arbustos estos aspersores son para las dos categorías como de una medida estándar es de 8x8 metros, más que nada constituye una guía ya que sabemos que el tamaño como el área que se pueden utilizar los difusores está dado por una razón económica mas no por su construcción. Por lo general, si puede utilizar un aspersor para un área grande significa que utilizará menos tubos, electroválvulas y un programador con menor número de estaciones como se representa en la Ilustración 2-5.



**Ilustración 2-5:** Aspersores de acuerdo a su alcance tenemos los siguientes tipos, difusor (3 a 5m) (a), turbina (8 a 12m) (b), turbinas para área grande (8 a 12m) (c), difusor para áreas pequeñas (3 a 5m) (d), y miniturbina (5 a 9m) (e)

**Fuente:** (Hunter, 2013)

Para poder desarrollar un sistema de riego por aspersión tenemos que conocer los conceptos de la mecánica de fluidos como en el numeral 2.3.5 al 2.3.9 que se ocuparán para la creación y construcción

### 2.3.5. Presión

La presión es una magnitud física escalar se representa con la letra P, se define como la fuerza ejercida perpendicularmente sobre una superficie, como se plantea en la siguiente ecuación:

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde:

P = presión

F = fuerza

A = área

La presión es la fuerza en acción continua y la superficie sobre la cual actúa, si se mide respecto al sistema internacional tenemos en pascales (Pa) equivalente a newton sobre metros cuadrado ( $N/m^2$ ). Las siglas m.c.a. significan metros de columna de agua y corresponde a una unidad de presión del Sistema técnico de unidades, y equivale a la presión ejercida por una columna de agua pura de un metro de altura. (Arnabat Idola, 2011)

La forma en que se mide la presión es a base de un instrumento llamado manómetro quien nos da un valor de la presión presurizada del sistema y dando un valor de cero para la presión atmosférica, la presión manométrica es la que se utiliza para los cálculos y estudios de sistemas presurizados ya que facilita la lectura y entendimiento.

### 2.3.6. *Manómetros.*

Son instrumentos de medición como se muestra en la Ilustración 2-6, muy importantes en un sistema de riego presurizado, pues es importante obtener la medición de los valores de presión existentes en los tramos de la red que se considere. El valor producido por el manómetro corresponde a la diferencia de presión absoluta con la presión atmosférica, la llamada "presión manométrica" de ahí su nombre es la que más se utiliza en la vida cotidiana.

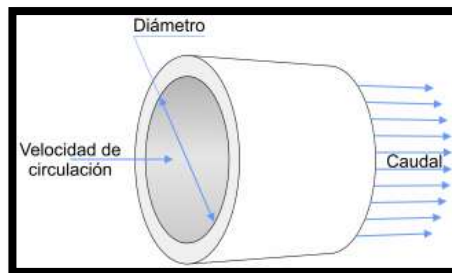


**Ilustración 2-6:** Manómetro

**Fuente:** (Amabat Idola, 2011)

### 2.3.7. *Caudal*

El caudal es la medida que describe el movimiento de un fluido como se presenta en la Ilustración 2-7. Es decir que se transporta el fluido por un determinado lugar ya sea un canal o tubería en una cierta cantidad de tiempo. El caudal está dado por la siguiente ecuación que se presentará a continuación:



**Ilustración 2-7:** Comportamiento de las fluctuaciones en la tubería

**Fuente:** (Calcular Todo, 2007)



$$Q = A \times V$$

Donde:

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

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

V= Velocidad, en m/s.

El caudal también se puede calcular por la ecuación de Bernoulli que es la más usada en la actualidad por la facilidad y precisión de sus resultados.

### 2.3.8. Ecuación de Bernoulli

Esta ecuación es la expresión matemática del principio de Bernoulli, la cual tómanos en cuenta a la energía potencial todos sus cambios a lo largo del trayecto. La Ecuación 2-1. nos da a entender que un flujo ideal (sin viscosidad ni roce) relaciona la presión, la velocidad y la altura de dos puntos cualquiera de un fluido con una densidad constante. La ecuación de Bernoulli se describe de la siguiente manera:

**Ecuación 2-1:** Ecuación de Bernoulli

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_B = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_{Long} + h_{acc}$$

Dónde:

**P<sub>1</sub>**: Presión de fluido en el punto 1 (Pa)

**P<sub>2</sub>**: Presión del fluido en el punto 2 (Pa)

**V<sub>1</sub>**: Velocidad en el punto 1 del Fluido (m/s)

**V<sub>2</sub>**: Velocidad en el punto 2 del Fluido (m/s)

**Z<sub>1</sub>**: Cota en el punto 1 (m.c.a)

**Z<sub>2</sub>**: Cota en el punto 2 (m.c.a.)

**H<sub>B</sub>**: Altura de bombeo (m.c.a)

**h<sub>Long</sub>**: Perdidas por longitud de tuberías (m.c.a)

**h<sub>acc</sub>**: Perdidas por accesorios (m.c.a)

**γ**: Peso Específico (N/m<sup>3</sup>)

**g**: Aceleración de gravedad (m/s<sup>2</sup>)

En la ecuación de Bernoulli tenemos que tener en cuenta que los puntos de estudio son cualquiera dentro de la tubería. Como podemos notar, la ecuación de Bernoulli es el resultado de aplicar la ley de conservación de la energía a un fluido en movimiento, respecto a las pérdidas por longitud de tubería nos ayudamos con la ecuación de Darcy quien nos ayuda al cálculo respecto a los puntos mencionados.

### 2.3.9. Ecuación de Darcy

La ecuación de Darcy se considera una ecuación empírica que tiene una relación estrecha entre la pérdida de presión debido a la fricción a lo largo de una tubería como con la velocidad media del flujo del fluido. La Ecuación 2-2 la representamos de la siguiente manera.

#### **Ecuación 2-2:** Ecuación de Darcy

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

$$h_{Long} = \frac{8fLQ^2}{\pi^2 g D^5}$$

Dónde:

**h<sub>Long</sub>:** Pérdidas de carga debido a la fricción (m)

**f:** Factor de fricción de Darcy (adimensional)

**L:** Longitud de tubería (m)

**Q:** Caudal (m<sup>3</sup>/s)

**g:** aceleración de gravedad (m/s<sup>2</sup>)

**D:** Diámetro interno de la tubería (m)

Para un sistema de riego automatizado no solo tenemos que calcular la parte hidráulica sino también la parte eléctrica y electrónica para que esta se encuentre una automatización adecuada para ello revisaremos el análisis literario de 2.4 P&ID que es un diagrama que nos muestra las conexiones que tiene nuestro sistema en la parte hidráulica como en la eléctrica y electrónica.

### 2.4. P&ID

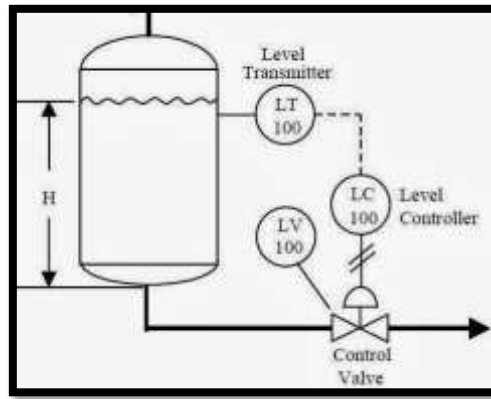
El P&ID es un diagrama de tuberías e instrumentación es decir es un diagrama que se muestra el flujo del proceso en las tuberías, interconectado con equipos e instrumentos que se utilizan en un proceso como se indica en la Ilustración 2-8. Estos diagramas se componen por un conjunto de símbolos que nos permite identificar los elementos que componen nuestro proceso, como tuberías, válvulas, bombas, controles, niveles, drenajes, etc.

Para realizar un diagrama nos basamos en la norma ISA S5.1. Sistemas de Instrumentación y Automatización de la sociedad quien realiza símbolos estándar utilizados internacionalmente. Además de los símbolos utilizamos líneas, círculos que nos indica la interconexión de los procesos y elementos que tenemos y la función de sus instrumentos. (Pirobloc, 2017)

#### **2.4.1. Como interpretar un P&ID**

De acuerdo a los diagramas Standarizados se puede identificar los instrumentos, independiente del sistema, como se comunican, el control y automatización que los comprende para facilitarnos podemos tener en cuenta lo siguiente:

- Los instrumentos discretos se representan por medio de elementos circulares. Para el elemento como un círculo rodeado de un cuadrado en donde indicamos que es un control/indicación, en donde las funciones computacionales se representan por medio de un hexágono mientras que los controladores lógicos programables (PLC) lo representamos como un triángulo dentro de un cuadrado. (Pirobloc, 2017)
- Una simple barra horizontal a lo largo de cualquiera de los cuatro elementos gráficos indica que la función reside en una ubicación de la categoría primaria. Para la ubicación auxiliar se expresa mediante una línea doble y la ausencia de líneas coloca al dispositivo o función en el campo. Para los dispositivos ubicados detrás de un panel o tablero se muestran con una línea horizontal punteada. (Pirobloc, 2017)
- Las combinaciones de letras y números aparecen dentro de cada elemento gráfico y las combinaciones de letras son definidas por el estándar ISA. Los números son asignados según el usuario y los esquemas varían con el uso de numeración secuencial por algunas compañías, o vinculan el número de instrumento al número de línea de proceso en otros casos pueden elegir adoptar sistemas de numeración únicos y en ocasiones inusuales. (Pirobloc, 2017)



**Ilustración 2-8:** Diagrama de P&ID

Fuente: (Pirobloc, 2017)

## 2.5. Control ON/OFF

Una ley de control es un algoritmo programado dentro de un dispositivo que pueden ser microcontroladores, generalmente digitales en los que se tienen las variables dentro de los parámetros deseados.

La más empleada es la ley de control ON-OFF para controladores comerciales, es utilizado en esquemas de control en lazo abierto y cerrado.

Si explicamos primero la implementación de esta ley en un esquema en lazo cerrado, requeriríamos tener la información de los sensores instalados.

Para la descripción de la ley de control ON-OFF se empleando únicamente las expresiones 1 y 2.

1. Si el error es mayor o igual que A, entonces activar B.
2. Si el error es menor o igual que B, entonces apagar C.

## 2.6. Instalación Eléctrica

La instalación eléctrica son un conjunto de circuitos eléctricos concebidos para dotar de energía eléctrica. En donde se implementan en viviendas, edificios, plantas industriales y cualquier otra edificación con el propósito de suministrar energía. Se recomienda antes de cualquier instalación eléctrica elaborar un proyecto eléctrico en el que conste las normativas oficiales que rigen en determinadas zonas para prevenir accidentes y fallas en su operación. (Gregorio, 2021)

### 2.6.1. Instalación de enlace

Los elementos que se consideran en una instalación eléctrica son los siguientes:

- Línea de acometida: es la línea que conecta la red de distribución con la caja general de protección, es decir es la línea de la compañía eléctrica que se compone de 3 cables conductores de fase y un cable neutro. (Gregorio, 2021)

- Caja general de protección: como se indica en la Ilustración 2-9 es una caja de protección general que tiene en su interior fusibles que protegen de posibles cortocircuitos en una línea, que posteriormente utilizamos para la línea de reparto.



**Ilustración 2-9:** Vista interior de la caja de protección

**Fuente:** (Gregorio, 2021)

#### *2.6.1.1. Indicar el periodo con el que se debe tener un mantenimiento*

Es recomendable que estandarices la forma en la que se deben mantener el sistema para que se encuentre en condiciones óptimas.

Se debe tomar en cuenta que debemos detallar como será los procesos que se necesitan para mantener un buen funcionamiento se deberían incluir los apartados que utilizemos. (Gregorio, 2021)

#### *2.6.1.2. Describe los términos necesarios*

En algunos procesos se necesitará saber algún término que utilizemos para que la descripción por lo que detallaremos términos técnicos que pueden presentar inconvenientes o mal entendidos a la hora de su operación. (Gregorio, 2021)

#### *2.6.1.3. El proceso ponle a prueba*

Cada vez que realices una tarea es necesario comprobar el proceso, es recomendable que lo ejecute una persona ajena esa tarea, de esa forma es más sencillo detectar si hay fallas o no se entiende el proceso correctamente. (Gregorio, 2021)

#### *2.6.1.4. Actualiza y optimiza*

Nos sirva en caso de que se creen más tareas o en caso de que se tenga que eliminar alguna de ellas con el paso del tiempo. Ten en cuenta siempre que el Manual de Operaciones es un documento vivo que necesitarás ir adaptando en cada caso correspondiente. (Gregorio, 2021)

## CAPITULO III

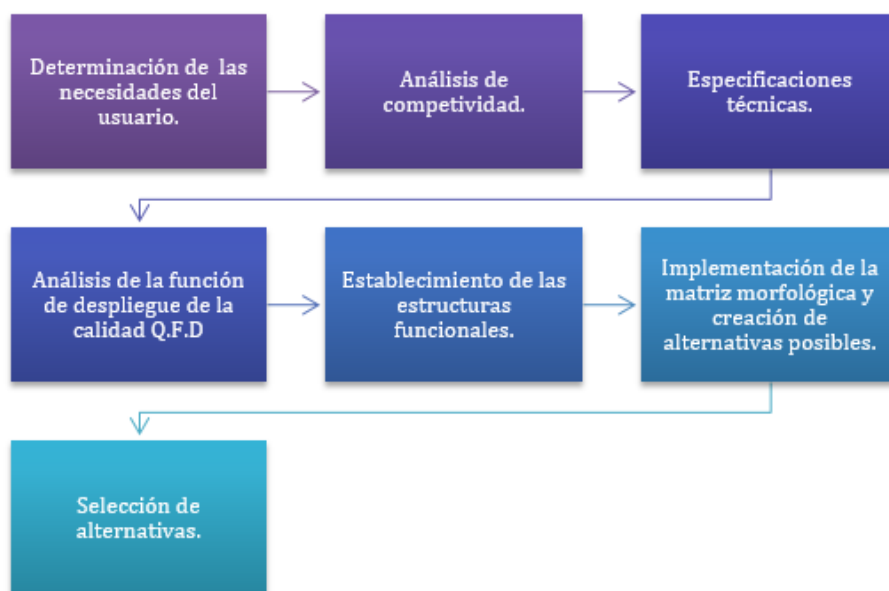
### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. DISEÑO CONCEPTUAL

Para el presente capítulo se presenta la metodología a seguir de manera ordenada y planificada para conseguir un sistema de riego domiciliario que satisfaga las necesidades del usuario reflejándose en sus características y especificaciones técnicas. Esta investigación tendrá carácter aplicativo que ofrezca una opción adecuada comparada con la que se encuentra en el mercado, aplicaremos métodos experimentales en los que supervisaremos su diseño y funcionamiento. Compararemos un sistema de riego automatizado versus un sistema de riego manual con el afán de evaluar el consumo de agua, consumo de luz, tiempo.

##### 3.1.1. Metodología de diseño

El diseño conceptual del sistema se desarrolló siguiendo el presente diagrama de bloques presentados en la Ilustración 3-1:



**Ilustración 3-1:** Metodología de diseño

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

### 3.1.2. Necesidades del usuario

Mediante la encuesta descriptiva: “Encuesta de análisis de necesidades del usuario” se buscó determinar cuáles son los requerimientos primordiales que busca el usuario, de entre los parámetros de análisis se tuvo:

Ejecutando un estudio con una muestra de 20 personas, quienes de primera mano saben las necesidades requeridas respecto a este sistema de riego, se obtuvo la siguiente incidencia de sus respuestas que tenemos en la Tabla 3-1:

**Tabla 3-1:** Requerimientos del usuario

		OBTENCIÓN DE RESULTADOS					
PARÁMETROS		1	2	3	4	5	TOTAL
1	Ahorro de tiempo	0	0	0	0	20	20
2	Bajo costo de adquisición	0	0	7	13	0	20
3	bajo nivel de ruido	0	0	2	3	15	20
4	Confiabilidad	0	0	3	15	2	20
5	Consumo de agua	0	0	0	4	16	20
6	Fácil manejo	0	0	4	6	10	20
7	Fácil mantenimiento	0	0	3	15	2	20
8	Impacto visual	0	0	0	4	16	20
9	Riego uniforme	0	0	0	0	20	20

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

De donde se considera los valores de la ponderación de la tabla 3-2:

**Tabla 3-2.** Ponderación

Valor	Descripción	Calificación
1	Sin importancia	0
2	Poca importancia	0.25
3	Media Importancia	0.5
4	Importante	0.75
5	Muy relevante	1

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

Tomando como parámetros de diseño a aquellos cuya calificación supere los 10 puntos además de su clasificación se tiene los siguientes parámetros en la Tabla 3-3:

**Tabla 3-3.** Clasificación de las necesidades del usuario

Desempeño	Confiabilidad
	Bajo nivel de ruido
	Fácil manejo
	Fácil mantenimiento
	Impacto visual
	Bajo costo de adquisición
Diseño	Ahorro de tiempo
	Consumo de agua
	Riego uniforme
	Buen Diseño

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

### 3.1.3. *Requerimientos técnicos (VOZ DEL INGENIERO)*

Las necesidades dadas por el cliente son transformadas a términos técnicos una vez que se han analizado alternativas de solución. A continuación, se muestra los requerimientos técnicos para diseñar el sistema de riego automatizado para jardines domiciliarios.

- Presión y caudal del sistema
- Voltaje de la bomba
- Automatización
- Materiales de construcción
- Protección eléctrica
- Nivel de ruido
- Mantenimiento preventivo
- Geometría- Medidas generales
- Costos mínimos

Una vez tengamos los requisitos técnicos tenemos que evaluar mediante los factores de incidencia que se indica en la Tabla 3-4.



**Tabla 3-4:** Factor de incidencia

<b>FACTOR DE INCIDENCIA</b>	<b>SÍMBOLO</b>
Fuerte=9	⊙
Medio=3	○
Bajo=1	▽

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

### 3.1.4. Evaluación técnica

#### 3.1.4.1. Referencia Competitiva

Contrasta y evalúa los requerimientos técnicos dados por parte del ingeniero con respecto de los mostrados por la competencia.

**Incidencia:** Establece el grado de importancia que representa cada uno de los requerimientos técnicos mencionados por el ingeniero, se calcula mediante la siguiente Ecuación 3-1:

**Ecuación 3-1:** Incidencia

$$Incidencia = \sum Corelaciones_{demanda/} * Ponderacion$$

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

#### 3.1.4.2. Compromisos Técnicos

Finalmente, la casa de la calidad se completa evaluando los compromisos relacionados con las características técnicas y los cuales deberían ser mejor pulidos para ganar incidencia en el mercado local. Los compromisos técnicos de la Tabla 3-5. tienen las siguientes ponderaciones de evaluación:

Positiva: la relación de mejora entre dos características es directamente proporcional.

