



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
**DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**  
**Ingeniería Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial**

**TÍTULO:**

**“DISEÑO AUTOMATIZADO DE FLUJOS LAMINARES ILUMINADOS  
PARA SER IMPLEMENTADO EN LAS ÀREAS VERDES DE LA  
FACULTAD TÉCNICA”**

**AUTOR:**

**Zamora Baquerizo Ángel Andrés**

**TUTOR:**

**Ing. Cedeño Abad Héctor**

**Guayaquil, Ecuador**

**2015**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
Ingeniería Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Ángel Andrés Zamora Baquerizo como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico-Mecánico con Mención en Gestión Empresarial.

**TUTOR (A)**

---

**Ing. Héctor Cedeño Abad**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Ing. Armando Héras Sánchez**

**Guayaquil, Septiembre del año 2015.**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
Ingeniería Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Ángel Andrés Zamora Baquerizo**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación “DISEÑO AUTOMATIZADO DE FLUJOS LAMINARES ILUMINADOS PARA SER IMPLEMENTADO EN LAS ÀREAS VERDES DE LA FACULTAD TÉCNICA” previa a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico-Mecánico con Mención en Gestión Empresarial, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, Septiembre del año 2015**

**EL AUTOR**

---

**Ángel Andrés Zamora Baquerizo**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
Ingeniería Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Ángel Andrés Zamora Baquerizo**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “DISEÑO AUTOMATIZADO DE FLUJOS LAMINARES ILUMINADOS PARA SER IMPLEMENTADO EN LAS ÀREAS VERDES DE LA FACULTAD TÉCNICA”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, del mes de Septiembre del año 2015**

**EL AUTOR:**

---

**Ángel Andrés Zamora Baquerizo**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente la colaboración de cada uno de las personas, que de alguna manera contribuyeron en la realización del trabajo desarrollado y de manera especial a mis padres que siempre me han dado su apoyo cuando necesitaba tanto en la parte económica como en el tiempo brindado para darme un consejo, porque sé que Dios me hablo a través de ellos.

Ángel Zamora Baquerizo

## DEDICATORIA

A Dios por su infinito amor y, por hacer su morada en mí.

A mis padres Ángel Zamora y Blanca Baquerizo, por ser ejemplo de lucha,  
perseverancia, trabajo y amor incondicional.

A mis hermanos en Cristo y María porque me enseñaron que la verdadera ética profesional solo vive en el amor de los amores, Jesús. Gracias a Ellos que me ayudaron tanto en mi caminar, para mi crecimiento Espiritual y Humano.

Ángel Zamora Baquerizo

## INDÍCE GENERAL

CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.3 Objetivos.....	1
1.3.1 Objetivo General.....	1
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Tipo de Investigación.....	2
1.5 Hipótesis.....	2
1.6 Metodología.....	2
CAPÍTULO 2.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Mecánica de Fluidos.....	3
2.1.1 Flujo Laminar.....	3
2.1.2 Flujo Turbulento.....	3
2.1.3 Viscosidad.....	3
2.1.3.1 Viscosidad Dinámica.....	3
2.1.3.2 Viscosidad Cinemática.....	3
2.1.4 Número de Reynolds.....	4

2.1.5 Presión.....	5
2.1.6 Caudal.....	5
2.1.7 La Ecuación de Continuidad. ....	5
2.1.8 Ecuación de Bernoulli. ....	6
2.1.9 Pérdidas de Energía Hidráulica. ....	8
2.1.9.1 Pérdidas de Carga en las Tuberías.....	8
2.1.9.2 Pérdidas de Carga en los Accesorios.....	9
2.1.10 Componentes del Sistema Hidráulico. ....	13
2.1.10.1 Bombas Centrífugas. ....	13
2.1.10.2 Filtros. ....	17
2.1.10.3 Tuberías.....	20
2.1.10.4 Boquillas.....	22
2.1.10.5 Tipos de Boquillas.....	23
2.1.10.5 Válvulas de Control.....	25
2.1.10.6 Tipos de Válvulas.....	26
2.1.10.7 Electroválvulas. ....	29
2.2 Control y Automatismo. ....	29
2.2.1 Transformador Ideal.....	29
2.2.2 Luminaria LEDS. ....	32
2.2.2.1 Diodo Emisor de Luz. ....	32

2.2.2.2 Diodo Emisor de Luz RGB. ....	32
2.2.2.3 Diodo Emisor de Luz de Alta Potencia. ....	33
2.2.2.4 Motor de Luz RGB con Diodo Emisor de Luz. ....	33
2.2.3 Fibra Óptica para Luminaria. ....	34
<b>CAPÍTULO 3. ....</b>	<b>35</b>
<b>LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO. ....</b>	<b>35</b>
3.1 Ubicación Geográfica. ....	35
3.2 Dimensiones del Lugar. ....	36
3.3 Vista en Planta. ....	37
3.4 Ubicación y Características del Tablero de Distribución Auxiliar. ....	37
3.4.1 Características de Paneles de Breakers. ....	38
3.4.2 Ubicación de los Paneles de Breakers con Proximidad al Área Verde de la Facultad Técnica. ....	38
3.4.2.1 Paneles de Breakers del Área Administrativa. ....	38
3.5 Disposición del Punto de Agua. ....	41
<b>CAPÍTULO 4. ....</b>	<b>42</b>
<b>DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO E HIDRÁULICO. ....</b>	<b>42</b>
4.1 Sistema Hidráulico. ....	42
4.1.1 Datos del Fluido. ....	42
4.1.2 Selección de la Boquilla. ....	42

4.1.3 Cálculo del Diámetro de la Tubería Principal.....	43
4.1.4 Cálculo del Diámetro de la Tubería Secundaria.....	46
4.1.5 Datos Técnicos de la Tubería.....	47
4.1.6 Pérdidas de Energía en la Tubería Principal debido a la Fricción.....	47
4.1.6.1 Velocidad Promedio del Fluido.....	47
4.1.6.2 Determinación del Número de Reynolds.....	48
4.1.6.3 Cálculo del Valor de la Fricción.....	48
4.1.6.4 Pérdida de Energía del Tramo Critico 1-6.....	49
4.1.6.5 Pérdida de Energía del Tramo de Retorno.....	49
4.1.6.6 Pérdida de Energía del Tramo de Succión.....	50
4.1.6.7 Las Pérdidas en los Tramos.....	50
4.1.7 Pérdidas de Energía en la Tubería Secundaria.....	52
4.1.7.1 Pérdida de Energía en cada Tramo.....	53
4.1.8 Pérdida Total de Carga en la Tubería.....	54
4.1.9 Pérdidas de Carga en las Válvulas y Accesorios.....	54
4.1.9.1 Pérdida de Energía por T Reductora.....	54
4.1.9.2 Pérdida de Energía por T Estándar.....	55
4.1.9.3 Pérdida de Carga por T Estándar en ¾".	56
4.1.9.4 Pérdida de Carga por Codo Estándar.....	57
4.1.9.5 Pérdida de Carga por Codo a 90° de Radio Largo.....	57

4.1.9.6 Pérdida de Energía por Válvula Doble Universal PVC. ....	58
4.1.9.7 Pérdida de Energía por una Electroválvula. ....	59
4.1.9.8 Pérdida de Energía por Válvula de Globo.....	59
4.1.9.9 Pérdida de Energía por Válvula Check Horizontal. ....	60
4.1.10 Valor Total de las Pérdidas de Energía correspondiente a los Accesorios, Válvulas y Electroválvulas. ....	61
4.1.11 Pérdida Total de Energía de Tuberías y Accesorios. ....	62
4.1.12 Selección del Filtro.....	62
4.2 Cálculo del Sistema Eléctrico-Mecánico.....	63
4.2.1 Cálculo de la Bomba. ....	63
4.2.1.1 Altura que debe vencer la Bomba. ....	63
4.2.1.2 Cálculo de la Potencia de la Bomba.....	64
4.2.2 Selección de la Bomba. ....	66
4.2.2.1 Curva Característica de la Bomba.....	66
4.2.3 Logo Siemens. ....	67
4.2.3.1 Datos Técnicos. ....	68
4.2.3.2 Modo de Funcionamiento.....	68
4.2.3.2 Software de Programación del Logo Siemens. ....	68
4.2.3.3 Funciones Básicas del Logo Siemens. ....	69
4.2.3.4 Funciones Especiales del Logo Siemens.....	70

4.2.4 Diagrama de Control. ....	71
4.2.4.1 Simbología y su Función dentro del Programa. ....	72
4.2.4.2 Explicación del Funcionamiento del Diagrama de Control. ....	74
4.2.4.3 Explicación de la Simulación. ....	75
4.2.4.4 Diagrama Unifilar. ....	76
4.3.1 Equipo laminar Jet. ....	77
4.3.1.1 Cuerpo laminar Jet. ....	77
4.4 Infraestructura. ....	82
4.4.1 Explicación del Software Sketch Up. ....	82
4.4.2 Diseño de la Infraestructura. ....	82
4.4.3 Alojamiento de Equipos. ....	84
4.4.4 Plano de Implantación. ....	85
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>86</b>
<b>PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.</b> .....	<b>86</b>
5.1 Costos de Equipo Hidráulico. ....	86
5.2 Costos de Equipo Laminar Jet. ....	87
5.3 Costos Eléctricos, Electrónicos y de Automatización. ....	88
5.4 Costos de Materiales. ....	89
5.6 Costos Directos. ....	90
5.7 Costos Indirectos. ....	90

5.8 Costo Total.....	90
5.9 Cronograma de Ejecución.....	91
CAPÍTULO 6.....	92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
6.1 Conclusiones.....	92
6.2 Recomendaciones.....	93
REFERENCIAS.....	95
GLOSARIO.....	97

## ÍNDICE DE TABLAS.

### Capítulo 2

Tabla 2.1 Viscosidad dinámica y cinemática del agua.....	4
Tabla 2.2 Factores de fricción para acero comercial nuevas y limpias. ....	10
Tabla 2.3 Coeficientes de pérdidas en válvulas.....	10
Tabla 2.4 Valores de rugosidad de tubos.....	11
Tabla 2.5 Fórmulas empíricas para el valor de fricción de Darcy.....	12
Tabla 2.6 Tamaños de filtros. ....	18
Tabla 2.7 Parámetros de la tubería PVC .....	21
Tabla 2.8 Pérdidas de carga en accesorios de PVC.....	21

### Capítulo 3

Tabla 3.1 Datos Técnicos del Panel PB1 .....	39
Tabla 3.2 Datos Técnicos del Panel PB2 .....	40
Tabla 3.3 Datos Técnicos del Panel PB3 .....	40

### Capítulo 4

Tabla 4.1 Datos del fluido . ....	42
Tabla 4.2 Listado de boquillas .....	42
Tabla 4.3 Datos técnicos de boquilla seleccionada. ....	43
Tabla 4.4 Rangos recomendados de velocidad .....	45
Tabla 4.5 Datos comerciales de tubería principal .....	46

Tabla 4.6 Datos comerciales de tubería secundaria.....	46
Tabla 4.7 Datos técnicos de la tubería.....	47
Tabla 4.8 Datos técnicos de la tubería de succión .....	50
Tabla 4.9 Pérdidas en los tramos de la tubería principal .....	51
Tabla 4.10 Datos técnicos de la tubería secundaria .....	52
Tabla 4.11 Porcentajes de apertura de válvulas de globo-Numeración de electroválvulas. ....	53
Tabla 4.12 Datos técnicos de la válvula de bola .....	58
Tabla 4.13 Datos técnicos de la electroválvula .....	59
Tabla 4.14 Pérdida de energía en válvulas y accesorios.....	61
Tabla 4.15 Datos técnicos del filtro .....	62
Tabla 4.16 Parámetros para calcular la potencia .....	65
Tabla 4.17 Datos técnicos de la bomba .....	66
Tabla 4.18 Datos técnicos de logo DM16 230R .....	68
Tabla 4.19 Datos técnicos del motor de luz RGB con LED .....	78
 Capítulo 5	
Tabla 5.1 Costos de Equipo Hidráulico. ....	86
Tabla 5.2 Costos de Equipo Laminar Jet .....	87
Tabla 5.3 Costos eléctricos, electrónicos y de automatización. ....	88
Tabla 5.4 Costos de materiales.. .....	89

Tabla 5.5 Costos de mano de obra. ....	89
Tabla 5.6 Costos directos .....	90
Tabla 5.7 Costos indirectos.. ....	90
Tabla 5.8 Costo total. ....	90
Tabla 5.9 Cronograma de Ejecución. . ....	91

## ÍNDICE DE GRÁFICOS.

### Capítulo 2

Figura 2.1 Tubo de flujo con área transversal diferente . . . . .	6
Figura 2.2 Tubo de flujo con altura y área diferente . . . . .	7
Figura 2.3 Diagrama de Moody . . . . .	11
Figura 2.4 Partes de la bomba . . . . .	14
Figura 2.5 Curva característica de una bomba . . . . .	16
Figura 2.6 Filtro de arena . . . . .	19
Figura 2.7 Filtro de cartucho . . . . .	20
Figura 2.8 Boquillas . . . . .	28
Figura 2.9 Boquilla importadas flor de Liz . . . . .	23
Figura 2.10 Boquilla pulverizador. . . . .	24
Figura 2.11 Boquilla copa de oro. . . . .	24
Figura 2.12 Boquilla punta de lanza o chorros verticales . . . . .	25
Figura 2.13 Boquilla borbollones . . . . .	25
Figura 2.14 Válvula de control . . . . .	26
Figura 2.15 Válvula de globo. . . . .	27
Figura 2.16 Válvula de tres vías . . . . .	27
Figura 2.17 Válvula de jaula. . . . .	27
Figura 2.18 Válvula de mariposa . . . . .	28

Figura 2.19 Válvula de bola.....	28
Figura 2.20 Válvula de flujo axial .....	29
Figura 2.21 Transformador ideal .....	30
Figura 2.22 Relación de cantidades primarias y secundarias en el transformador ideal .....	30
Figura 2.23 Diodo LED .....	32
Figura 2.24 LED RGB .....	32
Figura 2.25 LEDES de alta potencia.....	33
Figura 2.26 Motor de luz RGB .....	33
Figura 2.27 Fibra Óptica.....	34
Capítulo 3	
Figura 3.1 Mapa Universidad .....	35
Figura 3.2 Vista de la Facultad Técnica para el desarrollo.....	36
Figura 3.3 Plano Arquitectónico .....	37
Figura 3.4 Tablero de distribución auxiliar. ....	38
Figura 3.5 Panel PB-1 .....	39
Figura 3.6 Panel PB-2.....	39
Figura 3.7 Panel PB-3.....	39
Figura 3.8 Punto de agua .....	41

## Capítulo 4

Figura 4.1 Tubería Principal .....	44
Figura 4.2 Tubería secundaria. ....	53
Figura 4.3 Gráfico de rendimiento de una bomba centrífuga.....	64
Figura 4.4 Bomba “HAYWARD NORTHSTAR” .....	66
Figura 4.5 Curva característica de la bomba .....	66
Figura 4.6 Logo 8: DM8 con modulo y DM16 230R.....	67
Figura 4.7 Funciones Básicas .....	69
Figura 4.8 Funciones Especiales.....	70
Figura 4.9 Cuadro de los parámetros del temporizador Retardo a la conexión.....	73
Figura 4.10 Cuadro de los parámetros del temporizador semanal.....	74
Figura 4.11 Barra de Herramienta del software de Logo Siemens.....	75
Figura 4.12 Barra de Herramientas de Simulación.....	76
Figura 4.13 Diagrama Unifilar.. ..	77
Figura 4.14 Dimensiones de cuerpo laminar.. ..	78
Figura 4.15 Motor RGB.....	79
Figura 4.16 Dimensiones de malla... ..	80
Figura 4.17 Dimensiones de tapa superior e inferior.....	81
Figura 4.18 Dimensiones de boquilla. ....	82
Figura 4.19 Infraestructura. ....	83

Figura 4.20 Forma Parabólica Positiva de los flujos laminares.....	83
Figura 4.21 Forma Descendente de los flujos laminares.....	83
Figura 4.22 Forma Ascendente de los flujos laminares.....	84
Figura 4.23 Forma Parabólica Negativa de los flujos laminares. ....	84
Figura 4.24 Cuarto de Equipos.....	85
Figura 4.25 Plano de Implantación.....	85

## RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo principal plantear un diseño automatizado de flujos laminares para ser implementado en la Facultad Técnica para el Desarrollo.

En el capítulo uno hablaremos de la justificación, del planteamiento del problema, los objetivos tanto el general como los específicos, el tipo de investigación, la hipótesis y la metodología.

En el capítulo dos nos concentraremos en el marco teórico describiremos los conceptos, los equipos y las ecuaciones que hacen posible la construcción del diseño.

En el capítulo tres revisaremos la ubicación del lugar y levantamiento de la información del campo tanto en la parte eléctrica como hidráulica.

En el capítulo cuatro definiremos los valores del diseño, la selección de los materiales y equipos que se requieren para el sistema.

En el capítulo cinco se analiza los costos del proyecto y el cronograma de ejecución de las actividades.

En el capítulo seis se sacan las respectivas conclusiones y recomendaciones del software de programación y construcción del sistema en la facultad.

**Palabras Claves:** diseño, selección, implementación, sistema, software, programación.

## **RESUMEN (ABSTRACT)**

This work has as main objective to raise an automated lamellar design to be implemented at the Technical Faculty Development flows.

In chapter one speak of justification, the problem statement, objectives both general and specific, type of research, assumptions and methodology.

In chapter two we will focus on the theoretical framework will describe the concepts, equipment and equations with which construction design is made possible.

In chapter three we will review the location of the site and gathering information from the field in both the electrical part and hydraulics.

In chapter four values define the design and selection of materials and equipment required for the system.

In chapter five project costs and implementation schedule of the activities discussed.

In chapter six the respective conclusions and recommendations of programming software and building the power system are removed.

**Keywords:** design, selection, implementation, system, software, programming.

## **CAPÍTULO 1.**

### **INTRODUCCIÓN.**

#### **1.1 Justificación.**

Esta investigación elaborara una guía para el diseño de flujo laminar iluminado, para ser implementado en el área de acceso de la Facultad Técnica para el Desarrollo, de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

La finalidad de este proyecto, a más de brindar un mejor entorno paisajístico a la facultad Técnica, también servirá de guía a los estudiantes para el conocimiento de que se trata un flujo laminar, en la asignatura de Mecánica de Fluidos.

#### **1.2 Planteamiento del Problema.**

La Facultad Técnica para el Desarrollo no muestra un proyecto visual en sus periferias, que nos posibilite acceder a una información directa de lo que ofrece en su campo universitario, además dentro de sus laboratorios no cuenta con trabajos hidráulicos realizados por estudiantes para exponerlos y mostrarlos a los visitantes, que así se informaran de la capacitación que reciben sus estudiantes.

Los equipos de los talleres con que cuenta la facultad no han sido explotados en el área hidráulica, y ello da como resultado una ausencia en el aporte técnico práctico de parte del estudiante después de haber obtenido los conocimientos que los recibió del docente.

#### **1.3 Objetivos.**

##### **1.3.1 Objetivo General.**

Diseño de flujo laminar iluminado automatizado para ser implementado en pileta de la Facultad Técnica.

### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

- Establecer las dimensiones de los diferentes parámetros para el diseño.
- Identificar los elementos que se necesita.
- Detallar las características de los elementos a utilizarse.
- Realizar un análisis de costos de los elementos y elaborar un cronograma de ejecución del proyecto.
- Que el trabajo de graduación sirva como una guía para el estudiante que al haber obtenido conocimientos hidráulicos, eléctricos y electrónicos conozca una de las aplicaciones que puede desarrollar en la práctica.

