

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y  
LA FUENTE DE AGUA SECUENCIAL CON ILUMINACIÓN”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**JARAMILLO GONZÁLEZ JULIAN CRISTOPHER**  
**jul.jaramillo@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. RODAS BENALCÁZAR ANA VERÓNICA**  
**ana.rodas@epn.edu.ec**

**QUITO, AGOSTO 2013**

## DECLARACIÓN

Yo, Julian Cristopher Jaramillo González, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Julian Cristopher Jaramillo González

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Julian Christopher Jaramillo González, bajo mi supervisión.

---

Ing. Ana Rodas.  
DIRECTOR DEL PROYECTO

## AGRADECIMIENTO

Sería equivocado una revocación al reconocimiento de la gracia de Dios, a su amor, a su determinismo, a su perdón. Esclarecer que es él, un ser único e intrínseco en cada persona que permite crear, soñar y realizar todo lo que deseemos con el alma.

Agradezco a mi Dios, a mi todo, a mi esperanza de vida, a mi mundo girando a su alrededor. Conmuevo todo lo que fue posible e intangible de conseguir por sus bendiciones y apoyo mi confianza en seguir en busca de su camino.

Entiendo el amor, la dedicación y el esfuerzo de mi madre, como la mayor valía de ella para conmigo. Agradecerle por ser mi fuente de energía, el sentimiento y reflejo propio del amor, la esencia del vivir y para que vivir, el instante justo de la felicidad, mi maestra aquí en la tierra.

Apersonar a mi padre como el ser incondicional, amoroso, y comprensivo que me ha acompañado en mi vida, que me ha enseñado lo valioso que puede llegar a ser un instante de la misma si haces lo que amas. Dejar de lado lo opaco que puede subsistir, para tener el valor y la paciencia de continuar una vez más. Agradezco su amor, agradezco su creación, su idea, el hecho mismo de haber sido parte de su inconsciente y del reflejo de un sueño anhelado.

A mi hermanita por el ser tan especial que es. Por entregarme su amor y protección a pesar de su corta edad. Por preocuparse y cuidar más de mí que yo de ella, por abrazarme cuando lo necesito, por permitirme encontrar en ella mi mejor alumna el momento de enseñar.

A cada uno de los Ingenieros de la Escuela Politécnica Nacional que tuve la oportunidad de conocer, como de aprender sus ideas plasmadas al enseñar, por ser guías de emprendimiento más que de conocimiento, por mostrarnos el mundo al que debemos aspirar y que se permite anhelar.

Acentuando mi agradecimiento a la Ingeniera Ana Rodas, quien me ha permitido nombrarla como Director de mi Proyecto de Titulación y ha sido parte determinante de contribución y formación para la elaboración del mismo.

De sobremanera darle las gracias; al apoyo y el cariño de mi tío Alfonso Cajamarca, representante principal de su empresa Acqua Corphitec, por su ideología y gran conocimiento implantado para la realización de este proyecto, por su absoluta repercusión en mi ser para emprender nuevas metas en la vida, por el gran ejemplo que delimita con todo su desempeño y calidad lograda durante años en su trabajo. Y sobre todo por brindarme su confianza para poder realizar mi trabajo de Tesis, en su empresa.

Al Sr. Ángel Hidalgo, por permitirse ayudar, colaborar y compartir su conocimiento en cada una de las áreas adicionales para la creación de este proyecto y por ser un gran amigo participante para este objetivo.

Sin olvidar a cada ser allegado a mi vida; amigos, primos, familiares, que me han ayudado directa o indirectamente a mantenerme en pie en busca de un objetivo importante, el mismo que es parte de un gran sueño.

## DEDICATORIA

Mi más grande deseo es dedicarle a mi madre no sólo esta pequeña parte de mi carrera profesional, de los objetivos trazados y conllevados a cumplirlos. Es dedicarle con todo el amor, un hecho real plasmado de lo que ella ha querido y esperado de mi persona, de un mundo que rige cada una de sus enseñanzas, de una alegría acompañada de un buen vivir, de la nostalgia de cada risa, conversación, beso y abrazo vividos con ella. Del soliloquio separado que he sabido comprender de la formación que ella ha hecho de mí, de su amor abnegado, de su bendita consagración como el ser más importante en mi vida.

Dedicarle una meta más, de muchos sueños por cumplir aún. Irrumpen en lo insólito de creer que lo hice solo, más la realidad es que nada de lo que he avanzado, de lo que he retrocedido, de lo que se ha sumado y restado a la postre, es parte suya también.

Me ha enseñado a tornar toda situación mala en buena y todo lo bueno en mejor, a sacarle provecho de cada situación que la vida me ha permitido tener y aprender a dejar de lado secuelas innecesarias, me ha enseñado que lo más valioso es el amor y que lo más triste es no sentirlo. Lo ha definido todo tan bien, que el hecho de una dedicatoria sería superflua, pues ya lo ha planeado todo para mí.

Te nombro a ti mi madre, a quien amo, a quien admiro, a quien quiero tener hasta después que te vayas, a quien quiero sentir hasta cuando no estés, a ti la única persona destinada para estar conmigo. A ti, a quien Dios me regaló como privilegio en la tierra para hacer la diferencia.

Simplemente a ti, que no eres mi modelo a seguir, sólo el dogma que siento creer.

# CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE FUENTES DE AGUA CON ILUMINACIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 FUENTES DE AGUA</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Tipos de fuentes de agua [1]</b> .....	<b>3</b>
1.2.1 De interior .....	3
1.2.1.1 Ubicadas en mesa de escritorio .....	3
1.2.1.2 Ubicadas en el piso .....	4
1.2.1.3 Empotradas en la pared.....	4
1.2.2 De exterior .....	4
1.2.2.1 Cascadas .....	4
1.2.2.2 Rocas .....	5
1.2.2.3 Ornamentos.....	5
<b>1.3 Fuentes de agua danzantes secuenciales</b> .....	<b>6</b>
1.3.1 Iluminación fuentes de agua secuenciales .....	7
<b>1.4 Iluminación LED [2]</b> .....	<b>7</b>
1.4.1 LED.....	7
1.4.1.1 Intensidad y alimentación LED [3] .....	8
1.4.1.2 LED's RGB .....	10
1.4.1.3 Ventajas iluminación LED .....	11
1.4.1.4 LED's en fuentes de agua [5] .....	12
<b>1.5 Iluminación dicróica</b> .....	<b>13</b>
1.5.1 Dicroísmo y dicroico [6].....	14
1.5.2 Tipos y características dicroicas [7].....	14
<b>1.6 Chorros de agua en fuentes secuenciales</b> .....	<b>18</b>
1.6.1 Elementos e instrumentos para la creación de chorros de agua y fuentes de agua18	
1.6.1.1 Chorros de agua cristalina [9].....	18
1.6.1.2 Chorros de agua espumosos [10].....	23
1.6.1.3 Chorros de agua pulverizados [11].....	26
<b>1.7 Bombas de abastecimiento del agua [12]</b> .....	<b>27</b>
1.7.1 Bombas sumergibles .....	28
1.7.2 Bombas centrífugas.....	28
1.7.3 Múltiples .....	29
1.7.4 De columna .....	30

<b>1.8</b>	<b>Proyecto a desarrollar .....</b>	<b>30</b>
	<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>31</b>
	<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DE LA FUENTE DE AGUA .....</b>	<b>31</b>
<b>2.1</b>	<b>Diseño de la estructura mecánica de la fuente secuencial con iluminación .....</b>	<b>32</b>
<b>2.2</b>	<b>Dimensiones de la estructura.....</b>	<b>33</b>
2.2.1	Vista aérea.....	33
2.2.2	Vista frontal .....	35
2.2.3	Vista lateral .....	35
2.2.4	Volumen de la fuente .....	37
<b>2.3</b>	<b>Dimensionamiento de las bombas a utilizar.....</b>	<b>39</b>
2.3.1	Estimación del diámetro de tubería .....	40
2.3.2	Caudal .....	43
2.3.3	Carga hidráulica .....	43
2.3.3.1	Altura estática .....	44
2.3.3.2	Pérdidas de carga .....	45
2.3.3.2.1	Pérdidas por fricción .....	47
2.3.3.2.2	Pérdidas locales .....	50
2.3.3.3	Altura representativa de velocidad .....	54
<b>2.4</b>	<b>Potencia de la bomba.....</b>	<b>54</b>
<b>2.5</b>	<b>Electroválvulas con solenoides .....</b>	<b>57</b>
<b>2.6</b>	<b>Tipos de electroválvulas con solenoides.....</b>	<b>58</b>
<b>2.7</b>	<b>Selección de las electroválvulas con solenoide .....</b>	<b>59</b>
2.7.1	Selección de la electroválvula a trabajar.....	59
2.7.1.1	Especificaciones electroválvula.....	60
<b>2.8</b>	<b>Dimensionamiento elementos del tablero de control (Hardware) .....</b>	<b>61</b>
<b>2.9</b>	<b>Siemens LOGO .....</b>	<b>62</b>
2.9.1	Componentes .....	62
2.9.2	Características .....	63
2.9.3	Logo 230RC – 230RC0 .....	63
2.9.3.1	Cuadro datos técnicos.....	63
2.9.3.2	Módulo de expansión DM 8 230 R .....	64
2.9.4	Diagrama de entradas y salidas.....	65
2.9.5	Circuitos de fuerza bombas.....	67

2.9.6	Circuitos de fuerza electroválvulas y balastros para iluminación.....	68
<b>2.10</b>	<b>Contactores electromagnéticos.....</b>	<b>69</b>
2.10.1	Partes de contactor .....	69
2.10.2	Especificaciones y datos técnicos del contactor .....	70
2.10.2.1	Tipo de contactor .....	70
2.10.2.2	Valores nominales .....	72
2.10.2.3	Clase de servicio .....	75
<b>2.11</b>	<b>Relés.....</b>	<b>76</b>
2.11.1	Relé térmico de protección .....	76
2.11.1.1	Datos técnicos de los relés térmicos.....	77
2.11.1.2	Dimensionamiento relé térmico de protección.....	77
<b>2.12</b>	<b>Disyuntores.....</b>	<b>78</b>
2.12.1	Características a dimensionar disyuntor .....	79
<b>2.13</b>	<b>Interruptores.....</b>	<b>80</b>
2.13.1	Interruptor encendido LOGO.....	80
2.13.2	Interruptor On .....	80
2.13.3	Interruptor Off.....	81
2.13.4	Interruptores de paro de motores .....	81
<b>2.14</b>	<b>Pulsadores .....</b>	<b>82</b>
<b>2.15</b>	<b>Luces de señalización .....</b>	<b>82</b>
<b>2.16</b>	<b>Desarrollo del tablero de control.....</b>	<b>86</b>
2.16.1	Exteriores tablero control.....	86
2.16.2	Interiores tablero control.....	87
<b>CAPÍTULO 3.....</b>		<b>91</b>
<b>DESARROLLO DEL SOFTWARE DE CONTROL .....</b>		<b>91</b>
<b>3.1</b>	<b>Características solución LOGO software.....</b>	<b>92</b>
<b>3.2</b>	<b>Desarrollo del software .....</b>	<b>92</b>
3.2.1	Encendido de motores.....	92
3.2.2	Diagrama de flujo general y encendido de motores.....	93
3.2.3	Paros de bombas .....	93
3.2.4	Diagrama de flujo interrupciones externas paro de bombas.....	94
3.2.5	Regulación tiempos de secuencia. ....	95
3.2.6	Diagrama de flujo regulación tiempos de secuencia.....	96
3.2.7	Reset tiempos y apagado de secuencia anterior.....	97

3.2.8	Secuencias de control para chorros de agua .....	98
3.2.8.1	Primera secuencia.....	98
3.2.8.2	Segunda secuencia.....	99
3.2.8.3	Tercera secuencia .....	100
3.2.8.4	Cuarta secuencia.....	101
3.2.8.5	Quinta secuencia.....	102
3.2.9	Secuencias de control para chorros de agua .....	103
3.2.10	Control de apertura y cierre de electroválvulas .....	106
3.2.10.1	Electroválvulas pentágono.....	106
3.2.10.2	Diagrama de flujo electroválvulas pentágono .....	107
3.2.10.3	Electroválvula chorro anillo .....	108
3.2.10.4	Diagrama de flujo electroválvula chorro anillo.....	109
3.2.10.5	Electroválvula chorro central.....	109
3.2.10.6	Diagrama de flujo electroválvulas chorro central.....	110
3.2.11	Control lámparas de iluminación .....	110
3.2.11.1	Diagrama de flujo control de iluminación.....	112
3.2.12	Control de encendido de bombas dentro de secuencias.....	112
3.2.13	Diagrama de flujo encendido y apagado de bombas. ....	113
3.2.14	Paro general .....	114
3.2.14.1	Diagrama de flujo interrupción externa paro general.....	114
3.2.15	Visualizaciones en pantalla.....	114

## **CAPÍTULO 4..... 116**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS ..... 116**

#### **4.1 Pruebas de funcionamiento..... 117**

4.1.1	Construcción de la fuente.....	117
4.1.2	Pruebas de diseño de canalización.....	118
4.1.3	Tratado de los problemas de canalización .....	119

#### **4.2 Pruebas de elevación de agua con las bombas ..... 120**

4.2.1	Tratado de los problemas de elevación de agua .....	121
4.2.2	Pruebas de secuencias de chorros .....	123
4.2.2.1	Primera prueba de chorros.....	123
4.2.2.2	Tratado del problema de repartición de flujo de agua.....	123
4.2.2.3	Segunda prueba de chorros.....	124
4.2.2.4	Tratado del problema de alturas de chorros en sección pentágono .....	124
4.2.2.5	Tercera prueba de chorros .....	125
4.2.2.6	Tratado del problema de forma de chorro central .....	125
4.2.3	Pruebas de secuencias de iluminación .....	126
4.2.3.1	Primera prueba de iluminación.....	126
4.2.3.2	Tratado problema de apagado de iluminación en horario de encendido .....	127

<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>128</b>
<b>ANÁLISIS ECONÓMICO Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO</b> .....	<b>128</b>
<b>5.1 Análisis económico</b> .....	<b>129</b>
<b>5.2 Evaluación del proyecto</b> .....	<b>129</b>
5.2.1 Referencias estructurales .....	129
5.2.2 Software de control .....	131
5.2.3 Análisis de recursos .....	132
<b>5.3 Presupuesto del proyecto</b> .....	<b>133</b>
5.3.1 Diseño ornamental .....	133
5.3.1.1 Detalle instrumentos ornamentales (Arquitectura fuente).....	133
5.3.2 Diseño hidráulico .....	133
5.3.2.1 Detalle instrumentos hidráulicos .....	133
5.3.3 Diseño electrónico .....	134
5.3.3.1 Detalle elementos control .....	134
5.3.4 Diseño iluminación .....	135
5.3.4.1 Detalle instrumentos iluminación.....	135
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>137</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>137</b>
<b>6.1 Conclusiones</b> .....	<b>138</b>
<b>6.2 Recomendaciones</b> .....	<b>140</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>142</b>

## RESUMEN

En la actualidad la versatilidad, el avance tecnológico y el desarrollo electrónico en el diseño y construcción de fuentes luminosas, ha crecido de sobremanera, lo que ha hecho que las encontremos, en centros publicitarios y comerciales, en parques, establecimientos residenciales, sitios públicos, en todos aquellos lugares en los que se desea atraer la atención para promover el mercado o impulsar el desarrollo de alguna actividad, y en si como atracción turística y también local.

Este proyecto abarca el diseño e implementación del sistema de control de una fuente luminosa completa con chorros de agua secuenciales, sistema controlado de iluminación basado en luces dicroicas, y LED's.

No se establece un estándar de instrumentos, equipos o sistemas de control, en cantidad, ya que lo que se busca es el control electrónico más óptimo, simple y eficiente para conseguir la creación de la fuente de agua luminosa secuencial, en un modelo propio que abastezca las cualidades más sobresalientes en diseño de fuentes, para que tenga un trabajo continuo y automático, buscando una gran atracción para el público.

Apartando cualquier tipo de estereotipo ya existente, se ha desarrollado un diseño propio, no sólo en la parte de control electrónico, en donde se ha trabajado con un PLC Siemens LOGO de tamaño pequeño y con características ajustadas para aplicaciones sencillas, novedosas y de bajo costo. Se ha desarrollado un software de programación con la mayor eficiencia al utilizar de mejor manera los recursos; tanto de salidas, entradas, marcas, relés de tiempo, etc., con el objetivo de cumplir las cinco secuencias que desarrolla la fuente secuencial luminosa de manera continua.

De igual manera se ha diseñado la estructura de la fuente de agua secuencial, buscando administrar los recursos industriales, siendo un diseño propio de la empresa Acqua Corphitec como de mi persona.

Las características y particularidades que se han mencionado, llevan a esclarecer el objetivo primordial del desarrollo de este proyecto. Promover su realización y control al exhibirlo en diferentes lugares, razón por la que al ser parte de una estructura móvil puede ser trasladado.

## PRESENTACIÓN

Mencionado lo anterior como esencia general del desarrollo de este proyecto, se presenta las partes del fundamento teórico, como precedente del desarrollo e implementación para la construcción de la fuente de agua secuencial con iluminación y de su control electrónico.

En el primer capítulo, se muestra una reseña de los diferentes tipos y clases de fuentes de agua existentes en el mercado, como también los diferentes prototipos para la creación de su magia, tanto en diseño ornamental, como en instrumentación electrónica e hidráulica. Haciendo referencia de las versatilidades en la creación de los diferentes tipos de chorros, el conjunto que forman los mismos, y la armonía que presenta el trabajo ligado con la iluminación.

En el segundo capítulo, se hace referencia al desarrollo del hardware de control, para la fuente de agua secuencial, dando inicio al mismo con el diseño del tablero de control, como la especificación de los elementos de control, protección, y también del dimensionamiento de los instrumentos eléctricos a controlar, haciendo los diseños esquemáticos.

En el tercer capítulo, se tiene el desarrollo del software de control en el Siemens Logo OBA6, que es el autómata programable con el que se trabaja para poder realizar el control del trabajo de las bombas, las electroválvulas solenoides como de la iluminación de la fuente. Mostrando en este capítulo las diferentes partes del programa que permiten el control total de los elementos mencionados, así también los diagramas de flujo que permitieron la base de la realización del software. El proceso está regulado según mandos manuales para el encendido y trabajo de cada una de las secuencias establecidas, para su correcto funcionamiento y para la creación del movimiento de los chorros de la fuente de agua, los mismos que son fijados y determinados bajo el programa implementado.

El cuarto capítulo, determina cada una de las pruebas que se realiza para ajustar el funcionamiento correcto y deseado de la fuente de agua secuencial, en

instancias primeras. Desarrollando las pruebas necesarias para las diferentes secciones que forman parte sobresaliente del proyecto.

En el quinto capítulo, se tiene un análisis económico del prototipo y ciertas evaluaciones que avalan su realización y fundamenten el diseño del mismo, por otra parte se muestra el presupuesto del proyecto tomando en cuenta todos los puntos necesarios para la realización de su diseño hidráulico, ornamental y electrónico.

El sexto capítulo detalla cada una de las conclusiones obtenidas y evidentes durante la realización y desarrollo del proyecto de titulación, así como también las recomendaciones para el correcto desenvolvimiento del trabajo de la fuente de agua secuencial.

## **CAPÍTULO 1**

# **DESCRIPCIÓN DE FUENTES DE AGUA CON ILUMINACIÓN**

El presente capítulo hace una referencia descriptiva de las diferentes fuentes de agua que existen hoy en día, de los diferentes trabajos desarrollados para la creación de fuentes ornamentales, y del avance electrónico y de control para fuentes de agua secuenciales con iluminación.

## **1.1 FUENTES DE AGUA**

El agua como elemento central muestra características primordiales para poder ser tratado, trabajado y manipulado. Al ser un líquido que no presenta ningún tipo de dificultad para ser elevado y regado en diferentes direcciones, como parte decorativa y un medio de diversión; es el elemento idóneo para la creación de una fuente decorativa.

Una fuente de agua refleja de manera simple, una elaboración de diseño y atracción externa para jardines, edificaciones, hogares, centros turísticos, parques, etc. Brindando a estos lugares sensaciones de paz, tranquilidad y armonía. Aportando vida y energía, a través del movimiento del agua.

Por el auge que han alcanzado y la oportunidad que brindan para combinar con cualquier concepto de decoración, como también el poderse implementar con materiales como pizarra, piedras de río, vidrio, cobre, bambú, plantas acuáticas, acero, etc., han hecho que las fuentes de agua se hayan convertido en un producto accesible, de variados estilos y formas, atrayendo la atención de diversos tipos de personas.

El ambiente de desarrollo e implementación, han determinado los diferentes tipos de fuentes y las características que se han creado para cada una de sus partes. Por lo que se puede encontrar fuentes internas que son las más accesibles y de tamaño reducido con características apropiadas al espacio a ocupar; y fuentes externas, que brindan la mayor versatilidad y atracción por su alta capacidad de trabajo, con grandes masas de agua, acompañadas de un buen número de

chorros de agua, al estar rodeadas de sonidos agradables, una vista diferente y efectos tranquilizantes que brinda el medio ambiente.

Las fuentes más simples que sólo desarrollan chorros de agua o caídas en cascada, por el simple encendido de una bomba y fuerza de caída del agua en la misma estructura de la fuente, pueden ser instaladas fácilmente, y armadas de igual manera. Se alimenta de agua a través de una bomba, y se lleva a los picos o boquillas para darle la forma deseada a su salida. Estas diferentes boquillas intercambiables permiten variar el tipo de chorro: vertical, tipo ducha, giratorio, cáliz, etc.

## **1.2 TIPOS DE FUENTES DE AGUA [1]**

### **1.2.1 DE INTERIOR**

#### **1.2.1.1 Ubicadas en mesa de escritorio**

Las de mesa contienen pequeñas bombas, en donde el agua está recirculando dentro de la pequeña estructura (masa mínima de agua). Pueden colocarse en una mesa, escritorio, mesa de centro o aparadores. En la figura 1.1 se puede observar un ejemplo común de una fuente de mesa.



**Figura 1.1.** Fuente de mesa

### 1.2.1.2 Ubicadas en el piso

Tienen un tamaño mayor que las de mesa, se usan para aprovechar el espacio de interiores. Son más altas y añaden un centro divisor de secciones de cuartos o de estándares dentro de una sala.

### 1.2.1.3 Empotradas en la pared

Son consideradas como puntos focales, se encuentran colgadas o insertadas en una pared para ser ajustada como un cuadro con vida por el movimiento del agua y de su iluminación simple; son las más complicadas de instalar al necesitar algún sistema especial dentro de las tuberías que se tiene en la pared, La figura 1.2. indica un ejemplo común de fuente empotrada en el interior de una oficina.



Figura 1.2. Fuente empotrada en pared

## 1.2.2 DE EXTERIOR

### 1.2.2.1 Cascadas

Las de cascada son de mayor expectativa, por la fuerza con la que cae el agua, desplazará todo lo que esté a su alrededor, determinando una caída fuerte según la altura que tenga la misma; su tamaño dependerá del espacio del estanque.

Cabe mencionar que la atracción creada para este tipo de fuentes de agua, está apoyada en la forma de caída que se da al agua, la arquitectura que tendrá la misma a la salida de la cascada, y también como se trabaje la caída de la misma al suelo, produciendo los efectos deseados, por el sonido del chapoteo.

Las cascadas grandes utilizan varios desniveles con el objetivo de disminuir la velocidad de caída del agua, y bombas sumergibles, que funcionan en promedio un estimado de 12 horas diarias hasta por diez años y son de bajo consumo por el hecho de trabajar en frío. Una fuente cascada con características de rocas y ornamentos es la que se muestra en la figura 1.3.

#### **1.2.2.2 Rocas**

Son aditamentos que se colocan a las fuentes para complementarlas. Cada región dispone de rocas diferentes: granito o arenisca. Las formas redondeadas dan mejor aspecto para cascadas o estanques. Hay rocas de colores vivos, como cuarzo rosa, violeta o verde, esquistos abigarrados o veteados, rocas volcánicas o piedras calizas.

#### **1.2.2.3 Ornamentos**

En el mercado hay de todo tipo de ornamentos: estatuas, animales, troncos de madera para estanques, rocas falsas, bebederos de pájaros y puentecillos.



**Figura 1.3.** Fuente cascada

### **1.3 FUENTES DE AGUA DANZANTES SECUENCIALES**

A diferencia de las fuentes convencionales, y de lo que se ha mostrado como una fuente de agua, con las características que ésta tenga, el indicio propio de una fuente de agua danzante, o secuencial es tener un bloque de control electrónico de los instrumentos industriales con los que se trabaja, como también de su iluminación. La figura 1.4. muestra una fuente danzante, la misma que está ubicada en México en la ciudad de Toluca.



**Figura 1.4.** Fuente danzante Metepec (Toluca)

Una fuente de agua secuencial, no sólo muestra a simple vista una serie de chorros de agua, y una iluminación estética, sino más bien, permite encontrar aquella visualización de una forma domótica, llena de un gran potencial energético, llenando de vida y prosperidad a la tierra y a los que la habitan, creando formas, representación y hasta arreglos con sus chorros de agua; variando su altura, forma, dimensión, dirección de caída del chorro, etc. Así también acompañando a la estructura de la fuente, se encuentra una iluminación correspondiente a la fuerza o altura con la que el chorro esté fluyendo y cayendo en la misma, según las tonalidades o intermitencias del juego de luces.