Negativa: la relación de mejora entre dos características es inversamente proporcional.

Sin correlación: las características no se relacionan entre sí.

**Tabla 3-5:** Compromiso técnico

SÍMBOLO	COMPROMISOS TÉCNICOS
⊙	Muy positiva
○	Positiva
●	Negativa
✖	Muy negativa

Realizado por: Machado, Ronny, 2021

***3.1.5. Análisis de la Función de Despliegue de la calidad (Q.F.D) para un sistema de riego automatizado para jardines domiciliario***

El Despliegue de la función calidad, es una metodología usada en la ingeniería de la calidad para crear productos que se adapten a los gustos y necesidades del usuario.

Entre varios aspectos cuantitativos y cualitativos se tiene en la Ilustración 3-2:



**Ecuación 3-3:** Ponderación

$$\text{Ponderación} = \text{Indice de mejora} * \text{Factor de venta} * \text{Importancia}$$

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

### 3.1.5.1. Conclusiones de la Matriz Q.F.D

Una vez analizada la matriz Q.F.D se enlista en orden de importancia las características técnicas de sistema de riego teniendo las especificaciones técnicas en la Tabla 3-6.

**Tabla 3-6:** Especificaciones técnicas requeridas para el diseño de un sistema de riego automatizado por aspersión

Concepto	Prop.	R/D	Descripción
Función	D	R	Sistema de riego automatizado para jardines domiciliarios
Dimensión	D	R	El jardín cuenta con dos parcelas la primera tiene un área de 2.4mx17m y la segunda un área de 1.8mx8.5m
Materiales	D	R	PVC
Tipo de sistema	D	R	Sistema de riego por aspersión
Tipo de automatización	D	R	Control ON/OFF
Vida útil	D	D	En operación 6 años Confiability del 90
Mantenimiento	D	D	Cada 6 meses
Costos	D	D	Presupuesto de \$1200
Aspectos legales	D	R	Debe cumplir con las normas de construcción
Propone: C= Cliente; I= Ingeniero R/D: R=Requerimientos; MR= modificar Requerimiento; NR= Nuevo Requerimiento; D= Deseo			

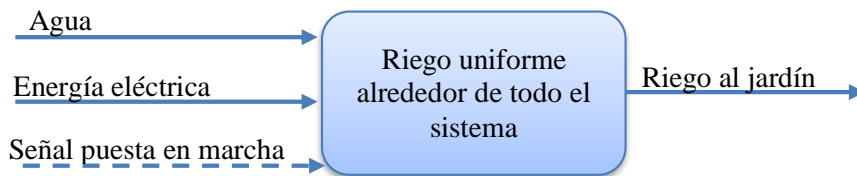
**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

### 3.1.6. Estructura funcional

#### 3.1.6.1. Análisis funcional

Como su función principal es un riego uniforme en toda el área de un jardín domiciliario se basó en un esquema de funcionamiento global Ilustración 3-3, tenemos:

#### Nivel 0



**Ilustración 3-3:** Análisis Funcional- Nivel 0

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

En donde los elementos de entrada son:

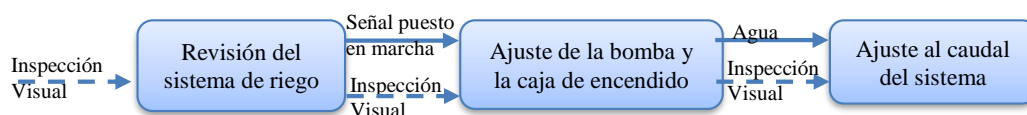
- Agua, para la alimentación al sistema de riego es necesario una fuente de alimentación como una cisterna, que será absorbida a través de una válvula de pie por la tubería a través de la bomba para repartir al sistema.
- Energía eléctrica, para el funcionamiento de la bomba generando energía mecánica para el sistema de riego, y la caja de seguridad que se encargará de la automatización.
- Señal puesta en marcha que es la encargada de dar la orden de encender y apagar la bomba en función de acuerdo al tiempo y horario establecido.

Entre los elementos de salida son:

Riego al jardín que se dirigirá a las parcelas establecidas para el respectivo riego por aspersión.

#### Nivel 1

En el nivel 1 las funciones que realiza un sistema de riego por aspersión se consideró 3 opciones como se indica en la Ilustración 3-4, que tiene subniveles que se plantean en el nivel 2



**Ilustración 3-4:** Análisis Funcional de un sistema de riego -Nivel 1

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

## **Nivel 2**

Para cada una de las etapas mencionadas se dividirá en subniveles que constará de:

### **Módulo 1**

Para nuestro sistema de riego por aspersión debemos revisar las partes interesadas especialmente la parte del mando como la caja de encendido, bomba, tubos de riego, electroválvula, que serán conectadas para dar un riego a nuestro jardín.

### **Módulo 2**

Ajustar a la caja de encendido y la bomba, conectaremos las líneas de alimentación hidráulica y eléctricas respectivas, inspeccionando de acuerdo con las verificaciones plantadas a las conexiones.

### **Módulo 3**

Ajustar el caudal de agua a suministrar, aquí podemos darnos cuenta el caudal necesario para el riego como el tiempo estimado, tomando en cuenta que podemos regular la presión de acuerdo a las curvas de rendimiento de la bomba como el ajuste y regulación de los aspersores. Para esto tenemos las siguientes propuestas:

- Programación de nuestra caja de encendido, donde podemos regular el tiempo en caso de ser necesario para que de esta forma el jardín tenga un riego adecuado.
- Ajuste de los aspersores, de acuerdo a nuestra necesidad podemos incrementar el riego que los aspersores proporcionan para suministrar más agua en caso de ser necesario lo importante es alinear y regular de tal forma que cumpla con el riego estimado.

Teniendo en cuenta el análisis funcional como los esquemas que se plantearon podemos tener una idea para la construcción de la matriz morfológica de la Tabla 3-7 donde encontraremos las soluciones planteadas respecto a nuestro diseño y de nuestro análisis de cada aspecto de los niveles presentados anteriormente para más detalle se encuentra especificado en el Anexo B.













**Tabla 3-7:** Matriz Morfológica de alternativas de soluciones.

Función	Componente
<b>MODULO 1</b>	
Inspección de la caja de encendido	Observación e Inspección fuente de alimentación
Inspección de la Bomba	Verificar conexiones entradas y salidas
Inspección tubo del sistema	Flujo de agua
Inspección de la electroválvula	Visual
<b>MODULO 2</b>	
Conexiones en las líneas de alimentación para las parcelas.	Manualmente
Evaluar del sistema de riego por aspersión.	Visualmente      Flujo de agua
<b>MODULO 3</b>	
Ajustar al caudal	Tiempo en la Programación      Ajuste a los Aspersores
Evaluar Funcionamiento	Visual
Conectar al jardín	Manual
Señal de parada	Visual
Soluciones	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; color: green; font-weight: bold;">SOLUCION 1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; color: red; font-weight: bold;">SOLUCION 2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; font-weight: bold;">SOLUCION 3</div> </div>

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

Para nuestro análisis del sistema procedemos a indicar los objetos que se utilizarán como requerimientos para la construcción de nuestro sistema de riego para ello utilizamos la Tabla 3-8. De diseño conceptual para las soluciones que se realizó en la matriz morfológica.

**Tabla 3-8:** Diseño Conceptual

FUNCIÓN			
Válvula de pie	 Valvula de pie 1 1/2 Tomex	 Valvula de pie 1 1/2 Tiger	
Bomba de agua eléctrica	 Bomba PAOLO 1HP		
Filtro	 Filtro marca AZUD	 Filtro Marca Mesh	
Tubería	 Tubería Plastigama	 Tubería Hunter	
Aspersores	 Aspersor De Impacto Con Brazo 3d D-Net Tm 8550 – Netafim	 POP_UP Hunter	
Caja de seguridad	 Programador de riego electrónico Hunter	 PLC Controlador Lógico Programable 8 Entradas 4 Salidas Relé	 PLC Siemens S7-1200
	<b>ALTERNATIVA 1</b>	<b>ALTERNATIVA 2</b>	<b>ALTERNATIVA 3</b>

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)



### 3.1.7. *Generación de alternativas*

#### SOLUCIÓN 1

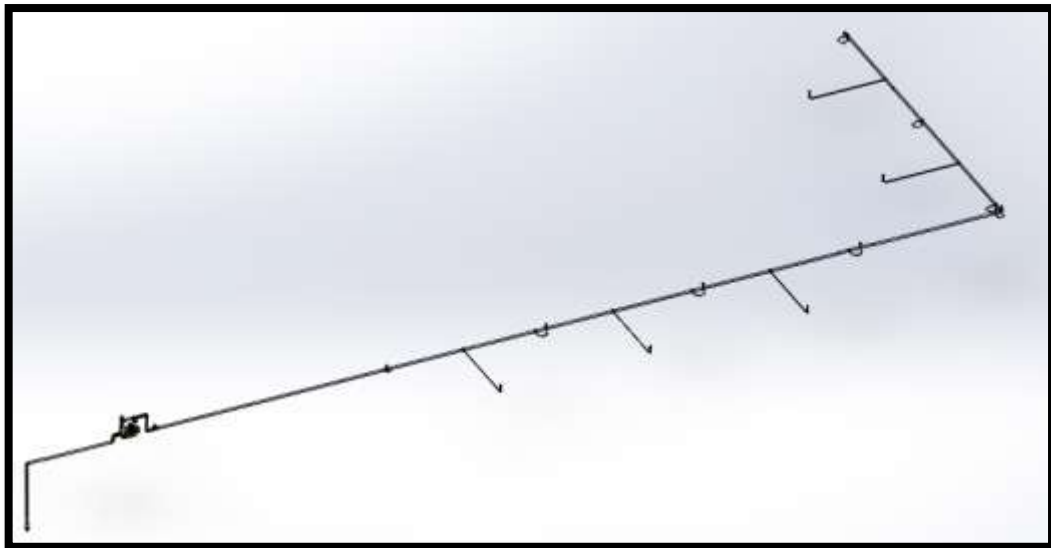
La primera solución de la Ilustración 3-5, esta propuesta está compuesta de solo una línea principal de un tubo de 50mm de diámetro que ayuda en la alimentación de los aspersores esta no consta de una línea secundaria en el que su principal característica es abastecer mediante mangueras la parte donde se encuentran la línea secundaria para mayor detalle se encuentra en el Anexo C.

#### Ventaja

- La estructura es más simple que los otros sistemas de riego
- Su costo es menor
- Su sistema de accionamiento tiene manual y automático
- Por sus dimensiones es seguro y estable
- La conexión de la bomba es de 110V

#### Desventaja

- Para la conexión de la línea secundaria tenemos que atravesar el jardín dañando las plantas que están en medio
- Es de solo un componente por lo que si tenemos por lo que si hay imperfectos tenemos que revisar toda la línea.



**Ilustración 3-5:** Solución 1

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

## SOLUCIÓN 2

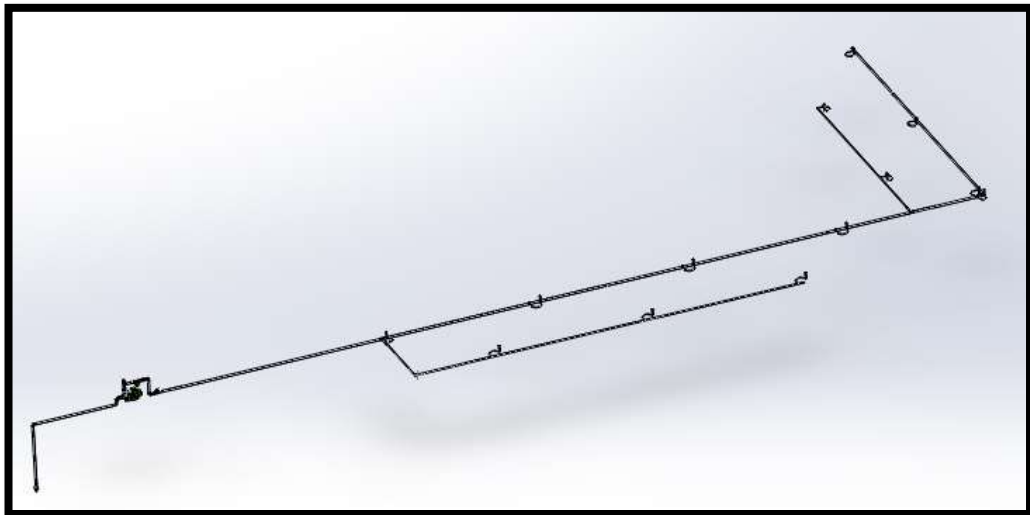
La segunda solución de la Ilustración 3-6. esta propuesta de componentes de una sola línea principal de tubo de 50mm de diámetro y una línea secundaria de 32mm de diámetro está distribuida de modo que pueda suministrar a los aspersores, la principal característica es que sus líneas están en las esquinas del jardín para que no intervenga ni dañen a las plantas que se encuentren en ella, para mayor detalle se encuentra especificado en el Anexo D

### Ventaja

- Su estructura consta de dos líneas una principal y la otra secundaria
- Su sistema de accionamiento tiene manual y automático
- Por sus dimensiones es seguro y estable
- La conexión de la bomba es de 110V
- No interviene ni tiene que dañar las plantas para su instalación

### Desventaja

- Su costo es mayor en comparación con la primera solución



**Ilustración 3-6:** Solución 2

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

## SOLUCIÓN 3

La tercera solución de la Ilustración 3-7 tiene una propuesta que compone de una línea principal en donde al primer tramo del sistema de riego tiene una línea secundaria mientras que en el segundo tramo que es de menor área, se eliminará la línea secundaria y se conectará directamente a la línea principal mediante una manguera flexible que se

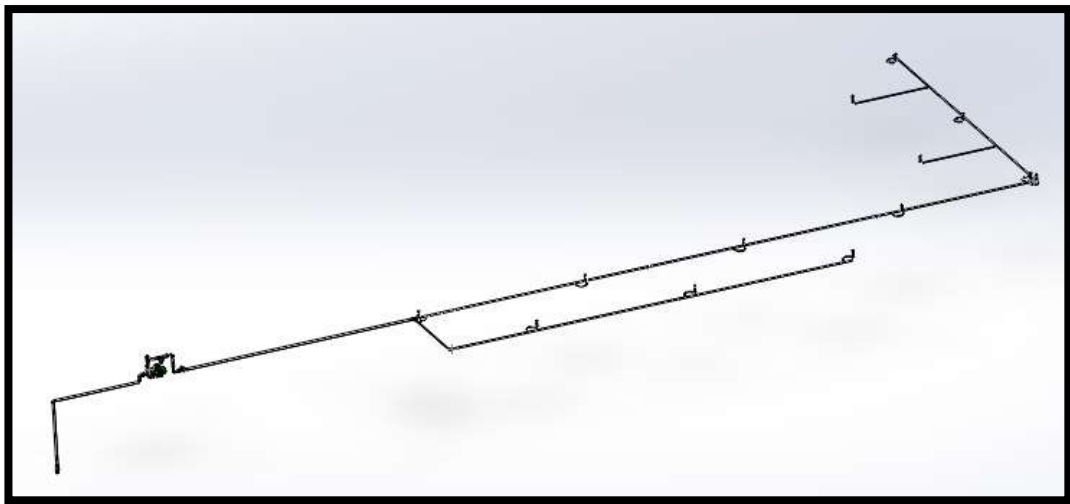
acoplarán con los aspersores restantes en el riego, el diseño de esta red hidráulica se compuso de una sola tubería de 32mm, donde se especifica en el Anexo E

Ventaja

- Su costo es menor de la segunda solución
- Su sistema de accionamiento es manual y automático
- Por sus dimensiones es seguro y estable
- La conexión de la bomba es de 110V

Desventaja

- Para la conexión del segundo tramo tenemos que atravesar el jardín.



**Ilustración 3-7:** Solución 3

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

### 3.1.8. *Evaluación de alternativas*

Y las alternativas de análisis son:

- Alternativa 1.- Sistema de riego por aspersión sin líneas secundarias
- Alternativa 2.- Sistema de riego por aspersión con líneas secundarias a través de tubería
- Alternativa 3.- Sistema de riego por aspersión menorando la línea secundaria en el segundo tramo

En la evaluación de alternativas escogemos los criterios más importantes que se plantearon en la casa de la calidad, para ello tenemos la valoración de acuerdo a la Tabla 3-9. Que posteriormente realizaremos la evaluación con los criterios utilizando la Ecuación 3-3, lo cual nos dará el resultado de la ponderación de acuerdo a la importancia de cada aspecto.

**Tabla 3-9:** Consideración de los criterios de evaluación

	DESCRIPCIÓN	IMPORTANCIA
AT	Ahorro de tiempo	1
FM	Fácil Manejo	2
RU	Riego uniforme	3
V	Impacto visual	4
CA	Costo de adquisición	5

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

**Tabla 3-10:** Evaluación de los pesos específicos del módulo 1

Criterio	AT	FM	RU	V	CA	$\Sigma+1$	Ponderación
AT		1	1	1	1	5	0.333
FM	0		1	1	1	4	0.267
RU	0	0		1	1	3	0.200
V	0	0	0		1	2	0.133
CA	0	0	0	0		1	0.067
					<b>SUMA</b>	15	1

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

De acuerdo a la evaluación del módulo uno Tabla 3-9 se realiza el cálculo del peso específico de cada uno de los criterios como se indica de la Tabla 3-11 a la Tabla 3-14.