### **1.4 Tipo de Investigación.**

En la presente investigación se utilizarán los siguientes tipos de investigación: investigación documental, investigación de campo e investigación experimental.

### **1.5 Hipótesis.**

Al contar la Facultad con un proyecto de flujo laminar en el área verde, se lograra mejorar su entorno; así como también servirá de guía para los estudiantes, cuando requieran hacer proyectos hidráulicos.

### **1.6 Metodología.**

La investigación que se muestra, pertenece a una investigación de procedimiento teórico y práctico.

El diseño es práctico de carácter documental y de tipo analítico.

Se regirá por un método experimental, pues se podrán manipular variables con la finalidad de analizar los efectos producidos en el chorro laminar.

## **CAPÍTULO 2.**

### **MARCO TEÓRICO.**

#### **2.1 Mecánica de Fluidos.**

Mecánica de fluidos es el estudio de cómo se comportan los fluidos en reposo o en movimiento. (Mott, Mecánica de Fluidos, 2006)

##### **2.1.1 Flujo Laminar.**

Flujo Laminar se define como la corriente de agua que a bajas velocidades o viscosidades altas, cada lamina se distribuye de manera paralela sin que se mezclen. (Mott, Mecánica de fluidos, 2006)

##### **2.1.2 Flujo Turbulento.**

Flujo Turbulento se conoce como el flujo de agua que a velocidades altas o viscosidades bajas, sus partículas se mueven en forma desordenada. (Mott, Mecánica de Fluidos, 2006)

##### **2.1.3 Viscosidad.**

La Viscosidad es la resistencia al movimiento que presenta un fluido. (Mott, Mecánica de Fluidos, 2006)

###### **2.1.3.1 Viscosidad Dinámica**

Viscosidad Dinámica ( $\mu$ ) de un fluido es la resistencia a su alteración. (Ulloa & Condor, 2014)

###### **2.1.3.2 Viscosidad Cinemática.**

Viscosidad Cinemática ( $\nu$ ) es directamente proporcional a la viscosidad dinámica e inversamente a la densidad de un fluido. (Ulloa & Condor, 2014)

**Tabla 2.1** Viscosidad dinámica y cinemática del agua.

Temperatura C°	Viscosidad dinámica $\mu$ kg/m.s	Viscosidad cinemática $\nu$ m2/seg
5	1,518 x10 <sup>-3</sup>	1,520 x10 <sup>-6</sup>
10	1,307 x10 <sup>-3</sup>	1,308 x10 <sup>-6</sup>
15	1,139 x10 <sup>-3</sup>	1,142 x10 <sup>-6</sup>
20	1,102 x10 <sup>-3</sup>	1,007 x10 <sup>-6</sup>
25	0,890 x10 <sup>-3</sup>	0,897 x10 <sup>-6</sup>
30	0,708 x10 <sup>-3</sup>	0,804 x10 <sup>-6</sup>
35	0,653 x10 <sup>-3</sup>	0,727 x10 <sup>-6</sup>
40	0,653 x10 <sup>-3</sup>	0,661 x10 <sup>-6</sup>

Fuente: (Mott, Mecánica de Fluidos, 2006)

#### 2.1.4 Número de Reynolds.

El número de Reynolds es un número adimensional para identificar si un flujo es laminar o turbulento, que de acuerdo a esta fórmula que Osborne Reynolds determino para conocer su magnitud:

$$N_R = \frac{vD\rho}{\mu} = \frac{vD}{\nu} \rightarrow \nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Donde:

- $N_R$  : Número de Reynolds.
- $\nu$  : Velocidad promedio del flujo.
- $D$  : Diámetro del tubo.

- $\rho$  : Densidad del Fluido.
- $\mu$  : Viscosidad del Fluido.

El flujo es turbulento si se obtiene un número de Reynolds mayor o igual a 4000, ya que existe una velocidad elevada y una viscosidad baja; y el flujo es laminar si se obtiene un valor de Reynolds menor o igual a 2000, puesto que existe viscosidad alta y una velocidad baja y el caso de que el valor de Reynolds es mayor a 2000 y menor a 4000 no se puede determinar el régimen del flujo. (Mott, Mecánica de Fluidos, 2006)

### 2.1.5 Presión.

La presión es directamente proporcional a la cantidad de fuerza ejercida e inversamente proporcional a la Area donde se aplico esa fuerza. Su unidad son los pascales (SI), siendo Pa= 1 N/m<sup>2</sup>, por lo tanto la formula es: (Ulloa & Condor, 2014)

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

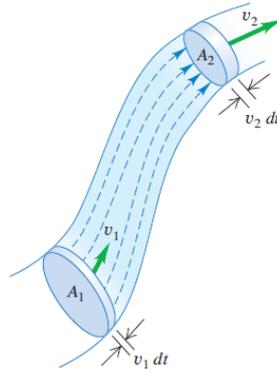
### 2.1.6 Caudal.

Es el volumen de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo. Se representa con la letra Q. (Mott, Mecánica de Fluidos, 2006)

$$Q = Av$$

### 2.1.7 La Ecuación de Continuidad.

La masa de un fluido no varía cuando se desplaza de un lugar a otro. Para explicar esto se examina una fracción de tubo de flujo entre 2 áreas transversales que no se mueven, designadas con Área A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>.



**Figura 2.1** Tubo de flujo con área transversal diferente.

**Fuente:** (Young & Roger, 2009)

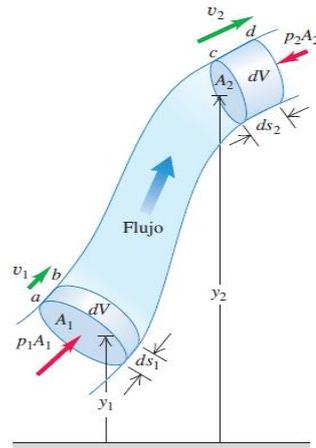
Ecuación de la continuidad:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

- $A_1$  y  $A_2$  = Áreas transversales de la tubería.
- $v_1$  y  $v_2$  = Velocidades del flujo.

### 2.1.8 Ecuación de Bernoulli.

Cuando se analiza una parte de un fluido que se desplaza dentro de un tubo y se introduce en una región más reducida, adquiere velocidad puesto que la presión que lo empuja hacia adelante es más que la presión que va en dirección contraria, al aplicar el teorema trabajo-energía se deduce la ecuación que relaciona las siguientes variables: la presión, elevación y la velocidad de un fluido incomprensible de flujo que no se mueve. Para esto se evaluara un fluido que atraviesa por una tubería donde varía la altura y el área.



**Figura 2.2** Tubo de flujo con altura y área diferente.

**Fuente:** (Young & Roger, 2009)

La fórmula es:

$$p_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Donde:

- $p_1$  y  $p_2$  = Presiones en el punto 1 y 2.
- $y_1$  y  $y_2$  = Alturas que se encuentran cada sección.
- $v_1$  y  $v_2$  = Velocidades en cada punto.
- $\rho$  = Densidad del fluido.
- $g$  = Gravedad (9,8m/s<sup>2</sup>).

### 2.1.9 Pérdidas de Energía Hidráulica.

Un flujo de agua que circula por tuberías, codo, válvulas y otros accesorios va perdiendo energía en el trayecto por esa oposición al movimiento. Para deducir la pérdida de energía se utiliza la siguiente expresión: (Mott, Mecanica de Fluidos, 2006)

$$h_L = h_f + \sum h_L$$

Donde:

- $h_f$  = Pérdidas de cargas en los recorridos rectos de la tubería.
- $\sum h_L$  = Sumatoria de pérdidas de carga en accesorios.

#### 2.1.9.1 Pérdidas de Carga en las Tuberías.

Las pérdidas de carga en los recorridos rectos de la tubería se calculan por medio de la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

- $f$  = Factor de fricción de Darcy-Weisbach.
- $L$  = Longitud del recorrido recto de tubería.
- $D$  = Diámetro interior de la tubería.

- $v$  = Velocidad del flujo.
- $g$  = Gravedad.

### 2.1.9.2 Pérdidas de Carga en los Accesorios.

Las pérdidas de carga en los accesorios se calculan por medio de la siguiente fórmula:

$$h_l = K_{\text{accesorio}} \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

- $v$  = Velocidad del flujo.
- $g$  = Gravedad.
- $K_{\text{accesorio}}$  = Factor que depende de la clase de accesorio: codo 45°, codo 90°, válvula, Tee, etc.

$$K = \left( \frac{L_e}{D} \right) f_T$$

Donde:

- $\left( \frac{L_e}{D} \right)$  = Número adimensional que da como resultado de la longitud equivalente dividido para el diámetro de la tubería.
- $f_T$  = Factor de fricción en la tubería.

**Tabla 2.2** Factores de fricción para acero comercial nuevas y limpias.

Tamaño nominal de la tuberías(pulg)	Factor de Fricción $f t$	Tamaño nominal de la tuberías(pulg)	Factor de Fricción $f t$
1/2	0.027	3 1/2, 4	0.017
3/4	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
1 1/4	0.022	8-10	0.014
1 1/2	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
2 1/2, 3	0.018		

Fuente: (Mott, Mecánica de Fluidos, 2006)

**Tabla 2.3** Coeficientes de pérdidas en válvulas.

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería $L_e/D$	Válvulas (abiertas)	Coefficiente de pérdida, $K$
Válvula de globo—abierta por completo	340	De bola	$K = 0,1$
Válvula de ángulo—abierta por completo	150	Compuerta	$K = 0,1 - 0,3$
Válvula de compuerta—abierta por completo	8	Anti-retorno	$K = 1,0$
—1/4 abierta	35	De asiento estándar. Asiento de fundición	$K = 4,0 - 10,0$
—1/2 abierta	160	De asiento estándar. Asiento de forja (pequeña)	$K = 5,0 - 13,0$
—3/4 abierta	900	De asiento a 45°. Asiento de fundición	$K = 1,0 - 3,0$
Válvula de verificación—tipo giratorio	100	De asiento en ángulo. Asiento de fundición	$K = 2,0 - 5,0$
Válvula de verificación—tipo bola	150	De asiento en ángulo. Asiento de forja (pequeña)	$K = 1,5 - 3,0$
Válvula de mariposa—abierta por completo, 2 a 8 pulg	45	Mariposa	$K = 0,2 - 1,5$
—10 a 14 pulg	35	Diafragma	$K = 2,0 - 3,5$
—16 a 24 pulg	25	De macho o tapón. Rectangular	$K = 0,3 - 0,5$
Válvula de pie—tipo disco de vástago	420	De macho o tapón. Circular	$K = 0,2 - 0,3$
Válvula de pie—tipo disco de bisagra	75	<b>Otros elementos</b>	<b>Coefficiente de pérdida, <math>K</math></b>
Codo estándar a 90°	30	Codos a 90°	$K = 0,2$
Codo a 90° de radio largo	20	Filtros	$K = 3,0$
Codo roscado a 90°	50	Derivación	$K = 0,7$
Codo estándar a 45°	16		
Codo roscado a 45°	26		
Vuelta cerrada en retorno	50		
Te estándar—con flujo directo	20		
—con flujo en el ramal	60		

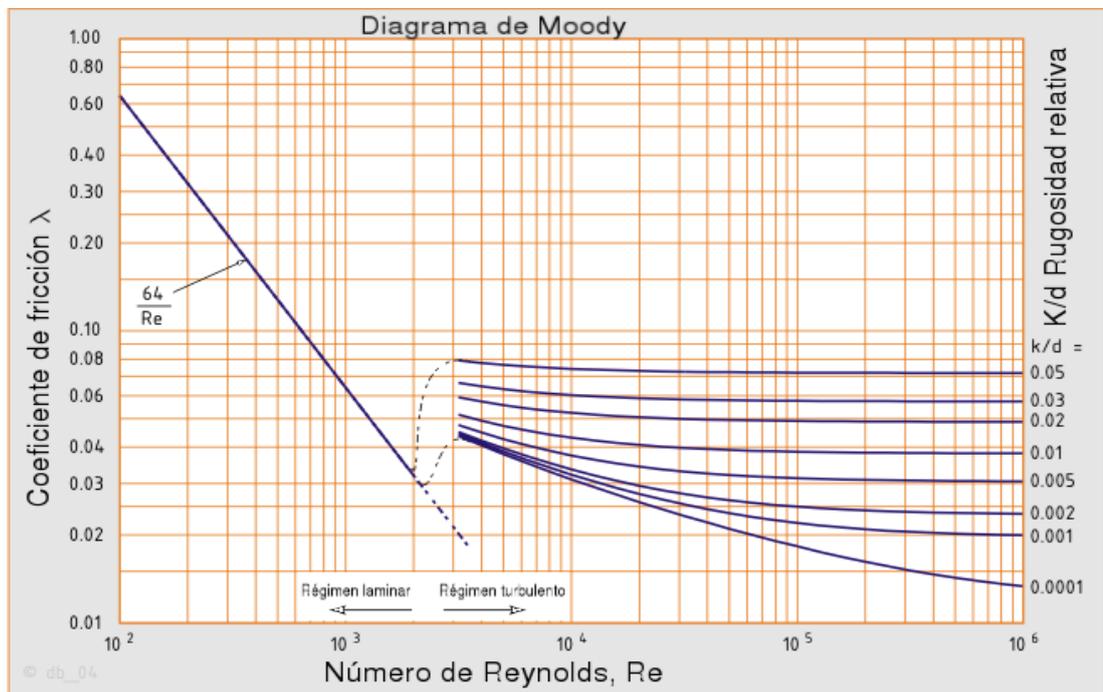
Fuente: (Mott, Mecánica de Fluidos, 2006)

En el caso de otros materiales hay que considerar la rugosidad ( $\varepsilon$ ), ver en la tabla 2.4, calcular  $\frac{\varepsilon}{D}$  y aplicar el diagrama de Moody (figura 2.2), para definir el factor de fricción en la zona de turbulencia completa.

**Tabla 2.4** Valores de rugosidad de tubos.

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	$\varepsilon$ (mm)	Material	$\varepsilon$ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

**Fuente:** (Miliarium, 2008)



**Figura 2.3** Diagrama de Moody.

**Fuente:** (González, 2011)

El factor de fricción de Darcy, y la ecuación empleada para el cálculo, es de acuerdo si el flujo es laminar o turbulento. En el caso que el flujo sea laminar se utilizara la siguiente expresión:

$$f = \frac{A}{Re}$$

Donde:

- $A$  = Valor constante de acuerdo al área transversal del conducto, en los conductos cilíndricos,  $A = 64$ .

- $Re$  = Número adimensional de Reynolds. (Mott, 2006)

\* Para determinar el factor de fricción de Darcy en flujo turbulento que existe a la salida del flujo de la bomba y en el trayecto de la tubería hasta llegar al equipo laminar jet se emplea las siguientes fórmulas empíricas:

**Tabla 2.5** Fórmulas empíricas para el valor de fricción de Darcy.

Fórmula	Autores	Rango
$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 \left( \frac{D}{\varepsilon} \right)} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$	Swamee y Jain, 2002	$100 \leq \frac{D}{\varepsilon}$ $\leq 10^6$ $5000 \leq Re$ $\leq 10^8$
$f = 1,325 * \left[ \ln \left( \frac{\varepsilon}{3,7 D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^{-2}$	Streeter, 2000	$0,01 \leq \frac{\varepsilon}{D}$ $\leq 10^{-6}$ $5000 \leq Re$ $\leq 10^8$

$\frac{1}{\sqrt{f}} = \left[ -2 * \log \left( \frac{\varepsilon}{3,7D} + \left( \frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right) \right]^{-2}$	Pavlov et al, 1981	$0,01 \leq \frac{\varepsilon}{D}$ $\leq 10^{-6}$ $5000 \leq Re$ $\leq 10^8$
---	-----------------------	--

Fuente: (Camaraza, Landa, Lopez, & Garcia, 2010)

## 2.1.10 Componentes del Sistema Hidráulico.

### 2.1.10.1 Bombas Centrífugas.

Una bomba centrífuga es una máquina hidráulica de paletas rotatorias que están alojadas en el interior de una caja llamada carcasa. Las paletas le dan energía al fluido por medio de la fuerza centrífuga; una bomba centrífuga en su forma más simple está formada por dos partes principales: (Cadena, 2011)

- a) Una parte rotatoria que incluye un impulsor y una flecha.
- b) Una parte estacionaria compuesta de una carcasa, estoperos y chumaceras.

#### A. Partes de la Bomba (ver fig. 2.4).

La bomba tiene diferentes partes que son las siguientes:

1. Tapa pre filtro transparente.
2. Capacitor: Pieza eléctrica que realiza el arranque de la bomba.
3. Cesto para filtrar la entrada de sólidos en el sistema hidráulico.
4. Tapón: para realizar la purga cuando se lo requiera.
5. Ventilador: Produce una corriente de aire para la refrigeración del motor.

6. Eje: es un elemento transversal en donde se alojan todas las partes rotatorias de la bomba, la cual debe estar debidamente alineada, para que este balanceada la bomba con el motor.

7. Impulsor: Está constituido por alabes que realiza el desplazamiento del liquido de un nivel a otro.

8. Rotor: Pieza del motor que realiza la transmisión de la potencia mecánica.

9. Estator: Elemento magnético que induce energía para generar la movilidad del rotor del motor. (Barboza, 2013)



**Figura 2.4** Partes de la bomba.

Fuente: (MomentosPiscina)

## **B. Clasificación de las Bombas Centrífugas.**

Es importante para este estudio conocer la clasificación de las bombas centrífugas puesto que hay una variación por la carga y caudal que se emplea, y no todo sistema de tuberías tiene los mismos parámetros ya mencionados.

### **B1. Bombas Centrífugas de Flujo Radiales.**

Estas bombas se emplean para soportar cargas altas y caudales pequeños, tienen impulsores que son angostos. Se inicia el desplazamiento del fluido paralelo al eje del impulsor y finaliza perpendicular a éste. (Alcala)

### **B2. Bombas Centrífugas de Flujo Axiales.**

Estas bombas son empleadas para soportar cargas pequeñas y grandes caudales, con un flujo axial neto. El fluido se dirige en superficies cilíndricas en el contorno del eje de rotación. La energía se transmite al líquido por medio de los álabes que ejercen un impulso sobre el fluido. (Alcala)

### **B3. Bombas Centrífugas Diagonales.**

Este tipo de bombas son exclusivamente utilizadas cuando se tenga un sistema de caudales y carga intermedios, donde transmite la energía cinética al líquido por medio de la fuerza centrífuga y el impulso de los alabes sobre el fluido, es decir se genera un flujo mixto: radial y axialmente. (Alcala)

### **C. Funcionamiento de la Bomba.**

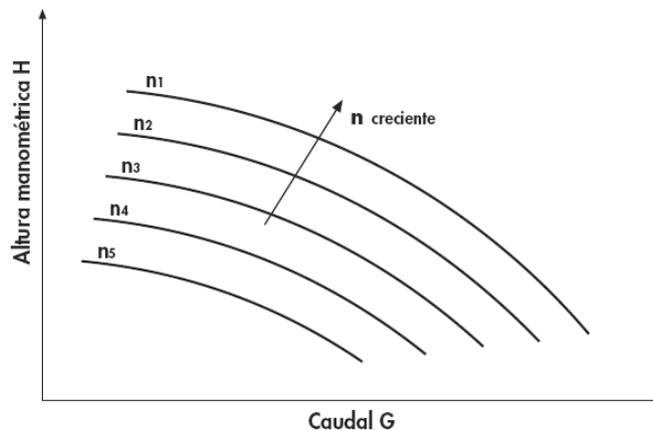
El agua que es succionada, ingresa en el depósito de pelusa y cabello, y por medio de la canasta retener las partículas grandes. Este flujo luego llega al centro de la caja de la bomba, donde la bomba centrífuga es accionada por un motor eléctrico, el cual el eje del motor está unido al impulsor de la bomba, que al momento de girar hace que fluya el agua, hacia el agujero de descarga de la bomba. (Pentair Aquatic Systems, 2012)

#### D. Cebado de la Bomba Centrífuga.

Una bomba centrífuga se ceba cuando las tuberías de la bomba se llenan totalmente del líquido reemplazando el aire, vapor o gas que se encontraba dentro de la misma. (Pentair Aquatic Systems, 2012)

#### E. Curva Característica de una Bomba.

Una curva de bombeo es la representación gráfica del rendimiento de una bomba, donde la variable independiente es el caudal (G) y la variable dependiente es la altura manométrica (H) y donde cada curva es de acuerdo a una velocidad rotatoria (n):



**Figura 2.5** Curva característica de una bomba.

**Fuente:** (Avendaño)

Donde la variable independiente es el caudal (G) y la variable dependiente es la altura manométrica (H) y donde cada curva es de acuerdo a una velocidad rotatoria (n).