### **1.3.1 ILUMINACIÓN FUENTES DE AGUA SECUENCIALES**

La iluminación es el efecto principal de atracción que acompaña los diferentes flujos de agua generados. Desde los conocidos halógenos en lámparas dicróicas, y sin olvidar los pequeños leds, permiten una serie de arreglos y tonalidades en colores atractivos, en la mente del ser humano. De igual forma, el poder controlar este tipo de señales luminosas por capacidad de intensidad y frecuencia de encendido de las mismas, las convierten en idóneas para su trabajo en una Fuente de Agua Secuencial.

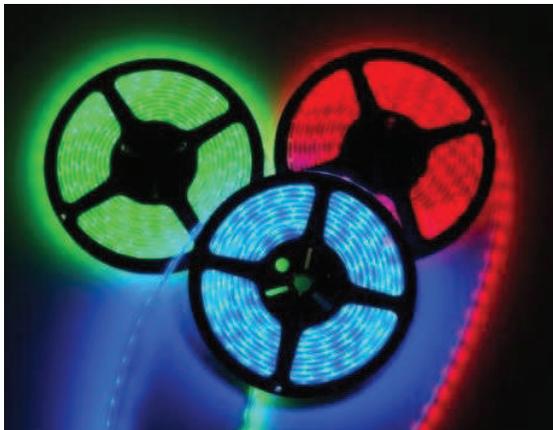
Por otro lado la combinación de colores, la arquitectura, la ubicación estructural y el direccionamiento de las luces son determinantes en el encanto y atracción, para la creación de la magia secuencial de la fuente de agua.

## **1.4 ILUMINACIÓN LED [2]**

### **1.4.1 LED**

Un LED no es más que un diodo emisor de luz. Es decir un semiconductor que emite luz policromática al trabajar con diferentes longitudes de onda, cuando está polarizado directamente y está atravesando por él una corriente eléctrica. La

figura 1.5. indica LED's de alta intensidad de diferentes colores, ubicados en ramales en serie.



**Figura 1.5.** Rollos LED alta intensidad

Al ser un diodo semiconductor que emite luz, es usado como indicador en muchos dispositivos, y cada vez con más frecuencia en iluminación, fue presentado como un componente electrónico en 1962. Los primeros LED's emitían luz roja de baja intensidad, pero los dispositivos actuales emiten luz de alto brillo en el espectro infrarrojo, visible y ultravioleta.

Como se ha mencionado, al encontrarse en polarización directa, los electrones pueden recombinarse con los huecos en el dispositivo, liberando energía en forma de fotones. Este efecto es llamado electroluminiscencia y el color de la luz, se determina a partir de la banda de energía del semiconductor. Por otra parte el área de un LED es muy pequeña (menor a  $1\text{ mm}^2$ ), y usualmente se usa componentes ópticos integrados para formar su patrón de radiación.

#### **1.4.1.1 Intensidad y alimentación LED [3]**

Acerca de la intensidad del LED, se deberá cuidar de la corriente que atravesará al mismo, evitando que se queme. Es así que cada uno de los valores que soporte deberá estar establecido por el fabricante. Los valores típicos de corriente

directa de polarización de un LED están comprendidos entre los 10 y 20 [mA] en los diodos de color rojo y entre los 20 y 40 [mA] para los otros LED.

Así también hay que tener en cuenta que el voltaje de operación va desde 1.8 a 3.8 [V] aproximadamente, lo que de igual manera estará relacionado con el material de fabricación y el color de la luz que emite.

**Tabla 1.1.** Tabla valores de alimentación LED

Alimentación: 12V			
tipo de led	Vled	corriente	resistencia
 azul / blanco alta luminosidad	3,7V	20 mA	(calculado: 415 ohm)  <b>390 ohm</b>
 rojo alta luminosidad	1,2V	20 mA	(calculado: 540 ohm)  <b>560 ohm</b>
 rojo tipo indicatore	1,2V	5 mA	(calculado: 2160 ohm)  <b>2200 ohm</b>
 verde / amarillo tipo indicatore	1,6V	5 mA	(calculado: 2080 ohm)  <b>2200 ohm</b>

De esta manera el tratado y utilización de LED's, sean individuales, en barras ó en paquetes con diferentes conexiones serie o paralelo, delimitan el uso de resistencias comunes, según el voltaje con el que se esté alimentando al conjunto de LED's. La figura 1.6. muestra una tira de iluminación, formada por LED's de alto brillo.



**Figura 1.6.** Tira LED

### 1.4.1.2 LED's RGB

Los LED's RGB son un compuesto de LED's (red, green, blue), que al variar la intensidad de corriente producen diferentes colores.

Comúnmente, existen 2 tipos de LED's RGB. Uno de 4 patas y otro de 2 patas. Tanto el LED de 2 patas como el de 4 patas, tienen 3 diodos LED internos que emiten los tres colores diferentes rojo, verde y azul.

El LED de 2 patas.- Funciona de manera habitual polarizándolo directamente, y al ser alimentado, inicia una secuencia de cambios de colores infinita, a una frecuencia preestablecida por el fabricante, ese comportamiento es determinado por un circuito integrado que posee internamente el LED.

En el LED de 4 patas de ánodo común generalmente la pata más larga es el ánodo común y las otras tres corresponden a los tres colores. Es decir un LED que unifica los tres colores y comparte un ánodo. El LED de 4 patas de cátodo común se estructura de igual manera pero asociando el cátodo de todos. La figura 1.7. permite observar un LED RGB de 2 patas.



**Figura 1.7. LED RGB**

El uso de los LED's RGB deberá estar también acorde con las características de soporte de tensión y corriente del fabricante, y para un RGB de 4 patas será necesario una resistencia para cada color, según su configuración.

Hay dos maneras de ir trabajando con los LED's RGB para poder generar una gama de colores, según las combinaciones de los tres establecidos; variando la intensidad de corriente, mediante resistencias variables que limitan la corriente de los colores (RGB), según la necesidad de combinación para formar otra tonalidad y usando la modulación de ancho de Pulso (PWM), que es la manera más efectiva para manejar los RGB y modular la intensidad de luz y el matiz de colores que se pueden crear. Se varía el ancho de pulso de la alimentación que necesita el LED a una frecuencia alta, que en percepción del ojo humano se toma como colores intrínsecos del RGB. [4]

#### **1.4.1.3 Ventajas iluminación LED**

Los diodos LED muestran grandes ventajas sobre aquellas lámparas indicadoras comunes (incandescentes).

- El principal es su bajo consumo de energía.
- Su mantenimiento es casi nulo y con una vida aproximada de 100,000 horas.
- En tamaño son más pequeños que los otros, y su durabilidad es mayor (No son frágiles).
- Son resistentes a las vibraciones.
- Reducen considerablemente la emisión de calor que produce el efecto invernadero en nuestro planeta.
- No contienen mercurio (el cual al exponerse en el medio ambiente es altamente venenoso).
- No les afecta el encendido intermitente (serie de destellos breves). Es decir pueden trabajar como luces estroboscópicas, sin reducir su vida promedio.

Algo recomendable para la protección del LED en caso de picos inesperados, que puedan dañarlo, es colocar en paralelo y en sentido opuesto un diodo de silicio común.

Por otra parte cuando se habla de LED's con potencias suficientemente altas para iluminación de interiores, se requerirá una corriente eléctrica mayor ya que su sistema electrónico va a funcionar con voltaje alterno y obviamente sistemas disipadores de calor cada vez más eficientes a comparación de bombillas fluorescentes de potencia.

#### 1.4.1.4 LED's en fuentes de agua [5]

Un punto aparte es el trabajo de LED's en una fuente de agua, ya que se utiliza primordialmente LED's que necesiten alimentación de voltajes bajos, que no muestren riesgos con cuerpo sumergido en el agua. La figura 1.8. muestra varias piscinas alumbradas en su interior con Iluminación LED, en las cuales cada piscina se ilumina con colores diferentes y su energización es de bajo voltaje para cuidar de cualquier tipo de electrocución.



**Figura 1.8.** Iluminación LED en piscinas

Esta alimentación generalmente es de 12 [V] y acompañado obviamente con estructuras herméticas (Protectores sumergibles con protección IP68 necesaria para su trabajo dentro del agua). O si se habla de tiras o hileras recubiertas de mica o aislantes.

Las luces LED sumergibles tienen un gran número de ventajas frente a la iluminación incandescente, y se pueden nombrar las siguientes:

- Las luces LED sumergibles son eficaces, ya que producen más luz por vatio que las lámparas incandescentes. Este hecho es importante entre otras cosas por la reducción del costo económico de mantenimiento que supone el uso de LED, frente a focos sumergibles incandescentes en iluminación de fuentes.
- Permiten reproducir una amplia gama de colores, sin necesidad del uso de filtros adicionales.
- Las luces LED sumergibles tienen una gran durabilidad, ya que no influye en su vida útil el número de apagados y encendidos, acciones que son frecuentes en la iluminación de Fuentes de Agua Secuenciales.
- Se puede conseguir cualquier color mediante la mezcla RGB, o el trabajo de LED's RGB.

## 1.5 ILUMINACIÓN DICROICA

En lo que refiere a luces dicroicas, cabe mencionar que las más comunes son el modelo MR16, por el bajo costo que conllevan, siendo las más utilizadas en exteriores como en interiores de hogares, pero sobre todo por su versatilidad en modelos con alimentación a 12V, que caben directamente en protectores sumergibles con protección IP68. La figura 1.9. muestra un protector IP68 para lámparas sumergibles.



**Figura 1.9.** Protector sumergible IP68 (para lámpara modelo MR16)

### 1.5.1 DICROÍSMO Y DICROICO [6]

Dentro del campo de la Óptica, el dicroísmo es la propiedad que tienen ciertos materiales, de dividir un haz de luz policromática en diversos haces monocromáticos con distintas longitudes de onda.

Etimológicamente la palabra dicroico proviene del *griego dikhroos* que en su traducción significa "dos colores", por lo que se hace a cualquier dispositivo óptico capaz de dividir un haz luminoso en dos, o más haces, con diferentes longitudes de onda. En la figura 1.10. se observa un dicroico muy común por su tipo MR16 de conexión.



**Figura 1.10.** Lámpara dicroica

Apoyado en el concepto óptico de aquellos materiales capaces de dividir haces lumínicos, se pensó en las lámparas dicroicas para el presente proyecto, las cuales se encuentran de diferentes valores de voltaje para su alimentación, es así que según la potencia requerida en la iluminación se escogerá el dicroico necesario.

Se puede encontrar desde dicroicos con alimentación alterna inmediata sin balastro, hasta alimentados con voltajes directos entre 12 y 24 *Vdc*.

### 1.5.2 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DICROICAS [7]

#### **Lámparas dicroicas residenciales**

Las dicroicas básicamente son lámparas halógenas compactas, dimerizables (se las puede añadir un dimmer o variador de tensión para controlar su intensidad).

La figura 1.11. permite ver un dicroico residencial ocupado para fijación de puntos focales en lugares céntricos de los hogares.



**Figura 1.11.** Dicroica residencial

Poseen pines con forma especial resistente a la corrosión y alta eficiencia lumínica lo que le da una vida útil de 2000 horas en promedio, con una temperatura de 3000 K.

Producen un "haz frío". El recubrimiento dicroico deja pasar la radiación infrarroja (calor) hacia atrás y refleja la radiación visible (luz) hacia adelante. Son fabricadas con tecnología de baja presión (de acuerdo con la norma IEC 357) utilizadas tanto en luminarias abiertas como cerradas.

Poseen un quemador provisto de bloqueo UV. El filtro UV absorbe la radiación ultravioleta sin cambiar la exposición. [8]

### **Lámparas dicroicas Twistline (directa a 220 Vac)**

Con similares características que las dicroicas de bajo voltaje, las Twistline, poseen una gran ventaja que es la conexión directa a la línea de 110 - 220 voltios. Sin ninguna clase de transformador, reduciendo los costos de instalación. La figura 1.12. distingue un dicroico twistline ocupado para iluminación en exteriores y lugares de atracción.



**Figura 1.12.** Dicroica twistline

Esta lámpara halógena reflectora, tiene emisor óptico centrado, en un reflector dicroico, enteramente de vidrio, que cumple la norma IEC 598 y posee filtros UV-BLOCK.

El reflector, con su recubrimiento dicroico duro, proporciona un haz bien definido y homogéneo que le confiere un aspecto atractivo, en luminarias abiertas, con brillantes efectos y una controlada fuga hacia atrás.

El vidrio frontal protege contra contactos accidentales con el emisor, manteniendo libre de humedad y polvo al reflector. Su casquillo asegura muy buena fijación al portalámparas, logrando un mejor contacto y fácil inserción y cambio en la luminaria.

### **Lámparas dicroicas AccentLine**

Tienen reflector, que consiste en un quemador halógeno de voltaje extra bajo. La figura 1.13. muestra un dicroico accent line, los cuales trabajan con dos tipos de alimentación a 12 V o con conexión directa a 110 V.



**Figura 1.13.** Dicroica accent line

Este tipo muestra un flujo luminoso constante durante su vida útil, que es de aproximadamente 3000 horas.

Tiene luz de color blanco brillante. Soporta una temperatura máxima en el bulbo de 900 °C y una temperatura máxima en el reflector de 300 °C.

### **Lámparas dicroicas BrilliantLine**

Estas lámparas son las de última tecnología, su cápsula halógena de bajo voltaje ha sido diseñada con el fin de obtener la mayor intensidad luminosa y una distribución bien definida dentro del haz de luz.

Al utilizar un vidrio frontal claro y plano se obtiene la máxima protección de la lámpara, permitiendo la apreciación de los atractivos destellos del reflector dicroico. Son de fácil montaje e instalación. Un ejemplo de dicroico brilliant line se observa en la figura 1.14.



**Figura 1.14.** Dicroica brilliant line

## 1.6 CHORROS DE AGUA EN FUENTES SECUENCIALES

El evento más preponderante, que permite la mayor atracción, magia y encanto, es el que encadena aquella gama de energías, que disipan un ambiente acompañado por una fuente secuencial, en el desempeño del agua, al crear los chorros y sus múltiples aspectos. La figura 1.15. identifica un ejemplo clásico de chorros de agua.



**Figura 1.15.** Chorros de agua

Es así que la calidad de agua, los niveles de altura que se alcance, el lazo en el que trabajen los chorros, la forma y homogeneidad de la caída de los mismos, en el espacio considerado como propio de la fuente, y la combinación de todas estas características de una manera sincronizada, determinarán la oportunidad de crear la perspectiva de imagen decorativa, enérgica y armoniosa de una fuente de agua secuencial.

### 1.6.1 ELEMENTOS E INSTRUMENTOS PARA LA CREACIÓN DE CHORROS DE AGUA Y FUENTES DE AGUA

#### 1.6.1.1 Chorros de agua cristalina [9]

Con este tipo de chorros para fuentes, se consigue que el agua fluya con un mínimo de turbulencias por el interior de la tobera, haciendo que se obtenga un efecto de chorro de agua cristalino. El objetivo es conseguir un flujo de agua transparente, lo que implica que no lleva aire en su interior. El chorro más representativo de esta tobera es el chorro cristal.

### Chorro de lanza 1

Esta serie de boquillas son las más usadas dentro del mundo de las fuentes ornamentales. Van en armonía al diámetro de salida con la conexión roscada (rosca exterior o macho). Para fabricarlas se parte de barra de latón calibrada. En la figura 1.16. se puede ver la salida de tobera que permite la creación de chorro lanza 1, y el chorro en una fuente representativa.



**Figura 1.16.** Boquilla\_Chorro Lanza 1

También tienen una rótula de giro suave con el que se consigue una inclinación máxima de  $20^\circ$ , pudiendo hacer chorros parabólicos sin necesidad de piezas adicionales. Los tamaños pequeños y medios (*de 4 a 10 mm* de salida) son adecuados para fuentes interiores, mientras que para exteriores son más adecuadas desde *10 a 19 mm*.

### Chorro de lanza 2

Al igual que las anteriores y basadas en el mismo principio de funcionamiento (columna cilíndrica ascendente) pero para grandes alturas en fuentes ornamentales de exterior. Las toberas de chorro lanza 2 son hechas de latón mediante fundición y posterior mecanizado, también provistas de rótula, pero para corregir las inclinaciones propias de la instalación y no para crear chorros de agua parabólicos, ya que sus inclinaciones no son mayores a  $8^\circ$ . En la figura 1.17. se

puede ver la salida de tobera que permite la creación de Chorro Lanza 2, y los chorros en una fuente representativa.



**Figura 1.17.** Boquilla\_Chorro Lanza 2

### **Abanico de chorros**

Esta boquilla es un colector de agua que alberga hasta 21 chorros de lanza de  $4\text{mm}$  de diámetro. La particularidad de los chorros es la divergencia entre ellos. Además, por su ángulo de salida, son también parabólicos, mostrando dos efectos: chorros de agua parabólicos y divergentes, son utilizados en fuentes de exterior como efectos secundarios.

El alcance para tener chorros compactos no debe ser mayor a  $5\text{ m}$ . En la figura 1.18. se observa la salida de tobera de creación de chorro abanico, y su chorro representativo.



**Figura 1.18.** Boquilla\_Chorro Abanico

### **Abanico laminar**

Esta boquilla para fuentes permite genera una lámina de agua estrecha en la salida, que termina ensanchándose conforme avanza su trayectoria parabólica. Es utilizada normalmente en fuentes ornamentales de exterior, combinadas con otros efectos principales. En la figura 1.19. se observa la salida de tobera que permite la creación de chorro abanico laminar y el chorro representativo.



**Figura 1.19.** Boquilla\_Chorro Abanico laminar

### **Corona de chorros**

Este conjunto de boquillas, forman colectores de chorros libres que se combinan con distintas inclinaciones, para así poder conseguir distintas caídas a distintas alturas. Estas van provistas de depresores internos para que con una sola entrada

de agua se haga una distribución interna de presiones y así conseguir coronas circulares a distintas alturas.

En la figura 1.20. Se puede observar la salida de tobera de chorro corona, y la forma del chorro representativo.



**Figura 1.20.** Boquilla\_Chorro Corona

### **Cáliz**

Con esta boquilla se puede generar una lámina de agua, que sale de la tobera con un ángulo tal que provoca un tiro parabólico. Y es en la caída cuando la lámina se rompe generando un cáliz. Genera un ruido fuerte debido a la caída del agua, por lo que es recomendable colocarla al exterior

Para esta clase de chorro la iluminación y atractivo es muy factible debido a la poca altura que se consigue con esta tobera. En la figura 1.21. se puede observar la salida de tobera que permite la creación del cáliz, y la forma del chorro en su representación.



**Figura 1.21.** Boquilla\_Chorro Cáliz

## Hongo

Con esta boquilla se puede generar una lámina de agua transparente. Su nombre se debe a la forma acampanada de dicha lámina de agua. Su resistencia al viento es escasa, aunque ésta depende del espesor de la lámina. Y el nivel de ruido pequeño lo que la hace especialmente adecuada para fuentes de interior.

En la figura 1.22. se observa las diferentes salidas de tobera que permiten la creación de Chorro Hongo, y su representación en una fuente.



**Figura 1.22.** Boquilla\_Chorro Hongo

### 1.6.1.2 Chorros de agua espumosos [10]

El objetivo de este tipo de boquillas para fuentes es el de generar chorros de agua "blancos o espumosos" en fuentes ornamentales. Para ello, es necesario generar un régimen turbulento dentro de la tobera y esto se consigue de dos maneras:

1. Que el chorro de salida arrastra una columna de agua del vaso (tubo de la tobera), para lo cual debe quedar sumergida en el agua.
2. Que el chorro mezcle aire y agua por efecto Venturi antes de salir al exterior. Se pueden combinar ambos efectos como se da en las toberas Géiser y Abeto de nieve.

## Chorro de nieve

Esta es una de las boquillas más utilizadas en fuentes ornamentales, por su sencillez de instalación y por su atractivo efecto acuático. Mezcla una gran cantidad de aire con el agua de la bomba sumergible, lo que hace parecer un generador de burbujas. El efecto es mejor al iluminar al mismo chorro, determinando una forma de perlas iluminadas. La figura 1.23. muestra la salida de tobera del chorro de nieve que puede crearlo, y la forma del mismo.



Figura 1.23. Boquilla\_Chorro Nieve

## Cascada

Otra de las boquillas utilizadas en fuentes ornamentales es la de cascada. Se instalan según el nivel de agua dado por el fabricante, para generar un cono de agua burbujeante de gran atractivo. Los niveles que pueden haber son: cono de gran altura y base pequeña, o cono de menor altura y más abierto en la base. En la figura 1.24. se puede ver las salidas de tobera que permiten la creación de chorro cascada, y las formas representativas de varios de éstos en una fuente.



**Figura 1.24.** Boquilla\_Chorro Cascada

### **Géiser**

Mediante estas boquillas, la característica del chorro de salida es una mezcla de bomba sumergible, agua del vaso y aire que generan un aspecto final del chorro semejante a un cilindro de agua blanca, como consecuencia de la mezcla aire agua.

Es necesario sumergir la salida a una determinada longitud, al arrastrar agua del vaso de la fuente ornamental (lo cual es especificado en la tabla técnica). Para medidas pequeñas ( $1/2''$  y  $1''$ ) las toberas son enteramente de latón fundido y mecanizado. Mientras que en las de mayor medida ( $1\ 1/2''$ ,  $2,2\ 1/2''$  y  $3$ ) son mezclas de acero inoxidable y latón.

En la figura 1.25. se puede ver la salida de tobera que permite la creación de chorro géiser, y el chorro en una fuente representativa del mismo.



**Figura 1.25.** Boquilla\_Chorro Geiser

## Abeto de nieve

Este tipo de boquilla genera un cono de agua. Ya que cuando se combinan los efectos de succión de aire y arrastre de agua del vaso se crean unos borbotones de agua, que generalmente se los ilumina para dar la imagen de perlas flotantes.

Requiere un estricto nivel de instalación de la tobera, ya que va totalmente sumergida a excepción del tubo por el cual se succiona aire.

En la figura 1.26. se observa las toberas de creación de chorro abeto de nieve, y una fuente con chorros representativos de este aspecto.



**Figura 1.26.** Boquilla\_Chorro Abeto de Nieve

### 1.6.1.3 Chorros de agua pulverizados [11]

El tipo de boquillas pulverizadas ayuda a generar un volumen de agua, cuyo tamaño de gota no es mayor a  $1\text{mm}$ , por lo que este tipo de chorros permite alcanzar grandes volúmenes, mas no grandes alturas. Al unir varias toberas, se consigue tener las conocidas nubes de pulverización.

## Pulverización

Este tipo de boquilla genera un gran volumen de agua pulverizada o nebulizada. Con ésta no se busca grandes alturas, sino más bien gran cantidad de volumen, por lo que son consideradas como óptimas para fuentes ornamentales con iluminación, tanto en la noche como en el día. No es aconsejable instalarlas en lugares muy abiertos, ya que debido a su gota de pequeño peso, el viento puede desbordar la fuente en la que se utilice esta tobera. La figura 1.27. muestra las toberas que crean el chorro pulverización, y una fuente con creación central de la misma con este tipo de chorros.



**Figura 1.27.** Boquilla\_Chorro Pulverización

## 1.7 BOMBAS DE ABASTECIMIENTO DEL AGUA [12]

Las bombas son elementos modernos, que para elevar agua utilizan distintos tipos de energía, transformando la energía cinética de sus álabes que mueven grandes cantidades de líquido a una velocidad tal que logra vencer la energía potencial gravitacional.

Siendo una bomba, uno de los elementos fundamentales en las fuentes de agua, donde los diferentes tipos de bombas que se utilizan para la creación de chorros son:

### 1.7.1 BOMBAS SUMERGIBLES

Utilizadas para estanques, cascadas, y múltiples usos en talleres, jardines y reservas de agua. Al ser de pequeño tamaño, son consideradas idóneas en estanques, como en fuentes que se han construido dentro de masas de agua grandes o pequeñas para su construcción. En la figura 1.28. se puede ver un ejemplo clásico de bomba sumergible, usada comúnmente en estanques.



**Figura 1.28.** Bomba sumergible

### 1.7.2 BOMBAS CENTRÍFUGAS

Estas bombas son aptas para satisfacer necesidades específicas dentro del campo industrial y agrícola, alcanzando caudales importantes a alturas manométricas medio bajas. Por poder brindar prestaciones hidráulicas de gran caudal, son utilizadas en aquellas fuentes que con un gran caudal se desea tener alturas medias, ya sea en edificaciones o parques centrales.

Pueden estar proyectadas para impulsar caudales tan pequeños como 1 gal/min. o tan grandes como 4.000.000 gal/min, mientras que la cota generada puede variar desde algunos pies hasta 400. El rendimiento de las de mayor tamaño puede llegar al 90%. [13]

El agua entra por el centro u ojo del rodete y es arrastrada por los álabes y lanzada en dirección radial. Esta aceleración produce un apreciable aumento de energía de presión y cinética. A la salida, el movimiento del fluido tiene

componentes radial y transversal. La figura 1.29. permite representar una bomba centrífuga con ingreso por rodete central, y salida de dirección radial.



**Figura 1.29.** Bomba centrífuga

En varias ocasiones son utilizadas dos clases de bombas más:

### 1.7.3 MÚLTIPLES

La unidad de bombeo consiste en una tubería de aspiración y una bomba situada bajo el nivel del agua y sostenida por la tubería de impulsión y el árbol motor, que ocupa el centro de la tubería y está conectado en la superficie al equipo motor. Son diseñadas especialmente para la elevación del agua en perforaciones angostas, por lo que sirven muchas veces para elevar agua en fuente de agua.

La figura 1.30. muestra una bomba múltiple utilizada en fuentes cuando se trata de levantar grandes cantidades de agua en fuentes de tamaños de gran consideración.