**Tabla 3-11:** Evaluación de los pesos específicos del criterio ahorro de tiempo

Solución 2 = Solución 3 > Solución 1

Ahorro de tiempo	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	POND.
Solución 1		0	0	1	0.167
Solución 2	1		0.5	2.5	0.417
Solución 3	1	0.5		2.5	0.417
			Suma	6	1

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

**Tabla 3-12:** Evaluación del peso específico del criterio fácil manejo

Solución 1 = Solución 2 > Solución 3

Fácil Manejo	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	POND.
Solución 1		0.5	1	2.5	0.417
Solución 2	0.5		1	2.5	0.417
Solución 3	0	0		1	0.167
			Suma	6	1.00

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

**Tabla 3-13:** Evaluación del peso específico del criterio riego uniforme

Solución 1= Solución 2 = Solución 3

Riego uniforme	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	POND.
Solución 1		0.5	0.5	2	0.333
Solución 2	0.5		0.5	2	0.333
Solución 3	0.5	0.5		2	0.333
			Suma	6	1

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

**Tabla 3-14:** Evaluación del peso específico del criterio impacto visual

Solución 2 > Solución 3 > Solución 1

Impacto visual	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	POND.
Solución 1		0	0	1	0.167
Solución 2	1		1	3	0.500
Solución 3	1	0		2	0.333
			Suma	6	1

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

**Tabla 3-15:** Evaluación del peso específico del criterio costo de adquisición

Costo de adquisición	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	POND.
Solución 1		1	1	3	0.500
Solución 2	0		0	1	0.167
Solución 3	0	1		2	0.333
			Suma	6	1

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

Para tener un claro la prioridad de acuerdo con nuestras soluciones planteadas realizamos el producto de la ponderación de módulo 1 con las ponderaciones de cada criterio evaluado anteriormente

**Tabla 3-16:** Tabla de conclusiones

Conclusiones	Ahorro de tiempo	Fácil Manejo	Riego uniforme	Impacto visual	Costo de adquisición	$\Sigma$	Prioridad
Solución 1	0.056	0.111	0.067	0.022	0.033	0.289	3
Solución 2	0.139	0.111	0.067	0.067	0.011	0.394	1
Solución 3	0.139	0.044	0.067	0.044	0.022	0.317	2

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

Se concluye que la mejor solución para poner un jardín por sus prioridades es:

- 1.- Solución 2
- 2.- Solución 3
- 3.- Solución 1

### 3.1.9. Descripción del área

El área de jardín domiciliario se encuentra en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, en la calle Coronel Oviedo y Cuzco (Vía Piscin a km 11/2 de la Av. Alberto Bonilla), existen dos áreas verdes con sembríos de plantas ornamentales, presentes en la Ilustración 3-8. Nos ayudamos en el programa Google Earth Pro.

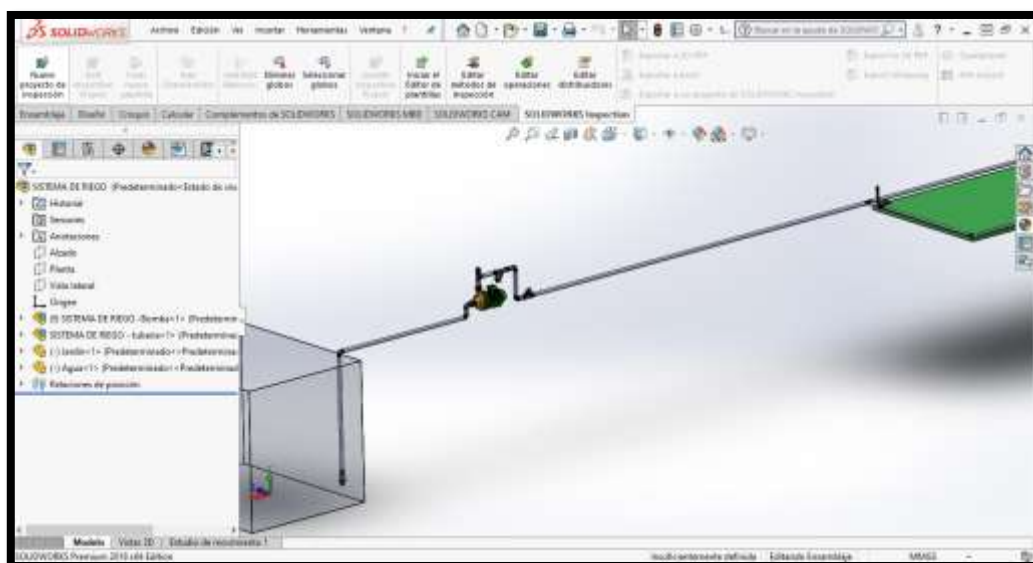


**Ilustración 3-8:** Ubicación satelital de área de estudio

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

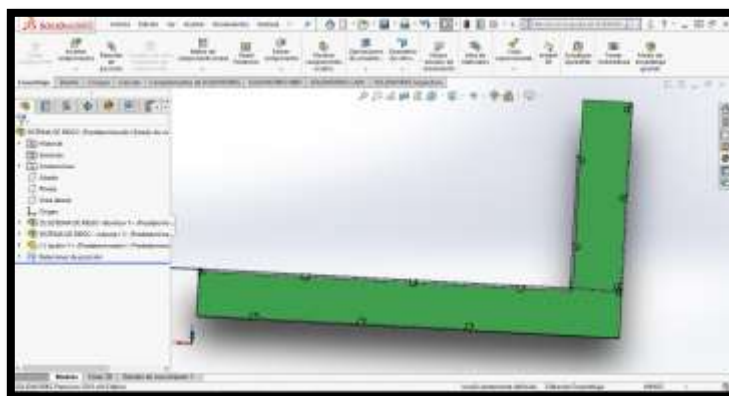
### 3.1.10. Sistema hidráulico

Una de las partes primordiales del proyecto es la estructura del sistema hidráulico, para ello utilizamos el programa SOLIDWORKS que es una de las herramientas más factibles para la realización del diseño del sistema de riego por aspersión como se muestra en la Ilustración 3-9 que consta de la alimentación al sistema y la Ilustración 3-10 en donde muestra la distribución del riego al sistema en el jardín.



**Ilustración 3-9:** Diseño 3D del sistema para la alimentación del sistema de riego.

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)






**Ilustración 3-10:** Diseño 3D del sistema de riego para el jardín

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

El sistema de riego cuenta con una bomba de 1HP que es capaz de alimentar al sistema, esto es debido a que los aspersores necesitan una presión previa de 1.5bar para su accionamiento, una vez que los aspersores tengan la presión adecuada se accionará el riego y al terminar se retraen ya que los que usamos son emergentes, al suministrar el agua al jardín será el tiempo en donde los aspersores se mostrarán en el riego ya que la mayor parte del tiempo permanecerán ocultos para que este no tenga un impacto con el ambiente que queremos crear en el jardín.

Para el ajuste de riego al jardín los aspersores están clasificados de acuerdo a la boquilla que este utiliza, si se requiere un riego de un radio de 2.2m se utilizará la boquilla 8A de color marrón que nos proporcionará las necesidades requeridas en la Tabla 3-17.

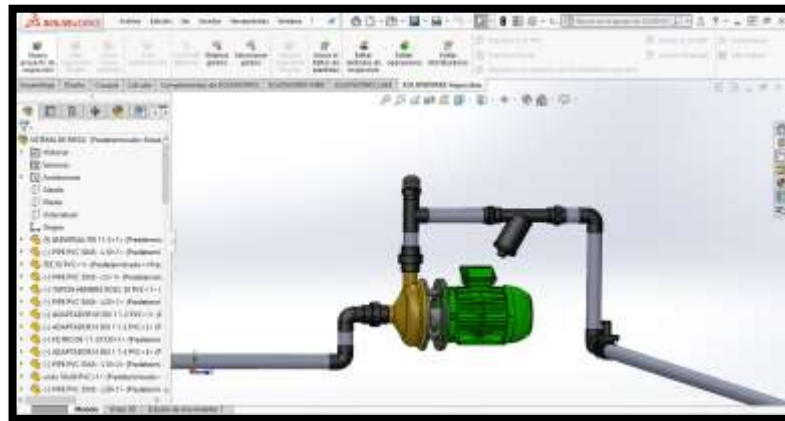
**Tabla 3-17:** Presión que necesita el aspersor

BOQUILLAS PRO AJUSTABLES - DATOS DE RENDIMIENTO																	
 <span style="margin-left: 150px;"></span> <span style="margin-left: 150px;"></span>																	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>4A</b> Radio de 1,2 m Ajustable de 0° a 360° ● Verde claro</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>6A</b> 1,8 m de radio Regulable de 0° a 360° ● Azul claro</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>8A</b> Radio 2,4 m Regulable de 0° a 360° ● Marrón</p> </div> </div>																	
Sector	Presión		Radio	Caudal		Pluv. mm/h		Radio	Caudal		Pluv. mm/h		Radio	Caudal		Pluv. mm/h	
	bar	kPa		L	m³/h	l/min	■		▲	L	m³/h	l/min		■	▲	L	m³/h
45°	1.0	100	0,9	0,02	0,31	187	216	1,5	0,03	0,54	117	136	2,0	0,04	0,62	77	89
	1,5	150	1,0	0,02	0,39	178	206	1,6	0,04	0,60	108	124	2,2	0,04	0,72	72	83
	2,1	210	1,2	0,03	0,48	167	193	1,8	0,04	0,65	98	114	2,4	0,05	0,83	67	77
	2,5	250	1,3	0,03	0,56	158	183	1,9	0,04	0,70	92	106	2,6	0,05	0,91	63	73
	3,0	300	1,4	0,04	0,64	149	172	2,1	0,05	0,75	86	99	2,9	0,06	1,01	59	68
90°	1.0	100	0,9	0,04	0,72	213	246	1,5	0,06	1,08	116	134	2,0	0,07	1,24	77	89
	1,5	150	1,0	0,05	0,76	182	210	1,6	0,07	1,21	109	126	2,2	0,09	1,44	72	83
	2,1	210	1,2	0,05	0,83	139	160	1,8	0,08	1,35	102	118	2,4	0,10	1,65	67	77
	2,5	250	1,3	0,05	0,91	129	149	1,9	0,09	1,47	97	112	2,6	0,11	1,82	63	73
	3,0	300	1,4	0,06	0,95	116	134	2,1	0,10	1,61	92	106	2,9	0,12	2,02	59	68
120°	1.0	100	0,9	0,06	0,97	221	255	1,5	0,08	1,26	102	118	2,0	0,10	1,66	77	89
	1,5	150	1,0	0,07	1,10	188	217	1,6	0,09	1,43	97	112	2,2	0,11	1,92	72	83
	2,1	210	1,2	0,07	1,25	162	187	1,8	0,10	1,61	91	105	2,4	0,13	2,20	67	77
	2,5	250	1,3	0,08	1,36	146	168	1,9	0,11	1,76	87	100	2,6	0,15	2,43	63	73
	3,0	300	1,4	0,09	1,49	131	151	2,1	0,12	1,93	82	95	2,9	0,16	2,69	59	68
180°	1.0	100	0,9	0,07	1,18	178	206	1,5	0,10	1,70	92	106	2,0	0,15	2,49	77	89
	1,5	150	1,0	0,08	1,38	157	181	1,6	0,12	1,96	88	102	2,2	0,17	2,87	72	83
	2,1	210	1,2	0,10	1,60	139	160	1,8	0,13	2,24	84	97	2,4	0,20	3,30	67	77
	2,5	250	1,3	0,11	1,78	127	146	1,9	0,15	2,47	81	94	2,6	0,22	3,65	63	73
	3,0	300	1,4	0,12	1,98	115	133	2,1	0,16	2,72	78	90	2,9	0,24	4,03	59	68

Fuente: (Hunter, 2020)



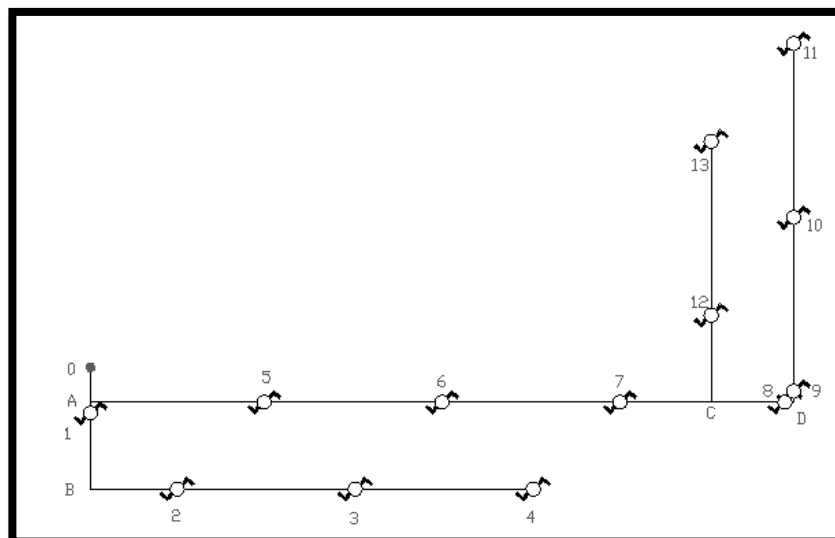
Para el correcto funcionamiento del sistema se tiene que tomar en cuenta la conexión de la bomba como se muestra en la Ilustración 3-11, donde arriba se encuentra una válvula de pie en la cisterna para evitar el ingreso de cuerpos extraños en el agua, y aguas abajo se encuentra un filtro en caso de que este ingrese, la protección que se toma es para evitar un mal funcionamiento en los aspersores, otro aspecto es la electroválvula que controlará el flujo de agua de acuerdo al tiempo programado en los horarios establecidos.



**Ilustración 3-11:** Conexión de la bomba Diseño 3D

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

Nuestro sistema presenta un diseño como la Ilustración 3-12 que es un diagrama del riego de nuestro jardín, dónde se calculará la presión y los puntos críticos presente en nuestro sistema de riego por aspersión.



**Ilustración 3-12:** Diagrama del sistema de riego por aspersión

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

Pasamos el caudal al sistema internacional

$$qa(90^\circ) = 0.09 \frac{m^3}{h} \left( \frac{1h}{3600s} \right) = 2.5 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$
$$qb(180^\circ) = 0.17 \frac{m^3}{h} \left( \frac{1h}{3600s} \right) = 4.72 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

Para dimensionar la red se debe verificar la presión mínima permisible y se debe calcular la presión máxima como se muestra en la Ecuación 3-4.

**Ecuación 3-4:** Presión mínima permisible

$$\frac{P_0}{\gamma} = 18mca \qquad \frac{P_{11}}{\gamma} = 15mca$$

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

Donde:

P<sub>0</sub>= Presión de inicio

P<sub>11</sub>= Presión en el punto critico

γ = peso especifico

Para calcular la perdida por longitud de tubería lo realizamos mediante la Ecuación 3-5.

**Ecuación 3-5:** Perdidas por longitud de tubería del tramo principal

$$h_{max} = h_{0-A} + h_{A-5} + h_{5-6} + h_{6-7} + h_{7-C} + h_{C-8} + h_{8-D} + h_{D-9} + h_{9-10} + h_{10-11}$$

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

Calculando cada tramo podemos apreciar mediante el análisis de nuestros caudales que pasan a lo largo de la tubería teniendo en cuenta que las únicas pérdidas que vamos a tener es por longitud de tuberías.

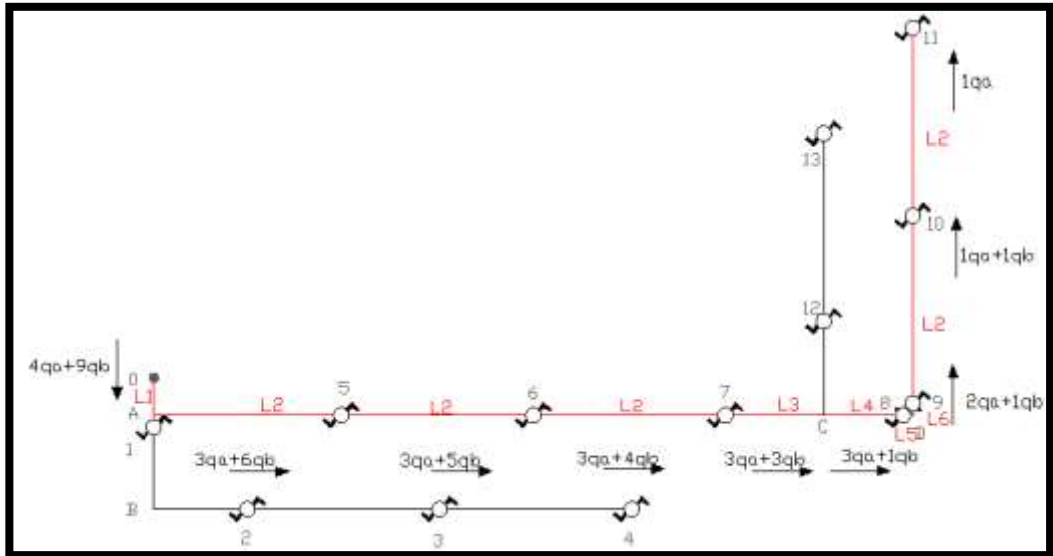
Recortando que la pérdida por longitud de tubería está dada por la Ecuación 3-6.

**Ecuación 3-6:** Ecuación de Darcy

$$h = \frac{8fLQ_{0-F}^2}{\pi^2 g D_T^5}$$

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

Realizamos para cada tramo de la tubería y tenemos el análisis del tramo principal correspondiente a nuestro sistema de riego como se muestra en la Ilustración 3-13.



**Ilustración 3-13:** Diagrama del sistema de riego con el valor de los caudales en cada toma y su recorrido

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

En la Tabla 3-18 especificaremos los datos que se utilizarán para el análisis de nuestro sistema de riego utilizando el sistema internacional.

**Tabla 3-18:** Datos del tramo principal

TRAMO PRINCIPAL 0-11		
$q_a=$	0.000025	$m^3/s$
$q_b=$	0.0000472	$m^3/s$
$L_1=$	0.76	m
$L_2=$	4.1	m
$L_3=$	1.9	m
$L_4=$	1.8	m
$L_5=$	0.1	m
$L_6=$	0.25	m
DTP=	0.05	m
DTS=	0.05	m

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

**Tabla 3-19:** Cálculos de tramo principal

NUDOS/ LINEAS	COTA (m)	CONSUMO (m <sup>3</sup> /s)	PRESION MIN (mca)	LONG (m)	CAUDAL TUB (m <sup>3</sup> /s)	Perdidas (h)
0						
A	0	0	15	0.76	0.000525	0.00210
5	0	0.000047	15	4.1	0.000358	0.00528
6	0	0.000047	15	4.1	0.000311	0.00398
7	0	0.000047	15	4.1	0.000264	0.00286
C	0	0	15	1.9	0.000217	0.00089
8	0	0.000025	15	1.8	0.000122	0.00027
D	0	0	15	0.1	0.000097	0.00001
9	0	0.000025	15	0.25	0.000097	0.00002
10	0	0.000047	15	4.1	0.000072	0.00021
11	0	0.000025	15	4.1	0.000025	0.00003

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

De acuerdo al catálogo comerciales mencionado de empleo tenemos los siguientes valores como se indica en la Tabla 3-20.