## F. Fórmula para Cálculo de la Potencia de la Bomba.

Para la potencia de la bomba centrífuga se determina por medio de la siguiente expresión:

$$P = \frac{\rho * g * Q * Hb}{n} \quad (\text{Mott, 2006})$$

Donde:

- $\rho$  : Densidad del fluido.
- $g$  : Gravedad.
- $Q$  : Caudal Volumétrico.
- $Hb$ : Altura que debe vencer la bomba.
- $n$  : rendimiento de la bomba.

El rendimiento de la bomba centrífuga se encuentra en el rango de 60% al 80%. (Mott, 2006)

### 2.1.10.2 Filtros.

Los filtros son dispositivos que son utilizados para retener impurezas por medio de los pequeños agujeros que posee, permitiendo que circule una mejor calidad del agua. (Ulloa & Condor, 2014)

El filtro requiere de una presión mínima que se conoce como pérdida de carga nominal del filtro y no debe ser superior a 3,5 metros columna de agua (m.c.a), 0,35 bar o 5,0 lb/pulgada<sup>2</sup> (psi).

Los filtros tienen una capacidad de acuerdo de un determinado tamaño y se expresa en unidades mesh según la norma (Norma ISO/R 565 que significa número de orificios en la malla por pulgada lineal) (Martinez)

**Tabla 2.6** *Tamaños de filtros.*

Nº MALLA	Nº MESH	ABERTURA criba (µm)	DIÁMETRO alambre (µm)
16	14	1.180	650
18	16	1.000	580
20	20	850	510
25	24	710	450
30	28	600	390
35	32	500	340
40	35	425	290
45	42	355	247
50	48	300	215
60	60	250	180
70	65	212	152
80	80	180	131
100	100	150	110
120	115	125	91
140	150	106	76
170	170	90	64
200	200	75	53
230	250	63	44

(1µm = 0.001 mm)

**Fuente:** (Martinez)

## **A. Tipo de Filtros.**

Es necesario para este estudio conocer los tipos de filtros para conocer las características y así realizar una selección idónea.

### **A1. Osmosis Inversa.**

La ósmosis inversa fuerza el agua contra una súper fina membrana semipermeable. La membrana rechaza los contaminantes y evita que pasen. Al oxígeno pasa por medio de la toma de agua haciendo que tenga un mejor sabor. (Lee)

### **A2. Filtros de Carbón Activado.**

Absorben los contaminantes o los contaminantes se adhieren a las superficies de las partículas de carbono. Estos filtros pueden atrapar arena, la suciedad y otras

partículas. También funcionan para la eliminación de algunas sustancias químicas orgánicas. (Rengifo & Lopez, 2011)

### **A3. Filtros de Arena.**

Los filtros de arena son uno de los más conocidos para filtrar el agua. Son simples, efectivos y demandan muy poca atención. Los filtros de arena o grava se basan en tanques generalmente metálicos o de plásticos reforzados, aptos para resistir las presiones estáticas y dinámicas. El filtrado se realiza cuando el agua atraviesa la arena reteniendo las impurezas que vienen junto con el agua. (Rengifo & Lopez, 2011)



**Figura 2.6** *Filtro de arena.*

**Fuente:** (Pentair Water Pool, 2015)

### **A4. Filtro de Retrolavado.**

Posee un gran tanque con una sustancia de filtrado, llamado medio de filtrado. El agua entra en la parte superior por medio de una válvula de control y transita por el filtrado. Las impurezas son retenidas hasta que el filtro queda saturado. Cuando el filtro está lleno, el agua se precipita hacia atrás y pasa hacia arriba a través del medio y sale por medio de la válvula de control del filtro. (Lee)

## **A5. Filtros de Cartucho.**

Posee un tanque que tiene alta resistencia a elementos químicos, un mantenimiento manual y sin núcleo que lo hace útil para una limpieza más fácil. Posee uniones enroscables para las conexiones de tuberías. El agua fluye a través de los filtros permitiendo el uso de bombas más pequeñas o velocidades bajas para disminuir el uso de la energía. (Pentair Water Pool, 2015)



**Figura 2.7** Filtro de cartucho.

**Fuente:** (Pentair Water Pool, 2015)

### **2.1.10.3 Tuberías.**

La tubería es el elemento fundamental para la transportación del fluido, es fabricado de distintos materiales de acuerdo a su uso. En el caso de la construcción de fuentes o piscinas, el material más idóneo es el PVC por las características que presenta. Entre las principales características tenemos:

- Fáciles de transportar y operar: El PVC es 5 veces más liviano que el hierro fundido y 8 veces más que el plomo, que permite un ágil movimiento y una instalación más rápida.
- Alta resistencia al impacto: en comparación con otros plásticos, el PVC presenta una gran resistencia y rigidez.
- Aislante térmico y eléctrico: el PVC presenta una alta capacidad aislante

- Bajo mantenimiento: no presenta ningún tipo de corrosión.
- Ignifugo: el PVC no propaga la llama haciendo de este un material adecuado para todo tipo de edificación.(Nicoll)

**Tabla 2.7** Parámetros de la tubería PVC.

DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA PARA CONDUCCIÓN DE AGUA, GAS Y AIRE NMX-B-177																
DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR		ESPESOR		CÉD	PESO EXT. LISO		PESO POR TUBO (kg.)		TUBOS/TON.	PRESIÓN DE PRUEBA ASTM-A-53-A		SISTEMA PARA EMPACAR peso por paquete			
	pulg.	mm.	pulg.	mm.		lb./pie	kg./m.	extr. liso	c/rosca y cople		lb./pulg. <sup>2</sup>	kg./cm. <sup>2</sup>	Tubos/Paq.	kg.	lb.	
1/2	13	0.840	21.3	0.109	2.77	40	0.85	1.27	8.13	8.20	123	700	50	127	1033	2277
				0.147	3.73	80	1.09	1.62	10.37	10.44	97	850	60	127	1317	2903
3/4	19	1.050	26.7	0.113	2.87	40	1.13	1.69	10.82	10.92	93	700	50	127	1374	3029
				0.154	3.91	80	1.47	2.20	14.08	14.12	71	850	60	127	1781	3926
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	40	1.68	2.50	16.00	16.16	63	700	50	91	1456	3210
				0.179	4.55	80	2.17	3.24	20.74	20.90	48	850	60	91	1887	4160
1 1/4	32	1.660	42.2	0.140	3.56	40	2.27	3.39	21.70	21.90	46	1200	85	91	1975	4354
				0.191	4.85	80	3.00	4.47	28.61	28.81	35	1800	127	61	1745	3847
1 1/2	38	1.900	48.3	0.145	3.68	40	2.72	4.05	25.92	26.20	39	1200	85	91	2359	5201
				0.200	5.08	80	3.63	5.41	34.62	34.90	29	1800	127	61	2112	4656
2	50	2.375	60.3	0.154	3.91	40	3.65	5.44	34.82	35.28	29	2300	162	61	2124	4683
				0.218	5.54	80	5.02	7.48	47.87	48.34	21	2500	176	32	1532	3377
2 1/2	64	2.875	73.0	0.203	5.15	40	5.79	8.63	55.23	56.28	18	2500	176	37	2041	4500
				0.160	4.06	NX	4.64	6.91	44.23	45.35	22	1950	137	37	1637	3609
3	76	3.500	88.9	0.216	5.49	40	7.58	11.29	72.26	73.78	14	2220	156	19	1373	3027
				0.170	4.32	NX	6.05	9.01	57.66	59.19	17	1930	136	19	1096	2416
4	102	4.500	114.3	0.237	6.02	40	10.79	16.07	102.85	104.82	10	1900	134	19	1953	4306
				0.188	4.78	NX	8.66	12.91	82.62	84.48	12	1500	105	19	1568	3457

Largo: 6.40 m.

Fuente: (Tubería Moreno)

**Tabla 2.8** Pérdidas de carga en accesorios de PVC.

DIÁMETRO NOMINAL		20	25	32	40	50	63	75	90	110	160	200
PÉRDIDAS DE CARGA ( m )												
TEE		0.70	0.80	0.90	1.50	2.20	2.30	2.40	2.50	2.60	3.60	5.00
CODO 90°		1.10	1.20	1.50	2.00	3.20	3.40	3.70	3.90	4.30	5.40	5.50
CODO 45°		0.40	0.50	0.70	1.00	1.30	1.50	1.70	1.80	1.90	2.60	3.50
CODO 90° L/R		0.40	0.50	0.60	0.70	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	2.10	2.60
CODO 45° L/R		0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.20	1.40
VÁLVULA CHECK		2.50	2.70	3.80	4.90	6.80	7.10	8.20	9.30	10.40	13.90	17.60
VÁLVULA DE BOLA		11.10	11.40	15.00	22.00	35.80	37.90	38.00	40.00	42.30	56.70	72.10
VÁLVULA DE COMPUERTA		0.10	0.20	0.30	0.40	0.70	0.80	0.90	0.90	1.00	1.20	1.40

Fuente: (AMANCO PLASTIGAMA)

## A. Expresión para Diámetro de Tuberías.

El diámetro de la tubería se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

Donde:

- D= Diámetro
- $Q$  = Caudal.
- $v$  = Velocidad del Fluido.

### 2.1.10.4 Boquillas.

Son conductos pequeños que están compuestos por fragmentos de forma cilíndrica que salen de los orificios para conducir el líquido al exterior. El valor de su longitud esta en el rango de 1,5 a 3,0 veces su diámetro. Para poder distinguir, la boquilla se debe fijar en la medida de su longitud ya mencionada, mientras el caso de 3,0 a 500 veces el diámetro es considerado como tubos muy cortos; para el rango de longitud de 500 a 4000 veces el diámetro como tuberías cortas y mayor a 4000 veces el diámetro como tuberías largas.

Las boquillas pueden recibir o servir de salida del fluido y se divide en cilíndricas, convergente y divergente. Para el caso de las boquillas convergentes tienen también el nombre de toberas.

**Figura 2.8** *Boquillas.*



**Fuente:** (AKUA FUENTES)

#### **2.1.10.5 Tipos de Boquillas.**

Hay diferentes tipos de boquillas que se encuentran en el ámbito comercial, que se podrá solicitar de acuerdo a la aplicación que se lo va a emplear. Por lo cual, se presenta algunas de las boquillas comerciales.

#### **A. Boquillas importadas Flor de Liz.**

Este tipo de boquillas posee un elemento que permite regular de manera diversa el paso del fluido en sus orificios. El caso de que se requiera de una limpieza se puede realizar de forma sencilla al aflojar su parte superior. Por medio de esta boquilla se puede formar figuras de aguas con diversas alturas, flujos laminares completos, exactos y fijos ante la acción del viento. El funcionamiento de la boquilla es indiferente del nivel del agua que se encuentre. (AKUA FUENTES)



**Figura 2.9** *Boquilla importadas Flor de Liz.*

**Fuente:** (AKUA FUENTES)

### **B. Boquilla Pulverizador.**

Generalmente es utilizada para dar un efecto complementario y asociado ya sea de forma circular o en columna junto con la iluminación en la noche haciendo que el lugar tenga un gran belleza panorámica, con resistencia al viento, apariencia del agua niebla, dependiente del nivel de agua. (AKUA FUENTES)



**Figura 2.10** *Boquilla pulverizador.*

**Fuente:** (AKUA FUENTES)

### **C. Boquilla Copa de Oro.**

Dispone de un propulsor axial para grandes caudales, una práctica instalación y mantenimiento. Posee una excelente estabilidad por su boya espumada. Canastilla de bomba de acero inoxidable. (AKUA FUENTES)



**Figura 2.11** *Boquilla copa de oro.*

**Fuente:** (AKUA FUENTES)

### **D. Boquillas Punta de Lanza o Chorros Verticales.**

Esta boquilla da paso al fluido de manera individual en diversos tamaños, altura del depósito es de 0,50 m hasta 14 m, flujo laminar completo, transparente y fijo ante la presencia del viento, rótula se puede dirigir hasta 17° de la vertical, idóneo al utilizar la luz. (AKUA FUENTES)



**Figura 2.12** *Boquilla punta de lanza o chorros verticales.*

**Fuente:** (AKUA FUENTES)

### **E. Boquilla Borbollones.**

El funcionamiento de esta boquilla se da de acuerdo al nivel de agua que se encuentra; si es bajo, el flujo laminar del Geiser aumenta su altura reduciendo su diámetro y viceversa, por lo tanto se deberá instalar a una altura establecida. (AKUA FUENTES)

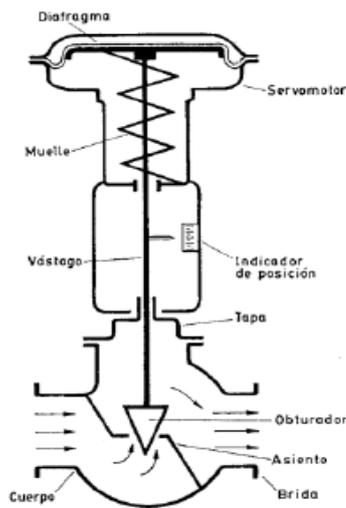


**Figura 2.13** *Boquilla borbollones.*

**Fuente:** (AKUA FUENTES)

### **2.1.10.5 Válvulas de Control.**

Válvulas de control son elementos importantes en los procesos industriales puesto que son utilizados para abrir, detener el paso de un fluido o para variar la cantidad de caudal. Por lo general, se compone de: cuerpo y servomotor. (Tonato, 2010)



**Figura 2.14** *Válvula de control.*

**Fuente:** (Tonato, 2010)

### **2.1.10.6 Tipos de Válvulas.**

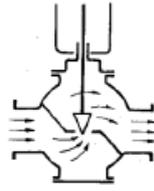
Puesto que el proyecto requiere de este accesorio que es indispensable para controlar el sistema, por lo cual se presentará las válvulas más comunes a continuación.

#### **A. Válvulas con Obturador de Movimiento Lineal.**

Su nombre se le atribuye así porque el obturador se mueve en la dirección de su propio eje. Se clasifican en válvula de globo, válvula de tres vías mezcladora o diversora, válvula de jaula. (Tonato, 2010)

##### **A1. Válvula de Globo.**

Se nombre es producto de disponer de un obturador en forma de un globo, como se muestran en la figura 2.15. Se caracteriza porque el flujo de entrada o salida es perpendicular al eje del obturador. (Tonato, 2010)



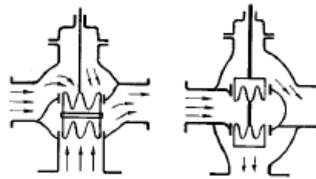
**Figura 2.15** *Válvula de globo.*

**Fuente:** (Tonato, 2010)

### **A2. Válvula de Tres Vías.**

Se utiliza generalmente para mezclar fluidos (válvulas mezcladoras) o para generar una bifurcación de un flujo de entrada en dos de salida (válvulas divisoras).

(Tonato, 2010)

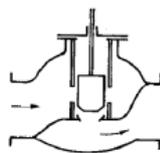


**Figura 2.16** *Válvula de tres vías.*

**Fuente:** (Tonato, 2010)

### **A3. Válvula de Jaula.**

Se denomina así ya que posee forma de jaula, presentándose de dos maneras; una de ellas con los orificios prestos en una jaula fija en el cual el obturador se desliza en el interior y se conoce como válvula de jaula fija o la otra con orificios en el obturador que se denomina como válvula de jaula móvil. (Tonato, 2010)



**Figura 2.17** *Válvula de jaula.*

**Fuente:** (Tonato, 2010)

## **B. Válvulas con Obturador de Movimiento Circular.**

Las válvulas en la cual el obturador tiene un movimiento circular se clasifica en: Válvula de mariposa, válvula de bola, válvula de flujo axial. (Tonato, 2010)

### **B1. Válvula de Mariposa.**

El cuerpo está compuesto por un anillo cilíndrico que en su interior un disco circular gira transversalmente. La válvula puede cerrar herméticamente mediante un anillo de goma acoplado en el cuerpo. (Tonato, 2010)

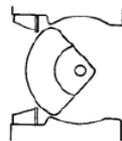


**Figura 2.18** *Válvula de mariposa.*

**Fuente:** (Tonato, 2010)

### **B2. Válvula de Bola.**

El cuerpo de la válvula tiene un nicho interno esférico que cierra o abre el paso del fluido que tiene forma de esfera o de bola (generalmente en v), que fija la curva característica de la válvula. (Tonato, 2010)

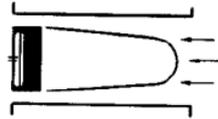


**Figura 2.19** *Válvula de bola.*

**Fuente:** (Tonato, 2010)

### **B3. Válvula de Flujo Axial.**

Contiene un diafragma accionado neumáticamente desplaza un pistón, que al mismo tiempo está comprimiendo un fluido hidráulico que irá en dirección contraria a un obturador hecho de un material elastómero (no metales con comportamiento elástico) (Tonato, 2010)



**Figura 2.20** *Válvula de flujo axial.*

**Fuente:** (Tonato, 2010)

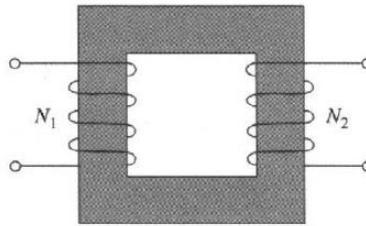
#### **2.1.10.7 Electroválvulas.**

Electroválvulas son dispositivos electromecánicos que disponen de un solenoide que al pasar corriente por ella, permiten el paso de un fluido y al controlarlo con un software se podrá fijar cuando abrir o cerrar la válvula. (Zamora, 2012)

### **2.2 Control y Automatismo.**

#### **2.2.1 Transformador Ideal.**

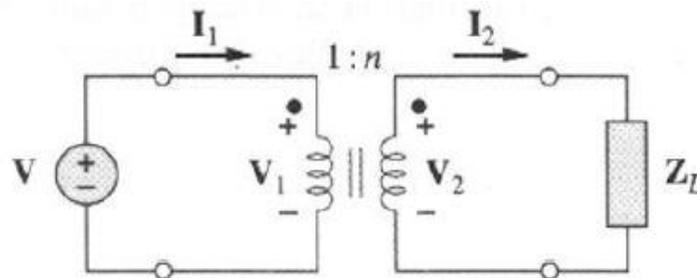
Transformador Ideal es un transformador de acoplamiento unitario sin pérdidas en el que las bobinas primaria y secundaria tienen autoinductancias infinitas. Los transformadores de núcleo de hierro son una aproximación de transformadores ideales. Se los utiliza en sistemas de potencia y en electrónica. (Charles & Sadiku, 2013)



**Figura 2.21** Transformador ideal.

**Fuente:** (Charles & Sadiku, 2013)

Cuando se aplica una tensión senoidal al devanado primario, como se aprecia en la figura 2.20, por ambos devanados pasa el mismo flujo magnético  $\Phi$ .