**Figura 1.30.** Bomba múltiple

#### **1.7.4 DE COLUMNA**

Este tipo de bomba es muy adecuado cuando hay que elevar un gran caudal a pequeña altura. Por esto, sus principales campos de empleo son los regadíos, el drenaje de terrenos y la manipulación de aguas residuales y también en la creación de chorros de agua en fuentes recreativas. El rendimiento de esta bomba es comparable al de la centrífuga. Por su mayor velocidad relativa permite que la unidad motriz y la de bombeo sean más pequeñas y por tanto más baratas.

### **1.8 PROYECTO A DESARROLLAR**

De esta manera lo que se busca alcanzar, dentro de una realización completa de la Fuente con chorros de agua, es mantener las secuencias variables en el tiempo, con respecto a los colores que se obtendrán de las lámparas de iluminación utilizadas.

El objetivo del proyecto es diseñar e implementar el sistema de control electrónico para la apertura de las válvulas eléctricas para creación de los chorros, como de la iluminación de las lámparas sumergibles de la fuente de agua secuencial. Determinar un correcto dimensionamiento de las bombas a utilizarse según el requerimiento de fuerza de flujo necesaria para crear los chorros y sus alturas correspondientes.

Trabajar con electroválvulas que permitan el paso a las salidas de los chorros, logrando juegos de alturas de estos e implementando los diferentes tipos a partir de la colocación de estructuras de salida en la tubería o conducto utilizado.

Diseñar estructuralmente la fuente de agua secuencial con iluminación, según el esquema requerido y planteado para mostrar un reconocimiento de los tipos de trabajo que se puede obtener en fuentes danzantes, como también de los juegos de luces que se muestran, para cada gusto de las personas.

## **CAPÍTULO 2**

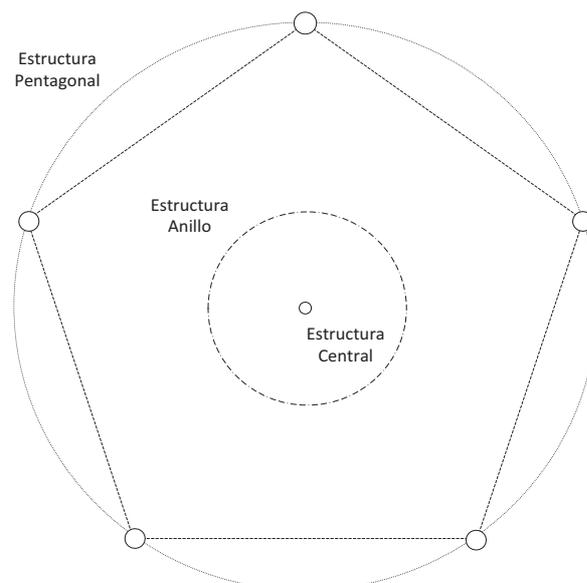
# **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DE LA FUENTE DE AGUA**

Para el desarrollo e implementación del hardware de control de la fuente secuencial de agua con iluminación, y comenzar con el armado del Tablero de Control, la adecuación de los elementos, instrumentos y partes rígidas de la fuente, se hace un análisis previo al diseño y construcción así como también un dimensionamiento de las bombas y electroválvulas utilizadas.

## 2.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA DE LA FUENTE SECUENCIAL CON ILUMINACIÓN

Se trabaja con una estructura mecánica de forma pentagonal, a partir de cinco chorros de agua en cada vértice, el diámetro del pentágono es de 1.5 metros, dentro de la estructura pentagonal se tiene un anillo de chorros, ubicado concéntricamente con el eje del pentágono, y un chorro ubicado en el centro de la estructura.

Estas tres partes son alimentadas con tres bombas, una para cada sección o estructura ya mencionada. La figura 2.1. identifica el esquema gráfico de las estructuras en las que se trabaja dentro de la fuente de agua secuencial, mostrando una vista aérea de la misma.



**Figura 2.1.** Estructuras de la fuente secuencial

## **2.2 DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA**

Para cumplir con las alturas determinadas para cada una de las secciones de chorros mencionadas, como a su vez de las formas a crear, es necesario determinar el tamaño y la cantidad de agua que se tendrá en el reservorio y en la pileta.

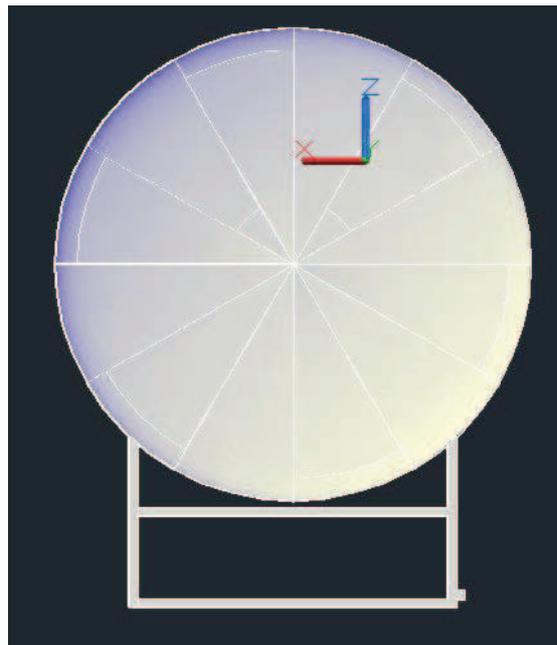
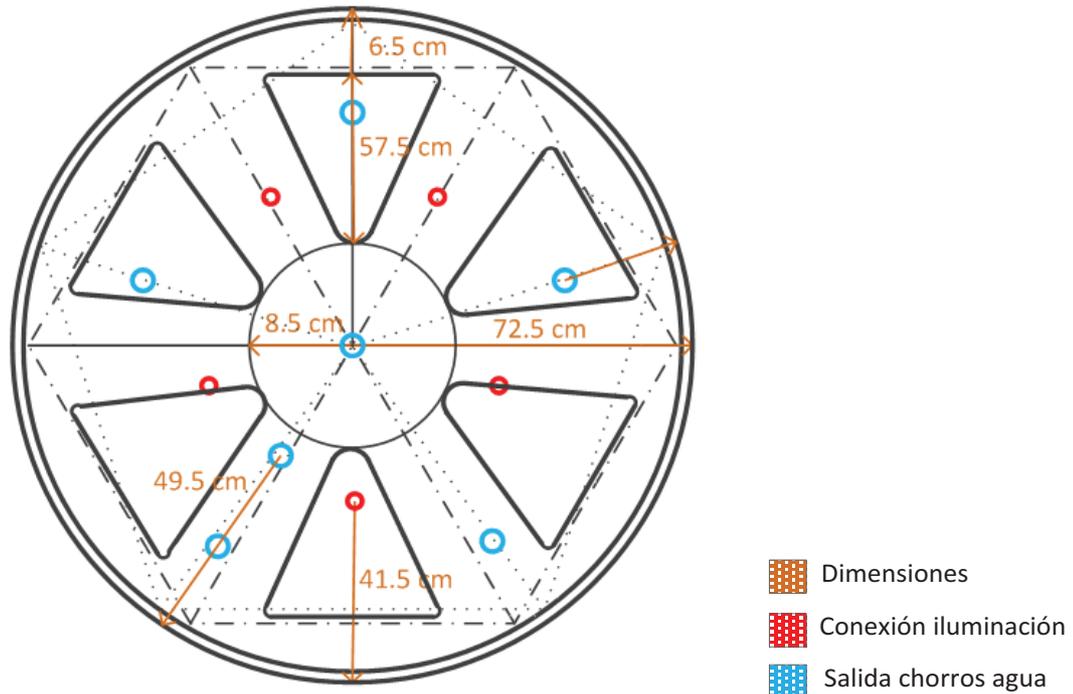
Se tiene una estructura de un tamaño reducido en comparación con otras fuentes, ya que se tiene la oportunidad de trasladarla a diferentes lugares al estar montado sobre un soporte y que además cumpla con espacios considerados para formar las tres estructuras.

Consta de una base de tapa plástica para la pileta y un tanque reservorio para juntar los dos y tener la parte principal de la fuente en donde se ubican los equipos.

### **2.2.1 VISTA AÉREA**

Una vista aérea de la fuente luminosa, muestra las dimensiones que se tiene de la pileta y del dimensionamiento a la salida de los chorros, las respectivas distancias con las que se encuentran separados y de las salidas que se tiene para la conexión de la iluminación de la fuente.

La forma de la pileta determina hexágonos en su interior, y fija un pentágono inscrito en el círculo de la misma, en cada arista dirigida a un vértice del pentágono se tiene una salida de chorro, además una salida de chorro de igual tamaño acoplada a media distancia entre el pentágono y el centro de la pileta. Donde el chorro central está ubicado en el eje de la misma. La figura 2.2. identifica las dimensiones y formas consideradas para la creación de las salidas de chorros, así como el tamaño de la fuente.

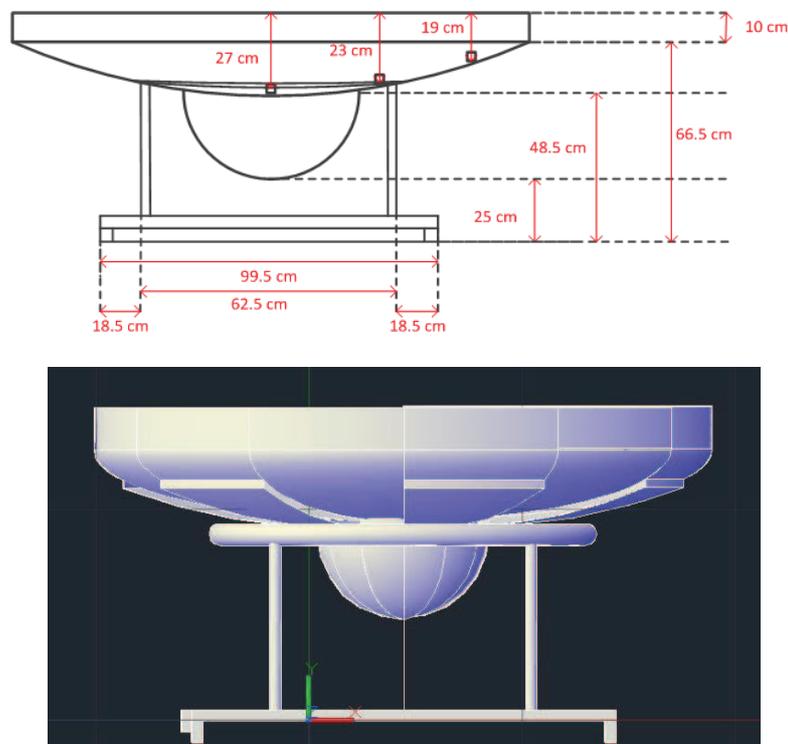


**Figura 2.2.** Dimensiones vista aérea fuente

Un pentágono inverso al que determina las salidas de chorros de agua, permite ubicar las salidas de conexión de las lámparas de iluminación, mostradas anteriormente, las mismas se ubican más cerca de la estructura central y a la de anillo, para jugar con las luces el momento de cambio de altura de los chorros del exterior que forman el pentágono.

### 2.2.2 VISTA FRONTAL

Una vista frontal de la fuente muestra sus alturas, como también el posicionamiento de los chorros según el tipo de estructura que representan, ya que de esta manera se tienen los juegos de chorros, y las formas que se crean entre ellos. En la figura 2.3. se puede observar las dimensiones externas de altura y sujeción de la pileta y del reservorio de donde las bombas succionan el agua, para enviar a las tuberías y crear los chorros; de igual manera se muestra una vista frontal del diseño creado en AutoCAD.

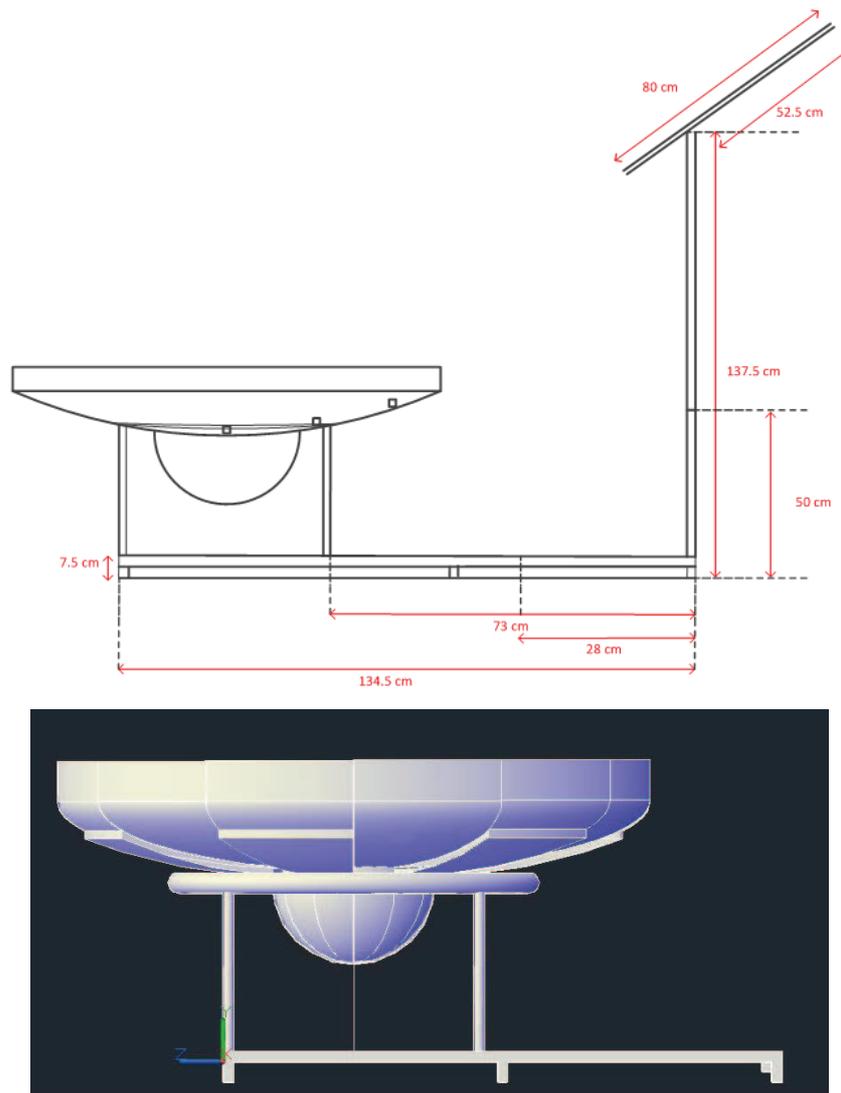


**Figura 2.3.** Dimensiones vista frontal fuente

### 2.2.3 VISTA LATERAL

La vista lateral indica el espacio estructural en el cual está sujeto el tablero de control, la altura respectiva del mismo y la colocación de una pequeña visera que determina el espacio de protección. La figura 2.4. indica las dimensiones del

posicionamiento del tablero de control como la base de sujeción de toda la pileta, y permite una vista lateral del diseño creado en AutoCAD.



**Figura 2.4.** Dimensiones vista lateral fuente

La figura 2.5. indica una toma posterior de la pileta, en la que se pueden observar las cinco salidas de chorros, como también cinco agujeros para la salida de cables de alimentación de las lámparas de iluminación de la fuente.



**Figura 2.5.** Parte Posterior Fuente

#### 2.2.4 VOLUMEN DE LA FUENTE

El volumen de agua que circula dentro de la fuente se lo mide a partir de las dimensiones mencionadas anteriormente:

Donde el cálculo realizado del volumen es una medida aproximada tanto del reservorio como de la pileta.

##### **Reservorio**

El reservorio se lo ha tomado como una media esfera, ya que la base de pileta tiene un ángulo de curvatura casi nulo, con la finalidad de mostrar sólo una medida de cuánta agua se almacena.

Como el volumen de una esfera es:

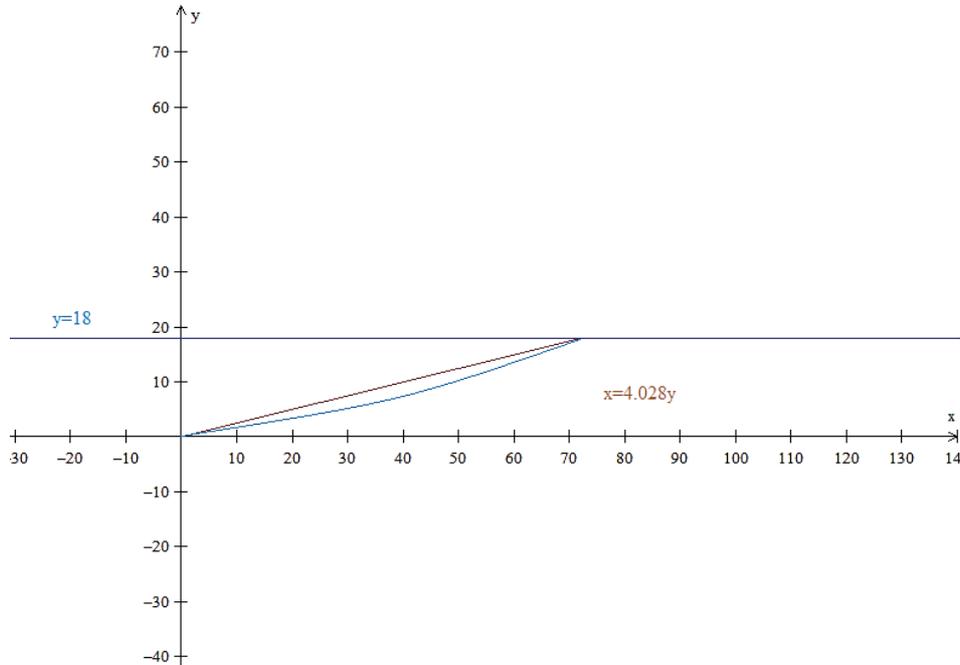
$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Para la semiesfera del reservorio, se tiene:

$$V_R = \frac{4}{6} \pi r^3 = \frac{2}{3} \pi (23.5)^3 = 27180.8 \text{ cm}^3 = 27.2 \text{ l}$$

## Pileta

Para calcular el volumen de la pileta se utiliza el método de sólidos de revolución con disco, teniendo como centro de giro el eje  $y$ .



En la gráfica se considera la altura de la pileta de 18  $cm$ , mientras que el radio mayor es de 72.5  $cm$ . Dimensiones de la pileta para hallar el volumen.

$$V_p = \int_0^y \pi R^2 dy \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde;

El volumen del disco  $V = \pi R^2 w$

$R$  = radio del disco

$w$  = grosor del disco (diferencial de la integral " $dy$ ")

Para tener un acercamiento a la estructura se traza una recta desde el centro hasta un punto tangente de la pileta. Donde:

$$y = mx + b \quad \text{Ecuación 2.3}$$

$$b = 0 \quad y \quad m = \frac{18}{72.5} = 0.248 \quad (\text{m, pendiente de la recta})$$

$$y = 0.248 x \quad (\text{Ecuación en función de } x)$$

Para crear el sólido de revolución girando en el eje se tiene:

$$x = 4.028 y \quad (\text{Ecuación en función de } y)$$

Siendo  $x$  el valor del radio del disco, por lo tanto:

$$R = 4.028 y$$

Para el sólido de revolución se tiene:

$$\begin{aligned} V_P &= \int_0^{18} \pi R^2 dy = \int_0^{18} \pi (4.028 y)^2 dy = 16.22\pi \int_0^{18} y^2 dy = 50.97 \left. \frac{y^3}{3} \right|_0^{18} \\ &= 50.97 \frac{18^3}{3} = 99085.6 \text{ cm}^3 = 99.08 \text{ l} \end{aligned}$$

El volumen estimado de agua para la pileta es: 99.08 l

Lo que determina un total de agua circulando en toda la pileta igual a la suma del volumen de la pileta y del volumen de la semiesfera de reservorio.

$$V_T = V_{SE} + V_P = 27.2 + 99.08 = 126.28 \text{ l}$$

### 2.3 DIMENSIONAMIENTO DE LAS BOMBAS A UTILIZAR

Se tiene el tipo de bomba a utilizar bajo las siguientes consideraciones:

Impulsar el agua de una manera perpendicular al eje de rotación del álabe o rodete, proporcionando un flujo de agua suave y uniforme, así como elevar caudales pequeños a gran altura.

Por estas razones y por su facilidad de adquisición, para el presente proyecto se tiene el uso de bombas centrífugas.

Como variables físicas que permiten medir el funcionamiento de una bomba se tiene: caudal, presión, velocidad específica, potencia que consume, altura neta de succión, entre otras. A partir de estas variables se toman las consideraciones del caso para los requerimientos establecidos.

Para empezar con el análisis de cada uno de los parámetros, que permitan dimensionar la bomba a utilizar, es necesario completar para cada uno de estos cálculos, la estimación del diámetro de la tubería que se utilizará en la canalización de reparto de agua.

### 2.3.1 ESTIMACIÓN DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA

#### **Bomba de la estructura pentagonal**

Dentro de la estructura se crean 5 chorros por separado, con una altura media de 30 cm al trabajar sólo esta bomba y sin la energización de los solenoides, un valor de altura promedio que se desea alcanzar idealmente. Elevando un caudal de  $0.66 \text{ lt/seg}$  (caudal referencial para bombas centrífugas de tamaño pequeño), distribuido para cada salida de esta sección.

La velocidad de circulación de líquido por las toberas se toma de  $1 \text{ m/s}$ , buscando una respuesta rápida de funcionamiento y deformación del chorro al instante en que se activen las electroválvulas con solenoides.

$$V = \frac{4 * Q}{\pi D^2}$$

Ecuación 2.4

Se estima el diámetro para el sistema de impulsión, al despejar éste de la expresión anterior.

**Caudal:**

$$6.6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 1.33 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * (5 \text{ salidas})$$

$$D^2 = \frac{4 * Q}{\pi V} = \frac{4 * 6.6 \times 10^{-4}}{\pi * (1)} = 8.49 \times 10^{-4}$$

$$D = 0.029 \text{ m} = 29.14 \text{ mm}$$

Este valor de 30 mm refleja una tubería de  $(1\frac{1}{4}"$ ) para aspiración y elevación. Para conseguir una mayor velocidad de elevación se utiliza una tubería de 1".

Por otro lado este caudal es repartido para la creación de chorros separados, los cuales como se ha mencionado son cinco y de compleción delgada:

$$D^2 = \frac{4 * 1.33 \times 10^{-4}}{\pi * 1} = 1.69 \times 10^{-4}$$

$$D = 0.0130 \text{ m} = 13.6 \text{ mm}$$

Se determina una tubería de  $(\frac{1}{2}"$ ) para la impulsión de los cinco chorros de la estructura pentagonal (dentro de la parte de conjunto bypass y electroválvula en el control de paso), considerando un chorro uniforme y delgado en cada una de las cinco salidas de tobera, logrando esto al acoplar con bujes de PVC para alcanzar el diámetro de las solenoides utilizadas.

**Bomba estructura anillo y central**

Como características deseadas, se busca elevar un caudal de 0.66 lt/s y alcanzar una altura de 0.4 m, distribuida en 10 chorros del anillo con toberas y una altura de 0.5 m en el chorro central, todo estos valores de altura se muestran como rangos que se puede alcanzar idealmente, pero se restringirán según las diferentes cargas.

Considerando la ecuación 2.4 se tiene el cálculo del diámetro de tubería asumiendo una velocidad de  $1 \text{ m/s}$ .

**Caudal:**

$$6.6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0.029 \text{ m} = 29 \text{ mm}$$

Valor de diámetro de  $29 \text{ mm}$  que refiere en pulgadas a una tubería de  $\left(1 \frac{1}{4}''\right)$  para aspiración y elevación. Considerando la necesidad de alcanzar una mayor velocidad de elevación se toma en cuenta el uso de una tubería de  $1''$ , disminuyendo el diámetro y así el área de la tubería, lo que permite aumentar de cierto modo la velocidad del líquido que corra por la misma ( $Q = V * A$ ), al ser velocidad y área inversamente proporcionales.

Al igual que lo señalado anteriormente se tiene en cuenta las disponibilidades de bombas comerciales, por lo que se escoge un diámetro coherente con la oferta de equipos.

**Bomba general estructura central, anillo y pentágono**

Esta bomba tiene como finalidad permitir hacer un paso de altura en todos los chorros de la fuente, de manera que se tenga una máxima altura de chorro en cada una de las toberas, de las tres estructuras de las que consta la misma.

Buscando elevar  $0.66 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$  de agua y alcanzar una altura de  $0.4 \text{ m}$ .

Se estima una velocidad de circulación del líquido de  $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Trabajando con la ecuación 2.4 calculamos el diámetro.

**Caudal:**

$$6.6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D^2 = \frac{4 * 6.6 \times 10^{-4}}{\pi * 1} = 8.4 \times 10^{-4}$$

$$D = 0.029 \text{ m} = 29\text{mm}$$

Se tiene en cuenta el uso de una tubería de 1".

### 2.3.2 CAUDAL

Volumen que descarga la bomba por unidad de tiempo, puede estar expresado en

$$\frac{l}{s}, \frac{l}{min}, \frac{m^3}{s}.$$

El caudal que se maneja es el máximo que soporta la bomba a abastecer (ya que se estima un volumen de masa de agua alto que se mantendrá en movimiento en succión y elevación, como también agua en reposo dentro de la pileta), considerándose así un valor de  $40 \left[ \frac{l}{min} \right]$  característico de las bombas pequeñas de 1/2 y 1 HP de potencia, con las que se tiene disponibilidad de trabajar en la empresa.