**Tabla 3-20:** Diámetros comerciales de los tubos

Diámetro Nominal (mm)		Diámetro Interior	Espesor Nominal	Presión de Trabajo		
UNIÓN U/Z	UNIÓN E/C	mm	mm	MPa	PSI (lb/pulg <sup>2</sup> )	Kgf/cm <sup>2</sup>
	20	17.8	1.1	1.25	181	12.75
		16.8	1.6	2.00	290	20.40
	25	22.8	1.1	1.00	145	10.20
		21.8	1.6	1.60	232	16.32
	32	29.8	1.1	0.80	116	8.16
		28.8	1.6	1.25	181	12.75
	40	37.8	1.1	0.63	91	6.43
		36.8	1.6	1.00	145	10.20
		36.0	2.0	1.25	181	12.75
50		47.4	1.3	0.63	91	6.43
		46.8	1.6	0.80	116	8.16
		46.0	2.0	1.00	145	10.20
		45.0	2.5	1.25	181	12.75

Fuente: (Plastigama, 2020)

Teniendo el punto crítico en el punto 11 apreciamos los resultados de acuerdo con la apreciación del diámetro comerciales de unos tubos revisando que las pérdidas en tubería no excedan la capacidad permitida como se indica en la Tabla 3-20.

**Tabla 3-21:** Resultado del sistema

Diámetro TP	Perdidas (mca) Tramo 0-A	DIAMETRO TS NORMALIZADO	Perdidas (mca) Tramo A-11	Presión en el nudo critico (11)
50mm	0.00210	50	0.0157	17.98

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

Para nuestro sistema de riego también calculamos el tramo secundario en la sección B tal como se muestra la Ilustración 3-14.



**Ilustración 3-14:** Diagrama del sistema de riego del tramo secundario sección B

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

Para el cálculo del tramo secundario de la sección B realizamos los pasos de anterior el tramo principal teniendo que nuestro punto crítico se encuentra en el nodo 13 como se indica en la Tabla 3-22.

**Tabla 3-22:** Cálculos de tramo secundario sección B

NUDOS/ LINEAS	COTA (m)	CONSUMO (m <sup>3</sup> /s)	PRESION MIN	LONG (m)	CAUDAL TUB	Perdidas (h)
C						
12	0	0.0000472	15	2	0.0000944	0.001097199
13	0	0.0000472	15	4.1	0.0000472	0.000562314

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

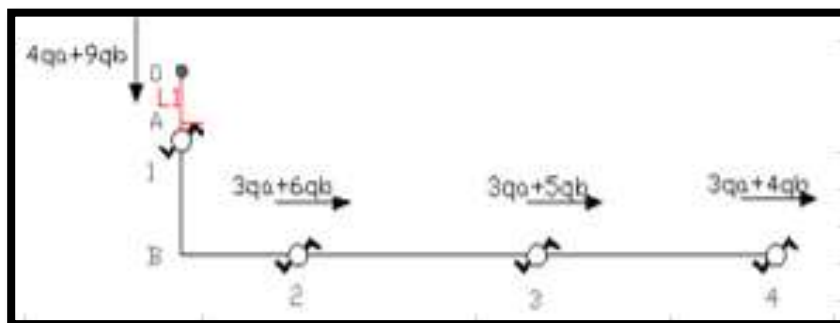
Los resultados establecidos en nuestro tramo secundario de la sección B de acuerdo al análisis tenemos un diámetro comercial de menor diámetro que el tramo principal como lo establecemos en la Tabla 3-23.

**Tabla 3-23:** Resultado del tramo secundario sección B

Diámetro TP	Perdidas (mca) Tramo C-13	DIAMETRO TS	DIAMETRO TS NORMALIZADO	Perdidas (mca) Tramo C-13	Presión en el nudo critico (11)
50	0.00166	32	32	0.0017	17.998

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

Nuestra última parte calculamos del tramo secundario en la sección a dónde procedemos de acuerdo al orden establecido calculando el punto crítico y el diámetro comercial para lo que lo analizamos de acuerdo con la Ilustración 3-15 que se encuentra a continuación



**Ilustración 3-15:** Diagrama del sistema de riego del tramo secundario sección A

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

Los cálculos establecidos en el tramo secundario de la sección a tenemos que el punto crítico se encuentra en el nudo cuatro como se muestra en la Tabla 3-24.

**Tabla 3-24:** Cálculos de tramo secundario sección A

NUDOS/ LINEAS	COTA (m)	CONSUMO (m <sup>3</sup> /s)	PRESION MIN	LONG (m)	CAUDAL TUB	Perdidas (h)
0						
A	0	0	15	0.76	0.000167	0.001298599
1	0	0.000025	15	0.25	0.000167	0.000427171
B	0	0.000000	15	1.83	0.000142	0.002258858
2	0	0.000047	15	2	0.000142	0.002468697
3	0	0.000047	15	4.1	0.000094	0.002249258
4	0	0.000047	15	4.1	0.000047	0.000562314

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

El resultado que establecimos en este cálculo se muestra a continuación en la Tabla 3-25.

**Tabla 3-25:** Resultado del tramo secundario sección A

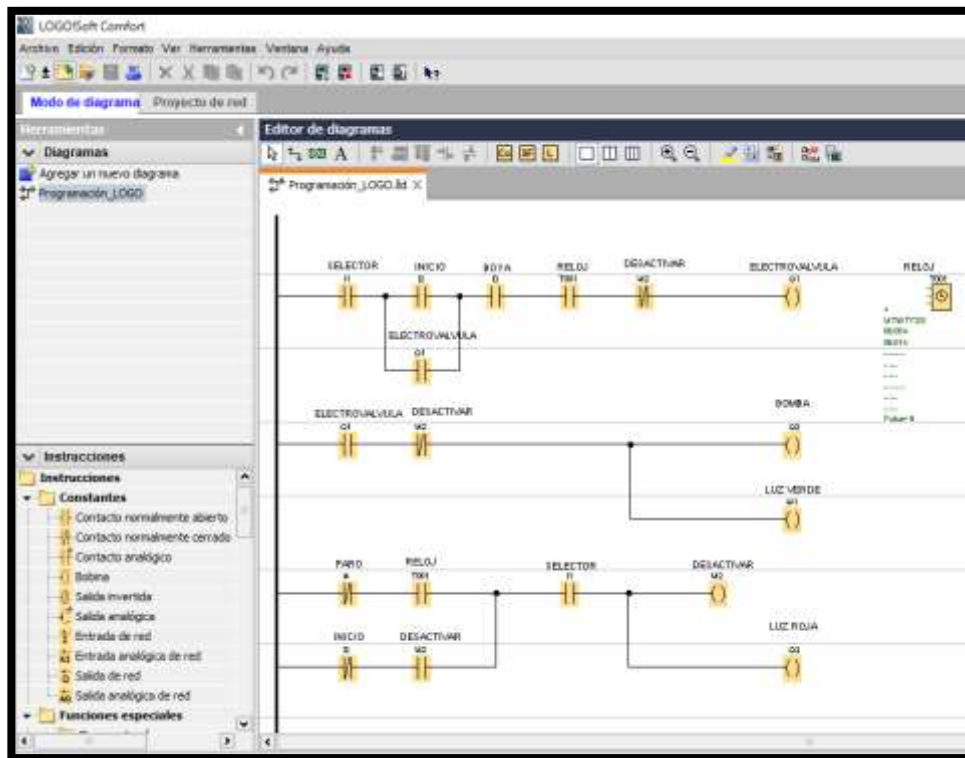
Diámetro Tp	Perdidas (mca) Tramo 0-a	Diámetro Ts	Diámetro Ts normalizado	Perdidas (mca) tramo a-4	Presión en el nudo crítico (4)
50mm	0.00130	32	32	0.0093	17.99

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

A continuación, establecemos un diagrama de flujo de procesos donde detallaremos los procesos representativos que se estableció en este proyecto de acuerdo a la distribución y el orden que se tuvo en este proyecto respecto al proceso del diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión dónde estés estableceremos las operaciones y como se muestran en la Tabla 3-24 seguidas por la descripción de nuestros procesos establecidos como lo indica la Tabla 3-25.

### 3.1.11. Programación del Sistema de riego

La programación del sistema de riego consiste en un esquema de programación en lenguaje Ladder realizado en el programa LOGO!Soft Comfort. Se identificará las entradas como: sensores y pulsadores; y en la salida está la electroválvula, y la señal de la bomba.

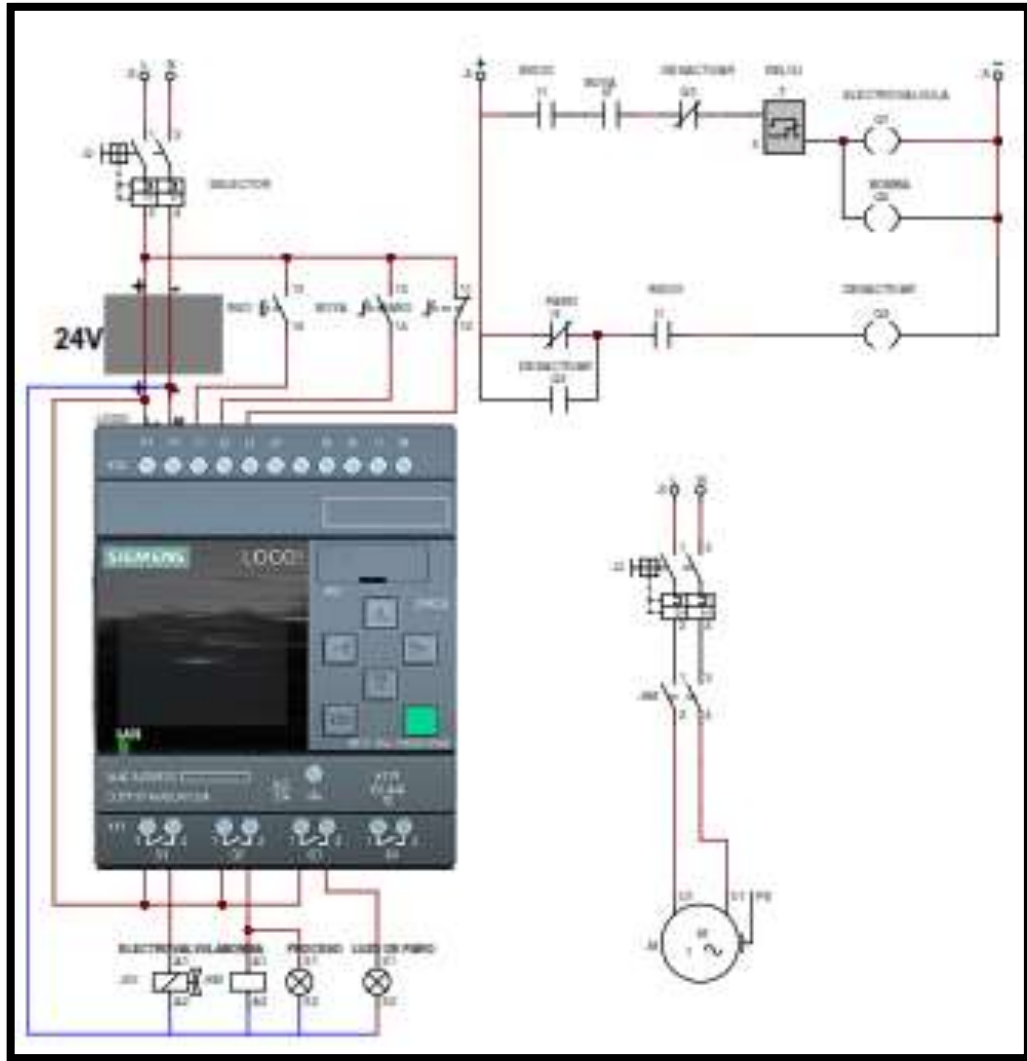


**Ilustración 3-16:** Programación del sistema de riego

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

De acuerdo con la programación podemos ver como se realizó la conexión de acuerdo de la parte electrónica teniendo el diagrama de conexión como se muestra la Ilustración 3-17.





**Ilustración 3-17:** Diagrama de la conexión eléctrica- electrónica

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

### 3.1.12. Diagrama de flujo de Procesos

**Tabla 3-26:** Representación del diagrama de flujo

Símbolo	Representación
●	Operación
■	Inspección
➔	Desplazamiento y transporte
◐	Deposito provisional o espera
▼	Almacenado permanente

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

**Tabla 3-27:** Diagrama de flujo

Descripción	Operación	Inspección	Desplazamiento y transporte	Deposito provisional o espera	Almacenado permanente
Descripción del plano	●	■	➔	D	▼
Replanteo	●	■	➔	D	▼
Área removimiento del suelo	●	■	➔	D	▼
limpieza	●	■	➔	D	▼
Removimiento del concreto	●	■	➔	D	▼
Montaje e instalación de la Bomba	●	■	➔	D	▼
Instalación de tubería	●	■	➔	D	▼
Collarines	●	■	➔	D	▼
aspersores	●	■	➔	D	▼
Instalación eléctricas	●	■	➔	D	▼
Instalación la caja de control	●	■	➔	D	▼
Pruebas de funcionamiento	●	■	➔	D	▼
Relleno de excavación	●	■	➔	D	▼

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)

### 3.1.13. Implementación del sistema hidráulico

Se implementó un sistema de riego en el que se siguió las instrucciones de diseño que nos tomó con las especificaciones, dividimos el jardín domiciliario en dos parcelas de las cuales tienen líneas de riego una principal y la otra secundaria en este proceso se dividió en dos secciones

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

**Sección Principal:** Medición y ubicación para el desarrollo de la sección principal se implementó una secuencia de pasos ordenados en los que consisten en:

a) La medición del entorno de estudio es primordial para conocer el alcance del diseño del sistema de riego hidráulico como lo indica la Ilustración 3-18 y Ilustración 3-19.



**Ilustración 3-18:** Medición de la primera parcela

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)



**Ilustración 3-19:** Medición de la segunda parcela

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

b) Se realiza la excavación para la zanja, se debe excavar una profundidad de 25 a 30mm en la que tenemos que asegurarnos de que no haya interferencia de otras líneas hidráulicas o irregularidades en el terreno, en la Ilustración 3-20 se presenta el zanqueo que se realizó en el terreno para la instalación previas de las líneas hidráulicas.



**Ilustración 3-20:** Zanjeo del Suelo

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

c) Excavación el concreto en donde van la línea de alimentación de la bomba y la línea en donde se dirige a las parcelas como se indica en la Ilustración 3-21.



**Ilustración 3-21:** Removimiento de concreto, línea de alimentación de la bomba

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

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

Para la ejecución del segundo paso en la elaboración del sistema de riego por aspersión, se realizó con el procedimiento en el que planteo las siguientes instrucciones para su realización:

- a) Se transportó todos los materiales de acuerdo a las cercanías a su ubicación correspondiente para facilitarnos un mejor ensamble en la Ilustración 3-22. Se puede observar cómo se ubica los materiales de acuerdo al área en que se trabaja.



**Ilustración 3-22:** Ubicación de materiales

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

- b) Se instaló la bomba como se indica en la Ilustración 3-23, donde su ubicación se planteó de acuerdo a la facilidad y cercanía de una fuente hidráulica es decir cerca de la cisterna y que tenga una fuente eléctrica para que pueda conectarse a una alimentación de 110 voltios.



**Ilustración 3-23:** Ubicación de la bomba

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)





**Ilustración 3-24:** Instalación de la bomba

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

- c) Instalación de la tubería de alimentación de la bomba aguas arriba como se puede apreciar en la Ilustración 3-25 además se instaló una válvula de paso para evitar suciedades que se encuentre en el agua en el fondo de la cisterna como se indica en la Ilustración 3-26.



**Ilustración 3-25:** Instalación de la línea de alimentación de la bomba

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)



**Ilustración 3-26:** Instalación de la válvula de pie

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

- d) Se conectó las tuberías correspondiente aguas debajo de la bomba, instalando codos, tee de 1½" esto se debe a que la bomba posee un diámetro de entrada y salida de 1½" en la conexión para comenzar el punto en donde se suministra la instalación al jardín colocando una tee, donde la rama principal estará ubicada con tubería 1½" y la rama secundaria sección 1 se instalará un reductor 1½" a 1" como se muestra en la Ilustración 3-27 y se instalará tubería de 1" como la Ilustración 3-28.



**Ilustración 3-27:** Instalación Tee, un reductor de 1 ½ a 1,

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)



**Ilustración 3-28:** Instalación del ramal secundario sección 1,

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

- e) Instalación de collarín para los ramales principal y secundario, en donde se procedió a la instalación de acuerdo con el diseño presentado tuvo una separación de 4m de separación entre cada uno de los aspersores, se ajustó con una llave 12 teniendo en cuenta que los collarines tienen la boca perpendicular al suelo y se procedió con la perforación hecha con un tablado como se muestra en la Ilustración 3-29.



**Ilustración 3-29:** Instalación del collarín en los ramales principal y secundario

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)



- f) Instalacion de los aspersores, una vez tengamos los collarines perforados colocamos una adaptador flex, procedimos a recortar la manera flexible una longitud de 0.5m para ajustar el aspersor como en la Ilustración 3-30.



**Ilustración 3-30:** Instalación de los aspersores

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

- g) Instalación de accesorios y equipos en el sistema electico –automático

Se requirió equipo técnico con la implementación de un sistema de riego automatizado en el que se incorporamos una caja de control, en la instalación electica alimentándonos con una toma de 110V obteniendo la alimentación principal para el control programado de nuestra electroválvula y la bomba se realizó una serie de actividades procediendo con la conexión de un Logo, al comprobar el funcionamiento este procedió sin problema



**Ilustración 3-31:** Instalación de una caja de control

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

- h) Se realizó una prueba de funcionamiento respecto a la instalación del sistema de riego en donde se comprobó si este se encuentra correctamente conectado, se revisó la caja de control y si los aspersores funcionan correctamente sin que haya fugas en la instalación.



**Ilustración 3-32:** Pruebas de funcionamiento en la caja de control

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)



**Ilustración 3-33:** Pruebas de funcionamiento en los aspersores

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

- i) Se calibro los aspersores para que tengan el riego correspondiente de acuerdo con las indicaciones de diseño, se tiene que considerar que primero se alinea observando que la zona de riego cumpla de acuerdo a lo especificado.



**Ilustración 3-34:** Calibración en los aspersores

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

- j) Se rellena las zanjas con tierra como se muestra en la Ilustración 3-35, y el trayecto de la tubería en cuanto a los aspersores se trató de tener en cuenta su posición ya que una vez estén fijos los calibramos nuevamente.



**Ilustración 3-35:** Relleno del zanjado

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

- o) Masillado de hormigón

Se rellena las partes que se retiró del concreto una vez echo la experimentación de las pruebas, como se muestra en la Ilustración 3-36.



**Ilustración 3-36:** Relleno de concreto en la zona de circulación de la tubería

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

### 3.1.14. Medición de presiones

Para la comprobación de nuestro sistema de riego medimos la presión en los puntos críticos de acuerdo a lo estipulado en nuestro estudio donde analizamos el valor correspondiente medidos un manómetro como se indican en la Ilustración 3-37 a la Ilustración 3-38 en la medición de 20 psi este dato es mejor al dato calculado, es decir, este valor practico resulto de una irregularidad con la conexión en nuestro sistema.