**Figura 2.22** Relación de cantidades primarias y secundarias en el transformador ideal.

**Fuente:** (Charles & Sadiku, 2013)

Según la ley de Faraday, la tensión en el devanado primario es:

$$v_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

Mientras que a través en el devanado secundario es:

$$v_2 = N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

Al dividir la expresión del devanado secundario para la expresión del devanado primario se consigue:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{N_2}{N_1} = n$$

Donde  $n$  es la relación de vueltas o relación de transformación. Puede utilizarse las tensiones fasoriales  $\mathbf{V}_1$  y  $\mathbf{V}_2$  en lugar de los valores instantáneos  $v_1$  y

$$v_2, \text{ quedando de la siguiente forma: } \frac{v_2}{v_1} = \frac{N_2}{N_1} = n$$

Producto de la conservación de la potencia, la energía entregada al devanado primario debe ser igual a la energía adquirida por el devanado secundario, puesto que en el transformador ideal no hay pérdidas. Entonces:

$$v_1 i_1 = v_2 i_2$$

De manera fasorial, la expresión anterior se transforma en la siguiente ecuación:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{V_2}{V_1} = n$$

Lo que indica que la corriente primaria y secundaria se define con la relación de vueltas de manera inversa que las tensiones:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{n}$$

Cuando  $n = 1$ , el transformador se llama transformador de aislamiento. Si  $n > 1$  se obtendrá un transformador elevador; puesto que la tensión aumenta de primaria a secundaria ( $\mathbf{V}_2 > \mathbf{V}_1$ ). Por lo contrario, si  $n < 1$  se obtendrá un transformador reductor; puesto que la tensión disminuye de primaria a secundaria  $\mathbf{V}_2 < \mathbf{V}_1$ . (Charles & Sadiku, 2013)

## 2.2.2 Luminaria LEDS.

### 2.2.2.1 Diodo Emisor de Luz.

Un diodo emisor de luz (denominado LED puesto que en inglés es light-emitting diode) es un semiconductor que emite luz de varios colores con diversas longitudes de onda, cuando esta polarizado directamente y circula una corriente eléctrica por él. (Ulloa & Condor, 2014)



**Figura 2.23** *Diodo LED.*

**Fuente:** (Ulloa & Condor, 2014)

### 2.2.2.2 Diodo Emisor de Luz RGB.

Los LEDS RGB son una composición de LEDS (red, green, blue), que al cambiar el amperaje generan diferentes colores. Hay dos formas para producir una gama de colores con los tres colores fijos; primero cambiando la intensidad de corriente por medio de resistencias variables que limitan la corriente de colores (RGB) y la segunda es modulando el ancho de Pulso de la energía que recibe el LED a una frecuencia alta, produciendo un matriz de colores. (Ulloa & Condor, 2014)

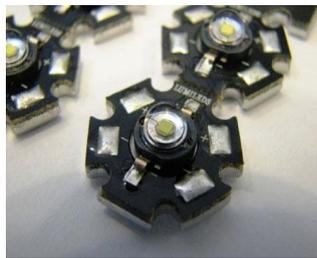


**Figura 2.24** *LED RGB.*

**Fuente:** (Ulloa & Condor, 2014)

### 2.2.2.3 Diodo Emisor de Luz de Alta Potencia.

Los LEDS de alta potencia son elementos que comprenden diversas alternativas en la luminosidad del fluido y son de potencias de 1 W; este tipo de LEDS se usan generalmente en exteriores arquitectónicas, produciendo amplias posibilidades de crear efectos de color. (Torres)



**Figura 2.25** *LEDS de alta potencia.*

**Fuente:** (Torres)

### 2.2.2.4 Motor de Luz RGB con Diodo Emisor de Luz.

Es un controlador de diodo emisor de luz de alta potencia, que sirve para conseguir una diversidad de colores de los diodos emisor de luz RGB, el cual incluye un ventilador para enfriarlo puesto que el LED cuando esta encendido produce energía calorífica, al motor se le puede conectar un diodo emisor de luz de alta potencia y a su vez una fibra óptica de iluminación para poder emitir la luz de un lugar a otro. (Ulloa & Condor, 2014)



**Figura 2.26** *Motor de luz RGB.*

**Fuente:** (Ulloa & Condor, 2014)

### 2.2.3 Fibra Óptica para Luminaria.

La fibra óptica es óptima para transmitir luz en toda su trayectoria y la ventaja que presenta es la ausencia de electricidad, de rayos ultravioletas e infrarrojos, este acción de transmisión de la luz se genera porque en un extremo se enlaza con un emulsor de luz sin que haya entre ellos un contacto físico ni eléctrico. (Ulloa & Condor, 2014)



**Figura 2.27** *Fibra Óptica.*

**Fuente:** (Ulloa & Condor, 2014)

## CAPÍTULO 3.

### LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO.

#### 3.1 Ubicación Geográfica.

La Facultad Técnica para el Desarrollo se encuentra ubicada, en el sector suroeste de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, situado en el Km. 1,5 de la avenida Carlos Julio Arosemena Tola, frente del parque lineal del Estero Salado, perteneciente a la ciudad de Guayaquil.



**Figura 3.1** Mapa Universidad.

**Fuente:** (Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2014)

### 3.2 Dimensiones del Lugar.

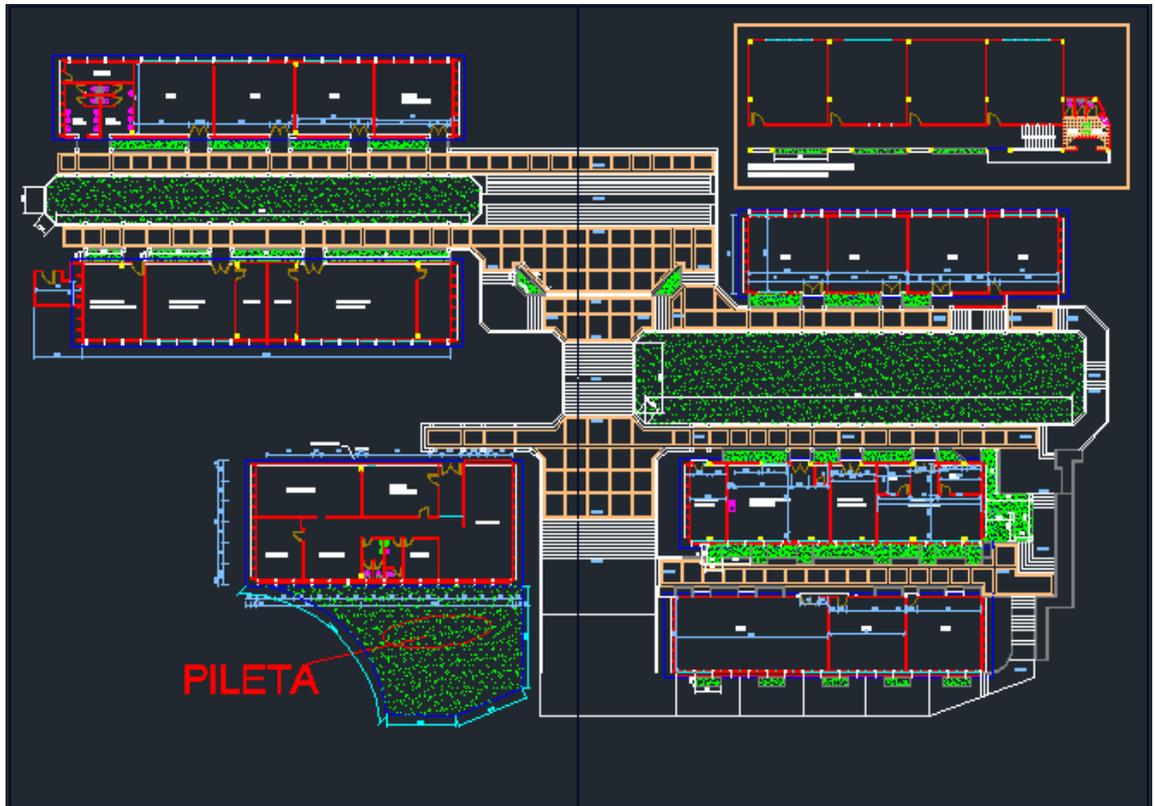


**Figura 3.2** Vista de la Facultad Técnica para el Desarrollo.

**Fuente:** El autor

La Facultad Técnica dispone en su periferia de áreas verdes, donde se ubicara el flujo laminar iluminado, para lo cual se ha definido las dimensiones que fueron medidos en sitio, las siguientes medidas son: la pared frontal ubicada detrás del area de administracion con 24,5 metros, un lado lateral recto que tiene una medida de 9 metros, un lado inclinado de 6,4 metros, luego un lado recto de 6 metros y cerrando el perimetro con un Arco de longitud de 18, 4 metros. También se definio la altura de la parte frontal que es de 4,80 metros.

### 3.3 Vista en Planta.



**Figura 3.3** *Vista en Planta.*

**Fuente:** El Autor

### 3.4 Ubicación y Características del Tablero de Distribución Auxiliar.

El tablero de distribución está detrás del aula virtual, está fabricado en planchas fijas y lisas con un espesor de 1,5 cm. Los cables que le suministran energía son del Tablero Distribución Principal con 3 C#4/0 + 1N#2/0 TTU-CU, por medio de una tubería de 3” de diámetro (PVC). (Proaño, 2014)



**Figura 3.4** *Tablero de distribución auxiliar.*

**Fuente:** (Proaño, 2014)

### **3.4.1 Características de Paneles de Breakers.**

Son paneles que tienen en su interior elementos de protección y maniobra que permiten manipular y darle seguridad a los circuitos de la instalación, son alimentados desde un tablero principal o de distribución auxiliar. (Proaño, 2014)

### **3.4.2 Ubicación de los Paneles de Breakers con Proximidad al Área Verde de la Facultad Técnica.**

#### **3.4.2.1 Paneles de Breakers del Área Administrativa.**

En esta área se dispone de tres paneles de Breakers, que se encuentran en el comedor:

- PB1-Paneles de Breakers 1
- PB2- Paneles de Breakers 2
- PB3-Paneles de Breakers 3



**Figura 3.5** *Panel PB-1*  
**Fuente:** (Proaño, 2014)



**Figura 3.6** *Panel PB-2*  
**Fuente:** (Proaño, 2014)



**Figura 3.7** *Panel PB-3*  
**Fuente:** (Proaño, 2014)

El panel PB1 presenta los siguientes datos técnicos:

**Tabla 3.1** *Datos Técnicos del Panel PB.1*

<b>Marca:</b> General Electric
<b>Voltaje de operación:</b> 110/220 V
<b>Fase:</b> Monofásico
<b>Cantidad de espacios:</b> 24
<b>Espacios Ocupados:</b> 11 Breakers-2P-30 A
<b>Alimentador Bifásico:</b> 2C#1/0+1N#2
<b>Tuberías:</b> 1 1/2" de diámetro(PVC)
<b>Calibre de los cables de los circuitos:</b> 2C#10+1T#10

**Fuente:** (Proaño, 2014)0

El panel PB-2 y PB-3 está unido al sistema de emergencia y disponen de los siguientes datos técnicos:

**Tabla 3.2** *Datos Técnicos del Panel PB.2.*

<b>Marca:</b> General Electric
<b>Voltaje de operación:</b> 110/220 V
<b>Fase:</b> Monofásico
<b>Cantidad de espacios:</b> 24 <b>Espacios Ocupados:</b> 20 Breakers-1P y 1 Breaker de 2P- varios amperajes
<b>Alimentador Bifásico(Panel de transferencia Automática):</b> 2C#4+1N#4 <b>Tuberías:</b> 1 1/2" de diámetro(PVC) <b>Calibre de los cables de los circuitos:</b> C#10-12

**Fuente:** (Proaño, 2014)

**Tabla 3.3** *Datos Técnicos del Panel PB3.*

<b>Marca:</b> General Electric
<b>Voltaje de operación:</b> 110/220 V
<b>Fase:</b> Monofásico
<b>Cantidad de espacios:</b> 4 <b>Espacios Ocupados:</b> 2 Breakers-1P y 1 Breaker de 2P- varios amperajes
<b>Alimentador Bifásico(Panel de transferencia Automática):</b> 2C#10+1N#10 <b>Tuberías:</b> 1" de diámetro(PVC) <b>Calibre de los cables de los circuitos:</b> C#12-14

**Fuente:** (Proaño, 2014)

### 3.5 Disposición del Punto de Agua.



**Figura 3.8** *Punto de agua.*

**Fuente:** (El autor)

Las áreas verdes de la Facultad Técnica disponen de un punto de agua en la mitad, la cual está instalada con una tubería de ½” de diámetro.

## CAPÍTULO 4.

### DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO E HIDRÁULICO.

#### 4.1 Sistema Hidráulico.

##### 4.1.1 Datos del Fluido.

Tabla 4.1 Datos del fluido.

Densidad	998 Kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad dinámica	1,102 E-3 Kg/m.s
Viscosidad cinemática	1,007 E-6 m <sup>2</sup> /s
Peso específico	9789 N/m <sup>3</sup>

Fuente: El autor

##### 4.1.2 Selección de la Boquilla.

La selección se realiza revisando el catálogo y escogiendo la boquilla de acuerdo a la altura que se requiera alcanzar.

Tabla 4.2 Listado de boquillas.

DEFO part no.	inlet n.p.t. / b.s.p. m-male f-female	suction strainer openings required	a	b	c (I.D.)	d	spray height	5'	10'	15'	20'	30'	40'	50'
NEA012	1/8" (m)	.065"	1-7/8"	1/2"	.125"	15°	gpm head spread	0.7 8' 1"	1.0 14' 1"					
NEA025	1/4" (m)	.090"	2-1/4"	3/4"	.187"	18°	gpm head spread	2.2 8' 6"	2.8 14' 6"	3.3 20' 6"				
NEA037	3/8" (m)	.125"	2-3/4"	1"	.250"	18°	gpm head spread	3.6 8' 6"	5.1 14' 6"	6 20' 6"	6.5 27' 6"			
NEA050	1/2" (m)	.190"	3-1/2"	1"	.375"	15°	gpm head spread	5.0 8' 6"	7.5 14' 8"	10 20' 20"	12.5 27' 20"			
NEA075	3/4" (f)	.125"	4"	2-1/4"	.250"	15°	gpm head spread	3 8' 8"	5 15' 8"	6 28' 20"				
NEA078	3/4" (m)	.250"	3-7/8"	1-1/2"	.500"	12°	gpm head spread	11.4 8' 12"	16.5 15' 30"	19.5 21.5' 33"	22.9 29' 36"			

Fuente: (CRYSTAL FOUNTAINS)

Donde: \*NEA= National Education Association.

En este caso se selecciona la boquilla que tiene un alcance de 3 metros de agua puesto que debe ser menor a la altura de la pared frontal que es de 4,80 metros.

**Tabla 4.3** Datos técnicos de boquilla seleccionada

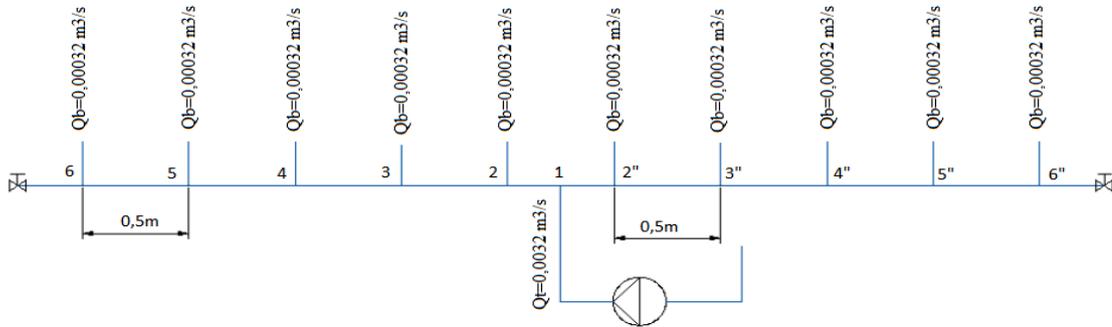
<b>Nombre</b>	Plume Jet
<b>Serie</b>	NEA -075
<b>Caudal</b>	5 GPM=3,2E-3 m <sup>3</sup> /s
<b>Presión requerida</b>	15'=4,57 m H <sub>2</sub> O
<b>Altura de chorro</b>	10'=3m H <sub>2</sub> O
<b>Diámetro de acople</b>	¾"
<b>Propagación del chorro</b>	8"

Fuente: (CRYSTAL FOUNTAINS)

#### 4.1.3 Cálculo del Diámetro de la Tubería Principal.

Para hallar el diámetro de la tubería principal se requiere de dos variables como son el caudal total y la velocidad del flujo. Para obtener el caudal total se suma los caudales de los 10 chorros de agua:

$$Q_t = Q_{z1} + Q_{z2} + Q_{z3} + Q_{z4} + Q_{z5} + Q_{z6} + Q_{z7} + Q_{z8} + Q_{z9} + Q_{z10}$$



**Figura 4.1** Tubería Principal.

**Fuente:** (Cabrera)

Al tener un valor de caudal igual en cada boquilla, que se obtiene por medio de los datos técnicos de la boquilla, se puede simplificar la expresión anterior, quedando de la siguiente manera:

$$Q_t = 10(Q_z)$$

$$Q_t = 10\left(3,2E^{-4} \frac{m^3}{s}\right)$$

$$Q_t = 3,2E^{-3} \frac{m^3}{s}$$

Para el valor de la velocidad del flujo se requiere tener en cuenta tres aspectos importantes:

1. La velocidad del flujo incrementa cuando se disminuye el área del recorrido, o viceversa.
2. Las pérdidas de fricción y la caída de presión aumentan cuando se incrementa la velocidad.

3. Al escoger ductos más grandes, para conseguir velocidades bajas y con eso evitar las pérdidas de fricción y caída de presión, produce un alto valor económico, por lo que son más costosos.

Por lo tanto, no es tan fácil seleccionar el valor de velocidad del flujo óptimo por lo que se recurrió a la tabla 4.4 recomendada para sistema de fluidos de potencia, la cual es un resultado de la toma de datos del flujo volumétrico de muchas bombas centrífugas disponibles comercialmente.

**Tabla 4.4** Rangos recomendados de velocidad.

Tipo de servicio	pie/s	m/s
Líneas de succión	2-4	0.6-1.2
Líneas de retorno	4-13	1.5-4
Líneas de descarga	7-18	2-5.5

**Fuente:** (Mott, 2006)

Para este sistema se selecciona 1.5 m/s, puesto que es la línea de retorno hacia las tuberías secundarias.

Ecuación para calcular el diámetro

$$D_{Tp} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$$

$$D_{Tp} = \sqrt{\frac{4 * 3,2E^{-3} \frac{m^3}{s}}{\pi * 1,5 \frac{m}{s}}}$$

$$D_{Tp} = 0,052m$$

El valor de los diámetros hallados, se debe acomodar a los valores comerciales existentes en el mercado.