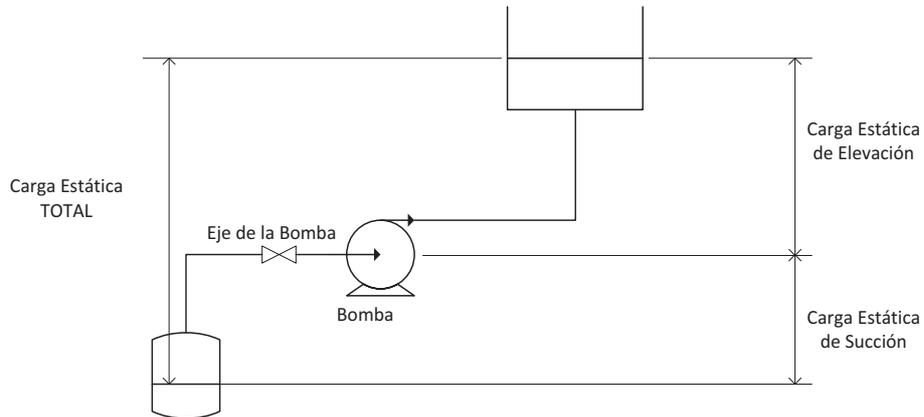
### 2.3.3 CARGA HIDRÁULICA

Esta expresión indica el trabajo que realiza el equipo por unidad de peso elevado. Así, la fuerza por unidad de área que debe vencer la bomba (a partir de la energía que se ha transferido al líquido para que se eleve) vence factores propios del sistema de bombeo, que son:

- Altura estática.
- Pérdidas de carga.
- Altura representativa de velocidad ( $V^2/2g$ ).

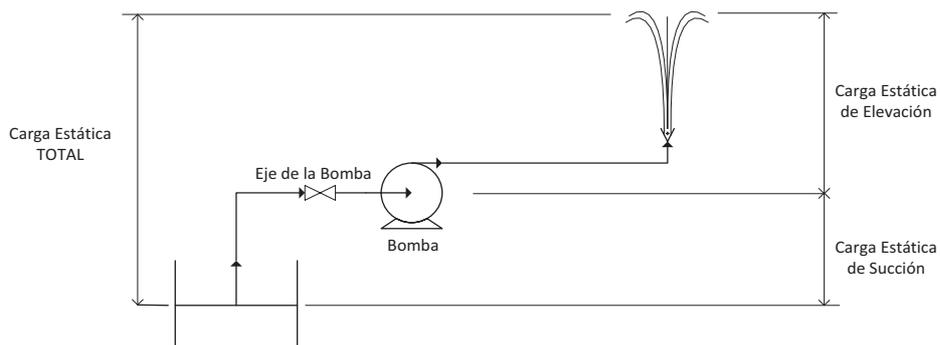
### 2.3.3.1 Altura estática

Se conoce así a la diferencia de altura o nivel entre el punto de succión del líquido y donde se entrega. Se divide a la misma en dos partes: carga estática de elevación y carga estática de succión.



**Figura 2.6.** Carga estática total 1

La figura 2.6. antes mostrada considera un sistema donde la bomba debe llenar un estanque a otro recipiente. Mientras para el desarrollo del presente proyecto se tiene la figura 2.7. la cual permite observar el trabajo de la bomba al descargar a través de la tubería hacia la atmósfera.



**Figura 2.7.** Carga estática total 2

La carga estática de succión que delimita la distancia de la canalización desde el reservorio de agua del cual se succiona, hasta la entrada al eje de la bomba será aproximadamente nula, puesto que ambas partes se encuentran fijadas a un

mismo nivel, para aprovechar de mejor manera en la elevación la potencia de la bomba. Mientras que la repartición de carga estática de elevación considerando la altura a llegar en el exterior de cada chorro no es mayor a  $0.7m$ , los cuales obviamente representan la altura promedio de todos los chorros en las tres secciones, trabajando en conjunto.

### **2.3.3.2 Pérdidas de carga**

Las pérdidas de carga típicas que se muestran en todo sistema hidráulico de tuberías son:

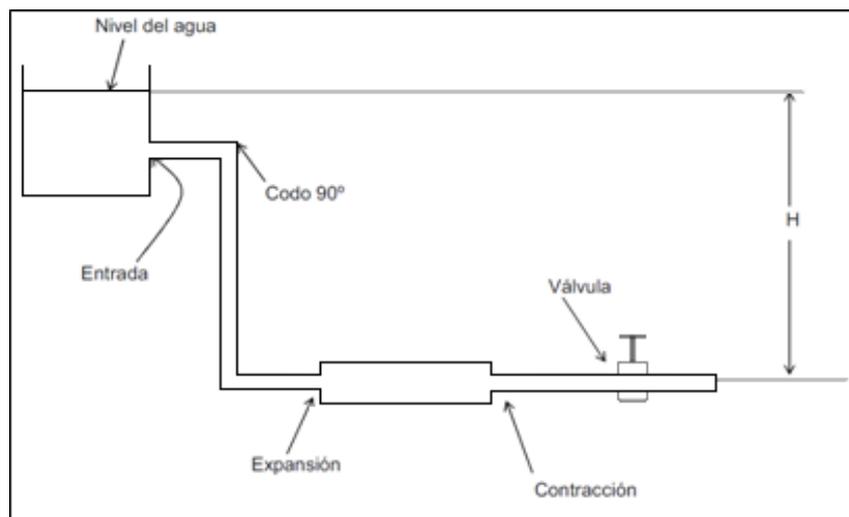
- Fricción en tuberías rectas.
- Entrada a la tubería.
- Ensanchamiento repentino.
- Contracción brusca.
- Cambios de dirección y obstrucción parcial.

Dentro del proyecto se tienen varias de las partes anteriormente mencionadas. En principio entradas de tuberías que se presentan en cada extremo, como ensanchamientos de los bujes en varias secciones de la tubería, así como contracciones por el pequeño diámetro que tienen las electroválvulas y el conjunto que forman con la válvula de paso (que hace de bypass y regulador de cantidad de flujo). La figura 2.8 indica la distribución que se realiza entre el conjunto electroválvula – bypass.



**Figura 2.8.** Distribución electroválvula – bypass

La figura 2.9. señala aquellas pérdidas de carga por fricción características que se presentan en un sistema hidráulico como el de la fuente del proyecto.



**Figura 2.9.** Pérdidas de carga por fricción del fluido

Para un análisis óptimo y concreto de las pérdidas se aplica la ecuación de Bernoulli entre los puntos inicial y final del sistema de tuberías.

$$H_m = \sum h_{p_{friccion}} + \sum h_{p_{locales}} \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Se analiza cada una de las sumatorias de pérdidas, comenzando por las de fricción y las locales posteriormente.

### 2.3.3.2.1 Pérdidas por fricción

Las pérdidas por fricción se analizarán según la fórmula de Hazen Williams.

#### Fórmula de Hazen-Williams.

$$h_{pf} = \left( \frac{10.679}{C^{1.852}} \right) * \left( \frac{L}{D^{4.87}} \right) * Q^{1.852} \quad \text{Ecuación 2.6}$$

$h_{pf}$  = pérdida de carga (fricción) (m)

L = longitud de la tubería (m)

D = diámetro interno (m)

Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

Los valores de C se sacan de tabla, según material y años de uso de la tubería.

#### Tabla de coeficientes de Hazen-Williams

MATERIAL	Coefficiente
Asbesto-cemento (nuevo)	135
Cobre y Latón	130
Hierro fundido, nuevo	130
Hierro fundido, 10 años	107 – 113
Hierro fundido, 20 años	89 – 100
Concreto, acabo liso	130
Concreto, acabado común	120
Acero galvanizado	125
Acero remachado nuevo	110
PVC	140
PE	150
Plomo	130 – 140
Aluminio	130

**Tabla 2.1.** Tabla de coeficientes de Hazen-Williams

## Tabla de tubería PVC

Como un complemento se tiene la tabla de Tubería PVC 1120 ASTM D 2241 SDR 26, con cada una de las características de operación y sus diferentes tamaños en diámetro, espesor y peso aproximado.

**Tabla XI. Tubería de PVC 1120 ASTM D 2241 SDR 26**

Presión de trabajo a 23 °C:	160 psi = 11.2 kg/cm <sup>2</sup> = 112.49 m.c.a
Presión mínima de ruptura:	500 psi = 35.15 kg/cm <sup>2</sup> (falla en 60 a 90 segundos)
Longitud de cada tubo:	20 pies = 6.09 m

Diámetro nominal		Diámetro exterior		Espesor de pared (mm)		Diámetro interior		Peso aproximado	
Mm	Pulg.	Mm	pulg.	Mm	Pulg.	Mm	Pulg.	kgs.	lbs.
25	1	33.40	1.315	1.52	0.060	30.35	1.195	1.35	2.97
31	1 ¼	42.16	1.660	1.63	0.064	38.91	1.532	1.83	4.03
38	1 ½	48.26	1.900	1.85	0.073	44.55	1.754	2.39	5.27
50	2	60.33	2.375	2.31	0.091	55.70	2.193	3.72	8.21
62	2 ½	73.03	2.875	2.79	0.110	67.45	2.655	5.45	12.01
75	3	88.90	3.500	3.43	0.135	82.04	3.230	8.14	17.94
100	4	114.30	4.500	4.39	0.173	105.51	4.154	13.41	29.57
125	5	141.30	5.563	5.43	0.214	130.43	5.135	20.51	45.21
150	6	168.28	6.625	6.48	0.255	155.32	6.115	29.10	64.15
200	8	219.08	8.625	8.43	0.332	202.21	7.961	49.32	108.74
250	10	273.05	10.750	10.49	0.413	252.07	9.924	76.48	168.61
300	12	323.85	12.750	12.45	0.490	298.95	11.770	107.62	237.26
375	15	388.62	15.300	14.94	0.588	358.74	14.124	162.44	357.38

**Tabla 2.2.** Tabla tubería PVC

## Bomba de la estructura pentagonal

Existen cinco salidas de chorro, con un caudal de  $1.33 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ . para cada una, con una longitud de tubería para la estructura pentágono de aproximadamente 5 m.

### Caudal:

$$6.6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 1.33 \times 10^{-4} * (5 \text{ salidas})$$

**Diámetro interior:**

En consideración con la tabla 2.2

Donde los valores característicos de tubería nominal para 1" son:

**Diámetro exterior** = 33.4 mm

**Espesor de pared** = 1.52 mm

**Diámetro interior** = 30.35 mm

**Peso Aproximado** = 1.35 kg

Reemplazando los valores en la ecuación 2.6 y los valores de la tabla 2.1 se tiene:

$$h_{pf} = \left( \frac{10.679}{140^{1.852}} \right) * \left( \frac{5}{(0.033)^{4.87}} \right) * (6.6 \times 10^{-4})^{1.852} = 0.12 \text{ m}$$

**Bomba de la estructura anillo y central**

Se estima una longitud de la tubería para la estructura anillo de 1 m, dato que permitirá calcular las pérdidas por fricción, Conociendo:

**Caudal:**

$$6.6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

En consideración con la tabla 2.2

Los valores característicos de tubería nominal para tubería de 1" son los mismos ya analizados en el caso anterior

Reemplazando los valores en la ecuación 2.6 se tiene:

$$h_{pf} = \left( \frac{10.679}{140^{1.852}} \right) * \left( \frac{1}{(0.033)^{4.87}} \right) * (6.6 \times 10^{-4})^{1.852} = 0.022 \text{ m}$$

### Bomba general estructura central, anillo y pentágono

En esta parte, siendo la misma una suma de las anteriores dos secciones analizadas de tubería, se tomó en cuenta la longitud total de ambos conjuntos tomando una longitud de tubería de 6 m. Con un igual caudal.

#### Caudal:

$$6.6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

En consideración con la tabla 2.2

Al comprender la suma de las dos secciones anteriores el diámetro de una pulgada de tubería nominal determina los valores ya analizados en los casos anteriores.

Y reemplazando los valores en la ecuación 2.6:

$$h_{pf} = \left( \frac{10.679}{140^{1.852}} \right) * \left( \frac{6}{(0.0334)^{4.87}} \right) * (6.6 \times 10^{-4})^{1.852} = 0.14 \text{ m}$$

#### 2.3.3.2.2 Pérdidas locales

Tomando en cuenta la expresión definida por Torricelli, donde:

$$V = \sqrt{2gh} \text{ (Torricelli)}$$

$$h_v = \frac{v^2}{2g} \text{ (Altura representativa de velocidad) \quad Ecuación 2.7}$$

$V$  = velocidad (m/s)

$g$  = aceleración de la gravedad  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

Donde la velocidad está determinada por la expresión de la ecuación 2.4. Se definen entonces las pérdidas locales.

$$h_{pl} = K \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación 2.8

Donde la constante K se determina por el tipo de accesorio y su diámetro nominal.

(Adaptación de: Cameron Hydraulic data.)

Accesorios		Diámetro nominal (en pulgadas)												
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
L/D		Valores de K												
Válv.de compuerta(abierta)	8	0.22	0.2	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.1	0.1	
Válv.de globo(abierta)	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1	
Válv.de retención horizontal(check)	100	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	
Válv.de retención horizontal oscilatoria(check)	50	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.75	0.7	0.65	0.6	
Válv.de pie de disco(de huso)con colador	420	11.3	10.5	9.7	9.3	8.8	8.0	7.6	7.1	6.3	5.9	5.5	5.0	
Válv.de pie de disco con bisagra	75	2	1.9	1.7	1.7	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	0.9	
Codos estándar	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	90° radio largo	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	180°	50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.9	0.85	0.75	0.7	0.65	0.6
Curvas de 90°	20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24	
T en línea (con derivación en la línea principal y lateral cerrada)	20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24	
T en línea (con circulación por derivación)	60	1.62	1.5	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.9	0.84	0.78	0.72	

Tabla 2.3. Tabla Constante K

### Bomba de la estructura pentagonal

Las pérdidas locales vendrán dadas por la suma de todas las pérdidas de cada accesorio, con su respectiva constante K. Donde a partir de la sumatoria de la ecuación 2.8 se realiza los cálculos.

**Primera parte**, para una repartición de salida de tobera (un chorro) se utiliza cuatro codos de 90°, una válvula de globo de 1", una válvula de paso 1/2", dos T en línea de 1/2" y la electroválvula (considerada como válvula de paso).

Por otra parte como son cinco chorros de esta estructura, se tiene lo siguiente:

$$h_{pl} = \sum \left( 20 \frac{0.81 * (1)^2}{2 * 9.8} + 5 \frac{7.8 * (1)^2}{2 * 9.8} + 5 \frac{0.22 * (1)^2}{2 * 9.8} + 10 \frac{1.62 * (1)^2}{2 * 9.8} + 5 \frac{0.22 * (1)^2}{2 * 9.8} \right)$$

$$h_{pl} = (0.826 + 1.99 + 0.056 + 0.826 + 0.056) = 3.754 [m]$$

**Segunda parte**, para la elevación de la bomba y la repartición de agua a los cinco chorros con una tubería de 1", se tiene lo siguiente; siete T en línea de 1", seis codos de 45°, 1 codo de 90° y una universal de la siguiente manera:

$$h_{pl} = \sum \left( 7 \frac{1.38 * (1)^2}{2 * 9.8} + 6 \frac{0.37 * (1)^2}{2 * 9.8} + 1 \frac{0.69 * (1)^2}{2 * 9.8} + 1 \frac{0.085 * (1)^2}{2 * 9.8} \right)$$

$$h_{pl} = (0.493 + 0.113 + 0.035 + 0.0043) = 0.645[m]$$

**Tercera parte**, para la succión de la bomba se ocupa lo siguiente; una válvula globo 1", un codo de 90° de 2", y una universal. Por lo que se tiene:

$$h_{pl} = \sum \left( 1 \frac{7.8 * (1)^2}{2 * 9.8} + 1 \frac{0.57 * (1)^2}{2 * 9.8} + 1 \frac{0.085 * (1)^2}{2 * 9.8} \right)$$

$$h_{pl} = (0.398 + 0.029 + 0.0043) = 0.43[m]$$

En total se trabajara con:

$$h_{pl} = 3.745 + 0.645 + 0.43 = 4.82 m$$

### **Bomba de la estructura anillo y central**

A partir de la sumatoria de la ecuación 2.8 se realiza los cálculos.

**Para la elevación**, se utilizan nueve codos de 90° de 1", siete T en línea de 1", un codo de 45° de 1", 2 válvulas de globo de 1" y las 2 válvulas solenoides. Así se muestra lo siguiente:

$$h_{pl} = \sum \left( 9 \frac{0.69 * (1)^2}{2 * 9.8} + 7 \frac{1.38 * (1)^2}{2 * 9.8} + \frac{0.37 * (1)^2}{2 * 9.8} + 2 \frac{7.8 * (1)^2}{2 * 9.8} + 2 \frac{0.22 * (1)^2}{2 * 9.8} \right)$$

$$h_{pl} = (0.317 + 0.493 + 0.019 + 0.796 + 0.022) = 1.65 \text{ m}$$

**Para la succión**, de la bomba se tiene lo siguiente; una válvula globo 1", un codo de 90° de 2" y una universal. De la siguiente manera:

$$h_{pl} = \sum \left( 1 \frac{7.8 * (1)^2}{2 * 9.8} + 1 \frac{0.57 * (1)^2}{2 * 9.8} + 1 \frac{0.085 * (1)^2}{2 * 9.8} \right)$$

$$h_{pl} = (0.398 + 0.029 + 0.0043) = 0.43[m]$$

Por lo que se tiene en total

$$h_{pl} = 1.65 + 0.43 = 2.08 \text{ m}$$

### **Bomba general estructura central, anillo y pentágono**

Con relación a la ecuación 2.8 se realiza los cálculos. Y tomando en cuenta que en esta parte se trabaja con las tres estructuras; **pentágono, central y anillo**, se tiene:

De la primera bomba:  **$h_{pl} = 4.82 \text{ m}$**

De la segunda bomba:  **$h_{pl} = 2.08 \text{ m}$**

Para la succión de esta bomba al igual que para las anteriores se utiliza lo antes mencionado: una válvula globo 1", un codo de 90° de 2", y una universal.

Teniendo lo siguiente:

$$h_{pl} = \sum \left( 1 \frac{7.8 * (1)^2}{2 * 9.8} + 1 \frac{0.57 * (1)^2}{2 * 9.8} + 1 \frac{0.085 * (1)^2}{2 * 9.8} \right)$$

$$h_{pl} = (0.398 + 0.029 + 0.0043) = 0.43[m]$$

En total para la bomba general:  $hpl = 4.82 + 2.08 + 0.43 = 7.33 m$

### 2.3.3.3 Altura representativa de velocidad

Este término corresponde a la energía cinética del agua dentro de la tubería, y depende de la velocidad del agua, referida a la velocidad de salida de agua desde la tubería. Su valor se expresa en (m.c.a).

Para efectos de diseño se suma a los requerimientos de presión del sistema, con el fin de obtener la altura o carga manométrica total.

Reemplazando de la ecuación 2.7 se determina el valor de altura representativa, para las tres bombas.

$$hv = \frac{(1)^2}{2 * 9.8} = 0.051 m$$

## 2.4 POTENCIA DE LA BOMBA

La potencia será la cantidad de energía transferida al fluido por unidad de tiempo. Es así que la potencia en el eje de la bomba, considerando su eficiencia, es aquella que se necesita para elevar una determinada masa de agua por unidad de tiempo, comunicándole una presión al fluido para vencer la carga manométrica.

Se la determina de la siguiente manera.

Expresada en HP y KW respectivamente.

$$HP = \frac{Q * Hm}{75 * \eta} \quad KW = \frac{Q * Hm}{102 * \eta} \quad \text{Ecuación 2.9}$$

Donde:

$Q$  = Caudal elevado (l/s)

$H_m$  = Carga manométrica total (m).

$\eta$  = Eficiencia de la bomba,  $0 < \eta < 1$ .

$HP$  = Potencia consumida por la bomba (Potencia en el eje de la bomba) (HP).

$KW$  = Potencia consumida por la bomba (Potencia en el eje de la bomba) (KW).

Como se mencionó anteriormente la altura manométrica total será la suma de todas las pérdidas, más la carga estática del sistema, en este caso sólo la de elevación, ya que la de succión se considera como nula al encontrarse al mismo nivel de altura de la bomba.

$$H_m = A_z + h_{pf} + h_{pl} + h_v \quad \text{Ecuación 2.10}$$

### Bomba de la estructura pentagonal

Se considera la altura desarrollada por cada chorro del pentágono  $A_z = 0.4 \text{ m}$ .

El cálculo de la altura manométrica se lo consigue a partir de la ecuación 2.10.

$$H_m = 0.4 + 0.12 + 4.82 + 0.051 = 5.4 \text{ m}$$

Con el valor calculado de altura manométrica total, se determina la potencia de la bomba que cumple la altura del chorro a crear, utilizando las ecuaciones 2.9 respectivamente.

$$HP = \frac{6.6 * 5.4}{75 * 0.85} = 0.55 \text{ hp}$$

$$KW = \frac{6.6 * 5.4}{102 * 0.85} = 0.41 \text{ kw}$$

La bomba seleccionada para crear los **chorros del pentágono**, tiene una potencia de  $1/2 \text{ HP}$  (373 W), considerando el caudal máximo que soporte una bomba de estas características, como de las exigencias de altura de los chorros.

$$P_{motor} = \frac{P_{bomba}}{0.9} \approx \frac{1}{2} \text{ HP}$$

### Bomba de la estructura anillo y central.

Se considera la altura de  $0.3\text{ m}$  desarrollados por los 10 chorros del anillo, y los  $0.5\text{ m}$  por el chorro central. Se tiene entonces un valor de  $Az = 3.5\text{ m}$

Reemplazando de la ecuación 2.10:

$$Hm = 3.5 + 0.022 + 2.08 + 0.05 = 5.6\text{ m}$$

La potencia de la bomba que se necesita debe cumplir la altura alcanzada del chorro a crear. Utilizando la ecuación 2.9

$$HP = \frac{6.6 * 5.6}{75 * 0.85} = 0.58\text{ hp}$$

$$KW = \frac{6.6 * 5.6}{102 * 0.85} = 0.42\text{ kw}$$

La bomba seleccionada para crear los **chorros central y de anillo**, tiene una potencia de  $1/2\text{ HP}$  ( $373\text{ W}$ ).

$$P_{motor} = \frac{P_{bomba}}{0.9} \approx \frac{1}{2}HP$$

### Bomba general estructura central, anillo y pentágono.

Cuando esta bomba funciona sola, reparte su potencia en toda la canalización, lo que refleja aproximadamente  $15\text{ cm}$  de altura de cada uno de los chorros de la fuente. Esto da una sumatoria de aproximadamente  $Az = 2.5\text{ m}$ .

### Energía de la bomba = H

Reemplazando de la ecuación 2.10:

$$Hm = 2.5 + 0.14 + 7.33 + 0.051 = 10.02\text{ m}$$

La altura total, permite determinar la potencia de la bomba, para cumplir la altura necesaria de los chorros a crear.

Utilizando la ecuación 2.9 se tiene:

$$HP = \frac{6.6 * 10.02}{75 * 0.85} = 1.04 \text{ hp}$$

$$KW = \frac{6.6 * 10.02}{102 * 0.85} = 0.76 \text{ kw}$$

La bomba que se selecciona para manejar toda la carga de chorros central, anillo y pentágono, tiene una potencia de 1 HP (746 W), con el fin de no sobrecargarla durante su funcionamiento. La potencia del motor, asumiendo una eficiencia del 90% será de igual manera un valor cercano a:

$$P_{motor} = \frac{P_{bomba}}{0.9} = 1 \text{ HP}$$

## 2.5 ELECTROVÁLVULAS CON SOLENOIDES

La válvula de solenoide es un dispositivo operado eléctricamente y es utilizado para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o completamente cerrada. Una válvula de solenoide consiste de dos partes accionantes distintas, pero integrales: un solenoide (bobina eléctrica) y el cuerpo de la válvula.

Puede usarse para controlar el flujo de muchos fluidos diferentes, dándole la debida consideración a las presiones y temperaturas involucradas, la viscosidad del fluido y la adaptabilidad de los materiales usados en la construcción de la válvula.

La válvula de solenoide es una válvula que se cierra por gravedad, por presión o por la acción de un resorte; y es abierta por el movimiento de un émbolo operado por la acción magnética de una bobina energizada eléctricamente.

En la Figura 2.10. se tiene un ejemplo común de una válvula eléctrica con solenoide.



**Figura 2.10.** Electroválvula con solenoide.

El hecho de promover la idea de control de variación de alturas en los chorros, y fijando claramente que las fuentes de agua secuenciales ornamentales se diseñan, considerando que en su funcionamiento existan diferentes juegos cambiantes, siguiendo o no una secuencia musical, lleva a buscar una electroválvula.

Las normas de baja tensión para el trabajo adecuado y obligatorio de una electroválvula muestran un valor de 24 Vdc, cuando trabajamos con electroválvulas sumergibles, que además deben estar construidas con protección IP68.

## **2.6 TIPOS DE ELECTROVÁLVULAS CON SOLENOIDES**

**De acuerdo a su aplicación.** Son de dos tipos:

- 1) De acción directa, y
- 2) Operadas por piloto.

**De acuerdo a su construcción.** Pueden ser:

- 1) Normalmente cerradas,
- 2) Normalmente abiertas y
- 3) De acción múltiple.

**De acuerdo a su forma.** Se tiene:

- 1) de dos vías,
- 2) de tres vías y
- 3) de cuatro vías, o reversibles.

Claro está que puede haber válvulas solenoide con combinaciones de los tipos mencionados anteriormente, según las características necesarias para su uso.

## **2.7 SELECCIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS CON SOLENOIDE**

Dentro de la información más importante, para la selección de la electroválvula se debe considerar:

- El tipo de fluido a controlar.
- Servicio (descarga o succión).
- Capacidad de equipo (en T.R.).
- Caída de presión permisible. La caída de presión a través de la válvula, debe estar dentro del rango del MOPD al cual se requiere que abra (las normalmente cerradas) o cierre (las normalmente abiertas).
- Temperatura a la cual va a trabajar.
- Conexión (tamaño y estilo).
- Características eléctricas (voltaje y frecuencia).
- Opciones de trabajo (Presión segura de trabajo SWO, angular o recta, normalmente cerrada o abierta, con o sin vástago manual, etc).