**Ilustración 3-37:** Medición de los aspersores Punto crítico 11

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)



**Ilustración 3-38:** Medición de los aspersores Punto crítico 13

Realizado por: (Machado Ronny, 2021)





**Ilustración 3-39:** Medición de los aspersores Punto crítico 4

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

También se hizo la medición de la bomba para que tenga un correcta presión a lo largo del sistema como se indica en la Ilustración 3-40. El valor que nosotros apreciamos en la toma de datos de la bomba es de 22 Psi un equivalente a 18 mca lo cual planteamos al principio de nuestro análisis.



**Ilustración 3-40:** Medición de los aspersores Punto crítico

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2021)

## Toma de datos de nuestro sistema de riego

### Semana 1

En la primera semana se planteó un riego de 10 minutos en el horario de 6 AM durante todos los días se observó un cambio respecto al riego manual. Lo primero que se observó fue un mejoramiento del césped este adquirió un tono más verde como se observa en la Ilustración 3-41.



**Ilustración 3-41:** Estado de la condición del césped semana 1

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2022)

### Semana 2

En la semana 2 se vio la necesidad de disminuir el tiempo de riego a 8 minutos en virtud de que el césped está creciendo rápidamente y por tanto recurriendo a la bibliografía, así como también a la asesoría de ingenieros agrónomos; adicional se recurrió al uso de abono e proporción 5lb para toda el área utilizando abono azul. Los resultados del cuidado del jardín se muestran en las siguientes Ilustración 3-42.



**Ilustración 3-42:** Estado de la condición del césped semana 2

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2022)

### **Semana 3**

En la semana 3 el césped del jardín recuperado notoriamente su vitalidad, nos mantenemos con 8min de riego a las 6 AM todos los días y se ha planteado que durante 15 días se abonara el jardín para que adquiriera una tonalidad verde y con el respectivo riego se ha recuperado una gran parte natural como se indica en las ilustraciones siguientes al observar se ha visto que el césped ha crecido en mayor parte como se muestra la Ilustración 3-43.





**Ilustración 3-43:** Estado de la condición del césped semana 3

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2022)

#### **Semana 4**

En la semana 4 se procede a realizar la poda del césped y para la respectiva abonada se realiza la consulta al jardinero para que en base a su experiencia nos dé una recomendación en base a su vitalidad y tonalidad del césped, una vez echo se procede a abonar.



**Ilustración 3-44:** Estado de la condición del césped semana 4

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2022)



Continuamos con nuestra rutina durante los siguientes tres meses en los que posteriormente en virtud del césped se encuentra en mejor estado se reducirá el tiempo de riego a 7 minutos todos los días en el horario de 6H00 y a su vez cada 3 semanas se recomienda su abonada mientras que para su poda se recomienda cada 5 semana.

## CAPITULO IV.

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Condiciones del suelo

Los exámenes se realizaron en INIAP para tener un análisis químico y físico del suelo y determinar el contenido de nutrientes de interés agrícola, para de esta forma por los resultados encontrar un fertilizante o abono que nos facilite el desarrollo de las plantas ornamentales, la cantidad de la muestra sugerida está en un porcentaje de 1kg recomendando que su recipiente sea una funda nueva, a continuación, se presentará los resultados de la Tabla 4-1 y la Tabla 4-2.

**Tabla 4-1:** Propiedades químicas del suelo

Profundidad (cm)	pH	Nh4 ppm	P ppm	S ppm	K meq/100ml	Ca meq/100ml
0-25	2.5	60M	70M	9.8B	0.92A	5.30 M

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

**Tabla 4-2:** Propiedades físicas del suelo

Textura del suelo	Total de espacio poroso o porosidad total (%)	Densidad aparente $D_{ap}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Capacidad de Campo $\theta_{mcc}(\%)$	Marchitez permanente $\theta_{pmp}(\%)$	Total humedad aprovechable		
					Peso seco ( $\theta_{mcc} \cdot \theta_{pmp}$ ) (%)	Volumen ( $\theta_{mcc} \cdot \theta_{pmp}$ ) * $D_{ap}(\%)$	Cm/m
Tierra negra	43 (40-47)	1.50 (1.40- 1.60)	15 (10-18)	7 (6-10)	8 (6-10)	10 (9-15)	12 (9-15)

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

Las deficiencias que se presentan en la Tabla 4-1 y Tabla 4-2, por la recomendación del ingeniero agrónomo, se procedió con el proceso de abonar el suelo con Nitrofoska azul para que de esta forma tenga una recuperación a lo largo del proceso de implementación del sistema de esta forma mejoraremos el jardín e implementaremos su riego automatizado, teniendo un equilibrio en su cuidado y operación.

Para la implementación del sistema de riego por aspersión se procedió con la confirmación de su instalación con la finalidad de demostrar que se cumplan los requisitos establecidos, valorando una mejora en el cuidado del jardín, ofreciendo resultados que sean aceptables en comparación de un sistema de riego manual.

## 4.2. Instalación de accesorios y equipos

Para los requisitos técnicos que se requieren para la instalación del sistema de riego automatizado por aspersión lo dividiremos en:

- Sistema hidráulico
- Sistema eléctrico-automatizado
- Herramientas

### 4.2.1. Sistema hidráulico

Los requisitos técnicos para el sistema de riego automatizado por aspersión se presentan en la Tabla 4-3 donde se tendrá la descripción de los accesorios que se utilizó para la implementación de sistema de riego por aspersión.

**Tabla 4-3:** Accesorios utilizados en la implementación de un sistema de riego por aspersión

Descripción	Cant
Adaptador Flex 16x1/2" macho	26
Adaptador H 50x1 1/2" TG	2
Adaptador M 50x1 1/2" PVC TG	4
Adaptador M de 32mm	2
Codo PVC de 32mm	1
Codo 50x90Gr. PVC TG	8
Codo Cachimba 1/2"x90Gr	12
Filtro de 1 1/2"x120 Mesh HD	1
Manguera 16mm/4MPa	3
Metros de cable	5
Collarín dos tornillos 50x1/2"	8
Collarín dos tornillos de 32x1/2	5
Pop-up Hunter PS-04-17A 1/2" rosca hembra sec	12
Reductor de 50x32mm	2
Tapón de 32mm	2
Tapón hembra rosc. 1 1/2" AK	2
Tee 50 PVC TG	3

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

#### 4.2.2. Sistema eléctrico-automatizado

Los requisitos técnicos para el sistema de riego automatizado por aspersión están dados por la Tabla 4-4 donde se presenta los elementos que se ocuparon para la instalación.

**Tabla 4-4:** Accesorios utilizados en la implementación de un sistema eléctrico-automatizado

Descripción	Cant
Bomba eléctrica Paolo 1HP	1
Caja de encendido	1
Controlador 4 salidas	1
Controlador de nivel de agua	1
Electroválvula 1 1/2"	1
Transformador 110v a 12v 15w	1
Rollo de 20 metros de cable	1
Terminales planos	6

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

#### 4.2.3. Herramientas

Las herramientas que se utilizaron para los requisitos en la implementación de un sistema de riego por aspersión como se muestra en la Tabla 4-5.

**Tabla 4-5:** Herramientas utilizadas para la implementación del Sistema de Riego

Descripción	Cantidad
Sierra	1
Martillo	1
Gafas	1
Guantes de protección	1
Guantes aislantes para campos eléctricos	1
Pala	1
Pico	1
Carretilla	1
Desarmadores estrella plano	1
Playo de presión	1
Bailejo	1
Taladro	1

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

#### 4.2.4. Costos de diseño del sistema

Para la instalación del sistema de riego se evaluó los costos directos como se indican en la Tabla 4-6 y los costos indirectos como se indica en la Tabla 4-7 para tener el valor total del sistema de riego automatizado que se muestra en la Tabla 4-8.

##### 4.2.4.1. Costos directos

**Tabla 4-6:** Costos directos

N° de Orden	Cant.	Dimensiones/ Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	26	Adaptador flex 16x1/2" macho	0.30	7.80
2	2	Adaptador H 50x1 1/2" TG	1.35	2.70
3	4	Adaptador M 50x1 1/2" PVC TG	1.25	5.00
4	2	Adaptador M de 32mm	0.55	1.10
5	1	Bomba eléctrica Paolo 1HP	210.00	210.00
6	1	Caja de encendido	250.00	250.00
7	1	Codo PVC de 32mm	0.55	0.55
8	8	Codo 50x90Gr. PVC TG	1.20	9.60
9	12	Codo Cachimba 1/2"x90Gr	0.75	9.00
10	1	Controlador 4 salidas	190.00	190.00
11	1	Electroválvula 1 1/2"	65.00	65.00
12	1	Filtro de 1 1/2"x120 Mesch HD	25.00	25.00
13	3	Manguera 16mm/4MPa	0.30	0.90
14	5	Metros de cable	3.00	15.00
15	8	Montura 50x1/2"	1.65	13.20
16	5	Montura de 32x1/2	1.35	6.75
17	2	Pega americana 705 1/8 galón	10.00	20.00
18	12	Pop-up Hunter PS-04-17A 1/2" rosca hembra sec	5.50	66.00
19	2	Reductor de 50x32mm	1.50	3.00
20	2	Tapón de 32mm	0.50	1.00
21	2	Tapón hembra rosc. 1 1/2" AK	1.30	2.60
22	3	Tee 50 PVC TG	1.50	4.50
23	5	Teflón Grande	0.90	4.50
24	3	Tubo PVC 32mm	6.00	18.00

N° de Orden	Cant.	Dimensiones/ Descripción	Valor Unitario	Valor Total
25	7	Tubo PVC E/C 50mmx0.8MPa-6m	9.20	64.40
26	2	Universal 50x11/2" Macho PVC	6.50	13.00
27	1	Válvula de Pie 11/2" TG	12.00	12.00
<b>Total:</b>				<b>1020.60</b>

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

#### 4.2.4.2. Costos indirectos

**Tabla 4-7:** Costos Indirectos

N° de horas	Descripción	Valor unitario	Valor Total
12	Investigación de Campo	8	96
80	Investigación por internet	0.6	48
80	Herramientas	0.5	40
<b>Total:</b>			<b>184</b>

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

#### 4.2.4.3. Costos totales

**Tabla 4-8:** Costos Totales

Descripción	Valor Total
<b>Costos Directos</b>	1020.60
<b>Costos Indirectos</b>	184
<b>Total:</b>	<b>1204.60</b>

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

### 4.3. Resultados obtenidos

En las pruebas de funcionamiento se estableció una serie de mediciones en las que se comparó el sistema de riego manual versus el sistema de riego automatizado, para alcanzar nuestra meta planteada que es menorar el tiempo y la cantidad de recursos utilizados. Al implementar nuestro

sistema de riego somos capaces de tener un manejo en el consumo de agua y tener un riego uniforme mejorando estéticamente las áreas verdes en nuestro jardín.

Para la medición de nuestro sistema de riego se estableció los resultados de:

- Análisis del tiempo de riego
- Análisis del volumen de agua
- Análisis de costo Agua
- Análisis de costo Luz
- Análisis costo de mantenimiento.

En los parámetros que se estableció, tomamos la medición durante 5 semanas en la que se concluyó, para tener un valor significativo se debe establecer los costos proyectados durante un año de esta forma podemos visualizar los cambios que se producen en los entornos respecto al cuidado del jardín.

#### 4.3.1. Análisis del tiempo de riego

En el parámetro del tiempo en que regamos nuestro jardín se estableció bajo la perspectiva de un periodo de un año, teniendo un resultado comparativo de un riego manual versus un riego automatizado este resultado se obtuvo de acuerdo a la recomendación de un ingeniero agrónomo, durante la primera semana debe tener un riego de 10 minutos, se debe observar una mejora por lo tanto en la segunda semana se reducirá durante 8 minutos esta se mantendrá hasta la cuarta semana en la que debe tener una revitalización en el jardín por lo que durante la quinta semana en adelante se reducirá a 7 minutos como se muestra en la Tabla 4-9 y Tabla 4-10.

**Tabla 4-9:** Tiempos de riego manual

<b>SISTEMA MANUAL DE RIEGO</b>			
Etapa	Matutina		
Tiempo de riego	30-40min		
<b>Periodo</b>	<b>Tiempo de riego</b>	<b>N° de días</b>	<b>Tiempo</b>
<b>Tiempo primer mes</b>	35min	28	16h20min
<b>Tiempo segundo mes</b>	35min	31	18h05min
<b>Tiempo tercer mes</b>	35min	30	17h30min
<b>Tiempo cuarto mes</b>	35min	31	18h05min
<b>Tiempo quinto mes</b>	35min	30	17h30min
<b>Tiempo sexto mes</b>	35min	31	18h05min
<b>Tiempo séptimo mes</b>	35min	31	18h05min

Periodo	Tiempo de riego	N° de días	Tiempo
Tiempo octavo mes	35min	31	18h05min
Tiempo noveno mes	35min	30	17h30min
Tiempo décimo mes	35min	31	18h05min
Tiempo décimo primer mes	35min	30	17h30min
Tiempo décimo segundo mes	35min	31	18h05min
<b>SUMATORIA</b>		365	8d20h55min

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

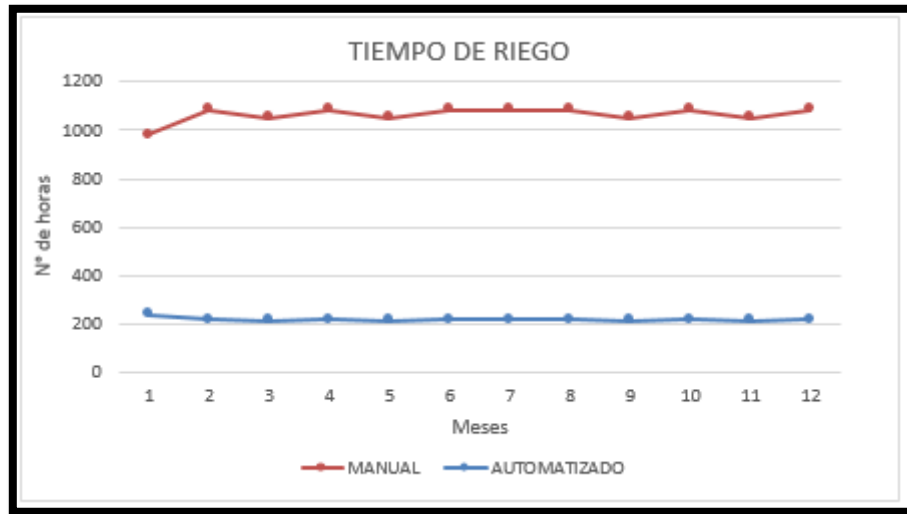
**Tabla 4-10:** Tiempos de riego automatizado

<b>SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO</b>				
Etapa		Matutina		
Periodo		Tiempo de riego	N° de días	Tiempo
<b>Tiempo primer mes</b>	Primera semana	10min	28	1h10min
	Segunda semana	8min		56min
	Tercera semana	8min		56min
	Cuarta semana	8min		56min
<b>Tiempo segundo mes</b>		7min	31	3h37min
<b>Tiempo tercer mes</b>		7min	30	3h30min
<b>Tiempo cuarto mes</b>		7min	31	3h37min
<b>Tiempo quinto mes</b>		7min	30	3h30min
<b>Tiempo sexto mes</b>		7min	31	3h37min
<b>Tiempo séptimo mes</b>		7min	31	3h37min
<b>Tiempo octavo mes</b>		7min	31	3h37min
<b>Tiempo noveno mes</b>		7min	30	3h30min
<b>Tiempo décimo mes</b>		7min	31	3h37min
<b>Tiempo décimo primer mes</b>		7min	30	3h30min
<b>Tiempo décimo segundo mes</b>		7min	31	3h37min
<b>SUMATORIA</b>			365	1d19h17min

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)



Para el entendimiento se realizó una gráfica en la que podemos comparar con mayor facilidad el tiempo que se emplea en el riego respecto al sistema manual versus el sistema automatizado como se muestra en el Grafico 4-1.



**Ilustración 4-1:** Tiempo de riego

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

#### 4.3.2. Análisis del volumen de agua

Respecto al análisis de la cantidad de agua evaluada se toma en cuenta el tiempo de riego para un periodo de un año, teniendo una mejor apreciación del gasto en litros de nuestro sistema de riego manual versus un sistema de riego automatizado como se muestra en la Tabla 4-11 y Tabla 4-12.

**Tabla 4-11:** Consumo de agua del sistema manual de riego

SISTEMA MANUAL DE RIEGO			
Tiempo de riego 1 min	10.5 litros		
Tiempo de riego 35 min	367.5 litros		
Periodo	Nº de días	Tiempo	Volumen (litros)
Tiempo primer mes	28	16h20min	10290.00
Tiempo segundo mes	31	18h05min	11392.50
Tiempo tercer mes	30	17h30min	11025.00
Tiempo cuarto mes	31	18h05min	11392.50

Periodo	N° de días	Tiempo	Volumen (litros)
Tiempo quinto mes	30	17h30min	11025.00
Tiempo sexto mes	31	18h05min	11392.50
Tiempo séptimo mes	31	18h05min	11392.50
Tiempo octavo mes	31	18h05min	11392.50
Tiempo noveno mes	30	17h30min	11025.00
Tiempo décimo mes	31	18h05min	11392.50
Tiempo décimo primer mes	30	17h30min	11025.00
Tiempo décimo segundo mes	31	18h05min	11392.50
<b>SUMATORIA</b>	365	8d20h55min	134137.50

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

**Tabla 4-12:** Consumo de agua del sistema automatizado de riego

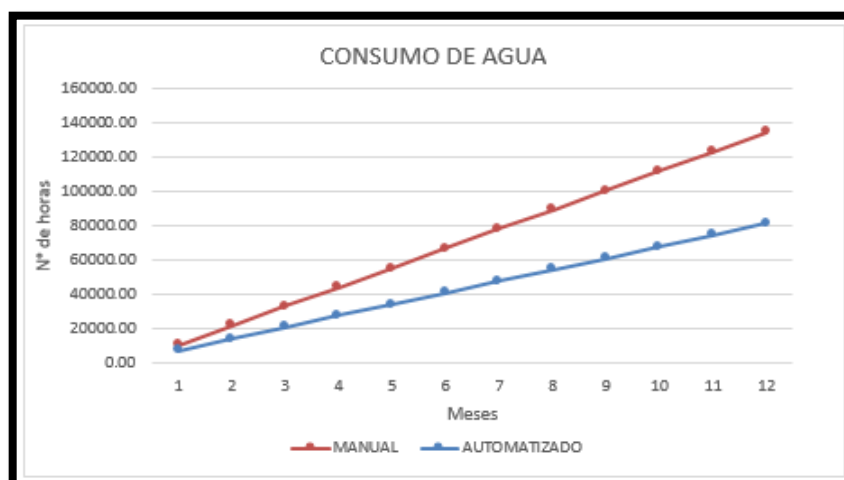
<b>SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO</b>				
Tiempo de riego 1 min		31.2 litros		
Tiempo de riego 10 min		312 litros		
Tiempo de riego 8 min		249.6 litros		
Tiempo de riego 7 min		218.4 litros		
<b>SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO</b>				
<b>Periodo</b>		<b>Tiempo</b>	<b>N° de días</b>	<b>Volumen (litros)</b>
<b>Tiempo primer mes</b>	Primera semana	1h10min	28	2184.00
	Segunda semana	56min		1747.20
	Tercera semana	56min		1747.20
	Cuarta semana	56min		1747.20
<b>Tiempo segundo mes</b>		3h37min	31	6770.40
<b>Tiempo tercer mes</b>		3h30min	30	6552.00
<b>Tiempo cuarto mes</b>		3h37min	31	6770.40
<b>Tiempo quinto mes</b>		3h30min	30	6552.00
<b>Tiempo sexto mes</b>		3h37min	31	6770.40

Periodo	Tiempo	N° de días	Volumen (litros)
Tiempo séptimo mes	3h37min	31	6770.40
Tiempo octavo mes	3h37min	31	6770.40
Tiempo noveno mes	3h30min	30	6552.00
Tiempo décimo mes	3h37min	31	6770.40
Tiempo décimo primer mes	3h30min	30	6552.00
Tiempo décimo segundo mes	3h37min	31	6770.40
<b>SUMATORIA</b>	<b>1d19h17min</b>	<b>365</b>	<b>81 026.40</b>

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

De acuerdo a los valores de las cuatro primeras semanas el gasto de agua tiene una diferencia respecto a los sistemas de riego que se utilizaron como el sistema de riego manual su gasto volumétrico es de 10290 litros mientras que el riego automatizado es de 7425.6 litros. Teniendo un ahorro de 2864.4 litros respecto al uso de estos sistemas si hacemos una proyección de un año vemos que la diferencia es de 53 111.10 litros es decir que ahorramos un aproximado de 53.11 m<sup>3</sup> al año al utilizar el sistema de riego automatizado.