**Tabla 4.5** Datos comerciales de tubería principal.

Diámetro Calculado	Diámetro Comercial Nominal	Diámetro Interior Nominal	Espesor Pared Nominal	Presión de trabajo
52 mm	63mm	57 mm	3mm	181 PSI

Fuente: (PLASTIGAMA, 2014)

#### 4.1.4 Cálculo del Diámetro de la Tubería Secundaria.

Para este cálculo ya disponemos tanto de la velocidad de flujo y el caudal de cada boquilla para hallar el diámetro de la tubería secundaria.

$$D_{Ts} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$$

$$D_{Ts} = \sqrt{\frac{4 * 3,2E^{-4} \frac{m^3}{s}}{\pi * 1,5 \frac{m}{s}}}$$

$$D_{Ts} = 0,017m$$

El valor de los diámetros hallados, se debe acomodar a los valores comerciales existentes en el mercado.

**Tabla 4.6** Datos comerciales de tubería secundaria.

Diámetro Calculado	Diámetro Comercial Nominal	Diámetro Exterior Nominal	Diámetro Interior Nominal	Presión de trabajo
17 mm	3/4"	26,58 mm	18,76mm	200 PSI

Fuente: (HOLVIPLAS S.A.)

#### 4.1.5 Datos Técnicos de la Tubería.

Tabla 4.7 Datos técnicos de la tubería.

Material de la tubería	PVC
Longitud de la tubería	6 m
Rugosidad de la tubería	$\varepsilon = 0,0015mm$

Fuente: (HOLVIPLAS S.A.)

#### 4.1.6 Pérdidas de Energía en la Tubería Principal debido a la Fricción.

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Mott, 2006})$$

Donde:

- $f$  = Factor de fricción.
- $L$  = Longitud de la tubería.
- $D$  = Diámetro interno de la tubería.
- $V$  = Velocidad promedio del fluido.
- $g$  = Aceleración gravitacional.

Para lo cual, debemos realizar el siguiente procedimiento para hallar los parámetros que son parte de la fórmula:

##### 4.1.6.1 Velocidad Promedio del Fluido.

Este parámetro se calcula a partir del concepto de caudal:

$$Q = AV$$

De donde:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Para esto, se necesita calcular el área de la tubería:

$$A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$A = \pi \left(\frac{0,057}{2}\right)^2$$

$$A = 2,55E^{-3}m^2$$

Luego, se procede a calcular la velocidad promedio del fluido utilizando el caudal total y el área calculada:

$$V = \frac{3,2E^{-3} \frac{m^3}{s}}{2,55E^{-3}m^2}$$

$$V = 1,25 \frac{m}{s}$$

#### 4.1.6.2 Determinación del Número de Reynolds.

$$N_R = V \frac{D}{\gamma}$$

$$N_R = 1,25 \frac{m}{s} \left( \frac{0,057m}{1,007E^{-6} \frac{m^2}{s}} \right)$$

$$N_R = 70754,71$$

#### 4.1.6.3 Cálculo del Valor de la Fricción.

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 \left(\frac{D}{\varepsilon}\right)} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 \left( \frac{57\text{mm}}{0,0015\text{mm}} \right)} + \frac{5,74}{70754,71^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0,019$$

Al haber obtenido los parámetros, se reemplaza para calcular las pérdidas de energía de la tubería principal:

#### 4.1.6.4 Pérdida de Energía del Tramo Critico 1-6

(Ver Figura 4.1)

$$hf = 0,019 * \frac{2,25\text{m}}{0,057\text{m}} * \frac{\left(1,25 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9,78 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$hf_{1-6} = 0,059\text{mH}_2\text{O}$$

#### 4.1.6.5 Pérdida de Energía del Tramo de Retorno

$$hf = 0,019 * \frac{4,3\text{m}}{0,057\text{m}} * \frac{\left(1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9,78 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$hf_{\text{retorno}} = 0,165\text{mH}_2\text{O}$$

#### 4.1.6.6 Pérdida de Energía del Tramo de Succión.

Tabla 4.8 Datos técnicos de la tubería de succión.

Diámetro	0,070 m (seleccionar un valor comercial mayor al de la tubería de retorno )
Longitud	2,05 m
Velocidad (ver tabla 4.4)	1,20 m/s
Área	$A = \pi \left(\frac{0,07}{2}\right)^2 = 3,84E^{-3}m^2$
Número de Reynolds	$N_R = 1,20 \frac{m}{s} \left(\frac{0,07m}{1,007E^{-6} \frac{m^2}{s}}\right) = 83416,08$
Factor de Fricción	$f = \frac{0,25}{\left[\log\left(\frac{1}{3,7 \left(\frac{0,07mm}{0,0015mm}\right)} + \frac{5,74}{83416,08^{0,9}}\right)\right]^2}$ $f = 0,018$

Fuente: El autor.

$$hf = 0,018 * \frac{2,05m}{0,07m} * \frac{\left(1,20 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9,78 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{fsuccion} = 0,039mH_2O$$

#### 4.1.6.7 Las Pérdidas en los Tramos.

Utilizando la fórmula anterior, tomando las distancias de las longitudes del trayecto de la figura 4.1, obtenemos:

\* En sistemas de tuberías serie, la pérdida de energía total es igual a la suma de las pérdidas de energía de cada tramo. (Mott, 2006).

**Tabla 4.9** Pérdidas en los tramos de la tubería principal.

Tramo 1-2= 1"-2"	0,0066mH <sub>2</sub> O
Tramo 2-3= 2"-3"	0,013mH <sub>2</sub> O
Tramo 3-4= 3"-4"	0,013mH <sub>2</sub> O
Tramo 4-5= 4"-5"	0,013mH <sub>2</sub> O
Tramo 5-6= 5"-6"	0,013mH <sub>2</sub> O
Tramo Retorno	0,165mH <sub>2</sub> O
Tramo Succión	0,039mH <sub>2</sub> O
Sumatoria de las pérdidas de energía de Tubería Principal	0,263mH <sub>2</sub> O

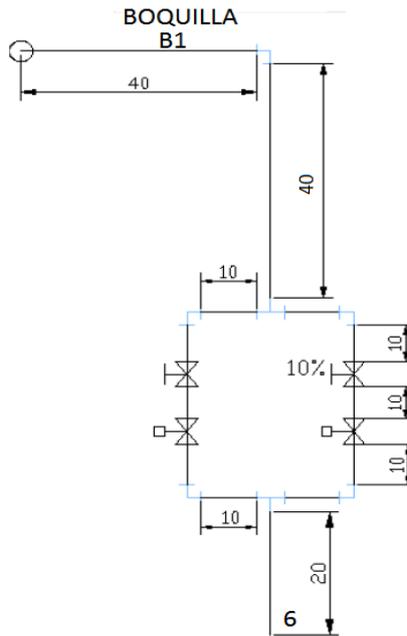
**Fuente:** El autor.

#### 4.1.7 Pérdidas de Energía en la Tubería Secundaria.

Tabla 4.10 Datos técnicos de la tubería secundaria.

Caudal	$3,2E^{-4} \frac{m^3}{s}$
Diámetro	0,01876m
Longitud	1,50 m
Área	$A = \pi \left( \frac{0,01876m}{2} \right)^2 = 2,76E^{-4}m^2$
Velocidad	$V = \frac{Q}{A} = \frac{3,2E^{-4} \frac{m^3}{s}}{2,76E^{-4}m^2} = 1,16 \frac{m}{s}$
Número de Reynolds	$N_R = 1,16 \frac{m}{s} \left( \frac{0,01876m}{1,007E^{-6} \frac{m^2}{s}} \right) = 21610,32$
Factor de Fricción	$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 \left( \frac{18,76mm}{0,0015mm} \right) + \frac{5,74}{21610,32^{0,9}}} \right) \right]^2}$ $f = 0,025$

Fuente: El autor.



**Figura 4.2** Tubería secundaria.

Fuente: (Cabrera)

**Tabla 4.11** Porcentaje de apertura de válvulas de globo-Numeración de electroválvulas.

100	10	90	20	80	30	70	40	60	50	50	60	40	70	30	80	20	90	10	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Fuente: El autor.

#### 4.1.7.1 Pérdida de Energía en cada Tramo.

$$hf = 0,025 * \frac{1,50m}{0,01876m} * \frac{\left(1,16 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9,78 \frac{m}{s^2}}$$

$$hf_{6-B1} = 0,137mH_2O$$

En sistemas de tuberías en paralelo, la pérdida de energía total es igual a la pérdida de energía en un tramo. (Mott, 2006). Entonces, la pérdida de energía en la tubería secundaria es **0,137mH<sub>2</sub>O**.

#### 4.1.8 Pérdida Total de Carga en la Tubería.

$$hf_T = hf_{TP} + hf_{Ts}$$

$$hf_T = 0,263mH_2O + 0,137mH_2O$$

$$hf_T = 0,399mH_2O$$

#### 4.1.9 Pérdidas de Carga en las Válvulas y Accesorios.

La fórmula para calcular la pérdida de carga en un accesorio que fue mencionada en el capítulo 2 es:

$$h_l = k \frac{v^2}{2g}$$

- $k$  = Coeficiente de resistencia.
- $v$  = Velocidad promedio.
- $g$  = Gravedad.

El coeficiente de resistencia es adimensional por lo que es una constante de proporcionalidad entre la pérdida de energía y la carga de velocidad, este valor se puede revisar en el catálogo o calculado por medio de la fórmula que corresponde a ese accesorio. Para lo cual se realizara el cálculo correspondiente a cada accesorio y válvula:

##### 4.1.9.1 Pérdida de Energía por T Reductora.

En el sistema se necesita distribuir el caudal principal a las diez boquillas, puesto que el caudal se vuelve menor, se requiere de la contracción súbita en la tubería, de diámetro mayor que es el diámetro de tubería principal ( $D_p$ ) a un

diámetro menor que es el diámetro de tubería secundaria ( $D_s$ ), el coeficiente se calcula mediante esta fórmula:

$$K = \frac{\left[1 - \left(\frac{D_s}{D_p}\right)^2\right]}{2}$$

$$K = \frac{\left[1 - \left(\frac{0,0187m}{0,057m}\right)^2\right]}{2}$$

$$K = 0,45$$

Habiendo hallado el valor del coeficiente de resistencia procedemos a calcular la pérdida de carga por la contracción:

$$h_{l_t} = 0,45 \left( \frac{\left(1,16 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9,78 \frac{m}{s^2}} \right)$$

$$h_{l_t} = 0,030mH_2O$$

#### 4.1.9.2 Pérdida de Energía por T Estándar.

Este accesorio se encarga de distribuir el flujo del centro a las boquillas.

$$K = 20 * f_T$$

$$f = 0,019$$

$$K = 20 * 0,019$$

$$K = 0,38$$

Luego se calcula la pérdida de carga producida por una T:

$$h_{l_t} = 0,38 \left( \frac{\left(1,25 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9,78 \frac{m}{s^2}} \right)$$

$$h_{l_T} = 0,030 m H_2O$$

#### 4.1.9.3 Pérdida de Carga por T Estándar en 3/4".

Este accesorio constituye la entrada y salida del conjunto de válvulas de la tubería secundaria.

$$K = 20 * f_T$$

$$f_T = 0,025$$

$$K = 20 * 0,025$$

$$K = 0,5$$

Luego se calcula la pérdida de carga producida por una T estándar en 3/4":

$$h_{l_t} = 0,5 \left( \frac{\left(1,16 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9,78 \frac{m}{s^2}} \right)$$

$$h_{l_t} = 0,034 m H_2O$$

#### 4.1.9.4 Pérdida de Carga por Codo Estándar.

Para este proyecto se requiere de 5 codos para conectar los tramos que conducen a la boquilla, puesto que se requiere formar un sistema de tuberías en paralelo, para tener dos vías para el fluido.

$$K = 30 * f_T$$

$$f = 0,025$$

$$K = 30 * 0,025$$

$$K = 0,75$$

Luego se calcula la pérdida de carga del codo estándar:

$$h_{l_c} = 0,75 \left( \frac{\left(1,16 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9,78 \frac{m}{s^2}} \right)$$

$$h_{l_c} = 0,051 mH_2O$$

#### 4.1.9.5 Pérdida de Carga por Codo a 90° de Radio Largo.

Para el sistema se requiere de 3 codos de 2" para conectar los tramos del retorno del fluido.

$$K = 20 * f_T$$

$$f_T = 0,019$$

$$K = 20 * 0,019$$

$$K = 0,38$$

Luego se calcula la pérdida de carga del codo estándar:

$$h_{lc} = 0,38 \left( \frac{\left(1,5 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9,78 \frac{m}{s^2}} \right)$$

$$h_{lc} = 0,043 m H_2O$$

#### 4.1.9.6 Pérdida de Energía por Válvula Doble Universal PVC.

Esta válvula servirá para la conexión de la tubería principal con la bomba, de esta forma se controla el paso del fluido en el sistema y cuando se requiera realizar un mantenimiento a la bomba. Para calcular la pérdida en la válvula nos podemos apoyar de la siguiente ecuación:

$$\Delta p = sg * \left( \frac{Q}{C_v} \right)^2$$

Donde:

- $sg$  = gravedad específica del fluido
- $Q$  = caudal Gal/min
- $C_v$  = coeficiente de flujo

**Tabla 4.12** Datos técnicos de la válvula de bola.

Datos para el calculo	
Gravedad específica del agua.	1
$C_v$ , para Válvula de Bola de 2"	170

**Fuente:** (Mott, 2006)

$$\Delta p = 1 * \left( \frac{50 \frac{Gal}{min}}{170} \right)^2$$

$$\Delta p = 0,061 \text{ mH}_2\text{O}$$

#### 4.1.9.7 Pérdida de Energía por una Electroválvula.

Tabla 4.13 Datos técnicos de la electroválvula.

Nombre	Diámetro	Voltaje	Potencia
Electroválvula CEME 8415	3/4"	220 VAC	12W

Fuente: (Hogar tintorero)

$$\Delta p = 1 * \left( \frac{5 \frac{Gal}{min}}{7,6} \right)^2$$

$$\Delta p = 0,43 \text{ Psi}$$

$$\Delta p = 0,30 \text{ mH}_2\text{O}$$

#### 4.1.9.8 Pérdida de Energía por Válvula de Globo.

Por medio de esta válvula se consigue las diferentes tipos de altura en los flujos laminares, por lo tanto es imprescindible disponer de esta válvula para el sistema. Primero se determina el valor del coeficiente de resistencia:

$$K = 340 * f_T$$

$$f_T = 0,025$$

$$K = 340 * 0,025$$

$$K = 8,5$$

Luego se calcula la pérdida de energía:

$$h_{vg} = 8,5 \left( \frac{1,16^2 \frac{m}{s}}{2 * 9,78 \frac{m}{s^2}} \right)$$

$$h_{vg} = 0,58mH_2O$$

Este valor calculado corresponde para la válvula completamente abierta pero hay que recordar que mayor resistencia, se tendrá mayor caída de presión, por lo tanto hay considerar el valor en el estado más crítico que es al 10%:

$$h_{vg} = 0,58mH_2O + 0,58mH_2O * 0,1$$

$$h_{vg} = 0,638mH_2O$$

#### **4.1.9.9 Pérdida de Energía por Válvula Check Horizontal.**

Esta válvula servirá para el caso en que la bomba se apague y el fluido quiera retornar.

$$K = 100 * f_T$$

$$f_T = 0,019$$

$$K = 100 * 0,019$$

$$K = 1,9$$

Luego se calcula la pérdida de energía:

$$h_{check} = 1,9 \left( \frac{1,25^2 \frac{m}{s}}{2 * 9,78 \frac{m}{s^2}} \right)$$

$$h_{check} = 0,15 mH_2O$$

#### 4.1.10 Valor Total de las Pérdidas de Energía correspondiente a los Accesorios, Válvulas y Electroválvulas.

**Tabla 4.14** Pérdida de energía en válvulas y accesorios.

Nombre del accesorio	Pérdida de energía unitaria	Cantidad (por recorrido del fluido)	Pérdida de energía total
T reductora	0,03	10	0,30
T estándar de 2"	0,03	1	0,03
T estándar de ¾"	0,034	20	0,68
Codo estándar de ¾" de 90°	0,051	30	1,53
Codo a 90° de 2"	0,043	4	0,17
Válvula doble universal PVC de 2"	0,061	3	0,18
Electroválvula NC de ¾"	0,3	10	3,00
Válvula de Globo de ¾"	0,638	10	6,38
Válvula Check 2"	0,15	1	0,15
Pérdida de Energía Total			12,43

**Fuente:** El autor.

#### 4.1.11 Pérdida Total de Energía de Tuberías y Accesorios.

$$hf_s = hf_T + hf_a$$

$$hf_s = 0,399mH_2O + 12,43mH_2O$$

$$hf_s = 12,83mH_2O$$

#### 4.1.12 Selección del Filtro.

El sistema requiere una previa filtración del agua para que tenga una claridad máxima, para lo cual se requiere revisar los siguientes parámetros del sistema:

- Caudal volumétrico del sistema: 50 GPM.
- Presión de descarga: **10,32 mH<sub>2</sub>O** Presión atmosférica de Guayaquil.
- Presión de succión: **10,32 mH<sub>2</sub>O** Presión atmosférica de Guayaquil.

Por lo tanto, se procede a determinar el filtro de arena comercial que posee los siguientes datos técnicos:

**Tabla 4.15** Datos técnicos del filtro.

FILTROS CRISTAL- FLO DE ARENA DE MONTAJE SUPERIOR		
Presión Máxima	Velocidad de circulación	Arena necesario
40 PSI	60 GPM	250 libras

**Fuente:** (PENTAIR, 2015)

Se selecciona un filtro de arena por las siguientes características: (PENTAIR, 2015)

- El depósito es una sola pieza de larga durabilidad, hecho con polietileno troquelado de gran grosor.

- Es seguro ya que evita la acumulación de presión elevada de aire.
- Válvula de 6 posiciones que permite acceder a los movimientos que se requiere realizar al agua.
- Dispone un visualizador transparente para saber la condición que se encuentra el agua.
- Tiene una apariencia elegante por su terminado negro texturado.
- Dispone de un indicador de presión.

## 4.2 Cálculo del Sistema Eléctrico-Mecánico.

### 4.2.1 Cálculo de la Bomba.

#### 4.2.1.1 Altura que debe vencer la Bomba.

Para hallar este valor se utiliza la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + Hb = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + hf_s$$

Donde:

- $p$  : Presión.
- $v$  : Velocidad del fluido.
- $z$  : Altura.
- $g$  : Gravedad.
- $Hb$  : Altura que debe vencer la bomba.
- $hf_s$  : Pérdidas por fricción del sistema.

Los subíndices indican el estado inicial y final.

$$Hb = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + hf_s$$

Para este sistema hay que tomar en cuenta los siguientes puntos para resolver la ecuación:

- La presión de descarga es igual a la presión de succión.
- Las velocidades son aproximadamente iguales a cero.

Por lo tanto, la ecuación queda de la siguiente manera:

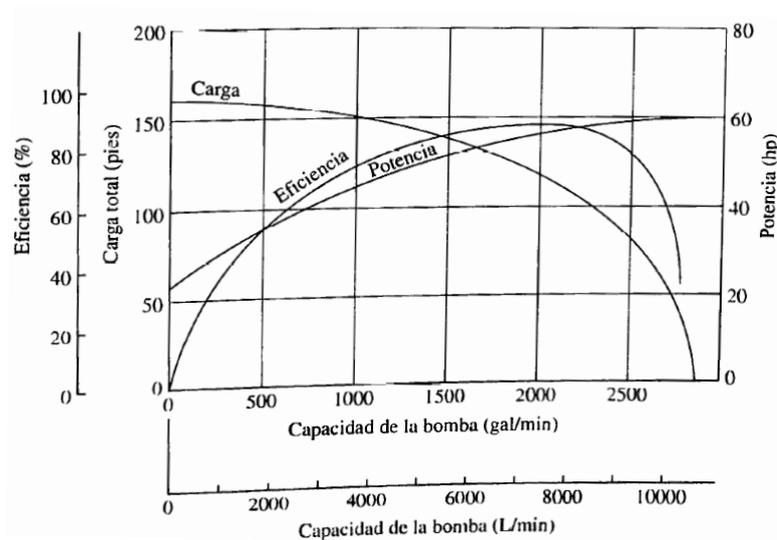
$$Hb = (z_2 - z_1) + hf_s$$

$$Hb = (1 \text{ m} - 0,50 \text{ m}) + 12,83 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$Hb = 13,33 \text{ mH}_2\text{O}$$

#### 4.2.1.2 Cálculo de la Potencia de la Bomba

Para calcular la potencia se debe fijar el valor de rendimiento, que se encuentra en el rango de 60% al 80% en bombas centrífugas.