### **2.7.1 SELECCIÓN DE LA ELECTROVÁLVULA A TRABAJAR**

Una de las exigencias de la electroválvula es el trabajo eficiente y rápido de la respuesta al momento de su energización, para provocar el cambio de altura del chorro buscado.

Es así que se opta por usar una electroválvula con solenoide, como las utilizadas en la alimentación de agua en las lavadoras, las mismas que se alimentan con 110V, de costo reducido, y por no necesitar un transformador para ser energizada, sino simplemente alimentarle con el voltaje de la red.

La electroválvula no se encontrará sumergida en la pileta, sino formando parte de la canalización que se encuentra por debajo de la misma pileta y estará totalmente aislada, en el cuarto de máquinas.

El número total de electroválvulas con las que se trabaja son siete, que están repartidas, cinco para la parte de la canalización del pentágono, y dos más para el centro y el anillo de la fuente de agua respectivamente. En la figura 2.11 se puede ver el conjunto de paso para un chorro, electroválvula – bypass.



**Figura 2.11.** Electroválvula (Conjunto de paso a chorro)

### 2.7.1.1 Especificaciones electroválvula

<b>Modelo</b>	2P025-06
<b>Fluido</b>	Aire, Agua, Aceite
<b>Operación</b>	Manejo Directo
<b>Tipo</b>	Normalmente Cerrada
<b>Cv</b>	0.23
<b>Tamaño salida</b>	1/4"
<b>Presión</b>	0 – 0.7 MPa
<b>Rango de Temperatura</b>	-5 a + 80 °C
<b>Rango de Voltaje</b>	± 10 %
<b>Voltaje Convencional</b>	110 V
<b>Material</b>	Plástico

## 2.8 DIMENSIONAMIENTO ELEMENTOS DEL TABLERO DE CONTROL (HARDWARE)

Teniendo en cuenta que los sistemas de control eléctrico y electrónico, resultan ser vitales para el funcionamiento y protección de la gran mayoría de equipos eléctricos existentes se ha diseñado y construido un tablero de control de dimensiones 80x60x25 cm, que contiene:

- 1 PLC (Siemens LOGO).
- 4 Contactores Electromagnéticos (3 polos).
- 12 Contactores Modulares (2 polos).
- 3 Relés térmicos.
- 1 Disyuntores.
- 8 Interruptores.
- 1 Pulsador.
- 8 Luces de señalización.
- 6 Balastos.

En la figura 2.12. se tiene una foto del gabinete en el cual se realiza toda la implementación del tablero de control para la fuente secuencial.

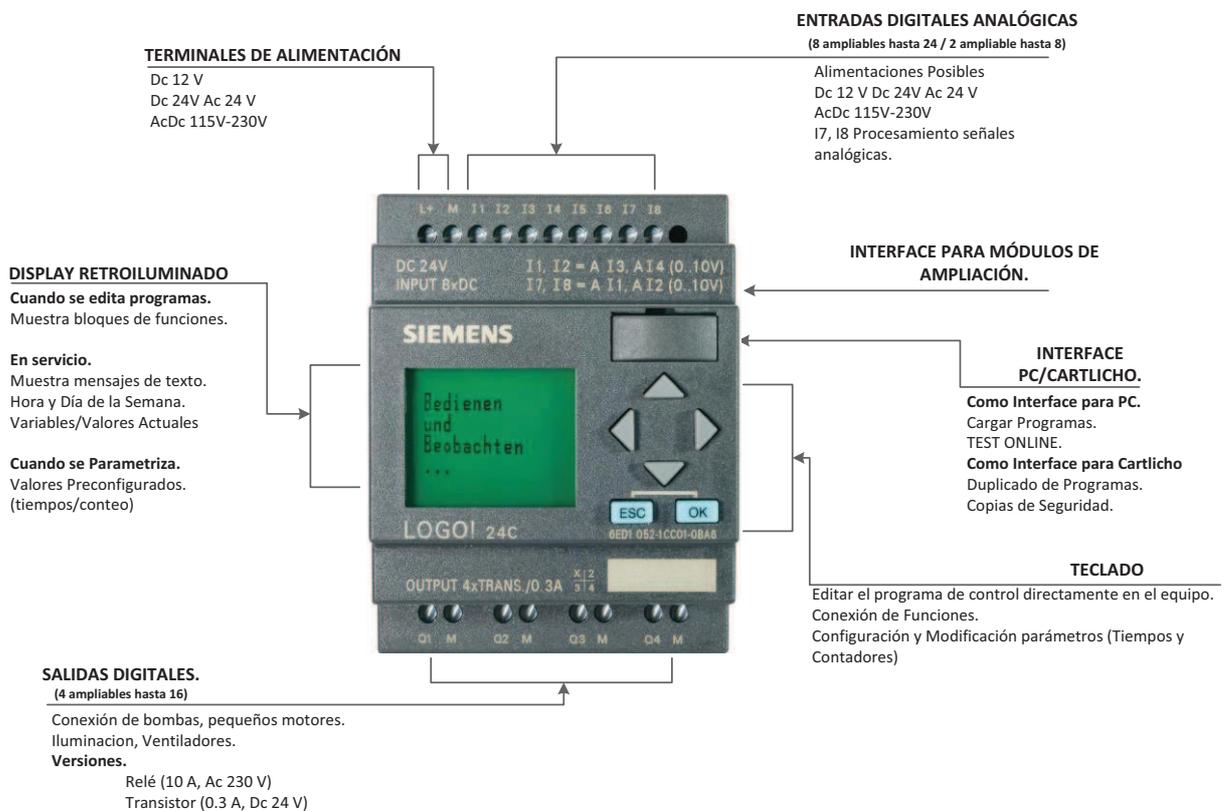


**Figura 2.12.** Tablero de control

## 2.9 SIEMENS LOGO

El Siemens LOGO es un módulo lógico, que permite tener todas las funciones convencionales de control eléctrico-electrónico en un solo equipo. La figura 2.13. muestra los diferentes componentes del PLC Siemens LOGO.

### 2.9.1 COMPONENTES



**Figura 2.13.** Componentes Siemens LOGO

Dentro del proyecto se busca mantener un proceso continuo, sin ninguno tipo de falla, trabajando en cualquier ambiente, y que permita un mantenimiento cómodo para cualquier operador, y esto es lo que facilita el logo en su totalidad.

Según estas necesidades se opta por trabajar con un LOGO de alimentación alterna (115[V] AC), el cual permite trabajar con entradas, sean switches o pulsadores, directamente desde la línea. Y que tiene salidas de relé, soportando una corriente de 10 [A].

## 2.9.2 CARACTERÍSTICAS

- Conexión de funciones en lugar de cablear.
- Operaciones Integradas
- Posibilidad de tener entradas directamente en el equipo.
- Posibilidad de mostrar mensajes, variables y modificar parámetros directamente.
- Relé inteligente con capacidad de 10 [A] por salida.

## 2.9.3 LOGO 230RC – 230RC0

### 2.9.3.1 Cuadro datos técnicos

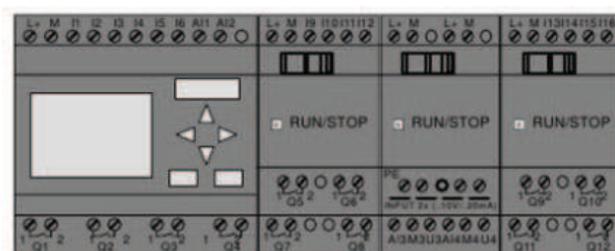
<b>Logo 230RC – 230RC0</b>	
Entradas.	8
Entrada (Voltaje-Alimentación).	Ac 115/230 V
Rango Permitido.	85V - 265 Vac 100V - 253 Vdc
Señal "0"	Máx. 40 Vac
Señal "1"	Min. 79 Vac
Corriente entrada	10-25 mA
Salidas	4 relés
Corriente salida	10 A Carga Resistiva. 3 A Carga Inductiva
Protección	Externa arcos-eléctricos
Frecuencia de Operación.	Carga Resistiva 2 Hz Carga Inductiva 0.5 Hz
Pérdida de potencia.	1.1 a 46 W (115V)
Cable de conexión.	2 x 1.5 mm <sup>2</sup> , 1 x 2.5 mm <sup>2</sup>
Dimensiones.	72x90x55 mm

**Tabla 2.4.** Datos técnicos LOGO 230 RC.

### 2.9.3.2 Módulo de expansión DM 8 230 R

Teniendo en consideración el número de salidas requeridas, se opta por añadir dos módulos de expansión, para poder controlar las 7 electroválvulas, las 3 bombas de alimentación y las lámparas de iluminación. Teniendo en total 12 salidas con las que se trabaja.

La siguiente figura apunta a una gráfica típica del LOGO con los módulos de expansión, en su número máximo de ampliación.

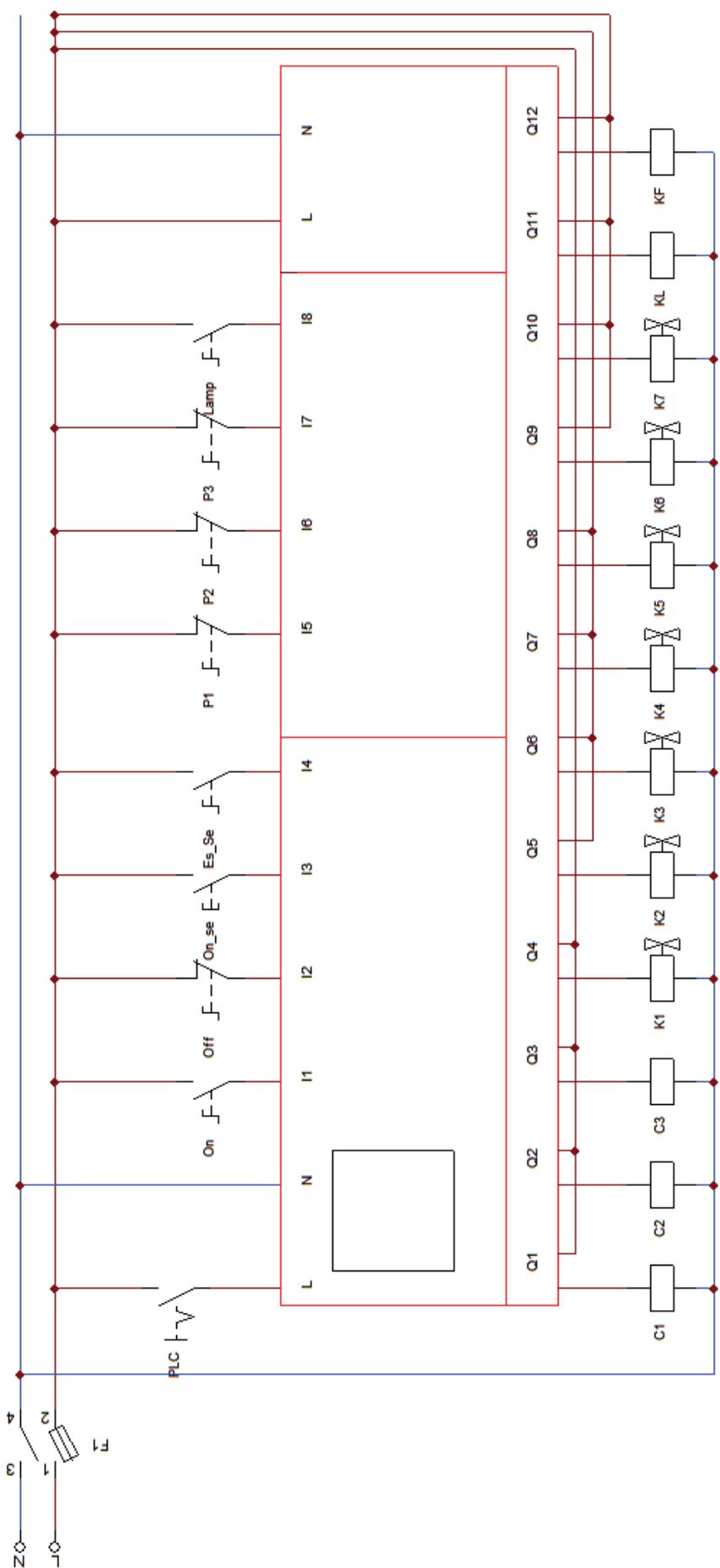


Logo 230RC – 230RC0	
Entradas.	4 DI
Entrada (Tensión-Alimentación).	Ac 115/230 V
Rango Permitido.	85V - 265 Vac 100V - 253 Vdc
Señal "0"	Máx. 40 Vac
Señal "1"	Min. 79 Vac
Corriente entrada	10-30 mA
Salidas	4 relés
Corriente salida	5 A
Protección	Máxima 16 A
Frecuencia de Operación.	Carga Resistiva 2 Hz Carga Inductiva 0.5 Hz
Pérdida de potencia.	1.1 a 46 W (115V)
Cable de conexión.	2 x 1.5 mm <sup>2</sup> , 1 x 2.5 mm <sup>2</sup>
Dimensiones.	36x90x55 mm

**Tabla 2.5.** Datos técnicos módulo expansión DM8 LOGO 230 RC

### 2.9.4 DIAGRAMA DE ENTRADAS Y SALIDAS

<b>PLC SIEMENES LOGO</b>			
<b>Entradas PLC</b>		<b>Salidas PLC</b>	
<b>I1</b>	On (inicio de proceso)	<b>Q1</b>	C1 (bomba 1)
<b>I2</b>	Off (apagado de proceso)	<b>Q2</b>	C2 (bomba 2)
<b>I3</b>	On_sec (inicio de secuencias)	<b>Q3</b>	C3 (bomba 3)
<b>I4</b>	Es_Se (establecer secuencia)	<b>Q4</b>	K1 (electroválvula 1)
<b>I5</b>	P1 (paro bomba 1)		
<b>I6</b>	P2 (paro bomba 2)		
<b>I7</b>	P3 (paro bomba 3)		
<b>I8</b>	Lamp (control de iluminación)		
<b>MÓDULOS DE EXPANSIÓN</b>			
<b>Módulo 1</b>		<b>Módulo 2</b>	
<b>Q5</b>	K2 (electroválvula 2)	<b>Q9</b>	K6 (electroválvula 6)
<b>Q6</b>	K3 (electroválvula 3)	<b>Q10</b>	K7 (electroválvula 7)
<b>Q7</b>	K4 (electroválvula 4)	<b>Q11</b>	KL (iluminación pentágono)
<b>Q8</b>	K5 (electroválvula 5)	<b>Q12</b>	KF (iluminación central)

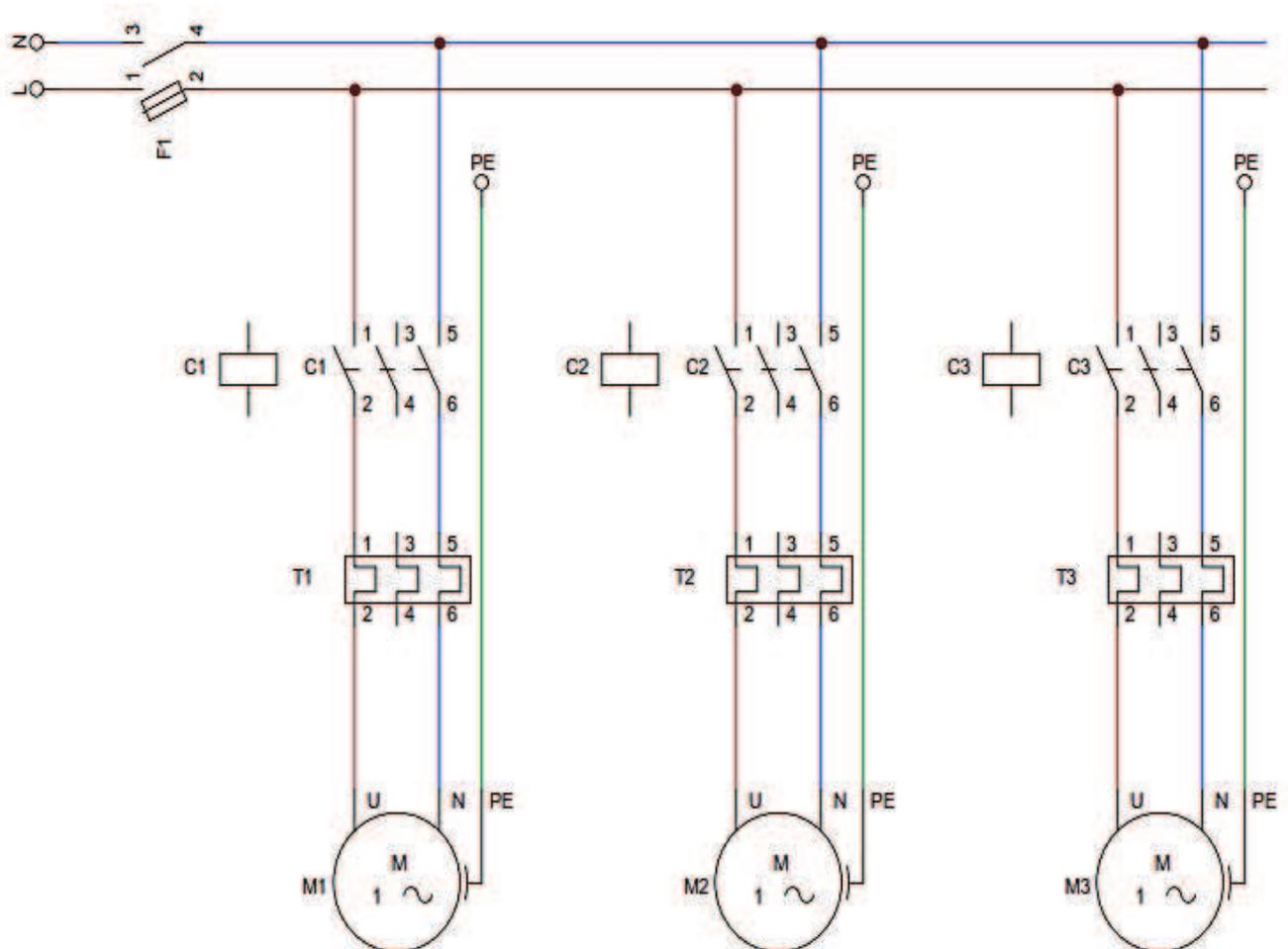


**Figura 2.14.** Diagrama entradas y salidas PLC

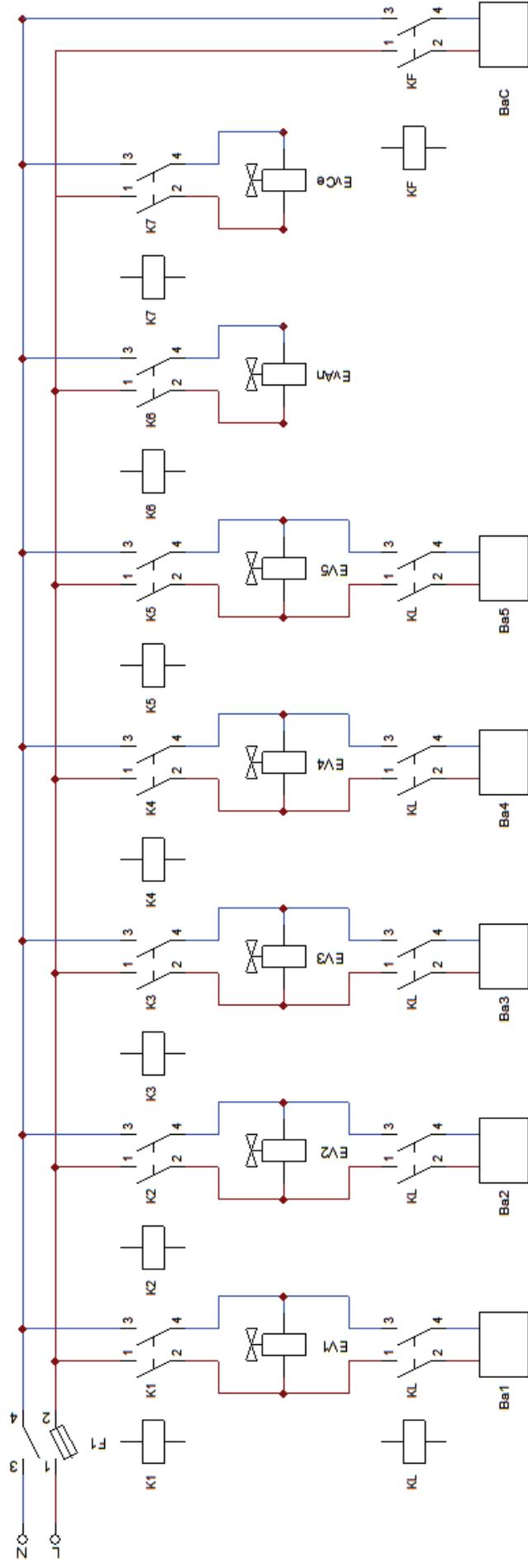
La figura 2.14 permite representar la sección del tablero de control en la que se tiene el accionamiento IN/OUT al Logo, con las salidas de relé del mismo, hacia las bobinas de los contactores que permitirán trabajar a las bombas, electroválvulas y lámparas a su vez.

Primero se observa un F1, que representa el breaker caja moldeada, del cual se toma la alimentación de la línea de voltaje, y está dimensionado según la carga eléctrica total con la que se trabajará en toda la fuente secuencial, que es de 30[A].

### 2.9.5 CIRCUITOS DE FUERZA BOMBAS

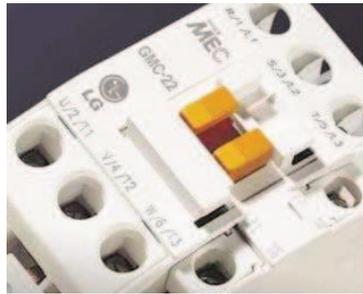


### 2.9.6 CIRCUITOS DE FUERZA ELECTROVÁLVULAS Y BALASTOS PARA ILUMINACIÓN



## 2.10 CONTACTORES ELECTROMAGNÉTICOS

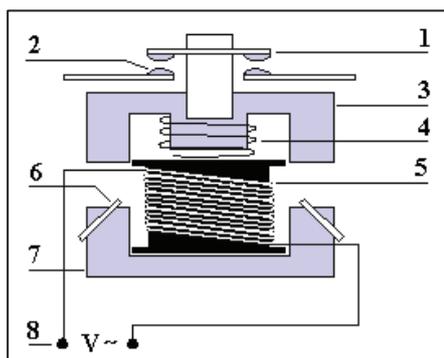
Este es un dispositivo designado a cerrar o interrumpir la corriente en uno o más circuitos eléctricos, que normalmente funcionan con mando a distancia, en lugar de ser operados manualmente. La figura 2.15. muestra un contactor de marca LG de tres polos, con características GMC 22, es decir una corriente máxima de 22 [A].



**Figura 2.15.** Contactor electromagnético

### 2.10.1 PARTES DE CONTACTOR

El contactor electromagnético es un contactor cuyo accionamiento se debe a la fuerza de atracción de un electroimán. La figura muestra sus principales partes:



1. Contactos móviles.
2. Contactos fijos.
3. Hierro móvil.
4. Muelle.
5. Bobina alterna.
6. Espira de sombra.
7. Núcleo de hierro.
8. Alimentación de la bobina.

## 2.10.2 ESPECIFICACIONES Y DATOS TÉCNICOS DEL CONTACTOR

Las características de un contactor, según las disposiciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), vienen determinadas por tres términos.

- Tipo de contactor.
- Valores nominales.
- Circuito de control y contactos auxiliares.

### 2.10.2.1 Tipo de contactor

Este punto hace referencia a:

- Número de polos.
- Clase de corriente. Si los contactos principales son para circuitos de corriente continua o alterna, si se trata de alterna, especificar la frecuencia.
- Método de control. Es decir si el accionamiento del contactor es electromagnético, neumático, etc.

### **Contactor C1, C2, C3 (contactores de bombas B1, B2, B3)**

Estos contactores energizan cada una de las bombas respectivas, con el objetivo de no tener un accionamiento directo con las salidas de relé del LOGO, Q1, Q2 y Q3, respectivamente.

A estos tres se los dimensiona pensando en el tipo de salida relé que se tiene del LOGO, ya que el activado de su respectiva salida determina la energización de la bobina del contactor.

De esta manera, al trabajar con un Logo 230 RC cuya alimentación es de 110 V y soporta en la salida 3 A en carga inductiva, se opta por energizar con este mismo voltaje a la bobina del contactor de cada bomba.

Se trabaja con contactores de 3 polos, ya que aparte de cumplir con la exigencia de alimentar las bombas monofásicas, se utiliza dos de estos polos (uno para línea y otra para neutro). Vienen con contactos auxiliares que se utilizan, para las luces de señalización de las bombas en encendido y apagado. La figura 2.16 indica los tres contactores de las bombas de la fuente.



**Figura 2.16.** Contactores del tablero de control.

Contactos Principales: Fase, Neutro

Contactores auxiliares son dos:

Un normalmente cerrado: Luz roja (apagado), y

Un normalmente abierto. Luz verde (encendido).

Además de necesitar alimentar las bombas con corriente alterna, y energizar la bobina de cada contactor de igual manera, ya que el Logo utilizado se energiza con voltaje de red (110V), y es el mismo voltaje que permite trabajar en cada una de sus salidas de relé, se trabaja con un contactor electromagnético de C.A. de 3 polos.