Para un análisis de mayor facilidad se puede visualizar la Gráfica 4-2 donde se muestra la relación de consumo de agua que tiene los distintos sistemas, en un periodo de un año esto se basa en los datos obtenidos en las tablas anteriores que nos ayuda para el análisis establecido.



**Ilustración 4-2:** Consumo de agua en los sistemas de riego.

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

### 4.3.3. Análisis costos de agua

Respecto al costo del sistema planteado se realizó de acuerdo a las mediciones realizadas anteriormente donde incrementamos el periodo a un año, mediante una proyección de su consumo teniendo los valores que ocupamos para cada uno de estos sistemas, compararemos el resultado que tenemos en la Tabla 4-13 y Tabla 4-14 y veremos la diferencial del costo que se produce en el sistema de riego manual versus el sistema de riego automatizado

**Tabla 4-13:** Costo por gasto Hidráulico en el Sistema de Riego Manual

		<b>SISTEMA DE RIEGO MANUAL</b>			
		<b>Volumen</b>		<b>Costo</b>	<b>Total</b>
	<b>N° de días</b>	<b>Litros</b>	<b>m3</b>	<b>\$</b>	<b>\$</b>
Diario	1	367.50	0.368	0.48	0.18
Semanal	7	2572.50	2.573	0.48	1.23
Primer mes	28	10290.00	10.290	0.48	4.94
Segundo mes	31	11392.50	11.393	0.48	5.47
Tercer mes	30	11025.00	11.025	0.48	5.29
Cuarto mes	31	11392.50	11.393	0.48	5.47
Quinto mes	30	11025.00	11.025	0.48	5.29
Sexto mes	31	11392.50	11.393	0.48	5.47
Séptimo mes	31	11392.50	11.393	0.48	5.47
Octavo mes	31	11392.50	11.393	0.48	5.47
Noveno mes	30	11025.00	11.025	0.48	5.29
Décimo mes	31	11392.50	11.393	0.48	5.47
Décimo primer mes	30	11025.00	11.025	0.48	5.29
Décimo segundo mes	31	11392.50	11.393	0.48	5.47
<b>SUMATORIA</b>	<b>365</b>	<b>134137.50</b>	<b>134.138</b>		<b>64.39</b>

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

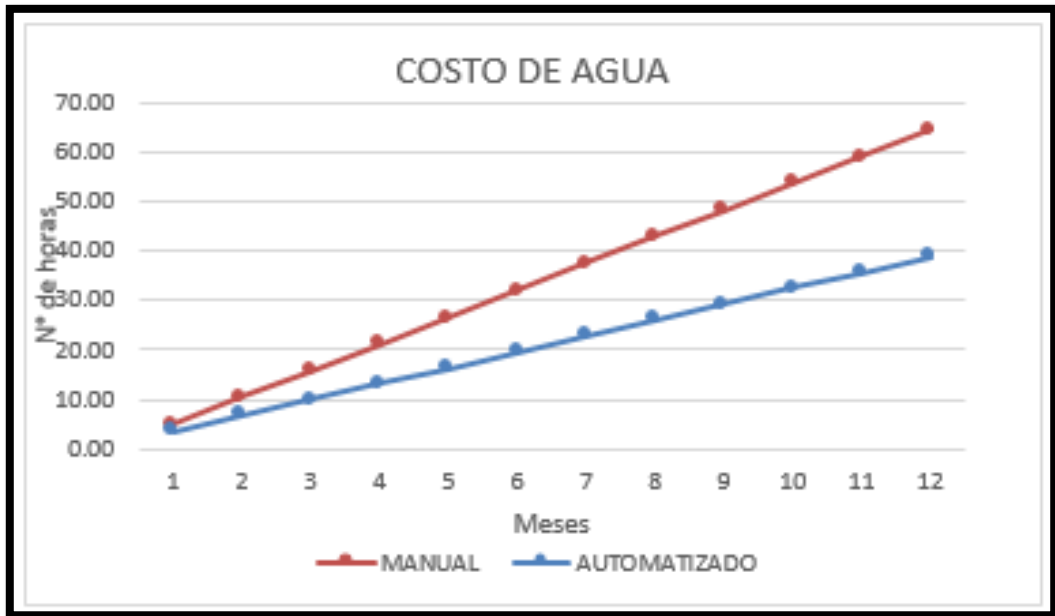
**Tabla 4-14:** Costo por gasto Hidráulico en el Sistema de Riego Automatizado

		<b>SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO</b>				
			<b>Volumen</b>		<b>Costo</b>	<b>Total</b>
		<b>N° de días</b>	<b>Litros</b>	<b>m3</b>	<b>\$</b>	<b>\$</b>
Primer mes	Primera semana	7	2184.00	2.184	0.48	1.05
	Segunda semana	7	1747.20	1.747	0.48	0.84
	Tercera semana	7	1747.20	1.747	0.48	0.84
	Cuarta semana	7	1747.20	1.747	0.48	0.84
Segundo mes		31	6770.40	6.770	0.48	3.25
Tercer mes		30	6552.00	6.552	0.48	3.14
Cuarto mes		31	6770.40	6.770	0.48	3.25
Quinto mes		30	6552.00	6.552	0.48	3.14
Sexto mes		31	6770.40	6.770	0.48	3.25
Séptimo mes		31	6770.40	6.770	0.48	3.25
Octavo mes		31	6770.40	6.770	0.48	3.25
Noveno mes		30	6552.00	6.552	0.48	3.14
Décimo mes		31	6770.40	6.770	0.48	3.25
Décimo primer mes		30	6552.00	6.552	0.48	3.14
Décimo segundo mes		31	6770.40	6.770	0.48	3.25
<b>SUMATORIA</b>		<b>365</b>	<b>81026.40</b>	<b>81.026</b>		<b>38.89</b>

**Realizado por:** (Machado Ronny, 2022)

De acuerdo al consumo de agua mediante el sistema automatizado de riego denota un costo mensual aproximado de \$ 3.25 mientras que en el sistema manual es de \$5.50 al mes si consideramos la proyección de un año el sistema manual tiene un costo de \$64.39 mientras que el sistema automatizado es de \$38.89 teniendo una reducción financiera considerada y un ahorro anual de \$25.49

Como se muestra en la Gráfica 4-3. Donde podemos visualizar el costo que tiene el agua en los diferentes sistemas teniendo un enfoque en la economizarían a lo largo de un periodo de un año.



**Ilustración 4-3:** Costo de gasto hidráulico

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

#### 4.3.4. Análisis costos de luz

Para este análisis solo se realizará en el sistema de riego automatizado ya que es el único que ocupa energía eléctrica, efectuaremos la proyección en un periodo de un año como se muestra en la Tabla 4-15 dando un resultado del costo eléctrico de nuestro sistema.

**Tabla 4-15:** Costo por energía eléctrica en el Sistema de Riego Automatizado

		SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO				
		Horas	N de días	kW.h	Costo/KW.h	Costo
Primer mes	Primera semana	1.167	28	0.870	0.1031	0.09
	Segunda semana	0.933		0.696	0.1031	0.07
	Tercera semana	0.933		0.696	0.1031	0.07
	Cuarta semana	0.933		0.696	0.1031	0.07

	Horas	N de días	kW.h	Costo/KW.h	Costo
Segundo mes	3.617	31	2.697	0.1031	0.28
Tercer mes	3.500	30	2.610	0.1031	0.27
Cuarto mes	3.617	31	2.697	0.1031	0.28
Quinto mes	3.500	30	2.610	0.1031	0.27
Sexto mes	3.617	31	2.697	0.1031	0.28
Séptimo mes	3.617	31	2.697	0.1031	0.28
Octavo mes	3.617	31	2.697	0.1031	0.28
Noveno mes	3.500	30	2.610	0.1031	0.27
Décimo mes	3.617	31	2.697	0.1031	0.28
Décimo primer mes	3.500	30	2.610	0.1031	0.27
Décimo segundo mes	3.617	31	2.697	0.1031	0.28
<b>SUMATORIA</b>	<b>43.283</b>	<b>365</b>			<b>3.33</b>

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

De acuerdo al consumo de luz mediante el sistema automatizado de riego denota un costo mensual aproximado de \$0.28 al mes y si consideramos la proyección de un año el costo es de \$3.33 que no es un gasto significativo.

#### 4.3.5. Análisis de costo de consumo del sistema de riego automatizado

Para el valor de los costos anuales se tomó en consideración el análisis de la Tabla 4-13 y la Tabla 4-14 que pertenecen al sistema de riego automatizado dando un total al análisis de costo como se indica en la Tabla 4-16.

**Tabla 4-16:** Costo total de consumo del Sistema de Riego Automatizado

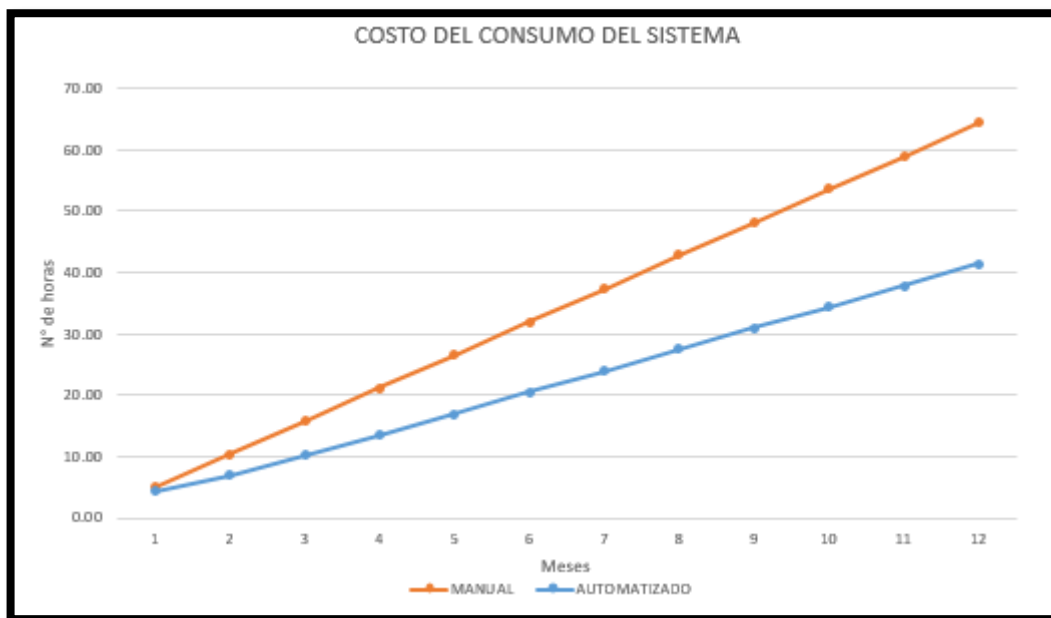
PERIODO	N° De Días	COSTO \$		
		AGUA	LUZ	TOTAL
Primer mes	28	3.56	0.30	3.87
Segundo mes	31	3.25	0.28	3.53
Tercer mes	30	3.14	0.27	3.41
Cuarto mes	31	3.25	0.28	3.53

PERIODO	N° De Días	AGUA	LUZ	TOTAL
Quinto mes	30	3.14	0.27	3.41
Sexto mes	31	3.25	0.28	3.53
Séptimo mes	31	3.25	0.28	3.53
Octavo mes	31	3.25	0.28	3.53
Noveno mes	30	3.14	0.27	3.41
Décimo mes	31	3.25	0.28	3.53
Décimo primer mes	30	3.14	0.27	3.41
Décimo segundo mes	31	3.25	0.28	3.53
SUMATORIA	365	38.89	3.33	42.22

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

El valor anual del sistema automatizado es de \$42.2 que aún se tiene una gran diferencia respecto al manual de \$64.39 teniendo un ahorro económico de \$22.19 al año.

Como la diferencia en el costo de un sistema a otro se puede ver en la Gráfica 4-4 donde se encuadra los valores que se tiene del sistema manual versus el sistema automatizado teniendo los valores que se presenta en un periodo de un año.



**Ilustración 1-4:** Costo del consumo del sistema de riego

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)



#### 4.3.6. Análisis de mantenimiento

Para el mantenimiento del jardín se recomienda abonar con Nitrofoska azul que contienen los micronutrientes que se necesitan para crecer y tener un excelente desarrollo para la producción de flores, para su cuidado se recomienda para plantas de menos de 40cm de altura una cucharada pequeña para plantas de 41 a 1m de altura dos cucharadas y para plantas de más de 1m se recomienda 3 cucharadas.

Para el costo del cuidado de un jardín domiciliario se tomó en consideración el costo de poda como el costo de abonado que se realiza en el jardín teniendo un costo anual de acuerdo a los datos estipulados para el correcto cuidado como se muestran en la Tabla 4-17.

**Tabla 4-17:** Costo total de mantenimiento del Sistema de Riego Automatizado

Costos de mantenimiento \$						
Periodo	N de días	Poda	N° de veces	Abono	N° de veces	TOTAL
Primer mes	28	30.00	1	2.50	1	32.50
Segundo mes	31	30.00	1	2.50	1	32.50
Tercer mes	30	30.00	1	2.50	1	32.50
Cuarto mes	31	30.00	1	2.50	1	32.50
Quinto mes	30	30.00	1	2.50	1	32.50
Sexto mes	31	30.00	1	2.50	1	32.50
Séptimo mes	31	30.00	1	2.50	1	32.50
Octavo mes	31	30.00	1	2.50	1	32.50
Noveno mes	30	30.00	1	2.50	1	32.50
Décimo mes	31	30.00	1	2.50	1	32.50
Décimo primer mes	30	30.00	1	2.50	1	32.50
Décimo segundo mes	31	30.00	1	2.50	1	32.50
Sumatoria	365	360		30		390.00

Realizado por: (Machado Ronny, 2022)

El valor estipulado es un valor añadido que se considera para un correcto cuidado ya que con la implementación del sistema de riego automatizado podemos ver que el jardín se revitaliza, pero

eso no basta para que este en perfectas condiciones, de este modo podemos considerar estos parámetros para que el jardín se encuentre en un estado idóneo.

## **CAPITULO V.**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

- Se aplicó un estudio de la casa de calidad donde adquirió valores característicos para el diseño en nuestro trabajo de investigación el que implementamos una automatización para nuestro sistema de riego por aspersión cumpliendo el parámetro principal que es el ahorro de tiempo y reconociendo que a la mayoría prefieren que el sistema sea fácil en su instalación sin dañar o remover el interior del jardín, aunque este tenga mayor costo.
- La implementación del sistema de riego se diseñó con una tubería de 50mm que permitió a la bomba el transporte del agua al jardín teniendo una potencia de 1HP que nos permite la correcta presión a los aspersores llegando a una presión de 15psi permitiendo el riego a un radio de 2.2 a 2.4m.
- Se sometió a pruebas donde se comprobó que con un solo riego la planta se mantienen en buena forma ya que se adicionan el cuidado como el abono estas plantas se mantienen revitalizadas.
- El accionamiento correcto del sistema se basa con la presión de los aspersores que tiene que tener una presión mínima de funcionamiento de 1.5 bares
- 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 anualmente se reduzca 53111.10 litros dando un ahorro económico de \$22.19 al año.