**Figura 4.3** Gráfico de rendimiento de una bomba centrífuga.

**Fuente:** (Mott, 2006)

Para este sistema se selecciono un valor de rendimiento de 0,75. Por lo tanto, se procede a determinar la potencia mediante la siguiente expresión: (Mott, 2006)

$$P = \frac{\rho * g * Q * Hb}{n}$$

Donde:

**Tabla 4.16** Parámetros para calcular la potencia.

Parámetros	
Densidad ( $\rho$ )	$998,2 \frac{Kg}{m^3}$
Gravedad ( $g$ )	$9,78 \frac{m}{s^2}$
Caudal volumétrico ( $Q$ )	$3,2E^{-3} \frac{m^3}{s}$
Altura que debe vencer la bomba ( $Hb$ )	$Hb = 13,33mH_2O$
Rendimiento ( $n$ )	0,75

**Fuente:** El autor.

Reemplazando en la expresión, obtenemos:

$$P = \frac{998,2 \frac{Kg}{m^3} * 9,78 \frac{m}{s^2} * 3,2E^{-3} \frac{m^3}{s} * 13,33mH_2O}{0,75}$$

$$P = 555,2W$$

La potencia requerida para el sistema de flujo laminar automatizado es de 0,555 Kw.

#### 4.2.2 Selección de la Bomba.

La selección se realiza de acuerdo a los requerimientos del diseño. Por lo tanto, la bomba para este sistema tiene los siguientes datos técnicos:

**Tabla 4.17** Datos técnicos de la bomba.

Marca	Modelo	Potencia	Succión	Descarga	Tipo
Hayward	SP	¾" HP	2 ½"	2"	Centrífuga
Northstar	4007NS				

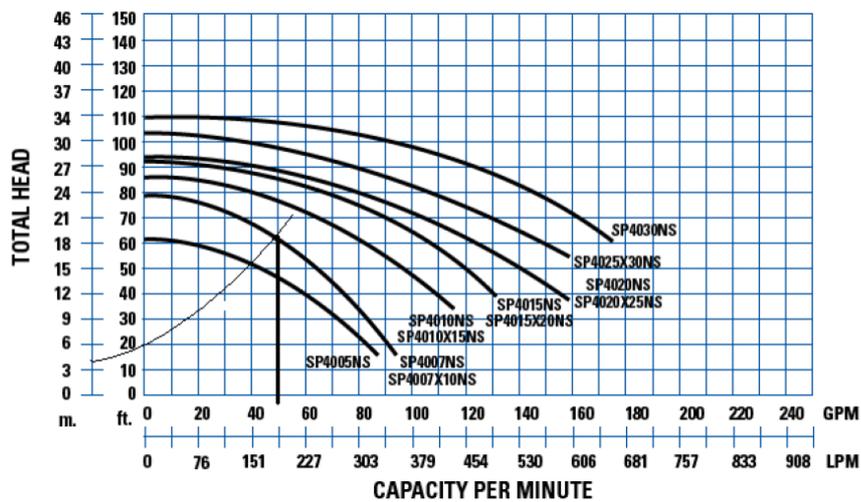
Fuente: (HAYWARD, 2010)



**Figura 4.4** Bomba "HAYWARD NORTHSTAR".

Fuente: (HAYWARD, 2010)

#### 4.2.2.1 Curva Característica de la Bomba.



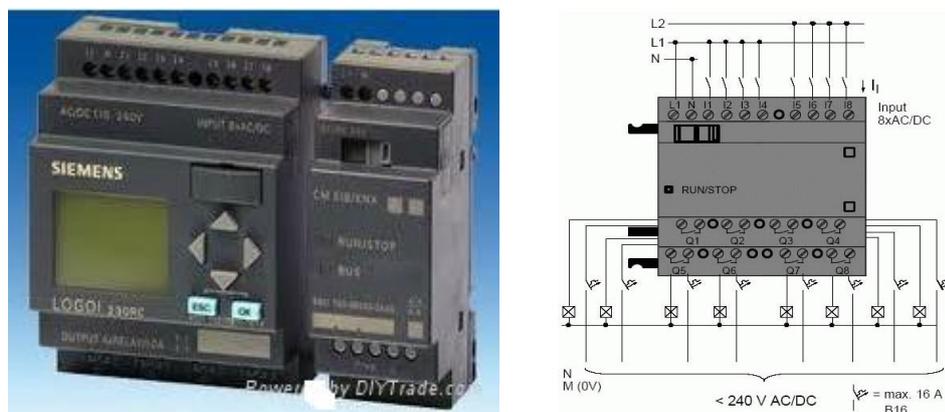
**Figura 4.5** Curva característica de la bomba.

Fuente: (HAYWARD, 2010)

Para poder realizar una selección correcta de la bomba comercial se debe observar que los 2 parámetros de la curva característica como son el caudal y la altura cumplan con los requerimientos del diseño. En este sistema, la curva de la bomba con el número de modelo SP4007 (figura 4.3) cumple con las dos condiciones tanto en los 50 GPM (eje horizontal) que requiere el diseño como en la altura que debe vencer la bomba (eje vertical) está por encima del valor hallado que es 12,83 mH<sub>2</sub>O.

### 4.2.3 Logo Siemens.

Logo es el modulo lógico universal de Siemens para electrocnetia que es utilizado para facilitar aplicaciones cotidianas en edificios, construcción de máquinas y aparatos.



**Figura 4.6** Logo 8: DM8 con modulo y DM16 230R.

**Fuente:** (SIEMENS, 2014)

El relé inteligente es el medio por el cual se puede controlar las electroválvulas, el motor de luz RGB y la bomba.

#### 4.2.3.1 Datos Técnicos.

Tabla 4.18 Datos técnicos de logo DM16 230R.

Dimensiones(AxAxP)	71,5x90x58 mm
Tensión de entrada	115 VAC/ DC a 240VAC/DC
Rango admisible	85 VAC – 265 VAC/ 100 VDC- 253VDC
Frecuencia de red admisible	47 Hz – 63Hz
Entradas digitales	8
Salidas digitales	8
Intensidad máxima por relé de salida	5 A

Fuente: (SIEMENS, 2014)

#### 4.2.3.2 Modo de Funcionamiento.

Dispone de tres modos:

- Modo programación: para crear el programa.
- Modo RUN: para dar marcha al equipo.
- Modo parametrización: para cambiar parámetros de las funciones, tiempo, relojes, etc.

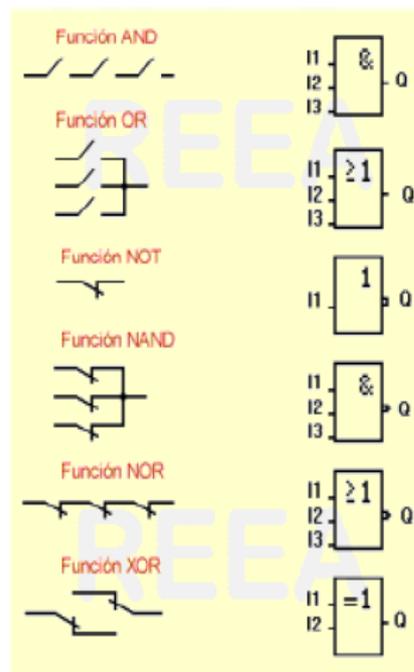
#### 4.2.3.2 Software de Programación del Logo Siemens.

Este software de programación es el LogoSoft que puede ser descargado de forma gratuita en internet, el cual presenta las siguientes ventajas: (SIEMENS, 2014)

- Observar e imprimir los diagramas realizados.

- Simulación de la programación realizada sin haber conectado el logo, esto ayuda a comprobar que funcione la programación realizada, las entradas pueden ser pulsadores o interruptores.
- Al acceder a la ayuda que dispone el programa muestra claramente como se realiza la programación.

#### 4.2.3.3 Funciones Básicas del Logo Siemens.



**Figura 4.7** Funciones Básicas.

**Fuente:** (Ulloa & Condor, 2014)

Las operaciones combinatorias se desarrollan con funciones básicas con conexión serie, paralelo, negación, etc. Como se aprecia en la figura 4.4 las compuertas AND, OR, XOR, NAND y NOR disponen de 3 entradas y 1 salida, compuerta inversora NOT dispone 1 entrada y 1 salida, la función OR exclusiva (XOR) dispone 2 entradas y 1 salida. El caso de más de 3 entradas se realizan uniones de bloques en cascada. (Ulloa & Condor, 2014)

#### 4.2.3.4 Funciones Especiales del Logo Siemens.

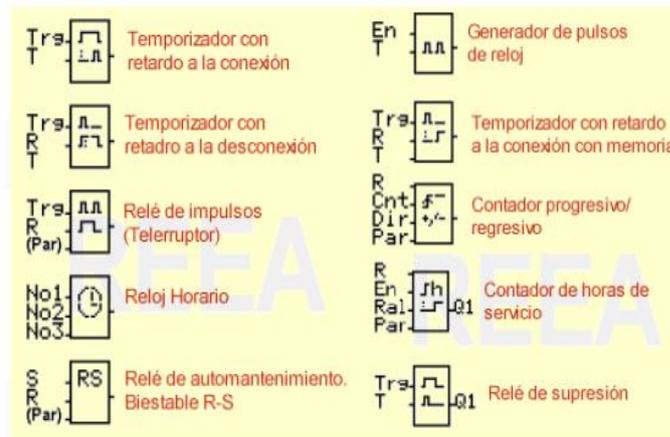


Figura 4.8 Funciones Especiales.

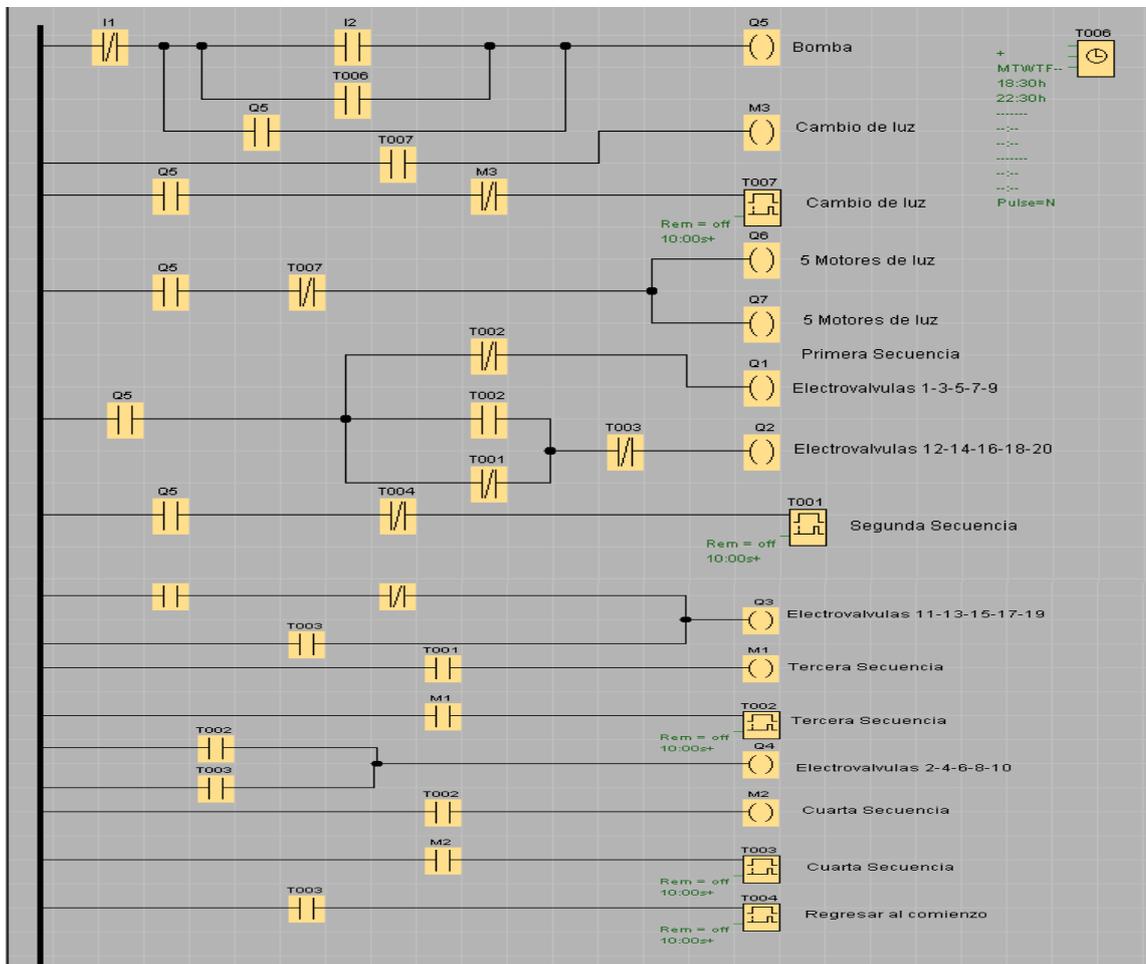
Fuente: (Ulloa & Condor, 2014)

- Temporizador con retardo a la conexión: al transcurrir un tiempo que se fija, la salida pasa de estado apagado a encendido.
- Temporizador con retardo a la desconexión: al transcurrir un tiempo que se fija, la salida pasa de estado encendido a apagado.
- Relé de impulsos: cuando la señal de TRG varía, la salida pasa de estado apagado a encendido.
- Reloj: con esta función especial se puede manejar los tiempos de activación y desactivación de la salida especificando el día y la hora con precisión.
- Relé de auto mantenimiento: en esta función se puede establecer a la vez paro-marcha, en el caso que se de  $R=1$   $S=1$  la señal que se debe tener en cuenta es R.
- Generador de Pulsos: a rangos iguales de tiempo emite señales de reloj.
- Temporizador a la conexión con memoria: se da de igual manera que en la función especial temporizador a la conexión con la diferencia que no se necesita de la la señal TRG para que se active.

- Contador de horas de servicios: por medio esta función podemos determinar el tiempo que la entrada esta accionada, unicamente se da como bloque inicial. (Ulloa & Condor, 2014)

\* Antes de revisar la programación ir a la figura 4.3 donde se encuentra el porcentaje de apertura de válvulas de globo y numeración de electroválvulas.

#### 4.2.4 Diagrama de Control.



<p><b>Diseñado por:</b>  Ángel Zamora B.</p>	<p><b>Revisado por:</b>  Ing. Héctor Cedeño A.</p>	
--	--	---

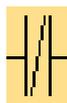
#### 4.2.4.1 Simbología y su Función dentro del Programa.

**I1** **Contacto Normalmente Cerrado:** se lo utiliza para apagar el sistema (botón de paro).  

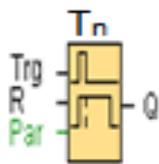

**I2** **Contacto Normalmente Abierto:** funciona para dar inicio al sistema (botón de marcha).  


**Qn** **Bobina de Relé:** este elemento es utilizado para abrir o cerrar contactos cuando se energiza y corresponde a la salida del conjunto de las electroválvulas, motores de luz y la bomba.  

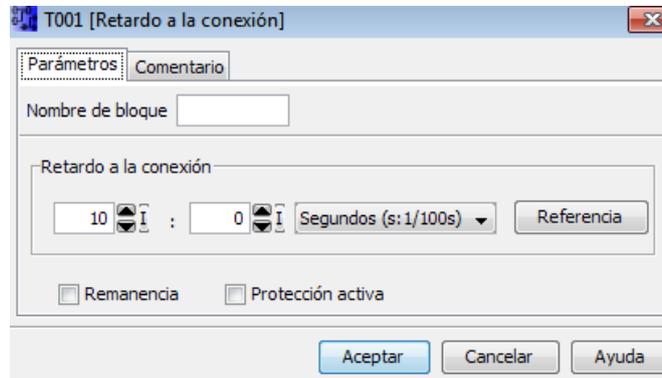

**Qn** **Contacto Normalmente Abierto:** contacto permanece abierto hasta el momento que es energizada la bobina que tiene el mismo subíndice, el contacto se cierra, vuelve a su estado inicial cuando la bobina ya no está energizada.  


**Qn** **Contacto Normalmente Cerrado:** contacto permanece cerrado, en el momento que es energizada la bobina que tiene el mismo subíndice, el contacto se abre, vuelve a su estado inicial cuando la bobina ya no está energizada.  


**Mn** **Bobina Auxiliar:** que es utilizada para dar paso a las siguientes acciones, al cambiar el estado de sus contactos de abierto a cerrado o viceversa.  

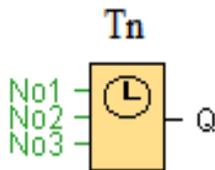

**Tn** **Temporizador Retardo a la Conexión:** al ser energizada la bobina, sus contactos se abren o se cierran después de haber transcurrido un tiempo configurado. El tiempo se establece al dar doble click en el elemento que puede ser en segundos, minutos u horas, según lo que se requiera. Para  


este sistema se definió en 10 segundos: para T1 hasta T4 para las 4 secuencias y T5 para repetir el ciclo. En el caso de T7 se estableció en 10 segundos para que con este pulso el motor de luz comience a cambiar de color.



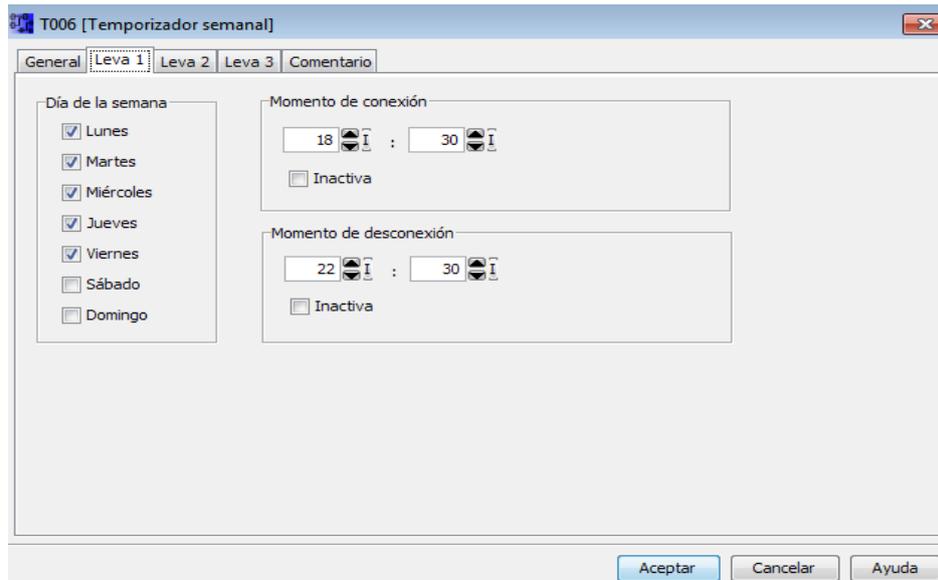
**Figura 4.9** Cuadro de los parámetros del temporizador Retardo a la conexión.