### **Contactador K1, K2, ..., K7 (contactores de electroválvulas)**

Normalmente no es necesario colocar contactores a las salidas del PLC. Sin embargo para proteger la salida digital del Logo, se ha considerado usar contactores, los mismos que quedan energizados a partir de las salidas de relé del LOGO. La figura 2.17 indica los siete contactores para las electroválvulas utilizadas.



**Figura 2.17.** Contactores de electroválvulas

Se ha escogido contactores modulares de dos polos, que permitan energizar con corriente alterna sus bobinas de accionamiento, y trabajar en sus líneas de igual manera para enviar estos terminales a las electroválvulas.

### **Contactores KL, KF (contactores iluminación fuente)**

Estos contactores se han colocado para poder crear en conjunto con los tiempos establecidos de cada chorro, el encendido de lámparas de iluminación, al cerrar las salidas de relé del PLC: Q11 y Q12.

Se ha escogido contactores modulares de dos polos de igual manera, por su pequeño tamaño que permitan energizar su bobina con corriente alterna, y trabajar en sus líneas de igual manera, enviando éstos a balastos que independizarán el circuito de los focos dicróicos con los que se trabaja para la sección pentagonal.

#### **2.10.2.2 Valores nominales**

Según la Norma que se especifica, los datos de placa de los contactores traen los siguientes valores nominales.

- $U_e$ , Voltaje nominal de operación (voltaje entre los contactos principales). Para circuitos trifásicos éste viene dado por el voltaje entre fases.
- $I_e$ , Corriente nominal de operación. En la mayoría de contactores no se especifica directamente este valor, pero viene expresado en potencia activa (HP o KW), para un determinado voltaje de operación  $V_e$  y categoría de utilización.

- P, Potencia en HP.
- f, Frecuencia nominal.
- $U_i$ , Voltaje de aislamiento.

### **Contactor C1, C2, C3 y KF (Contactores Bombas B1, B2, B3 e Iluminación central)**

Ya que las bombas son de  $\frac{1}{2}$  HP, y trabajan a 110V, la corriente nominal de la misma es:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{(0.5) * 746}{110} = 3.4 [A]$$

El dato de placa que muestra la bomba al trabajar a plena carga (40 l/min), es de 5.5 A este valor refleja el esfuerzo de la bomba al caudal y presión máximos.

La bomba de potencia de 1 HP, trabajando a 110 voltios, necesita una intensidad de corriente nominal mayor:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{746}{110} = 6.8 [A]$$

El dato de placa que muestra la bomba al trabajar a plena carga (40 l/min), es de 12 [A] este valor refleja el esfuerzo de la bomba al caudal y presión máximos.

Como el proyecto trabaja con las bombas en un caudal máximo de 40 l/min, sin un desempeño necesario de presión máximo para succionar el agua, puesto que las bombas y el tanque reservorio de la fuente se encuentran al mismo nivel, se toma en cuenta el valor nominal como la corriente que desarrollará normalmente a trabajo continuo.

Por otro lado se estima que en el momento del arranque los picos que alcance la corriente de arranque, tienen un valor 1.5 veces mayor al nominal.

$$I_{arranque} = 1.5 * 3.4 = 5.1 [A]$$

$$I_{arranque} = 1.5 * 6.8 = 10.2 [A]$$

Con estas consideraciones se optó por un contactor de 9 [A] (de menor valor encontrado en el mercado y que se alimenta a 110V) para las bombas de ½ HP, los mismo tiene tres polos, y dos contactos auxiliares.

Para la bomba de 1 HP, se tiene un contactor de 18 [A] (alimentado a 110V), éste también se encuentra normalmente de tres polos, y con dos contactos auxiliares de igual manera.

El contactor KF energiza a un balastro que permite encender la lámpara sumergible LED RGB, que tiene 50 W de potencia y es alimentada con 12 V, con una corriente nominal de 4.2 [A], razón por la que se opta de igual manera con un contactor GM-9b (9 [A]), y a una frecuencia de 60 Hz, con dos contactores auxiliares, para tener señalización del encendido o apagado de la iluminación en la fuente.

	<b>Contactores C1, C2, KF.</b>
Ue	110-120 V
Ie	9 A
f	50/60 Hz
P	0.5 HP

	<b>Contactador C3.</b>
Ue	110-120 V
Ie	18 A
f	50/60 Hz
P	1 HP

Las electroválvulas trabajan a 110 V y consumen una corriente de 1.5 [A] como valor nominal, los contactores modulares que se han estimado tienen un valor mínimo de 10[A] lo que permite trabajar sin problema con estos.

Al igual que los cinco contactores que se utilizan para cada una de los cinco balastros, de las lámparas de la estructura pentagonal, el esfuerzo de potencia lo realizan los balastros.

	<b>Contactores K1-K7 y L1-L5.</b>
Ue	110-120 V
Ie	10 A
f	50/60 Hz
P	0.5 HP

Estas lámparas también son de 50 W y 12 V de alimentación, lo cual estará como carga directa del balastro a utilizar para cada lámpara, con una corriente nominal de 4.2 [A].

Es necesario ampliar que cada uno de los balastos sufren el esfuerzo de las lámparas por separado, ya que la corriente por línea que trabaja el contactor no será mayor a 1[A], ya que el voltaje que alimenta es el mismo de 110 V de todo el tablero.

### 2.10.2.3 Clase de servicio

Otro aspecto que también es conveniente tener en cuenta, es la clase de servicio, la que se considera en función del tiempo que el contactor permanece conectado, pasando corriente por los contactos principales.

- **Servicio 8 horas.** Los contactos permanecen un tiempo suficientemente largo para que se alcance el equilibrio térmico, pero no superior a 8 horas sin interrupción. Circulando una intensidad de corriente constante.
- **Servicio continuo.** Los contactos permanecen cerrados durante un tiempo superior a 8 horas, mientras circula por ellos una intensidad constante.
- **Servicio intermitente.** Sucesión de ciclos iguales, compuesto por conexión y desconexión. Según el número de ciclos por hora, se tiene:
  - **Clase 0,03:** 3 ciclos/hora.
  - **Clase 0,1:** 12 ciclos/hora.
  - **Clase 0,3:** 30 ciclos/hora.
  - **Clase 1:** 120 ciclos/hora.

- **Clase 3:** 300 ciclos/hora.
- **Clase 10:** 1200 ciclos/hora.

El tipo de servicio que se busca en el contactor es Intermitente, ya que la conexión y desconexión es por ciclos, que se los ha determinado en no más de 12 ciclos por hora, para no exigir a la bomba con ciclos de arranque que provoquen grandes picos de tensión en cada uno de éstos.

La clase de todos estos contactores estaban en el rango clase 0.3, (permitiendo 30 ciclos por hora), lo que permite trabajar sin problema en cada parte bombas, electroválvulas y lámparas.

## **2.11 RELÉS**

Un relé, es un dispositivo electromecánico, que en función de la variación de una magnitud física o eléctrica, actúa determinando el funcionamiento de otro dispositivo.

### **2.11.1 RELÉ TÉRMICO DE PROTECCIÓN**

Se destina a controlar el calentamiento de los arrollamientos de los motores y a provocar la apertura automática del contactor cuando se alcanza un calentamiento límite.

Posee siempre un elemento fundamental que se alienta en función de la corriente del motor y que provoca la apertura automática de un contacto, cuando se alcanza la temperatura de reacción. En la figura 2.18. se muestra un relé térmico, para contactor de tres polos, con ajuste de intensidad de corriente de 9 – 13 [A].



**Figura 2.18.** Relé térmico

Dentro del tablero de control, se ocupa tres relés térmicos para cada contactor que alimenta las bombas de la fuente.

#### 2.11.1.1 Datos técnicos de los relés térmicos

Los datos técnicos que deben considerarse en la especificación de un relé térmico para su selección son:

- **Rango de ajuste de corriente.** Este valor se escoge en base a la corriente nominal del motor  $\pm 25\%$  .
- **Voltaje nominal de operación.** Que debe corresponder al menos al voltaje nominal del motor.
- **Voltaje de aislamiento.** Que sería el valor máximo de voltaje de operación.
- **Contactos de salida.** Que generalmente son dos, un contacto cerrado y un contacto abierto.
- **Capacidad de los contactos de salida.** Que normalmente es de 6 amperios, en la categoría AC11 según Normas IEC.

#### 2.11.1.2 Dimensionamiento relé térmico de protección

La corriente nominal con la que se trabaja en cada una de las bombas de  $\frac{1}{2}$  HP es de 3.4 [A] y la corriente de arranque es 5.1 [A].

De esta manera se trabaja con relés térmicos, con rango de valores de corriente (4 – 6 [A]), teniendo un rango de  $\pm 20\%$  aproximadamente.

La corriente nominal con la que se trabaja en la bomba de 1 HP es de 6.8 [A] y la corriente de arranque es 10.2[A].

Es así que se trabaja con relés térmicos, con rango de valores de corriente (8 – 14 [A]), teniendo un rango de  $\pm 25\%$  aproximadamente.

## 2.12 DISYUNTORES

Este interruptor automático, abrirá o interrumpirá la circulación eléctrica, al sentir una sobrecarga (intensidad de corriente eléctrica que circula por este, y supera un determinado valor específico) que ha producido un corto circuito.

La figura 2.19. indica un breaker con características C63 (63 Amperios de trabajo), con cuatro polos de conexión tres fases y uno para el neutro.



**Figura 2.19.** Disyuntor (Breaker Caja Moldeada)

Se tiene un disyuntor antes de:

- La toma de alimentación del LOGO.
- Conexión de salidas de relé del LOGO.
- Como también antes de la alimentación de las bombas, electroválvulas e iluminación.

Esto tomando en cuenta cualquier tipo de sobrecarga que se pudiera producir en el arranque de las bombas y picos de voltaje en la línea que podría ocasionar un exceso en la alimentación del PLC.

### 2.12.1 CARACTERÍSTICAS A DIMENSIONAR DISYUNTOR

Dentro de características importantes a mencionar en el disyuntor, se tiene: calibre o corriente nominal, voltaje de trabajo, poder de corte, poder de cierre, número de polos.

Se dimensiona a partir de la suma de potencias de todas las cargas a trabajar, en un momento determinado, sin tomar en cuenta los intermitentes, sino más bien un desarrollo total de carga útil a controlar.

Según lo analizado anteriormente del dimensionamiento de cada instrumento se tiene lo siguiente:

$$\text{Bombas } \frac{1}{2} \text{HP} = 3.4 [A] \text{ (cada una)}$$

$$\text{Bombas } 1\text{HP} = 6.8 [A]$$

$$\text{Solenooides} = 0.5[A] \text{ (cada una)}$$

$$\text{Lámparas} = 1 [A] \text{ (cada una)}$$

$$\text{Faro Central} = 1 [A]$$

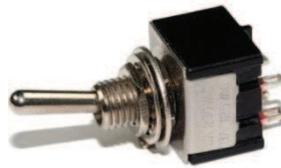
Lo que determina una potencia total que debe soportar el Disyuntor de:

$$\sum P = 2 * 3.4 + 6.8 + 7 * 0.5 + 5 * 1 + 1 = 23.1 [A]$$

Por lo que el Disyuntor escogido es de 3 polos, a 110 V y de 30[A].

## 2.13 INTERRUPTORES

Este tipo de aparato de maniobra, permite desviar o interrumpir el paso de corriente eléctrica. Su construcción más sencilla consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante (parte móvil que une los contactos). En la figura 2.20. se tiene un interruptor clásico de carácter ON/OFF, conocidos como ojo de cangrejo.



**Figura 2.20.** Interruptor ON/OFF (ojo cangrejo)

Dentro del tablero de control se utilizan interruptores para; inicio del proceso, paro total, paros de cada una de las bombas y para controles del software.

### 2.13.1 INTERRUPTOR ENCENDIDO LOGO

Un interruptor de mando manual normalmente abierto, que permitirá dar paso a la alimentación del LOGO, colocado a continuación del disyuntor, para tener la posibilidad de encendido y apagado del LOGO por separado.

### 2.13.2 INTERRUPTOR ON

Este será utilizado para dar paso al inicio del proceso, permitirá realimentar el proceso de secuencialidad de la apertura de chorros al mantenerlo encendido durante el proceso de apertura y cierre de válvulas.

Dentro del programa hará que enciendan las bobinas de los contactores de las bombas en un orden secuencial (de una en una), dándole un tiempo considerable

de encendido entre bombas, para no forzar a la línea a tres arranques en un mismo instante, provocando picos de voltaje que alteren el funcionamiento normal de la línea de alimentación, y que llegue a cortar a la misma, al disparar al disyuntor.

### 2.13.3 INTERRUPTOR OFF

Este interruptor de maniobra normalmente cerrado, permite un apagado total del proceso, ya sea por falla externa o cualquier tipo de anomalía presentada. Una vez activado este interruptor comenzará apagando directamente la bobina que energiza a cada contactor de su respectiva bomba, y detendrá la secuencia que se encuentre realizando el proceso, como también encerrando a los relés de tiempo de software en el programa.

### 2.13.4 INTERRUPTORES DE PARO DE MOTORES

Se tiene tres interruptores de apagado, uno para cada bomba. Que son usados con el fin de apagar un motor y de mantener el funcionamiento de los otros dos, de manera normal si así lo exigiera el caso. En la figura 2.21. se puede ver los tres interruptores de apagado de las bombas, como sus respectivas luces de señalización de encendido (verde) y apagado (rojo).



**Figura 2.21.** Interruptores de paro de bombas

Cada uno de los interruptores, es de accionamiento manual normalmente cerrado, para un inicio normal del proceso.

- Paro motor 1 (**P1**).
- Paro motor 2 (**P2**).
- Paro motor 3 (**P3**).

## 2.14 PULSADORES

Estos elementos de maniobra, de accionamiento manual, normalmente abiertos, dan paso al inicio de las secuencias de apertura y cierre de las válvulas, En la figura 2.22. se tienen pulsadores clásicos sin retención, normalmente abiertos.



**Figura 2.22.** Pulsadores sin retención

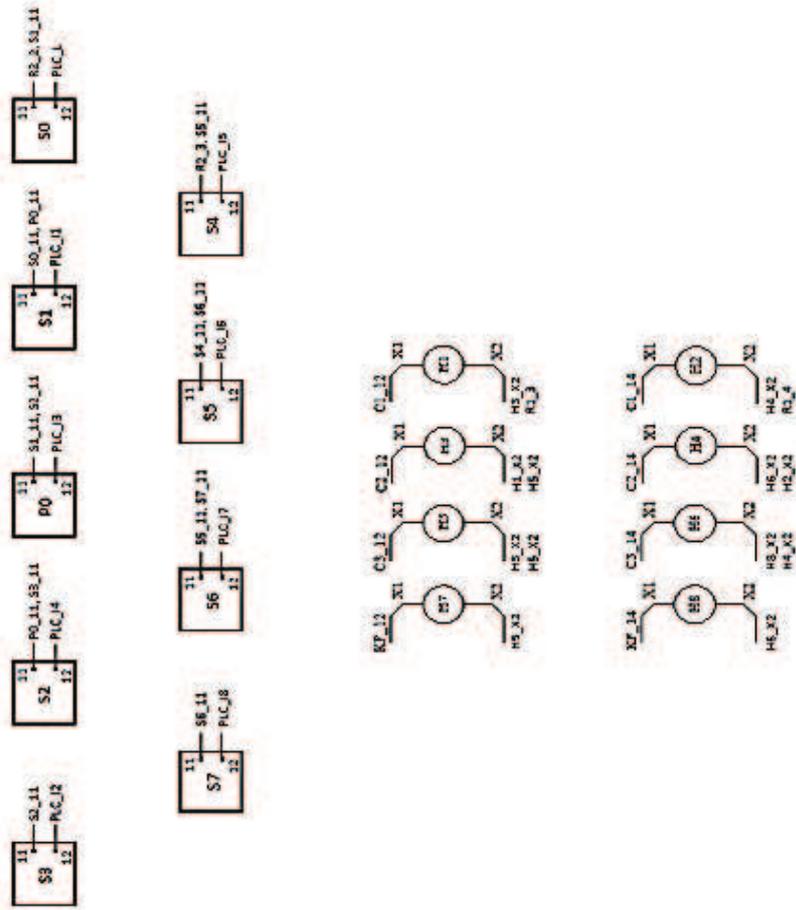
Se lo utiliza para dar el pulso de inicio al relé off-delay que determina el tiempo de la primera secuencia, la misma que origina el paso de las siguientes y el tiempo de las mismas.

## 2.15 LUCES DE SEÑALIZACIÓN

Se opta por tener cuatro luces de señalización, una para cada bomba, y una cuarta para la iluminación de la fuente. Las luces de señalización son de neón, vienen alimentadas de un contacto auxiliar de un contactor (de bomba o de iluminación). La figura 2.23. indica la luz de señalización del tablero de control.



**Figura 2.23.** Luz de señalización



Fecha	Nombre	Firma	Entidad	Titulo	Fecha	Núm.

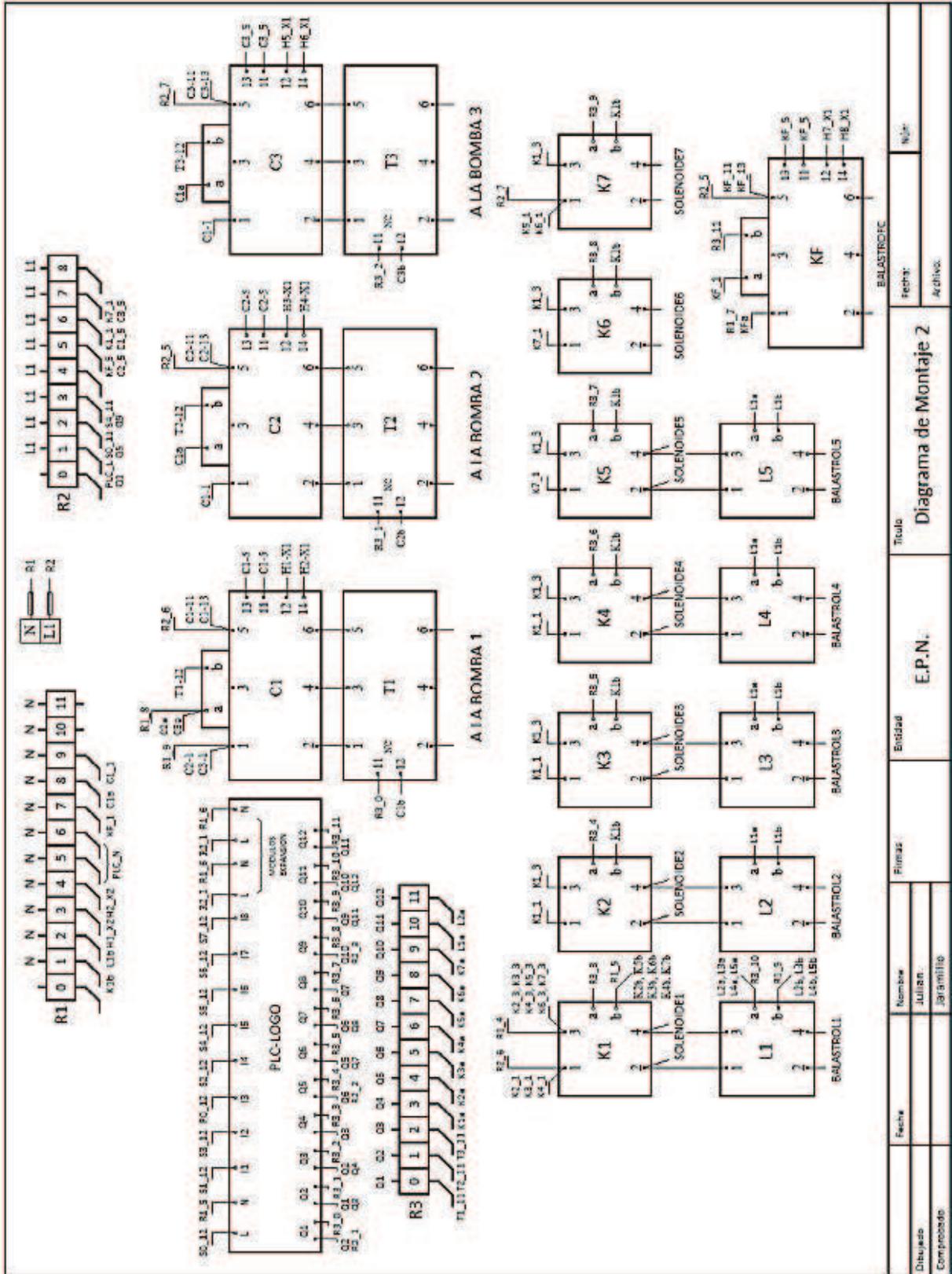


Diagrama de Montaje 2

E.P.N.

Etidad

Financ

Numero

Fecha

Dibujado

Comprobado

Julian Jaramillo

Fecha

Archivo

Nº

## 2.16 DESARROLLO DEL TABLERO DE CONTROL

### 2.16.1 EXTERIORES TABLERO CONTROL

Se parte diseñando la posición de los interruptores en la cara frontal del gabinete, como también las luces de señalización en la misma; se realizó los agujeros respectivos para posicionar en la parte superior los interruptores de inicio y paro del sistema, y en la parte media, las luces de señalización de motores y del trabajo de la iluminación.

Se tiene los agujeros en los puntos señalados, para luego crear el agujero con los sacabocados del tamaño del interruptor o las luces de neón respectivos. En la figura 2.24. se muestra el taladro de pedestal, con el que se trabaja para realizar los agujeros.



**Figura 2.24.** Taladrado Gabinete

La figura 2.25. indica la cara frontal del tablero de control y los interruptores de inicio y de manejo de secuencias de la fuente de agua a trabajar.



**Figura 2.25.** Panel de interruptores de control

Los dos primeros interruptores encienden el LOGO, y dan inicio al proceso de encendido de los motores respectivamente.

El pulsador permite iniciar las secuencias de control de apertura de válvulas, siempre y cuando los tres motores, se encuentren encendidos.

El tercer interruptor permite establecer una secuencia fija en cualquier momento del proceso secuencial repetitivo y el último interruptor es de apagado general del sistema.

### 2.16.2 INTERIORES TABLERO CONTROL

En la parte interior del tablero se tiene los rieles y canaletas que permitirán sujetar los elementos de control así como los cables con los que se realiza las conexiones. Se parte ubicando tres filas de rieles según las distancias necesarias que implica el largo de los contactores.

- La primera para la sujeción del LOGO y sus módulo de expansión, así como de los tres contactores de las bombas.
- La segunda fila, para colocación de los siete contactores que permiten la energización de las electroválvulas.

- La última fila, se utiliza para los contactores de control de las lámparas de iluminación.

Las canaletas de  $25 \times 25 \text{ mm}$  se ubican alrededor de todos los elementos de control, y entre las secciones de cada fila para el paso de los cables que se traen de la alimentación del disyuntor.

En la figura 2.26 se tiene la perforación del tablero y en la figura 2.27. la ubicación de los rieles DIN.



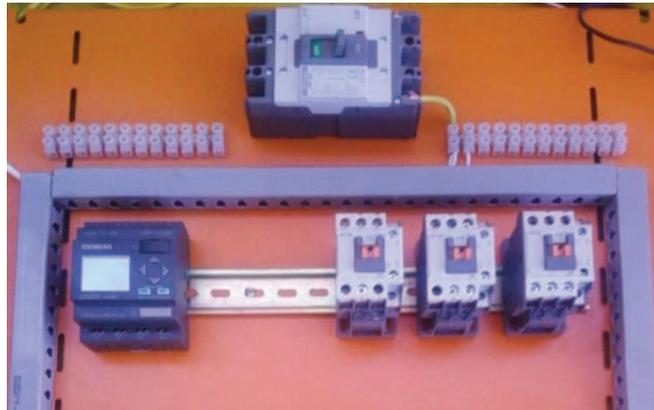
**Figura 2.26.** Perforación para sujeciones tablero



**Figura 2.27.** Riel DIN

Se usan borneras con el objetivo de trabajar con distinto número de cable, por las exigencias del fabricante del PLC, al requerir en sus entradas digitales como en sus salidas de relé, un tamaño inferior en comparación a la sujeción del tornillo de los contactores con cable gemelo número 18.

En la Figura 2.28. se muestra como se colocan las canaletas y las borneras para realizar el conexionado de los elementos de control con los que se trabaja.



**Figura 2.28.** Ubicación canaletas y borneras

Analizando la tabla calibre AWG frente a valores de amperaje a trabajar, se ha dimensionado los calibres que se utilizan para realizar el alambrado o conexionado de los elementos a trabajar.

CALIBRE AWG	AMPERIOS	PIES POR LIBRA
6	53.16	
7	42.04	16.00
8	33.38	20.00
9	26.56	25.20
10	21.20	31.80
11	16.60	40.10
12	13.30	50.60
13	10.50	63.80
14	8.30	80.40
15	6.60	101.40
16	5.20	125.00
17	4.10	155.00
18	3.20	203.00
19	2.60	248.00
20	2.00	323.00

**Tabla 2.6.** Calibre AWG de Cables.

El amperaje de las bombas nominalmente es de 3.4 [A]. Pero como lo analizado anteriormente, al momento del arranque se tendrá, según las pruebas exigidas un

valor rodeando los 5.5 [A], de esta manera según la tabla se tendría el cable AWG 15 que soporta hasta 6.6 [A]; al ser éste no muy comercial se ha escogido el cable AWG 14 que soportará un rango un poco mayor, de esta manera poder sobreponer cualquier tipo de sobrecarga de corriente.

Mientras las para la alimentación de las luces de señalización, se los ha realizado con cable AWG 18, por no necesitar un gran amperaje para alimentar a las luces de Neón.