#### **5.2. Recomendaciones**

- Tener en cuenta que la línea eléctrica no tiene protección por lo que se recomienda tener una línea independiente.
- Se recomienda que en futuras investigaciones se realice un estudio de agua, de tal forma que se pueda abonar mediante una cámara que está instalada en el transcurso de la vía principal en donde se coloque el abono de tal forma que se abone en el transcurso del riego
- Investigar un sistema mediante el riego en el que la bomba no este prendido constante teniendo un margen en una adición de un tanque presurizado mediante el cual la bomba no necesitara estar prendida en todo el tiempo de riego.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ALEJANDRO ORELLANA DANNY FABIÁN.** Diseño e implementación de sistema de riego automatizado por microaspersión con control remoto GSM SMS y ARDUINO para las áreas verdes y plantas ornamentales. [En línea]. (Trabajo de titulación)(Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.Riobamba-Ecuador. 2019. págs. 01-16. [Consulta: 2021-10-11]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13790/1/85T00567.pdf>
2. **ARNABAT IDOIA.** *Unidades de medida de presión*, [blog]. 2011. [Consulta: 18 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/agua-caliente/unidades-de-medida-de-presion.html>
3. **CALCULARTODO.** *Caudal y velocidad de circulación en una tubería*, [blog]. 2007. [Consulta: 18 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.calculartodo.com/hidraulico/caudal-velocidad-de-circulacion.php#alto>
4. **CONAGUA.** *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. 12° ed. Mexico, 2019. págs. 1-3
5. **CONSEJO MUNICIPAL DE CANTÓN RIOBAMBA.** *Ordenanza Nro.012-2019* [en línea]. Riobamba-Ecuador, 2019, pág. 33.
6. **DANNY SANTIAGO TITE PILAGUANO.** Diseño y construcción de un sistema automático para controlar el microclima en una cámara de germinación y enraizamiento. [En línea]. (Trabajo de titulación)(Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.Riobamba-Ecuador. 2020. págs. 01-8. [Consulta: 2021-10-11]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13790/1/85T00567.pdf>
7. **GREGORIO.** *Instalación eléctrica doméstica, ¿cómo se hace?*, [blog]. [Consulta: 18 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.certicalia.com/blog/instalacion-electrica-domestica-como-se-hace>
8. **GUERRA MIGUEL.** Manual de diseño de sistemas de gravedad y por Aspersión. [En línea]. (Trabajo de titulación)(Ingeniería). Universidad San Francisco de Quito. Quito-Ecuador. 2009. págs. 01-37. [Consulta: 2021-10-11]. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1003/1/91229.pdf>
9. **HUNTER.** *Catalogo de Productos*[en línea]. California-Estados Unidos, Hunterindusties. 2020. [Consulta: 2021-11-8]. Disponible en: <https://www.hunterindustries.com/sites/default/files/00-rc-001-ca-vol38-huntercatalog-es.pdf>
10. **HUNTER.** *Manual de Diseño de un Sistema de Riego Residencial*. California-Estados Unidos, 2013. págs. 3-11.
11. **IONOS.** *QFD: ¿qué significa Quality Function Deployment?*, [blog]. 2021. [Consulta: 11 octubre 2021]. Disponible en: <https://gestion-calidad.com/wp-content/uploads/2016/09/QFD.pdf>
12. **LLORENTE JOSÉ LUIS.** *Despliegue de la Función Calidad QFD*, [blog]. 2016. [Consulta: 11 octubre 2021]. Disponible en: <https://gestion-calidad.com/wp-content/uploads/2016/09/QFD.pdf>

**13. PIROBLOC.** *¿Qué es un p&ID?*, [blog]. 2017. [Consulta: 18 octubre 2021]. Disponible en:<https://www.pirobloc.com/wp-content/uploads/2017/10/Pirobloc-que-es-un-piping-and-instrumentation-diagram.pdf>.

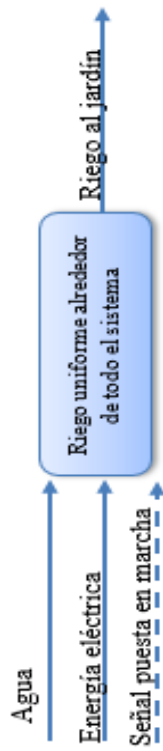
**PLASTIGAMA.** *Tuberías y accesorios de PVC y PE BD*. 3° ed. Ecuador, 2020, pág. 9

**14. RAMÍREZ MIGUEL.** "Fundamentos del análisis morfológico". *Tecnológico de Monterrey-Innovación Educativa*. (2020), (México). pág. 15

ANEXO A

ESTRUCTURA FUNCIONAL COMPLETA

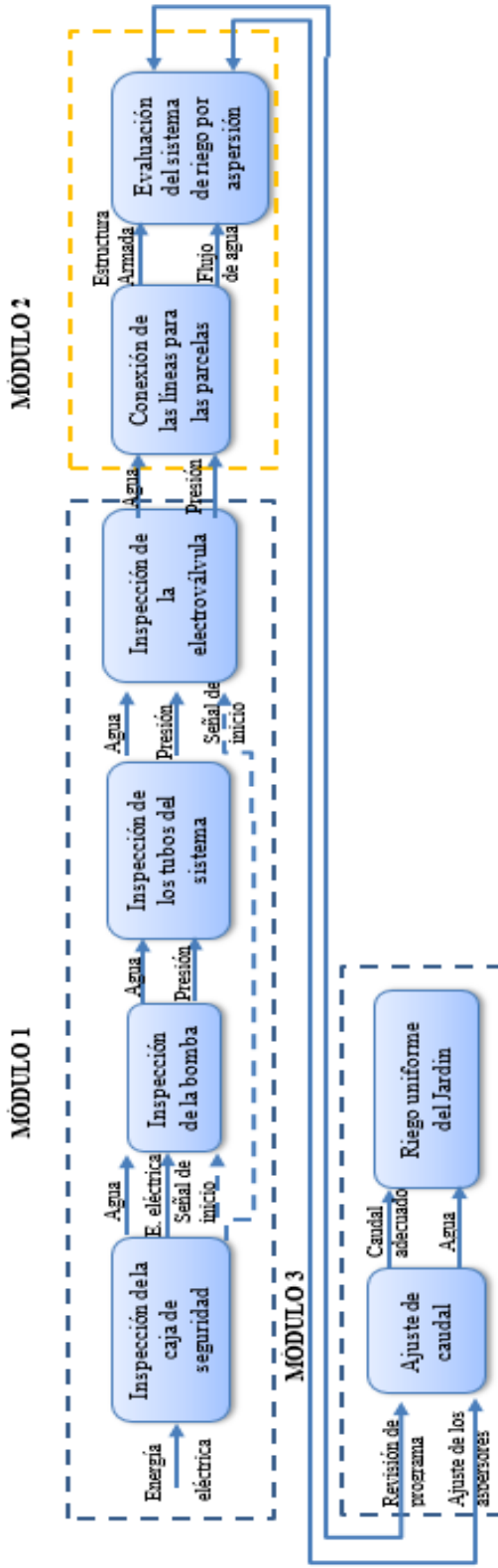
Nivel 0 de la estructura modular



Nivel 1 de la estructura modular



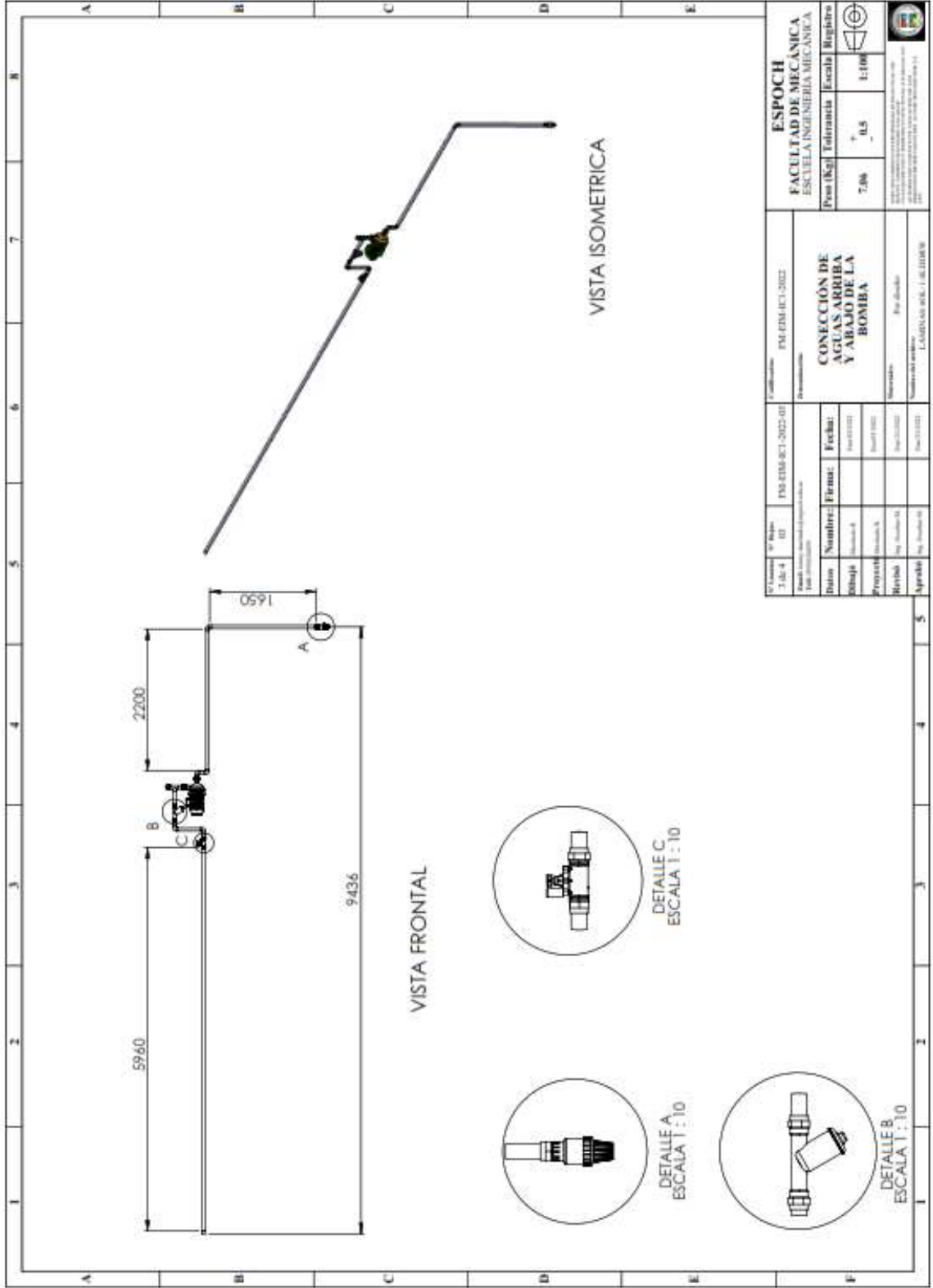
Nivel 2 de la estructura modular









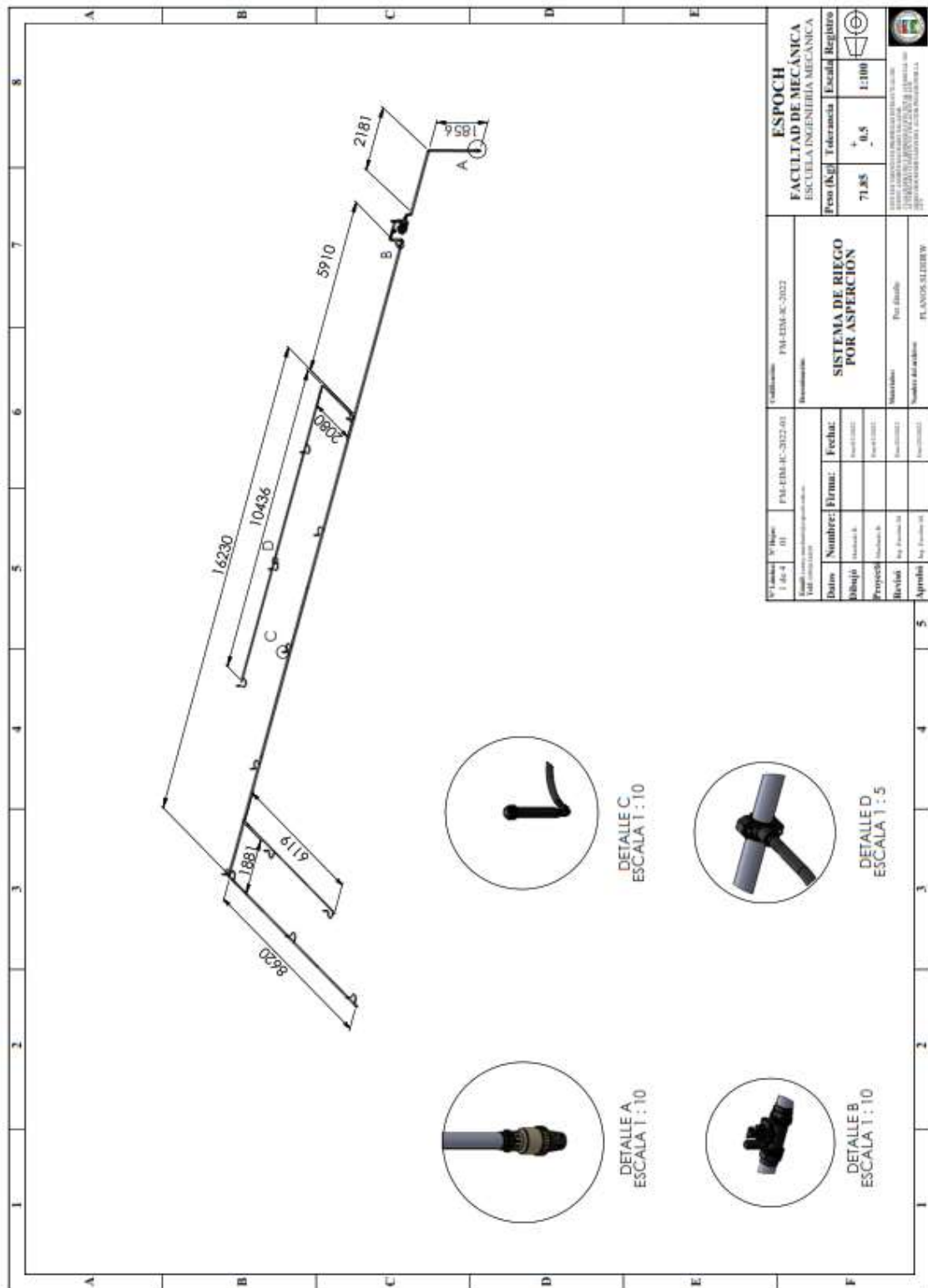


<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		Proyecto: FM-EDM-RC1-2022-002 Fecha: 10/03/2022		Nombre: [Blank] Fecha: 10/03/2022	
Peso (kg): 7.06 Tolerancia: ± 0.5 Escala: 1:100		Descripción: <b>CONEXIÓN DE AGUAS AEREA Y ABASTO DE LA BOMBA</b>		Materiales: [Blank] Nombre del profesor: LAGUNA RIVERA JORGE	
Dibuja: [Blank] Fecha: 10/03/2022		Firma: [Blank] Fecha: 10/03/2022		Aprobado: [Blank] Fecha: 10/03/2022	



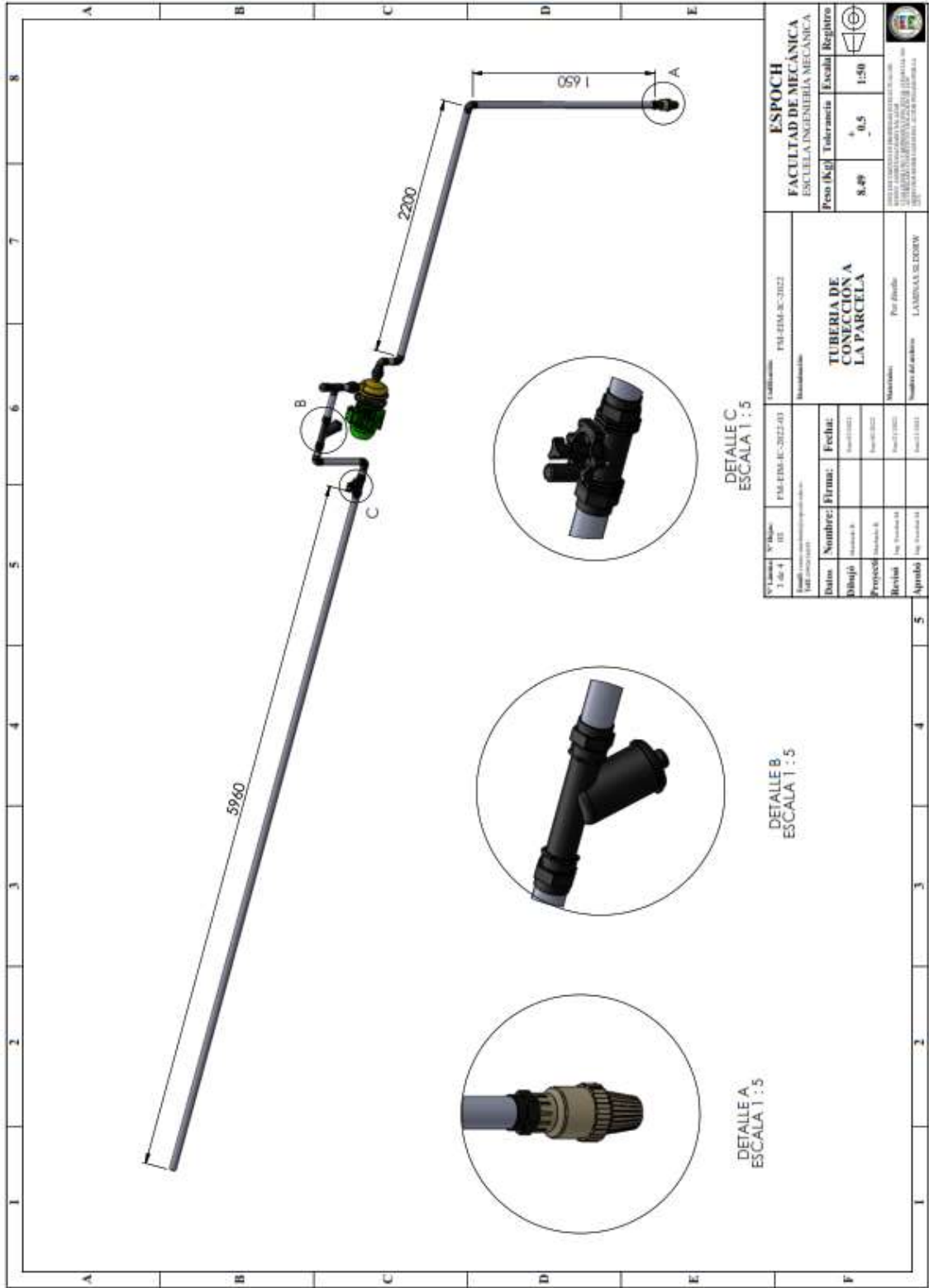
# ANEXO C

## PLANOS DE LA SOLUCION 2



<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		Clasificación: PMA-LEMA-IC-2022 Identificación:
Peso (Kg): 71.85 Tolerancia: ± 0.5 Escala: 1:100 Registro:	<b>SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN</b> Materiales: Pvc Ducto Nombre del autor: FLANDRSLIBBY	
Número: 1 Fecha:	Dibujo:	Proyecto:
Revisión:	Aprobado:	Fecha:





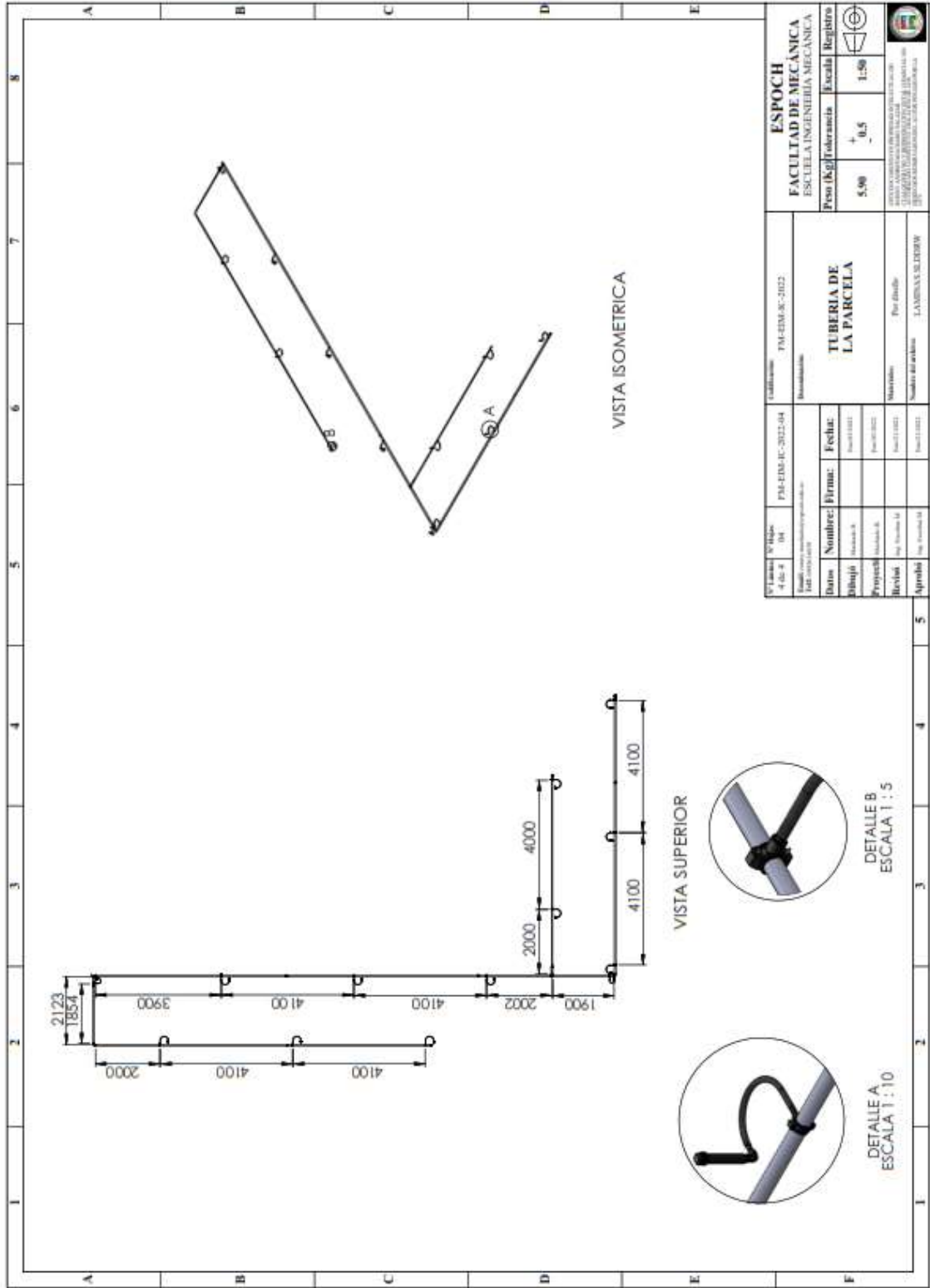
DETALLE C  
ESCALA 1:5

DETALLE B  
ESCALA 1:5

DETALLE A  
ESCALA 1:5

<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		TUBERIA DE CONECCION A LA PARCELA	
Peso (kg)	Tolerancia	Escala	Registro
8.49	+0.5	1:50	
TUBERIAS PUNTO DE ENTREGA DE AGUA CALIENTE Y FRÍA EN LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN DE LA PARCELA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		Por Proyecto LAMARCA DE DORW	
N° Lámina 1 de 1	N° Bloque III	TUBERIAS PUNTO DE ENTREGA DE AGUA CALIENTE Y FRÍA EN LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN DE LA PARCELA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	TUBERIAS PUNTO DE ENTREGA DE AGUA CALIENTE Y FRÍA EN LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN DE LA PARCELA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Datos Nombre:	Firma:	Fecha:	Fecha:
Diseñó (Nombre y Apellido)	(Firma)	(Fecha)	(Fecha)
Propuso (Nombre y Apellido)	(Firma)	(Fecha)	(Fecha)
Revisó (Nombre y Apellido)	(Firma)	(Fecha)	(Fecha)
Aprobó (Nombre y Apellido)	(Firma)	(Fecha)	(Fecha)





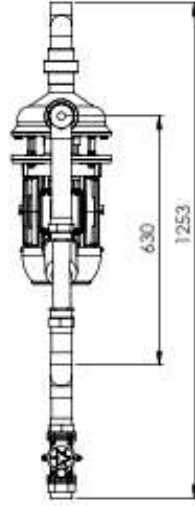
<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		<b>TUBERIA DE LA PARCELA</b>	
Peso (kg)	5,90	Escala	1:50
Registro	+ 0,5	Escala	1:50
Fecha: 10/03/2022		Por: [Nombre]	
Proyecto:		Número de archivo: LAMINAS DE DIBUJO	
Revisión:		Fecha: 10/03/2022	
Aprobado:		Fecha: 10/03/2022	



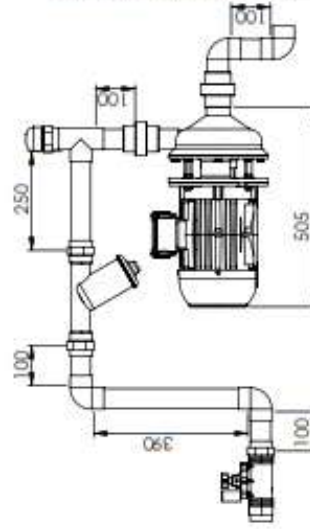


CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BOMBA

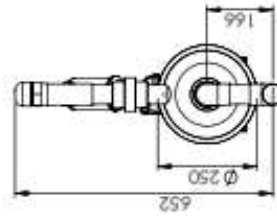
MODELO	CP-2004
Potencia	1HP
Tensión	115/230 V
Frecuencia	60Hz
Velocidad	3450 r/min.
Corriente	8/6 A
Diámetro de Ent/sal	1 1/2"
Max. profundidad de succión	9
Flujo máximo	220 l/min
Altura máxima	18m



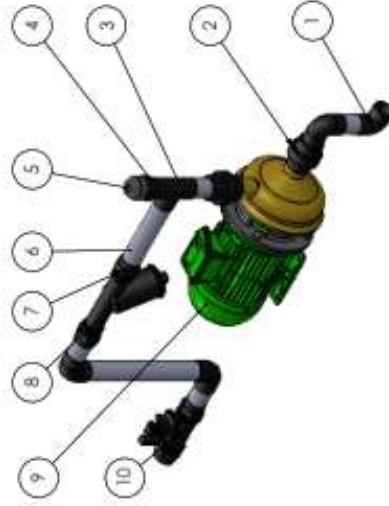
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA ISOMETRICA

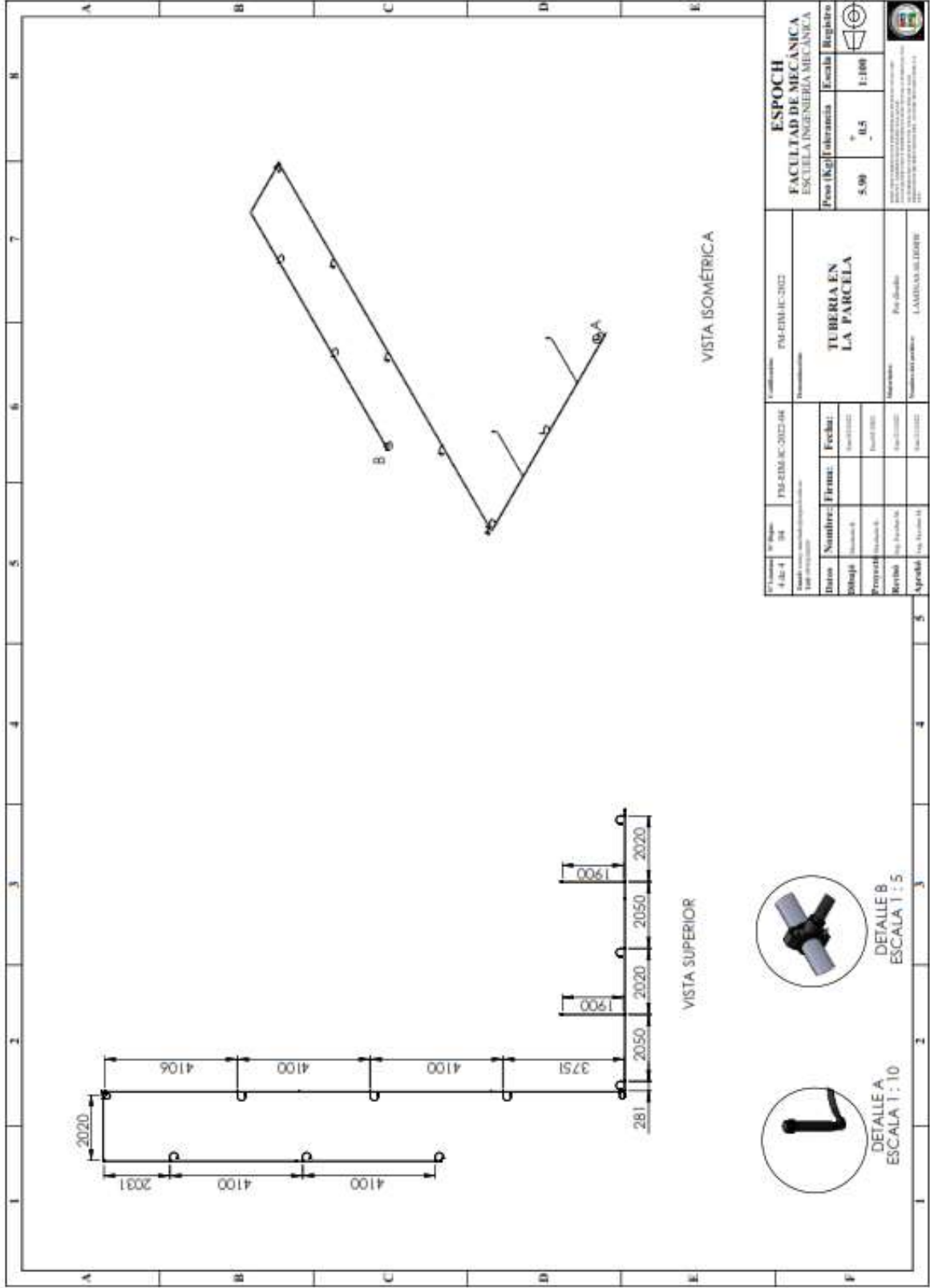
1	Electrolavala 1 1/2"				
1	Bomba 1HP	PVC	10		0.4
1	Filtro de 1 1/2" x130	Acero F	9	CP-2004	50.1
2	Adaptador B 50x1 1/2"	PVC	8		0.8
1	Tubo Shimsa 0.8 NP a 60cm	PVC	7		0.08
1	Tubo Shimsa 0.8 NP a 60cm	PVC	6		1.8
1	Tubo Shimsa 0.8 NP a 60cm	PVC	5		0.04
1	Tubo Shimsa 0.8 NP a 60cm	PVC	4		0.05
1	Tubo Shimsa 0.8 NP a 60cm	PVC	3		0.06
1	Tubo Shimsa 0.8 NP a 60cm	PVC	2		0.25
1	Tubo Shimsa 0.8 NP a 60cm	PVC	1		0.04
4	Codo 50x50 GR	PVC	1		
N° de Norma o Dibujo		Material		Número del modelo	
Densificación		Material		Observaciones	
N° de Norma o Dibujo		Material		Observaciones	

<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Poni (kg)	Tolerancia
Luchado	Registro
+ 0.5	1:10
CONECCION BOMBA	
Por: [Nombre]	
Fecha: [Fecha]	
Número de versión: [Número]	









VISTA SUPERIOR

VISTA ISOMÉTRICA



DETALLE B  
ESCALA 1 : 5



DETALLE A  
ESCALA 1 : 10

<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>		TUBERIA EN LA PARCELA	
Peso (kg)	Escala	Registro	
5.00	1:100		
Fecha: 10/05/2022		Por: [Nombre]	
Lugar: [Lugar]		LAMINAS DE DIBUJO	
Número de Hoja: 04	TÍTULO: TUBERIA EN LA PARCELA	Fecha: 10/05/2022	Fecha: 10/05/2022
Autor: [Nombre]	Fecha: 10/05/2022	Fecha: 10/05/2022	Fecha: 10/05/2022
Revisado: [Nombre]	Fecha: 10/05/2022	Fecha: 10/05/2022	Fecha: 10/05/2022
Aprobado: [Nombre]	Fecha: 10/05/2022	Fecha: 10/05/2022	Fecha: 10/05/2022



## ANEXO F

### MANUAL DE MANTENIMIENTO

#### Características Técnicas

El sistema de riego automatizado tiene las siguientes características técnicas, los elementos principales se mostrarán en la Tabla, donde consta solo de las partes que componen el sistema de riego por aspersión con sus principales características.

Características generales del sistema

Modelo	Características	Observaciones
Bomba	Bomba centrifuga Paolo modelo CP-2004	Potencia de 1HP Voltaje 110V Velocidad 3450r/min Diámetro Ent/Sal 1 1/2” Flujo max. 220l/min Altura max. 18m
Logo	Logo SIEMENS 24RCE	Permite al usuario establecer el tiempo de riego como el horario
Aspersores	POP-UP HUNTER PS-04-17A ½” ASPERSOR ULTRA SPRAY	Tipo de boquilla: 8A (Marrón) Radio de riego: 2.4m Regulación: 0 a 360° Trayectoria: 0 Presión de funcionamiento: 1.5bar Parcela 1: se encuentra 8 Parcela 2: se encuentran 5
Filtro	Filtro de 1 1/2” x120 MESH HD	Polipropileno relleno de fibra de vidrio para aumentar la fuerza y durabilidad Presión de funcionamiento: hasta 150 PSI

Para un correcto mantenimiento se recomienda seguir las instrucciones marcadas a continuación, teniendo en consideración que esta actividad puede ser realizada por cualquier persona siempre que no salga de las especificaciones, en caso contrario es mejor realizarlo bajo el control de un personal calificado

### MEDIDAS DE SEGURIDAD

Respecto a nuestro sistema de riego automatizado para tener un correcto funcionamiento se recomienda tener en consideración las características de los aspersores como se indican en la siguiente tabla que presenta sus partes y la ilustración que nos muestra el desmontaje de ellos:

### POP-UP HUNTER PS-04 ASPERSOR ULTRA SPRAY

Características del aspersor

ITEM	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
1	tapa del cuerpo	Estándar (Negro)
2	Asiento de 2 resortes	
3	Anillo de trinquete	
4	Malla de filtro	Solo modelos de 4" (10 cm) y 6" (15 cm)
5	Conjunto de válvula de retención	



El mantenimiento que vamos hacer en estos aspersores es la limpieza que se encuentra debido al agua por impurezas que se acumulan dañando o impidiendo la circulación se recomienda:

- Cada 6 meses si esta esta alimentado con agua potable
- Cada 2 meses si esta se encuentra alimentada con agua arenosa

### Pasos para limpiar el aspersor

- Ubicamos al aspersor en que vamos a dar una limpieza



- Aplastamos la tapa y roscamos de derecha a izquierda para sacar la parte del interior del aspersor



- Desmontar del aspersor y limpiar según la ilustración



- Limpiamos sus partes en especial la boquilla y volvemos a montar como le encontramos en un principio.




- Acoplamos nuevamente los elementos del aspersor y ajustamos correctamente en la carcasa de nuestro aspersor de se encuentra en el jardín.



Estos son los pasos a seguir para la limpieza de los aspersores, pero también se recomienda realizar un mantenimiento al filtro que se encuentra a lado de la bomba para proceder con el mantenimiento optimo se recomienda realizarlo al mismo tiempo que al de los aspersores, el filtro tiene sus características como se indican en la siguiente parte.

## Filtro de 1 ½"

### Detalles generales

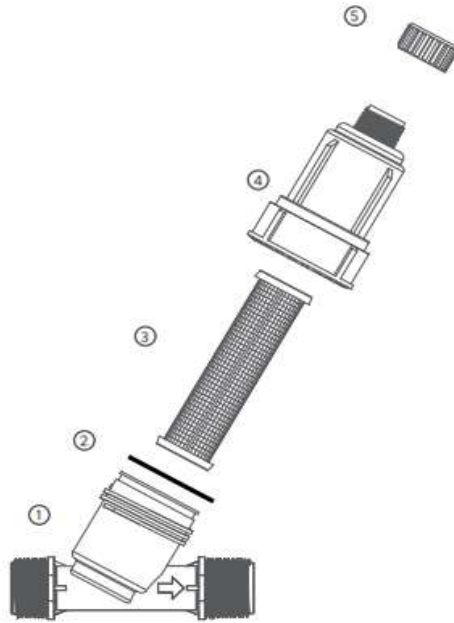
Tamaño	Modelo	Descripción	Grafico
1 ½"	HY-075 HY-100 HY-100-075	Altura de 6" Anchura 3" Longitud 5" Entrada/salida de 1 1/2" Presión de funcionamiento: hasta 150 PSI Filtro de disco disponible (125 micras)	

El filtro está compuesto de 5 partes como se especifica en la siguiente tabla que se representará en con una ilustración para ello se procederá con una explicación donde detallaremos los pasos que se deben realizar para el mantenimiento del mismo.

### Descripciones del filtro

ITEM	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
1	Conjunto de filtro	Filtro con rosca macho de 1 1/2"
2	Junta tórica para HY-100	
3	Pantalla de acero inoxidable	Malla 150
4	Capó del filtro Negro	
5	Tapa al ras con junta tórica	





### **Pasos para limpiar el Filtro**

- Desenroscamos de derecha a izquierda el Capo de filtro
- Sacamos La pantalla de acero inoxidable y procedemos a limpiarlos
- Volvemos a ensamblar de acuerdo al dibujo especificado tomando en cuenta de no perder la junta tórica.
- Procedemos con el accionamiento del sistema y ver si se encuentran fugas, en caso de haber fugas procedemos con el paso 2



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 27/05/2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Ronny Andrés Machado Salazar
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Mecánica
<b>Carrera:</b> Ingeniería Mecánica
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Mecánico
 <b>Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes</b> <b>Director del Trabajo de Titulación</b>
 <b>Ing. Sócrates Miguel Aquino Arroba</b> <b>Asesor del Trabajo de Titulación</b>