**Fuente:** (Siemens)



**Temporizador Semanal:** al ser energizada la bobina, su contacto normalmente abierto pasa a cerrarse durante el periodo programado y activar el sistema.

El periodo se puede programar dando doble click al temporizador semanal donde aparecerá este cuadro de la figura 4.9, donde se puede establecer los días, la hora de comienzo de conexión y el momento de desconexión del sistema.



**Figura 4.10** Cuadro de los parámetros del temporizador semanal.

**Fuente:** (Siemens)

#### 4.2.4.2 Explicación del Funcionamiento del Diagrama de Control.

El sistema funcionara automáticamente de lunes a viernes de 18:30-22:30 programado con el temporizador semanal T6, también se dejó la opción de poder iniciar por medio del pulsador I2 (botón de marcha), el caso que el usuario decida apagarlo lo podrá hacer mediante el contacto cerrado I1 (botón de paro). Al momento del inicio del sistema se encenderá la bomba (Q5), los 10 motores de luz (Q6 y Q7) (con el pulso generado por el temporizador T7 después de 10 segundos se alternará el color de las luces) y también se generaran las siguientes secuencias:

**1. Secuencia:** al iniciar el sistema se activa el grupo de las electroválvulas Q1 y Q2 dando como resultado en forma parabólica positivo al conjunto de flujo laminares, en este tiempo también es activado el temporizador T1 programado en 10 segundos para dar paso a la segunda secuencia.

**2 Secuencia:** Al energizarse el temporizador T1, se desactivara el grupo Q2, manteniendo en funcionamiento el grupo de Q1 y activando el grupo de Q3, dando

forma descendente al conjunto de flujos laminares, durante este tiempo también está contando el temporizador T2 que después de 10 segundos, dará paso a la tercera secuencia.

**3. Secuencia:** Al energizarse el temporizador T2, desactivara el grupo Q1 y Q3, y activa las salidas Q2 y Q4 dando una forma ascendente al conjunto de flujos laminares, en este tiempo estará contando el temporizador T3 programado en 10 segundos para dar paso a la cuarta secuencia.

**4 Secuencia:** Al energizarse el temporizador T3, desactivara el grupo Q1 y Q2, y activa las salidas Q3 y Q4 dando una forma parabólica negativa al conjunto de flujos laminares, en este tiempo estará contando el temporizador T4 programado en 10 segundos que hará repetir el ciclo de secuencias.

#### 4.2.4.3 Explicación de la Simulación.

El software también tiene un simulador donde se puede verificar la programación realizada. Para acceder a la simulación hay que dirigirse a la barra de herramientas (figura 4.10) y seleccionamos el siguiente icono .



**Figura 4.11** Barra de Herramienta del software de Logo Siemens.

**Fuente:** (Siemens)

Luego aparecera en la parte inferior del programa la barra de herramientas

de simulación, ver figura 4.11. En la cual podemos visualizar los interruptores de marcha(I2), paro(I1) que al dar click sobre ellos abrimos o cerramos según sea el caso. Y cada foco encendido indica que esta activada esa bobina y el foco apagado esta desactivada esa bobina. Tambien se encuentra 3 botones: reproducir, detener y pausa de la simulación. Por ultimo aparece la hora para ayuda del usuario si olvida que programo el temporizador semanal. Es importante mencionar que las líneas rojas indican circulación de la corriente mientras que las líneas de color azul indica que no hay paso de corriente.

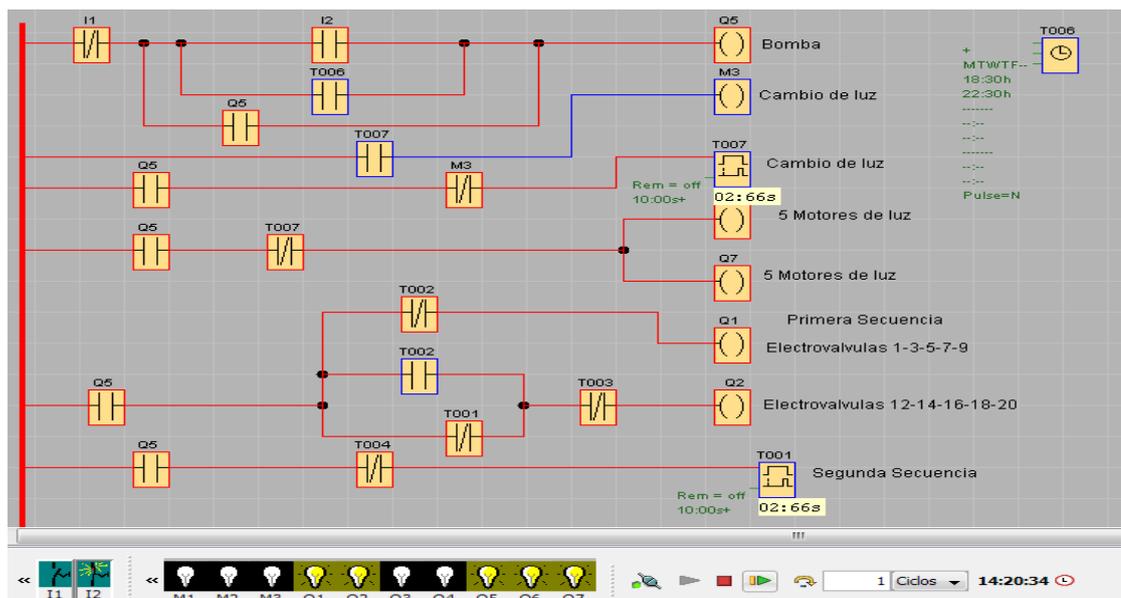
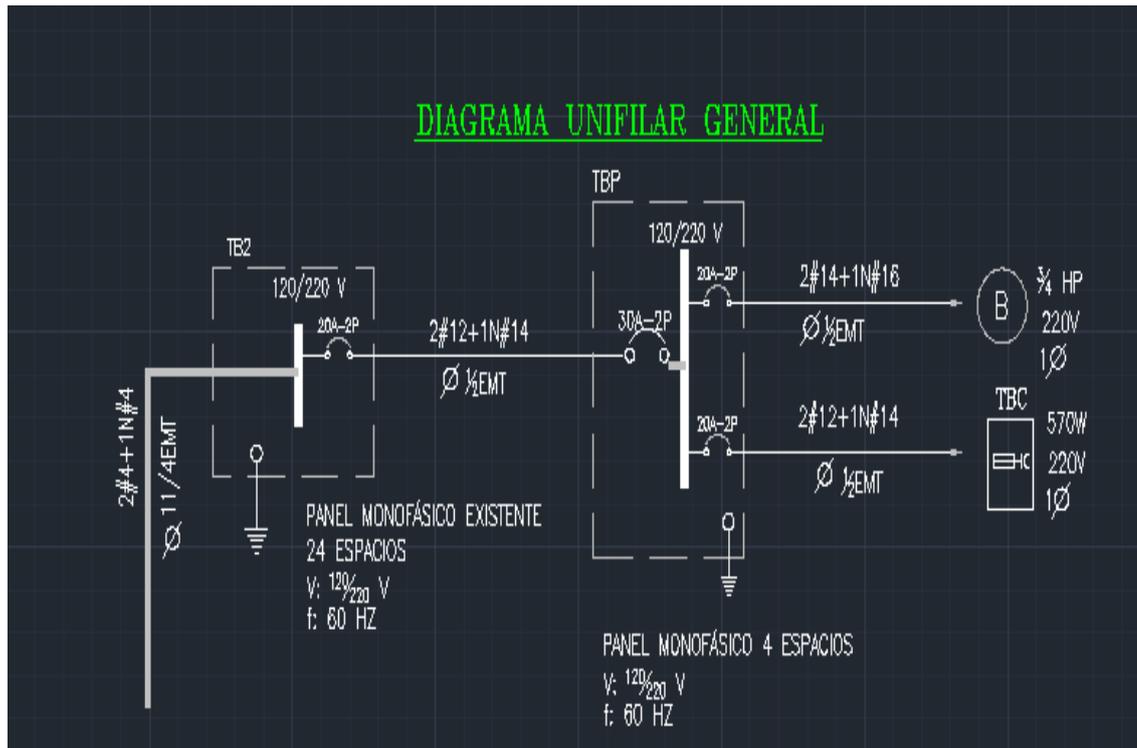


Figura 4.12 Barra de Herramientas de Simulación.

Fuente: (Siemens)

#### 4.2.4.4 Diagrama Unifilar.

Para este sistema se debe implementar un panel PBP y conectarlo al panel PB2 ubicado en el comedor del Área Administrativa de la Facultad Técnica para el Desarrollo. Las características eléctricas se pueden apreciar en la figura 4.13.



**Figura 4.13** Diagrama Unifilar.

**Fuente:** El autor

### 4.3.1 Equipo laminar Jet.

#### 4.3.1.1 Cuerpo laminar Jet.

Elemento primordial puesto que es donde se alojaran todos los elementos necesarios para conseguir el flujo laminar.

#### A. Criterios a considerar para el Diseño del Cuerpo Laminar jet.

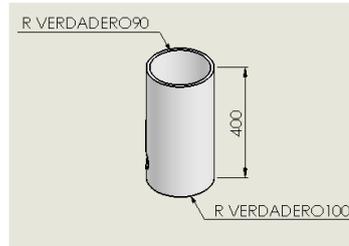
Para el diseño se debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Selección del material: Debe ser un material resistente a la corrosión y altas presiones, superficie lisa, para conseguir que el agua tenga menos turbulencia.

- Estructura del cuerpo: debe ser práctico tanto para su construcción como para acceder a la limpieza.
- Dimensionamiento apropiado: teniendo en cuenta que se pueden alojar todos los elementos.

### B. Selección del Material y Dimensiones del Cuerpo del Equipo Laminar Jet.

Teniendo en cuenta los puntos de los aspectos a considerar para el cuerpo laminar, para este diseño se selecciono una tubería de PVC, puesto que es resistente a la corrosión y a altas presiones, de 8” (200mm) de diámetro, 400 mm de longitud.



**Figura 4.14** Dimensiones de cuerpo laminar.

Fuente: (Ulloa & Condor, 2014)

### C. Datos técnicos del motor de luz RGB con LED.

**Tabla 4.19** Datos técnicos del motor de luz RGB con LED.

Dimensiones	L=178mm A=195 mm H=76 mm
Voltaje de Operación	210-240 VAC
Frecuencia de Operación	50-60 Hz
Potencia	45 W

Fuente: (Alibaba)



**Figura 4.15** *Motor RGB.*

**Fuente:** (Alibaba)

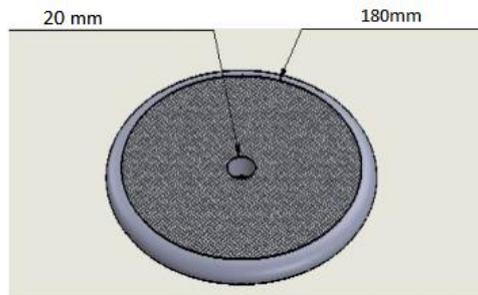
#### **D. Criterios para la Selección de los Discos de Malla.**

Los discos de malla son necesarios ya que ayudan a reducir de manera considerable la turbulencia y al tener un conjunto de estos hará que se cambie a flujo laminar puesto que por los pequeños orificios obliga a que la trayectoria del fluido sea en forma paralela. Entonces se debe tomar en cuenta los siguientes puntos para el diseño:

- La forma debe ser igual al cuerpo laminar, puesto que van alojadas dentro del mismo.
- Material de la malla debe ser resistente a la corrosión.

#### **E. Selección del Material y Dimensiones de los Discos de Malla.**

El material de acuerdo a lo antes mencionado debe ser una malla de alambre de acero inoxidable por su resistencia a la corrosión y la medida para este sistema es un diámetro de 180 mm y espesor de 10 mm en cuanto a la base, que es una chapa metálica, también material inoxidable, con un orificio central de 20 mm de longitud para el tubo de PVC que será introducido la fibra óptica que se encargara de emitir la luz del flujo laminar.



**Figura 4.16** Dimensiones de malla.

**Fuente:** (Ulloa & Condor, 2014)

#### **F. Aspectos para el Diseño de las Tapas Superior e Inferior.**

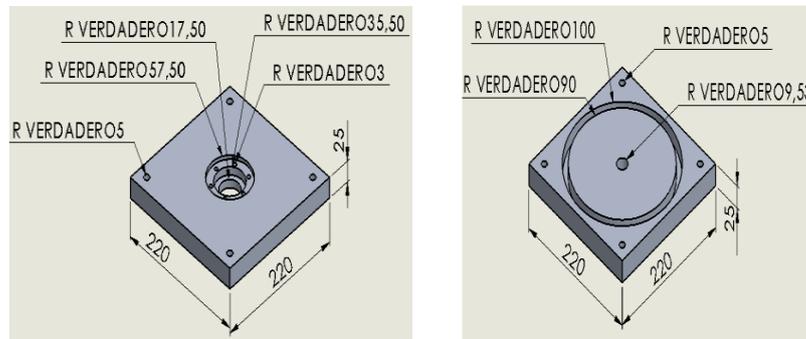
Para el diseño de este elemento se debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Las tapas superior e inferior con sus empaques o sellos debe asegurar la necesaria hermeticidad para evitar fugas de agua.
- La medida de la tapa superior debe realizarse de acuerdo a la boquilla puesto que es en donde se alojara la tobera, y de esta manera evitara las fugas.

#### **G. Selección del Material y Dimensiones de la Tapa Superior e Inferior.**

Para este sistema el material idóneo es aluminio fundido ya que es un material que permite crear elementos o revestimientos decorativos, teniendo las siguientes características: muy resistentes a la corrosión, excelentes características para soldarse al arco o soldadura fuerte, permiten ser formadas, dobladas o estampadas con facilidad. (IMEDAL, 2015)

Las dimensiones de la tapa superior e inferior son de forma cuadradas de 22 mm por 25 mm de espesor.



**Figura 4.17** Dimensiones de tapa superior e inferior.

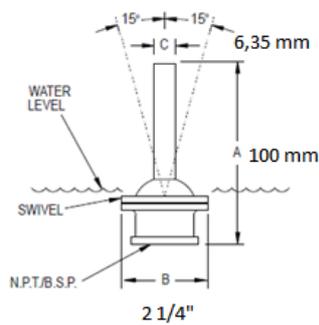
**Fuente:** (Ulloa & Condor, 2014)

## H. Criterios para Selección de la Tobera o Boquilla.

Elemento llamado también surtidor, en donde sale el fluido y modela del agua en el aire de acuerdo a dos aspectos:

- Volumen del agua de acuerdo al diámetro seleccionado.
- Forma del flujo laminar por su forma de la boquilla en su interior.

En este caso, se selecciona la boquilla al principio puesto que a partir de conocer los datos técnicos, se podrá realizar los cálculos correspondientes. Por lo tanto, en este diseño se tiene una boquilla que genera un flujo vertical, que tiene un tamaño en su entrada de 2 ¼”, una longitud de 100 mm.



**Figura 4.18** Dimensiones de boquilla.

Fuente: (CRYSTAL FOUNTAINS)

#### 4.4 Infraestructura.

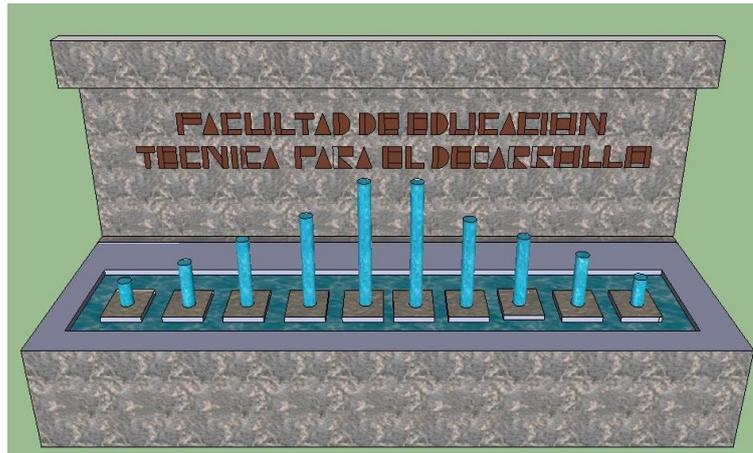
##### 4.4.1 Explicación del Software Sketch Up.

Sketch Up es un programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones para realizar diseños de arquitectura, ingeniería civil, industrial y otros. En este software se puede diseñar imágenes, figuras complejas de manera sencilla, además dispone de una galería de texturas para los terminados de los objetos. También se puede adaptar nuevas fotografías a un dibujo diseñado.

##### 4.4.2 Diseño de la Infraestructura.

Ubicación: 1,30 m de distancia entre la pared de la Administración y la infraestructura.

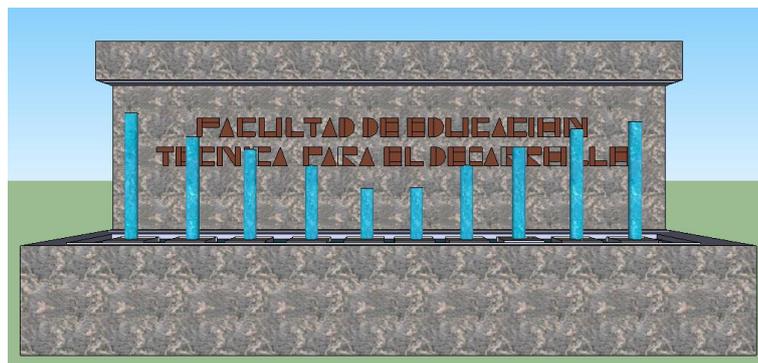
Dimensiones: Aproximadamente 5 m de ancho, 1 m de largo y 50 cm de altura.



**Figura 4.19** *Infraestructura.*

**Fuente:** El autor.

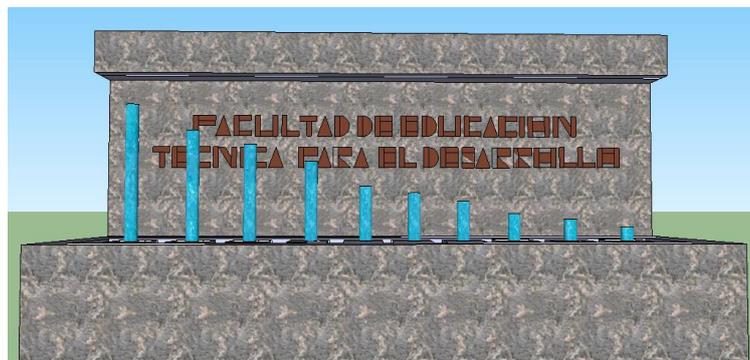
**A. Primera Secuencia.**



**Figura 4.20** *Forma Parabólica Positiva de los flujos laminares.*

**Fuente:** El autor.

**B. Segunda Secuencia.**



**Figura 4.21** *Forma Descendente de los flujos laminares.*

**Fuente:** El autor.

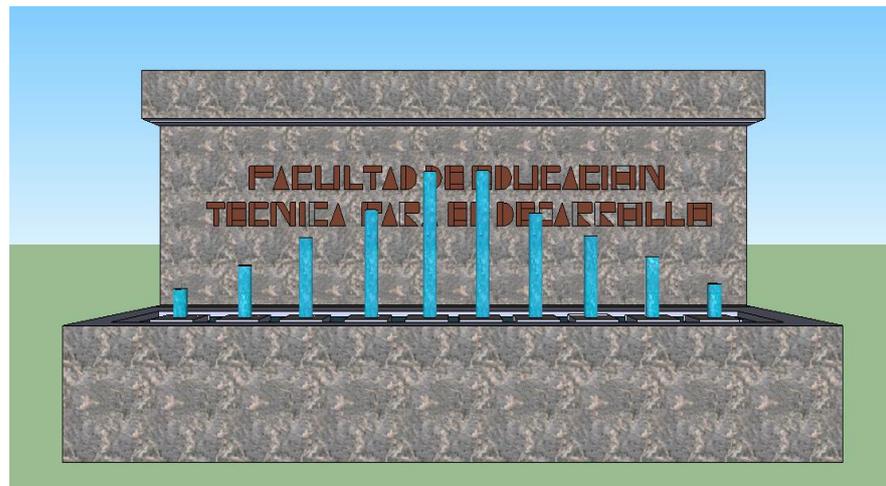
### C. Tercera Secuencia.