El tamaño del cable de alimentación que sale del disyuntor (caja moldeada), que soporta los 30 [A] de toda la carga, se lo dimensiona para trabajar con un cable AWG 8, el cual sin problema sustenta un valor de 33.38 [A].

Considerando el diferente tipo de calibre de cable que se optada por utilizar, se ubican borneras para distribuir la alimentación de los cables AWG 8, que son los de mayor calibre en el tablero de control. Tanto para la toma de línea de alimentación (fase y neutro), como para las salidas de relé del LOGO que energizan las bobinas de los contactores de las bombas, electroválvulas, y lámparas de iluminación. En la figura 2.29. se visualiza las diferentes conexiones y los elementos con los que se trabaja como también del panel frontal del tablero de control.



**Figura 2.29.** Cableado tablero control

## **CAPÍTULO 3**

### **DESARROLLO DEL SOFTWARE DE CONTROL**

### **3.1 CARACTERÍSTICAS SOLUCIÓN LOGO SOFTWARE**

Se utiliza el software LOGO Soft Comfort V7.0, que es la última versión de software para PLCs LOGO, y para el sistema de control se utiliza el equipo Logo OBA6 estándar, de modelo 230-RC.

### **3.2 DESARROLLO DEL SOFTWARE**

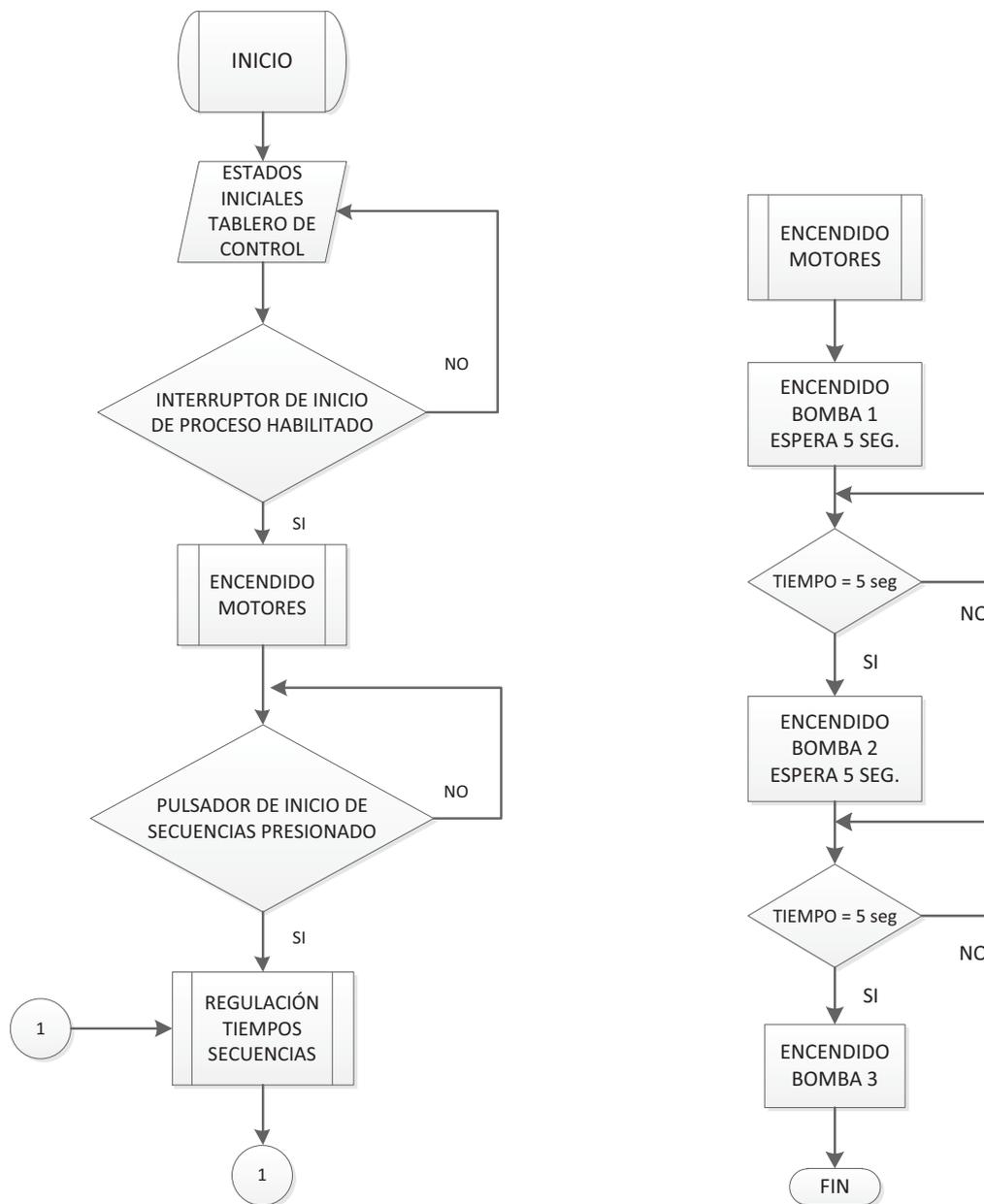
Para poder dar inicio y comenzar el trabajo del PLC, se cierra el interruptor “PLC” para energizarlo. El software creado consta de cuatro secciones que se interconectan entre sí por marcas dentro del programa:

- Encendido de motores.
- Regulación tiempos de secuencia.
- Secuencias de control.
- Encendido equipos (bombas, electroválvulas, lámparas)

#### **3.2.1 ENCENDIDO DE MOTORES**

Esta sección está desarrollada para dar inicio al proceso de encendido de los motores de las bombas. El inicio se da cuando se cierra el interruptor “ON” del tablero de control. Los motores empiezan a encenderse de uno en uno cada cinco segundos, tiempo que se ha tomado como aproximado para el arranque de cada bomba.

### 3.2.2 DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL Y ENCENDIDO DE MOTORES



### 3.2.3 PAROS DE BOMBAS

Dentro de la misma sección de control de motores, el programa es el que determina la desenergización del relé del LOGO, que permite el encender la bobina del contactor de cada bomba, esto tomando en consideración motivos de

fuerza mayor, mantenimiento o simple cambio de equipos, considerando exigencias de un trabajo continuo del resto de motores, si el caso así lo requiriera.

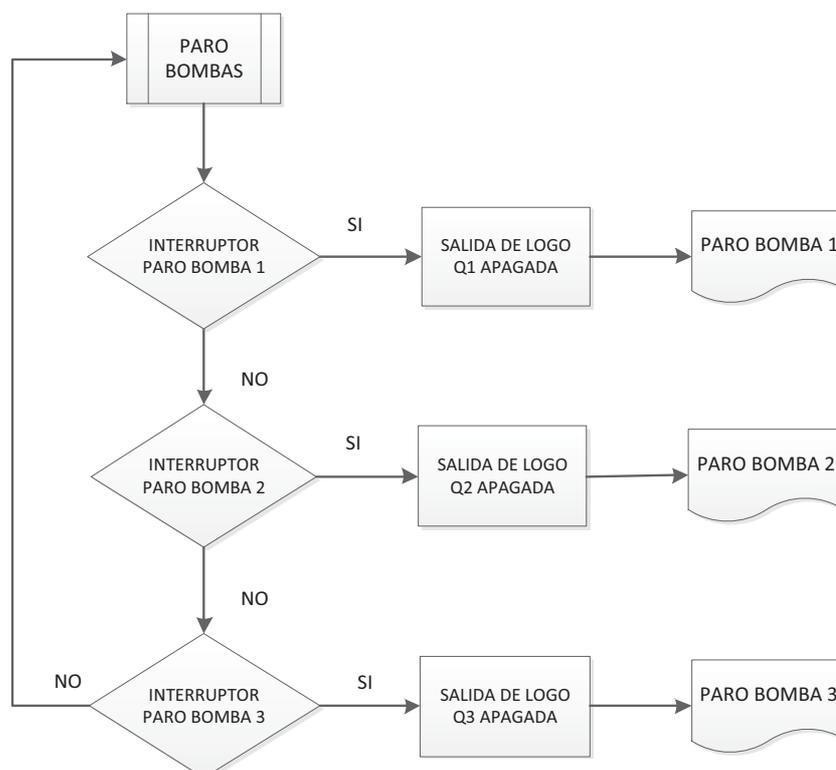
Así, cada PARO realiza las restricciones de funcionamiento necesarias, en donde esta misma orden restringe a las electroválvulas que corresponde a la sección de trabajo de la bomba específica, y así de esta manera si el motor queda inutilizado o desconectado, las solenoides también queden restringidas su funcionamiento para no energizarlas, teniendo consumo y pérdidas de energía eléctrica, considerando que la bomba 1 y bomba 3 comparten la sección Pentagonal y la bomba 2 y bomba 3 la sección central y anillo, esto para las restricciones de energización de las electroválvulas.

El PARO 1 desenergiza la salida de relé Q1 y consecuentemente la bomba 1.

El PARO 2 desenergiza la salida de relé Q2 y consecuentemente la bomba 2.

El PARO 3 desenergiza la salida de relé Q3 y consecuentemente la bomba 3.

### 3.2.4 DIAGRAMA DE FLUJO INTERRUPCIONES EXTERNAS PARO DE BOMBAS



### 3.2.5 REGULACIÓN TIEMPOS DE SECUENCIA.

Dentro de esta sección de control, se crea los tiempos regulables que llevan a cabo cada secuencia, según las restricciones adecuadas, o paro en una secuencia establecida si es requerido.

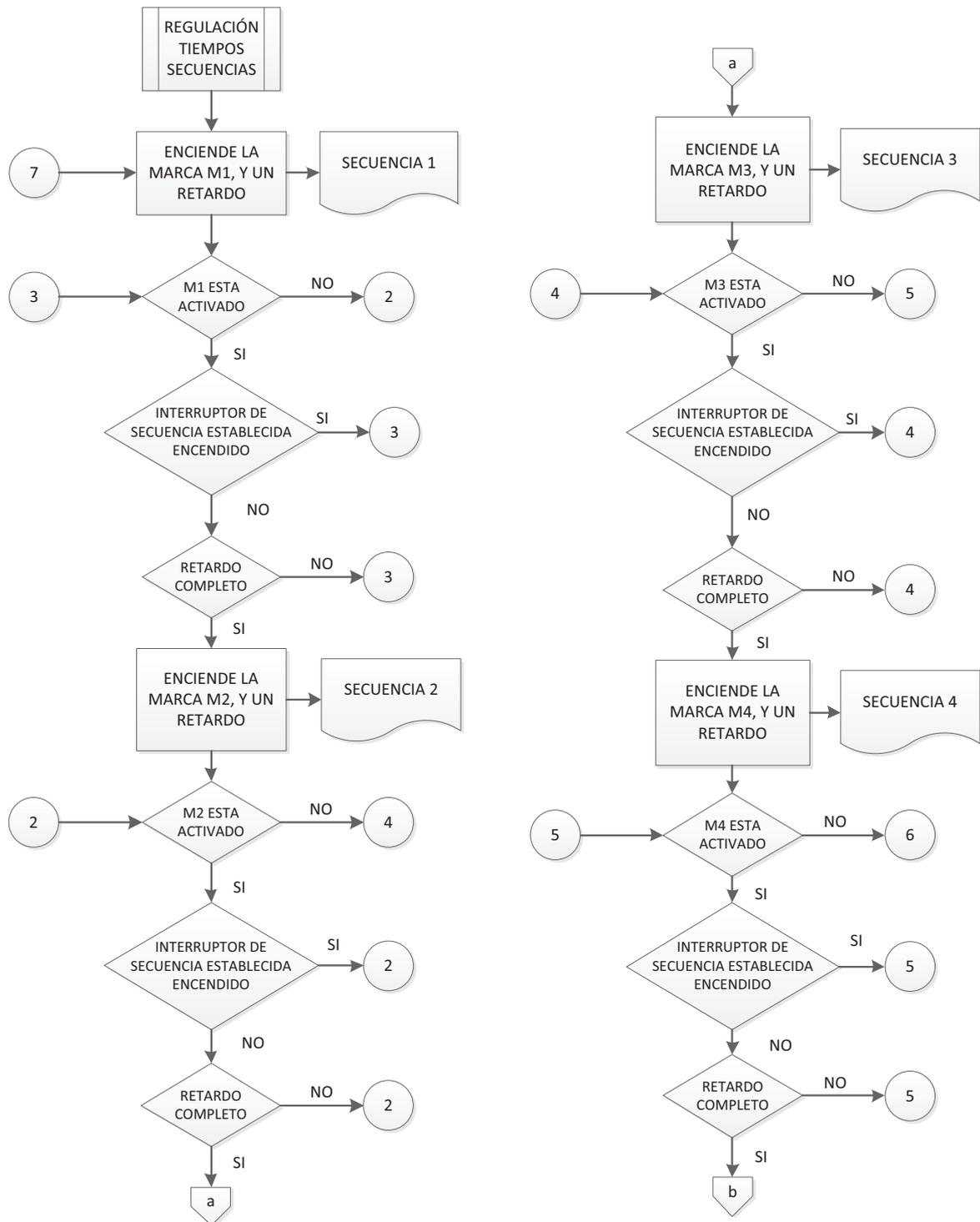
Para comenzar, como se demarcaba anteriormente, se lo hace con un pulsador sin retención normalmente abierto "ON\_SEC", el cual habilitará las secuencias, siempre y cuando se encuentren las bombas ya encendidas, de esta manera se tendrán las secuencias una seguida de otra, según el tiempo establecido por el retardo a la conexión respectivo.

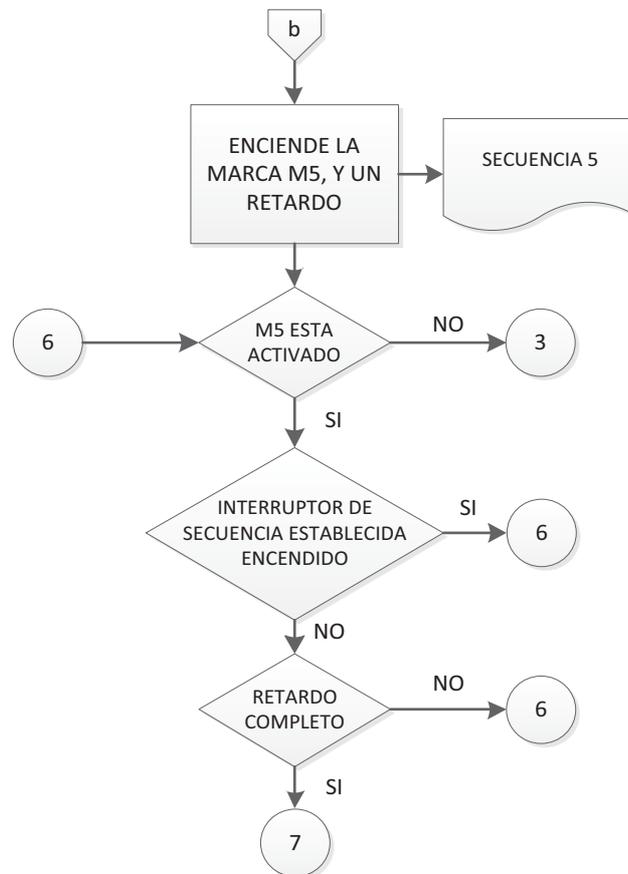
Para que se vuelvan a repetir continuamente las 5 secuencias, se regula con una Marca extra M6 que permitirá disparar nuevamente al autoenclavador que habilita la Marca 1 (Secuencia1) al estar siempre comparándose con una OR, entre la M6 (Marca 6) y el disparo de inicio del pulsador "ON\_SEC" y así después de transcurrir el tiempo de la secuencia 5 encender la marca 6 y con ello volver a comenzar el conjunto de secuencias.

Cada una de las secuencias que se ven representadas por las marcas M1, M2, M3, M4, M5 y están creadas con la misma lógica, guardándose encendidas con la ayuda de un autoenclavador, los mismos que llegan a ser seteados, cuando la compuerta AND, que se compara con la salida de cada retardo a la conexión, están en uno lógico y el Interruptor "EST\_SEC" se encuentra en off, si es así, después del tiempo regulado, se continuará con la otra secuencia.

Si el interruptor está en ON, se mantendrá repitiéndose la secuencia última que se esté realizando.

### 3.2.6 DIAGRAMA DE FLUJO REGULACIÓN TIEMPOS DE SECUENCIA





### 3.2.7 RESET TIEMPOS Y APAGADO DE SECUENCIA ANTERIOR

Esta subsección permite realizar la comparación con un bloque OR, que reseteará a cada autoenclavador, cuando se encienda la marca siguiente de la marca que se encuentra trabajando en un instante, al terminar su tiempo regulado o a su vez cuando se realice un Paro General "Off", con la finalidad de resetear los tiempos de los retados a la conexión, para que en el caso de volver a iniciar un proceso completo, pasado el Paro General y su necesidad, no haya ninguna marca encendida que contradiga el proceso sistemático que realiza el paso de una secuencia a otra.

### **3.2.8 SECUENCIAS DE CONTROL PARA CHORROS DE AGUA**

Esta sección de control, tiene como objetivo crear cada una de las secuencias, buscando poder hacer factible la variación de formas y estilos de las secciones de la fuente secuencial, y no mantenerlas como únicas y establecidas.

De esta manera se crean diferentes números de estados en cada secuencia, para poder ilustrar las varias características de la misma. En donde cada estado delimita que sección de la fuente se encenderá, que tiempo durará, y en qué orden se lo hará.

#### **3.2.8.1 Primera secuencia.**

La primera secuencia, muestra dos marcas, lo que refleja dos estados para jugar con los solenoides y las bombas, para la sección de la fuente que se quiera encender.

El encendido de M7 está directamente establecido cuando la marca M1 esté en uno lógico, y el interruptor de paro general esté cerrado, hasta que la marca del siguiente estado M9 se encienda y apague a la marca M7 para dar un nuevo estado dentro de la secuencia.

El encendido de la marca M9, está hecho con dos retardos, uno a la conexión y otro a la desconexión, los dos se encienden al mismo instante con la diferencia de que el primero enciende el set del autoenclavador una vez transcurrido el tiempo regulado, el otro retardo se enciende ese mismo instante, pero al estar negado su entrada al reset del enclavador, no hace nada hasta ser desconectado, una vez encendido M9, esta acción apaga M7 al poner en cero el bloque AND y también al retardo a la desconexión, el tiempo regulado después de la desconexión será en cambio el tiempo del estado que fija M9.

La marca M7, permite encender las salidas de relé Q1 y Q2 respectivamente correspondientes a la bomba 1 y bomba 2, como a su vez a la salida de relé Q5, con esto se compara el estado con una AND si se encuentra en la primera secuencia (M1), encendiendo así un retardo a la conexión, para después de un tiempo encender Q8, consecuentemente de igual manera con la misma lógica se encenderá otro retardo a la conexión, para pasado éste, encender Q9, creando así una secuencia de encendido de bombas y de alturas de la Estructura Pentagonal de dos chorros de la misma, como de las lámparas de Iluminación, de su respectivo chorro, y de la Estructura Anillo, a diferentes tiempos.

La marca M9, permite habilitar la salida de relé Q3, energizando la bomba 3, y apagando el resto, para trabajar una altura diferente del paso de las dos bombas de  $\frac{1}{2}$  HP, al funcionar sólo la bomba de 1 HP.

### **3.2.8.2 Segunda secuencia**

Esta secuencia consta de tres estados, con sus marcas M10, M11, M12. De igual manera a la primera secuencia se ha creado el paso de estado a estado con la misma lógica de dos retardos uno a la conexión y otro a la desconexión para cada paso de estado a estado, es decir 4 retardos en total.

Todo el inicio del proceso de igual manera comienza al estar en uno lógico la marca M2, que representa la secuencia 2, como se lo había nombrado anteriormente.

Esta secuencia tiene como finalidad mostrar el juego de alturas de las estructuras de la fuente secuencial, trabajando con las bombas en su mayor desempeño.

Siendo así que la marca M10, permite encender las salidas de relé Q3, energizando la bomba 3 (teniendo una altura media en las tres estructuras), como a su vez a la salida de relé Q5 y Q8, de las electroválvulas con solenoides del pentágono, encendiendo con éstas un retardo a la conexión de cada una, para después de un tiempo encender Q6 y Q7 respectivamente, realizando el juego de

alturas de estos chorros y de las lámparas de iluminación, de su respectivo chorro.

La marca M11, permite encender las salidas de relé Q3 y Q1, energizando la bomba 3 y la bomba 1, permitiendo tener la máxima altura de los chorros en la Estructura Pentagonal, y una media en la Estructura Central y Anillo.

La marca M12, permite encender las salidas de relé Q3, Q2 y Q1, energizando las tres bombas, determinando la máxima altura de todos los chorros en las tres Estructuras, como de las 5 lámparas de Iluminación, exteriores y la lámpara central de juego de luces LED.

### **3.2.8.3 Tercera secuencia**

Esta secuencia es la que realiza un mayor número de estados, con la finalidad de mostrar, la versatilidad en crear las alturas diferentes de chorros en las estructuras. En esta secuencia se habilitan al inicio solamente la bomba 1, para comenzar el juego de chorros de la estructura pentagonal, como de su respectiva Iluminación.

Para crear los estados, con sus marcas M13, M14, M15, M16, M17, M18, y M19, se procede con la misma lógica de dos retardos uno a la conexión y otro a la desconexión para cada paso de estado a estado. Todo el inicio del proceso se da lugar al estar en uno lógico la marca M3.

La marca M13, habilita la salida de relé Q1, con lo que energiza solamente la bomba 1, en este tiempo, trabajar sólo la misma y en los siguientes comenzar a variar las alturas de cada chorro del pentágono, las siguientes marcas irán encendiendo las solenoides de una en una cada cierto tiempo, en sentido antihorario, acompañada de su respectiva luz, de la siguiente manera: la marca M14, habilita la salida de relé Q4. La marca M15, habilita la salida de relé Q8. La

marca M16, habilita la salida de relé Q7. La marca M17, habilita la salida de relé Q6. La marca M18, habilita la salida de relé Q5.

Todos estos pasos se regulan a su vez con cada cierto tiempo de encendido, es decir cada uno de dos chorros comparten un instante de tiempo, definiendo así diez estados diferentes en alturas compartidas dentro de la sección pentagonal, para hacer un juego combinado de alturas de chorros y de iluminación, variable.

Por último la marca M19, habilitará la salida de relé Q1, Q2 y Q3 energizando las tres bombas y dando el realce final con la máxima altura en toda la fuente, acompañada de toda su iluminación si está habilitado el encendido de la misma.

#### **3.2.8.4 Cuarta secuencia**

La cuarta secuencia, permite crear tres estados diferentes trabajando con las tres bombas, el trabajo se realiza de la misma manera que los casos anteriores, con retardos a la conexión y a la desconexión para habilitar la energización de las bombas, según el tiempo regulado para cada estado

Todo el inicio del proceso se da lugar al estar en uno lógico la Marca M4.

La marca M20, permite encender las salida de relé Q2, energizando la bomba 2 y así solamente las estructuras anillo y central, determinadas en este tiempo realizar el juego de alturas con las solenoides en estas dos secciones, siendo así también la habilitación de la solenoide de chorro central con la salida de relé Q10, y después de un tiempo con la ayuda de un retardo a la conexión habilitar la salida de relé Q9, y de la Q11 correspondiente al solenoide del anillo de chorros, y a la lámpara de Iluminación central, todo esto determinado en una base de una altura media de las dos Estructuras.

La marca M21, permite encender las salida de relé Q2 y Q3, energizando las Bombas 2 y Bomba 3, fijando en este estado de tiempo una altura máxima en

ambas estructuras anillo y central, y una altura media en la estructura pentagonal, con lo que se realiza un realce mayor y diferente, a un estado normal de esta sección, al encender en el mismo instante las cinco electroválvulas del pentágono, Q4, Q5, Q6 Q7 y Q8.

La marca M22, permite encender las salida de relé Q1 y Q2, energizando las bombas 1 y bomba 2, y desenergizando la bomba 3, fijando un estado de altura media en toda la fuente, y a su vez permitiendo variar las alturas de diferentes chorros en las tres secciones al encender los solenoides correspondientes a las salidas de relé Q4, Q6 y Q7, del pentágono, y las dos salidas Q9, y Q10, de las estructuras anillo y central, como el juego de luces de lámparas correspondientes a cada chorro, si éste estuviera habilitado.