**Figura 4.22** Forma Ascendente de los flujos laminares.

**Fuente:** El autor.

### D. Cuarta Secuencia.



**Figura 4.23** Forma Parabólica Negativa de los flujos laminares.

**Fuente:** El autor.

#### 4.4.3 Alojamiento de Equipos.

En este cuarto se alojaran los siguientes equipos: Filtro, Bomba, transformadores y panel de control. Medidas: 80 cm de ancho, 80 cm de largo y 1 metro de altura.

Ubicación: Lado inferior este de la pared de Administración de la Facultad.

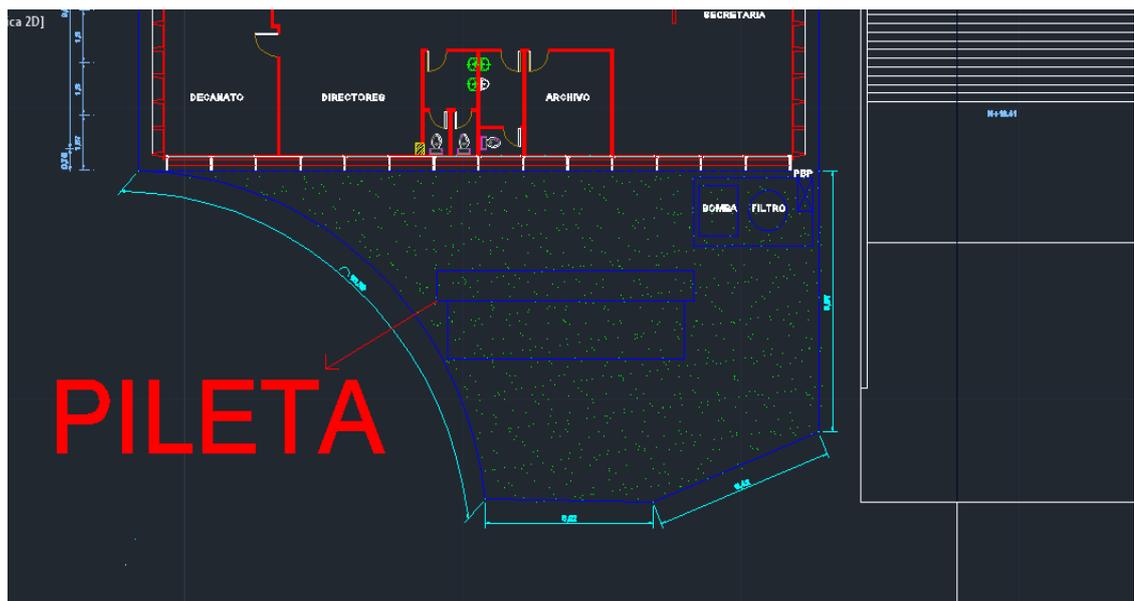


**Figura 4.24** *Cuarto de Equipos.*

**Fuente:** El autor.

#### **4.4.4 Plano de Implantación.**

Para mayor entendimiento se dispone en la figura 4.25, la ubicación de los elementos principales del sistema.



**Figura 4.25** *Plano de Implantación.*

**Fuente:** El autor.

## CAPÍTULO 5

### PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.

#### 5.1 Costos de Equipo Hidráulico.

Tabla 5.1 Costos de Equipo Hidráulico.

Item	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Bomba 3/4 Hp de caudal	1	500,00	500,00
2	Filtro de arena de 22"	1	378,00	378,00
3	T reductora de 63 mm a 25mm	10	6	60,00
4	Adaptador de 25 mm a 3/4"	10	3,4	34,00
5	T estándar de 2"	1	3,1	3,10
6	T estándar de 3/4"	20	0,6	12,00
7	Codo estándar de 3/4" de 90°	50	0,7	35,00
8	Codo a 90° de 2"	4	2,2	8,80
9	Válvula doble universal PVC de 2"	3	33,2	99,60
10	Electroválvula NC de 3/4"	20	7	140,00
11	Válvula de Globo de 3/4"	20	10,6	212,00
12	Válvula Check 2"	1	20,2	20,20
13	Tubería de 2 1/2" metros	1	17	17,00
14	Tubería de 2"	3	13	39,00
15	Tubería de 3/4"	5	7,8	39,00
16	Teflón	40	0,25	10,00
17	1/2 litro de Pegamento CPVC	1	19	19,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 1.597,70</b>

Fuente: (El autor)

## 5.2 Costos de Equipo Laminar Jet.

**Tabla 5.2** *Costos de Equipo Laminar Jet.*

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Tubo de PVC de alta presión de 8" de diámetro de 10 mm de espesor	6 m	1	250,00	250,00
2	Motor de Luz RGB con LED de 45 w	Unidad	10	80,00	800,00
3	Malla de alambre inoxidable mesh 250	M	2	27,50	55,00
4	Plancha de acero inoxidable 0,5 mm	Unidad	1	30,00	30
5	Placas de aluminio fundido de 225x225x28 mm	Unidad	2	30,00	60,00
6	Boquilla NEA 075 de 3/4"	Unidad	10	30,00	300,00
5	Varilla roscada M10	2m	1	8,60	8,6
6	Tuercas de seguridad para varilla roscada	Unidad	8	0,52	4,16
7	Pernos cabeza interior hexagonal M8	Unidad	6	0,45	2,7
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 1.510,46</b>

**Fuente:** (El autor)

### 5. 3 Costos Eléctricos, Electrónicos y de Automatización.

**Tabla 5.3** Costos eléctricos, electrónicos y de automatización.

<b>Total</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
<b>1</b>	Logo Siemens	Unidad	1	120,00	120,00
<b>2</b>	Gabinete metálico 25x25x15 doble fondo307211	Unidad	1	15,00	15,00
<b>3</b>	Pulsador CSC 22 mm verde FPB-EA1	Unidad	1	2,20	2,20
<b>4</b>	Pulsador CSC 22 mm rojo FPB-EA2	Unidad	1	2,20	2,20
<b>5</b>	Fibra Óptica PMMA con recubrimiento de PVC negro de 4 mm de diámetro	M	5	2,40	12,00
<b>6</b>	LEDs indicadores rojo y verde	Unidad	2	0,60	1,20
<b>7</b>	Transformadores de 300w/12 v- Intermatic/USA	Unidad	2	145,00	290,00
<b>8</b>	Breaker 2P-20 A	Unidad	1	15,00	15,00
<b>9</b>	Breaker 1P-40 A	Unidad	2	25,00	50,00
<b>10</b>	Cables 2C#10+1T#10	M	100	2,50	250,00
<b>11</b>	Cables 2C#16	M	105	2,50	262,5
<b>12</b>	Tubería de 1/2" EMT	M	7	3,83	26,81
<b>13</b>	Tubería de 1" EMT	M	2	8,46	16,92
<b>Total</b>					<b>\$ 1.063,83</b>

**Fuente:** (El autor)

## 5.4 Costos de Materiales.

Tabla 5.4 Costos de materiales.

Item	Descripción	Valor Total
1	Costos de materiales para el equipo laminar Jet	1510,46
2	Costo de materiales para el sistema de impulsión del agua	1597,70
3	Costo de materiales eléctricos, electrónicos y de control de funcionamiento	1063,83
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 4.171,99</b>

Fuente: (El autor)

## 5.5 Costos de Mano de Obra.

Tabla 5.5 Costos de mano de obra.

Denominación	Descripción	Valor Total
Mecánico	Torneado de las tapas superior e inferior y boquilla	200,00
	Construcción de los discos de malla metálica	120,00
	Construcción de la estructura de acople	30,00
Albañil	Fundir las paredes encofradas con hormigón	450,00
Técnico Hidráulico y eléctrico	Instalación del sistema de tuberías y parte eléctrica	1200,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 2.000,00</b>

Fuente: (El autor)

## 5.6 Costos Directos.

Tabla 5.6 *Costos directos*

<b>Denominación</b>	<b>Valor Total</b>
Costo de materiales	4171,99
Costo de mano de obra	2000,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 6.171,99</b>

Fuente: (El autor)

## 5.7 Costos Indirectos.

Tabla 5.7 *Costos indirectos.*

<b>Denominación</b>	<b>Valor Total</b>
Costos por ingeniería	\$ 740,64
Costos por imprevistos	\$ 50,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 790,64</b>

Fuente: (El autor)

## 5.8 Costo Total.

Tabla 5.8 *Costo total.*

<b>Denominación</b>	<b>Valor Total</b>
Costos directos	\$ 6.171,99
Costos indirectos	\$ 790,64
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 6.962,63</b>

Fuente: (El autor)

## 5.9 Cronograma de Ejecución.

**Tabla 5.9** Cronograma de Ejecución.

Cronograma de Actividades	Recursos humanos	1 Mes				2 Mes			
		1	2	3	4	1	2	3	4
<b>1. Adecuación del terreno</b>									
1.1 Indicar en el piso las dimensiones según el plano	Albañil	x							
1.2 Remover la tierra del terreno	Albañil	x							
<b>2. Construcción e instalacion del sistema de tuberías</b>									
2.1 Enmallado (Armado de hierro)	Albañil	x							
2.2 Ubicación de las tuberías que conecta Tubería Descarga-Boquillas	Técnico Hidráulico	x							
2.3 Elaborar el encofrado	Albañil	x							
2.4 Pasos de caña (para señalar el paso de la tubería de la boquilla)	Técnico Hidráulico	x							
2.4 Fundir las paredes encofradas con hormigon	Albañil		x						
2.5 Instalación de las tuberías secundarias de 3/4" con sus válvulas y solenoides	Técnico Hidráulico		x						
2.6 Instalación de tuberías eléctricas para cables de solenoides y su cableado	Técnico Eléctrico			x					
2.7 Instalación de las tuberías secundarias de 2" con sus válvulas y accesorios	Técnico Hidráulico			x					
2.8 Unir las tuberías de 3/4" y 2"	Técnico Hidráulico			x					
2.9 Armar los equipos laminares	Mecánico				x				
2.10 Conectar los equipos laminares	Técnico Hidráulico				x				
2.11 Instalación de la tubería de succion de 2" con sus válvulas y accesorios	Técnico Hidráulico					x			
2.12 Ejecutar los terminados de la fuente	Albañil					x			
<b>3 Instalación Eléctrica del sistema</b>									
3.1 Fijar el tablero de control	Técnico Eléctrico						x		
3.2 Conexión de la red pública al tablero de control	Técnico Eléctrico						x		
3.3 Alojjar y conectar el logo siemens al tablero de control	Técnico Eléctrico						x		
3.4 Conectar los transformadores y cables de las electroválvulas	Técnico Eléctrico						x		
3.5 Conectar la bomba	Técnico Eléctrico						x		
<b>4 Conexión de Hardware</b>									
4.1 Conectar el logo Siemens al computador	Ingeniero							x	
4.2 Comprobacion de luces y funcionamiento	Ingeniero							x	

**Fuente:** (El autor)

## **CAPÍTULO 6.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **6.1 Conclusiones.**

Se constato que el módulo lógico de Siemens es un equipo idóneo para dar una variación llamativa al diseño de flujo laminar, con el cual se puede tener el control del sistema, al que se le estableció que funcione de lunes a viernes de 18:30-22:30, tiempo donde se produce un cambio de luces y 4 secuencias alternadas. La principal ventaja del equipo es que se puede programar el funcionamiento sin la adquisición del mismo, solo adquiriendo su software de forma gratuita en la página de Siemens.

El software del equipo además permite simular el diagrama de control realizado, para probar que el sistema realizará sus acciones de acuerdo al diseño que se planeo. Después de la verificación, se podrá transmitir la programación al equipo, que puede ser visualizado en el Display. El equipo también dispone de botones, donde nos permite hacer cambios en el sistema si desea el cliente.

Para desarrollar el diseño del sistema hidráulico se recopiló los datos y fórmulas del marco teórico, que son conocimientos adquiridos durante la carrera, específicamente en la materia de mecánica de fluidos, con lo cual se puede concluir que esta tesis sirve como guía para que el estudiante conozca una de las tantas aplicaciones que puede realizar al término de sus estudios universitarios.

Se puede inferir que el estudio de esta tesis no solo encierra una materia, sino que incluye conceptos y cálculos eléctricos, que fueron necesarios para determinar las dimensiones tanto del conductor, ducto eléctrico y la potencia que consumirá el transformador y la bomba. También se hace mención a la aplicación de la fibra

óptica en la electricidad. Cabe recalcar que fue importante conocer los detalles técnicos para hacer una selección correcta y los parámetros más relevantes esta el voltaje de operación, corriente admisible y la potencia que consume al equipo.

Además se pudo determinar los puntos necesarios a tomar en cuenta al realizar el diseño del sistema hidráulico, como son los parámetros que debe cambiar para mejorar la pérdida de fricción y la caída de presión que influyen en el cálculo de la potencia de la bomba. La ventaja que se presentó es que se puede obtener en el catálogo, las pérdidas de fricción de los accesorios, con esto se ahorra tiempo al efectuar los cálculos del diseño.

Por medio del cronograma de ejecución se pudo determinar las actividades como su orden, el elemento humano que se necesita para cada acción y el tiempo que durara aproximadamente la tarea.

## **6.2 Recomendaciones.**

Luego de elaborar el levantamiento de información del lugar se puede evidenciar que puede realizar cambios el cliente, al ejecutar el proyecto, estas modificaciones deben ser en la ubicación de las partes eléctricas o en las partes civiles pero no en el sistema hidráulico ya que si influye la distancia en los valores ya establecidos, por la pérdida de fricción. Se aconseja ubicar el panel de control en control de cátedra para dar mayor facilidad al manipular el sistema, cabe mencionar que el diseño se estableció para que este en el cuarto de bomba, si se desea este cambio debe adicionarse el costo del ducto y el cableado que se necesita para llegar al lugar mencionado.

Se recomienda que para la construcción del proyecto, se debe dirigir al análisis de costos de esta tesis para conocer los materiales que se utilizan, para así

primero buscar en algunos lugares donde se puede adquirirlos, evaluar los precios y así reducir costos directos, ya que en este caso se realizó una proforma en un solo lugar.

Debería llevarse un registro del mantenimiento que se realiza al sistema para asegurar el funcionamiento correcto del sistema. Cuando se realiza la limpieza del sistema se debe cambiar el cabezal del filtro a la opción de retrolavado, con lo cual se removerá la suciedad y por medio del visualizador transparente que incluye en el equipo, se podrá observar cuando el agua ya está libre de impurezas, para volver a la opción de filtrado. Cada vez que se modifique la posición del cabezal del filtro debe hacerse con la bomba apagada. También es recomendable que al operar el filtro asegurarse que el indicador de presión este en cero. Para hacer más confiable este mantenimiento debe existir exclusivamente una persona que domine las instrucciones que están detallados en el manual del equipo.

Es importante que durante el proceso de construcción de la parte civil del proyecto se tenga en cuenta que se debe dejar espacio necesario, para comprobar que las válvulas de globo de las tuberías secundarias que estén abiertas de acuerdo al porcentaje establecido en el diseño, cuando se requiera cambiar una electroválvula dañada y para poder efectuar el mantenimiento de los equipos laminares jet.

## REFERENCIAS.

- Mott, R. (2006). *Mecánica de los Fluidos*. México D.F.: PEARSON EDUCATION.
- Ulloa, N., & Condor, R. (2014). *Pontificia Universidad Católica del Perú*. Obtenido de  
de  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4783/BARB  
OZA\\_ANDERSON\\_SISTEMA\\_FALLAS\\_BOMBA\\_CENTRIFUGA.pdf?se  
quence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4783/BARB_OZA_ANDERSON_SISTEMA_FALLAS_BOMBA_CENTRIFUGA.pdf?sequence=1)
- Young, H., & Roger, F. (2009). *Física Universitaria, SEARS-ZEMANSKY*. Mexico:  
PEARSON EDUCACION.
- Camaraza, Y., Landa, J., Lopez, D., & Garcia, O. (2010). Obtenido de  
<http://ojs.uo.edu.cu/index.php/tq/article/viewFile/2725/2243>
- Miliarium*. (2008). Obtenido de  
[http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.  
asp](http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.asp)
- Gonzalez, M. (23 de Agosto de 2011). Diagrama de Moody.
- PENTAIR. (2015). *Pentair*. Obtenido de  
<http://www.pentairpool.com/pdfs/354554.F%20Dynamo.pdf>
- Rengifo, A., & Lopez, L. (2011). *Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabì*.  
Obtenido de [http://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/26000/1063/1/T-  
ULEAM-031-0007.pdf](http://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/26000/1063/1/T-ULEAM-031-0007.pdf)
- Tonato, J. (2010). *Escuela Politécnica del Ejército*. Obtenido de

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3075/1/FT-ESPEL-0761.pdf>.

Tobía, G. (2008). *Universidad de Oriente “Núcleo de Anzoátegui” de Venezuela*.

Obtenido de <http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/308/1/Tesis-IM008-T80.pdf>

Álvarez, R. (2012). *Universidad Nacional de Ingeniería de Perú*.

Obtenido de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/343/1/alvarez\\_cr.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/343/1/alvarez_cr.pdf).

## **GLOSARIO.**

**Bomba Centrífuga.-** Es una máquina que ejerce fuerza sobre un fluido por medio de la presión atmosférica u otra hacia un grupo de paletas en rotación que viene a ser un impulsor que descarga el fluido a una presión más alta y a mayor velocidad en su periferia.

**Factor de Fricción.-** es función de la rugosidad de la tubería ( $\epsilon$ ) y del número de Reynolds (Re).

**Pérdida de Energía por fricción.-** estas pérdidas corresponden a la fricción interna del fluido (viscosidad) y a la fricción del fluido con las paredes rugosas de la tubería.

**Temporizador.-** es un aparato con el que podemos regular la conexión ó desconexión de un circuito eléctrico después de que se ha programado un tiempo. El elemento fundamental del temporizador es un contador binario, encargado de medir los pulsos suministrados por algún circuito oscilador, con una base de tiempo estable y conocida

**Fibra óptica.-** Filamento de material dieléctrico, como el vidrio o los polímeros acrílicos, capaz de conducir y transmitir impulsos luminosos de uno a otro de sus extremos; permite la transmisión de comunicaciones telefónicas, de televisión, etc., a gran velocidad y distancia, sin necesidad de utilizar señales eléctricas.

**Osmosis.-** Difusión que tiene lugar entre dos líquidos o gases capaces de mezclarse a través de un tabique o membrana semipermeable.

Diodo LED.- El LED (Light-Emitting Diode: Diodo Emisor de Luz), es un dispositivo semiconductor que emite luz incoherente de espectro reducido cuando se polariza de forma directa la unión PN en la cual circula por él una corriente eléctrica.

Peso específico.- Se le llama peso específico a la relación entre el peso de una sustancia (P) y su volumen (V).