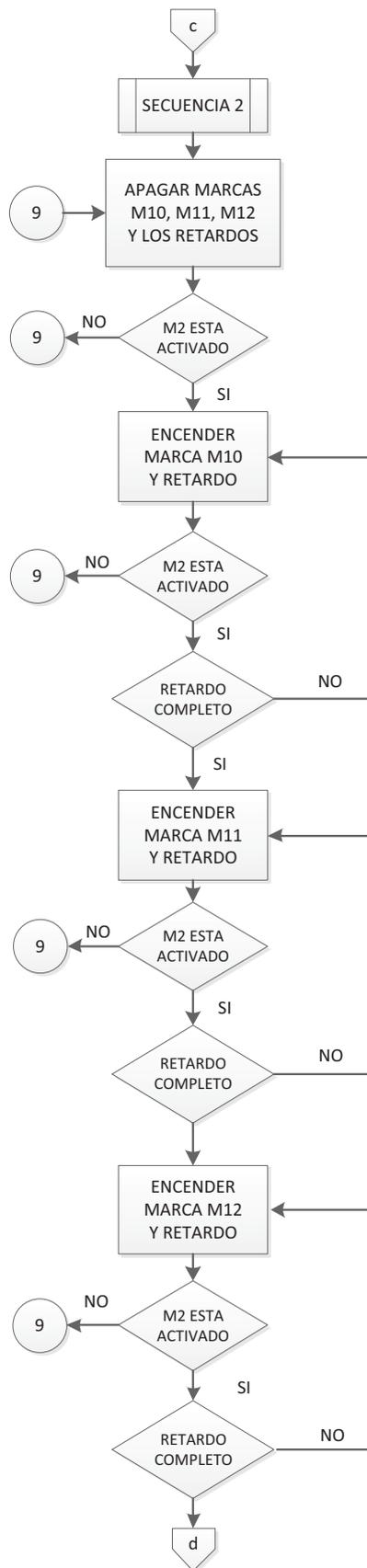
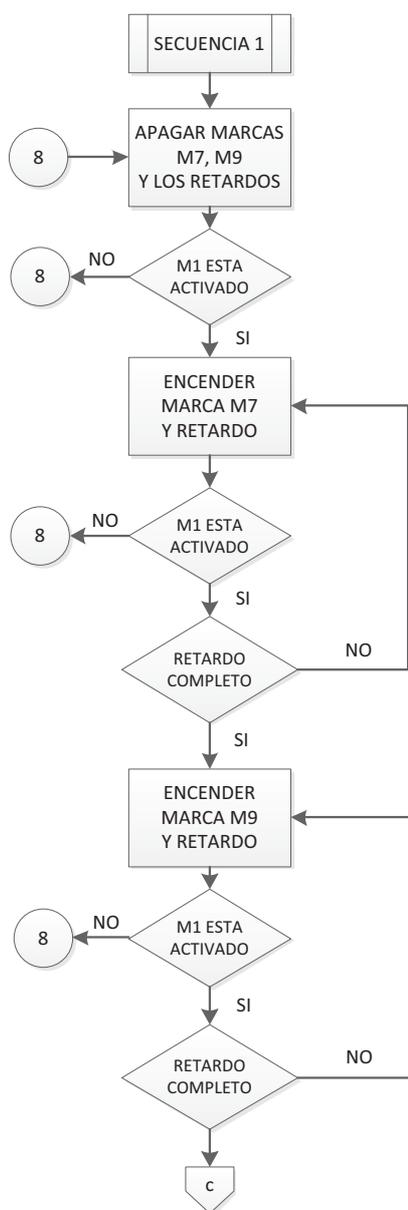
#### **3.2.8.5 Quinta secuencia**

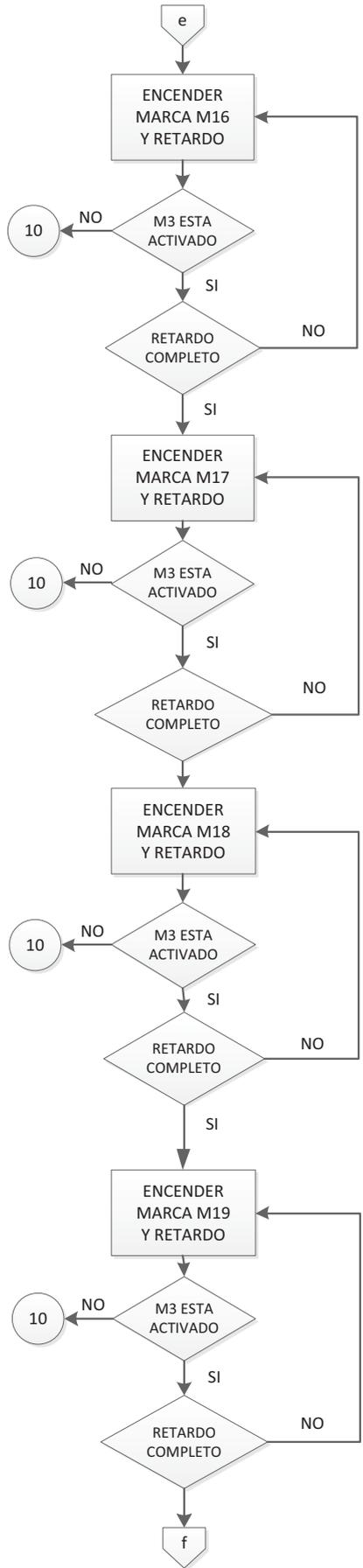
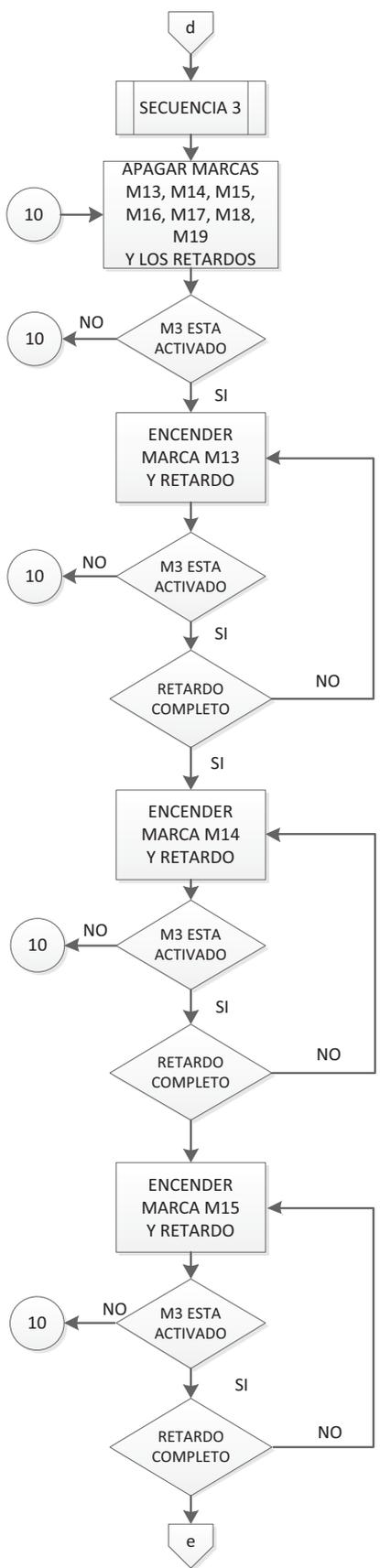
La última secuencia consta de dos estados. Las bombas con que se trabajan aquí son únicamente las dos bombas de  $\frac{1}{2}$  HP, sus marcas respectivas de determinación de estados son M23 y M24. Su lógica de paso de estado a estado es el mismo que los anteriores. Todo el inicio de ésta se da al estar en uno lógico la marca M5.

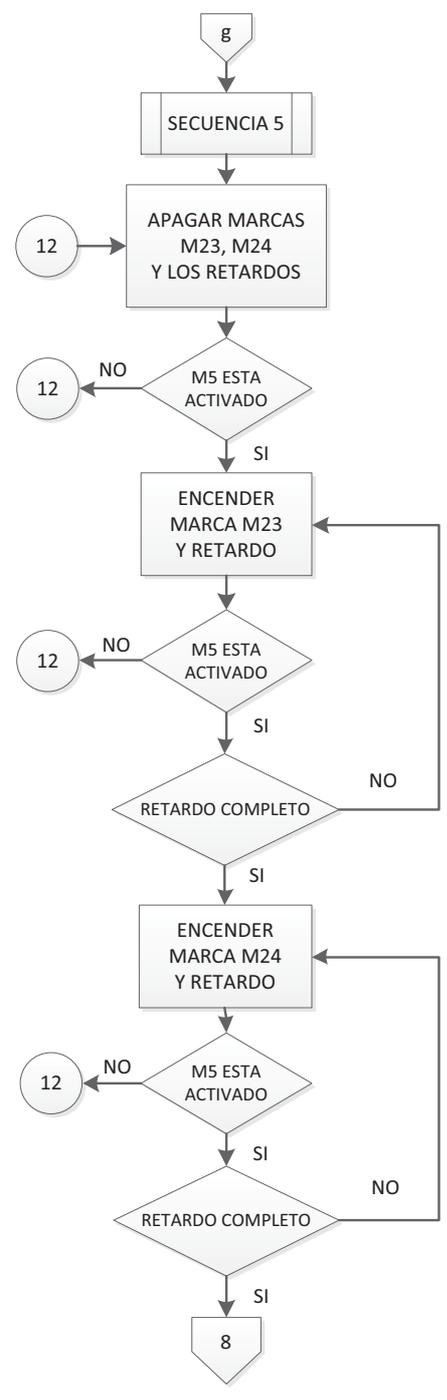
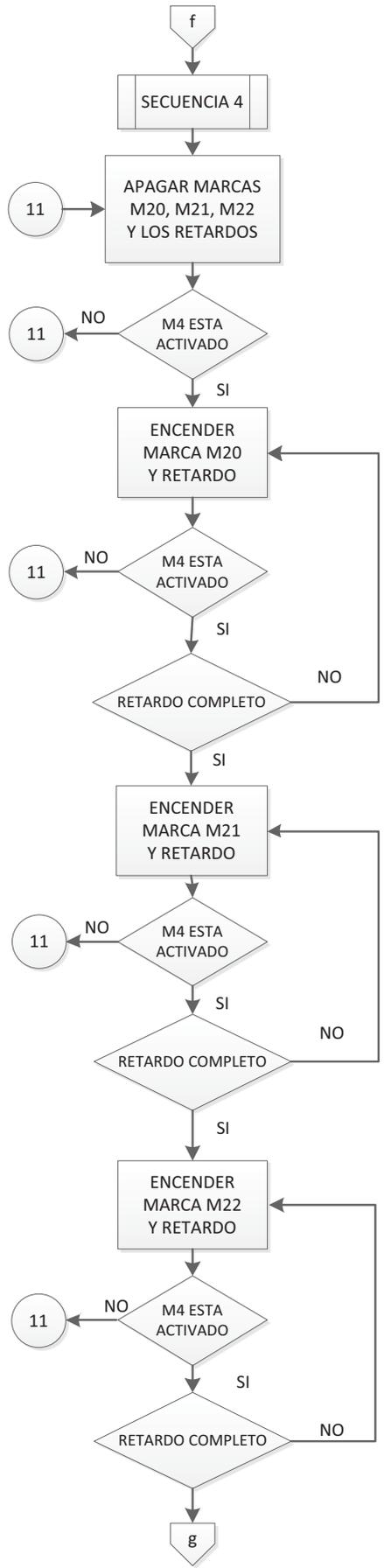
La marca M23, habilita la salida de relé Q1, energizando solamente la Bomba 1 y alimentando únicamente la sección pentagonal, y realizar un juego de alturas de chorros diferente en la misma, con la habilitación de todos los solenoides, y posteriormente ir apagando éstas de una en una, y volviendo a encenderla al pasar a la siguiente electroválvula, las salidas de relé con las que se trabajan son Q4, Q5, Q6, Q7 y Q8.

La marca M24, permite habilitar la salida de relé Q1 y Q2, llevando a estado medio a toda la fuente, y subir la altura de la estructura anillo, al encender la salida de relé Q9, y realizar el respectivo juego de luz, en el centro de la pileta.

### 3.2.9 SECUENCIAS DE CONTROL PARA CHORROS DE AGUA







### 3.2.10 CONTROL DE APERTURA Y CIERRE DE ELECTROVÁLVULAS

#### 3.2.10.1 Electroválvulas pentágono

Trabajan directamente habilitando o deshabilitando las salidas que manejan las solenoides para dejar pasar o interrumpir el paso del agua:

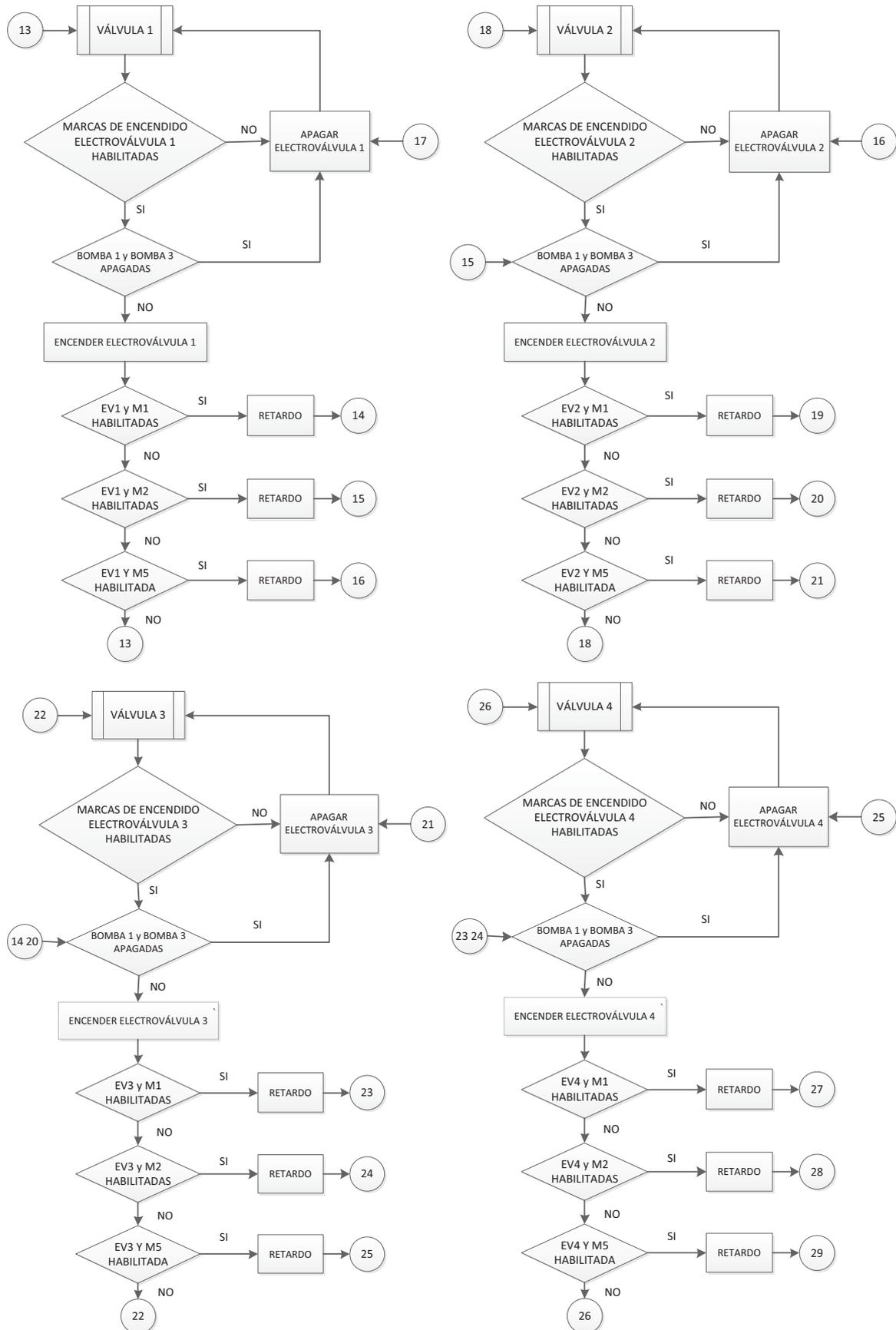
- Q4: Electroválvula 1.
- Q5: Electroválvula 2.
- Q6: Electroválvula 3.
- Q7: Electroválvula 4.
- Q8: Electroválvula 5.

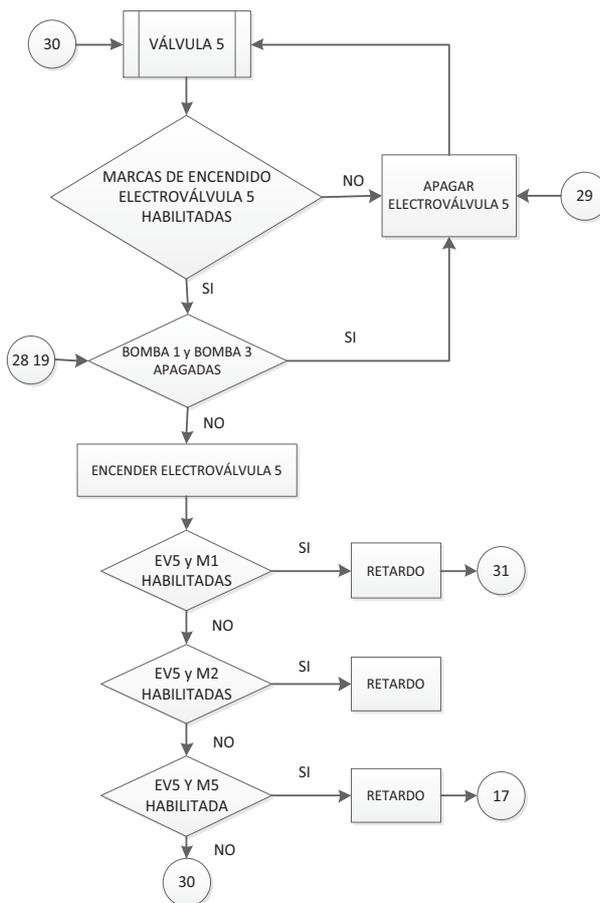
Cada una de éstas es habilitada conjuntamente, o por separado según lo establecido con las marcas de cada secuencia. Como se puede ver, la habilitación de las electroválvulas se da con cualquiera de las entradas del bloque OR, que llegan a compararse en el siguiente bloque AND, con dos entradas negadas a su entrada.

La primera es con relación a los casos ya establecidos, acerca de cualquier combinación de los paros de las bombas en casos requeridos por el operador, donde un paro de la bomba 1 y de la bomba 3, deshabilita instantáneamente las solenoides de la sección pentagonal.

La segunda está determinada para la creación del juego de las alturas, de la secuencia cinco, en la que se va apagando las electroválvulas de una en una cada cierto tiempo.

### 3.2.10.2 Diagrama de flujo electroválvulas pentágono



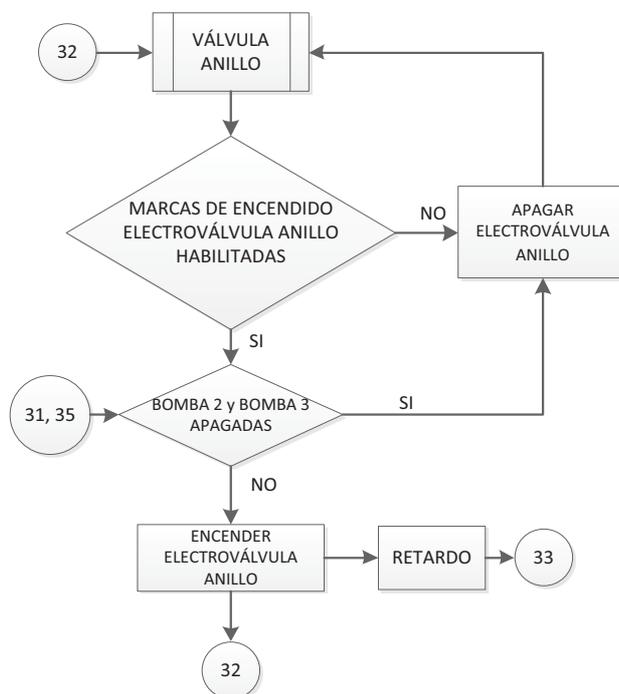


### 3.2.10.3 Electroválvula chorro anillo

Esta subsección controla el solenoide que da paso al anillo de chorros, que se encuentran rodeando al chorro central, se caracteriza por solo una electroválvula para controlar a todo el conjunto, puesto que el anillo muestra una forma de chorro diferente, a los que se busca con las otras estructuras conocido como laminar.

El control energiza la salida de relé Q9, en cualquiera de los casos que se han designado según las secuencias establecidas, el funcionamiento de esta electroválvula queda restringido si la bomba 2 y bomba 3, se encuentran apagadas.

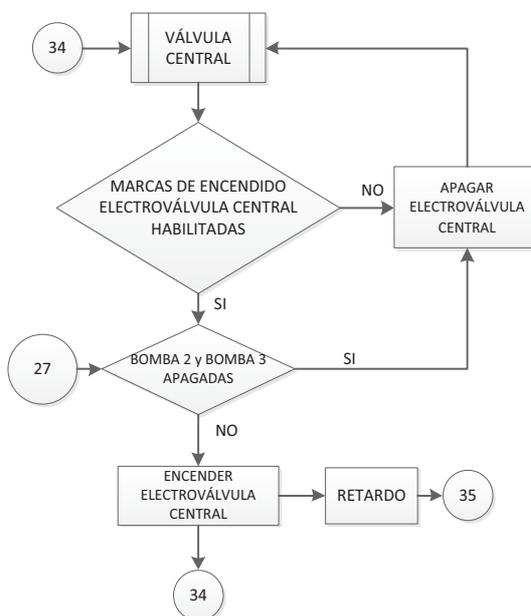
### 3.2.10.4 Diagrama de flujo electroválvula chorro anillo



### 3.2.10.5 Electroválvula chorro central

Acerca del chorro central, el control buscaba de igual manera la apertura de la salida de relé Q10, la que quedará deshabilitada, el funcionamiento de esta electroválvula queda restringido si la bomba 2 y bomba 3, se encuentran apagadas.

### 3.2.10.6 Diagrama de flujo electroválvulas chorro central



### 3.2.11 CONTROL LÁMPARAS DE ILUMINACIÓN

Cuando las salidas Q3 y la habilitación de Q9, pasado un cierto tiempo de un retardo a la conexión, se encuentren habilitadas y el interruptor I8 se encuentre cerrado (interruptor de iluminación) o el bloque de control horario de encendido de la luces esté seteado, se encenderá Q11.

De igual manera la iluminación de la estructura pentágono, vendrá determinado por el encendido las salidas Q1 o Q3, mientras el interruptor I8 se encuentre cerrado (interruptor de Iluminación) o el bloque de Control Horario de Encendido de la Luces esté seteado, Q12 se encenderá.

El bloque XOR utilizado para la comparación del interruptor I8 y el bloque de control horario, tiene como finalidad encender la Iluminación en cualquier otro horario no establecido dentro del parámetro del mismo, si así es requerido. Y a su vez apagar la Iluminación en cualquier instante si se está dentro del horario de encendido del bloque de control horario.

Las formas que se trabajan para la iluminación son:

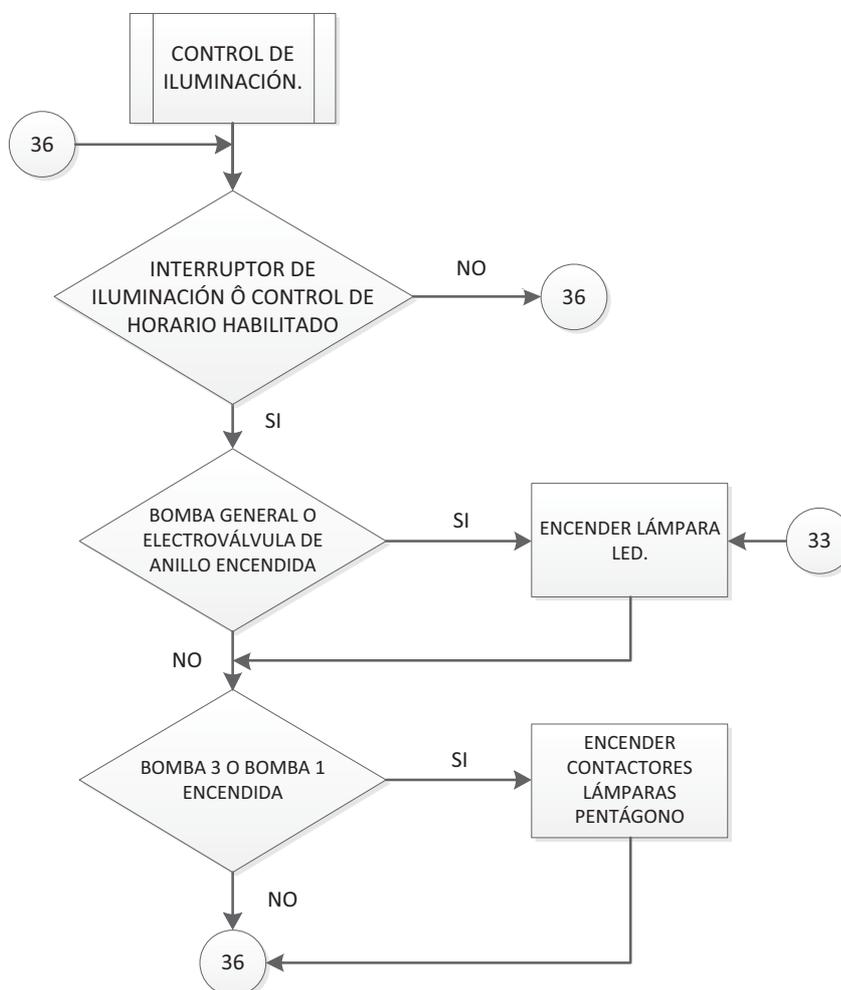
- El encendido de ambas partes de iluminación (pentágono y central) o a su vez por separado.
- Encendido de cada lámpara del exterior del pentágono, diferencialmente (en pasos o reparticiones por separado)
- Iluminación de chorros por tiempos, acompañados por la electroválvula que hace dicho juego de chorro.

El software desarrolla el control de Iluminación, como se ha mencionado a partir de un encendido del interruptor I8 del LOGO, que en el tablero de control se refleja como el cuarto interruptor con luces de señalización, de esta manera permitirá tener un apagado manual si así se desea, pero como primer punto deberá estar dentro del horario de encendido requerido según como se haya establecido, para los días de la semana o fines de semana, respectivamente.

La salida Q12 de relé del LOGO, permitirá activar los cinco contactores fijados para las lámparas de la estructura pentágono, y hacer el juego de luces por separado al estar interconectados los mismos con los otros cinco contactores de los solenoides, determinan el encendido de las mismas con el respectivo chorro.

Por otro lado la salida Q11 de relé LOGO, activa el contactor que se fija para la lámpara LED ubicada en el centro de la pileta, el cual refleja la Iluminación de las dos estructuras central y anillo.

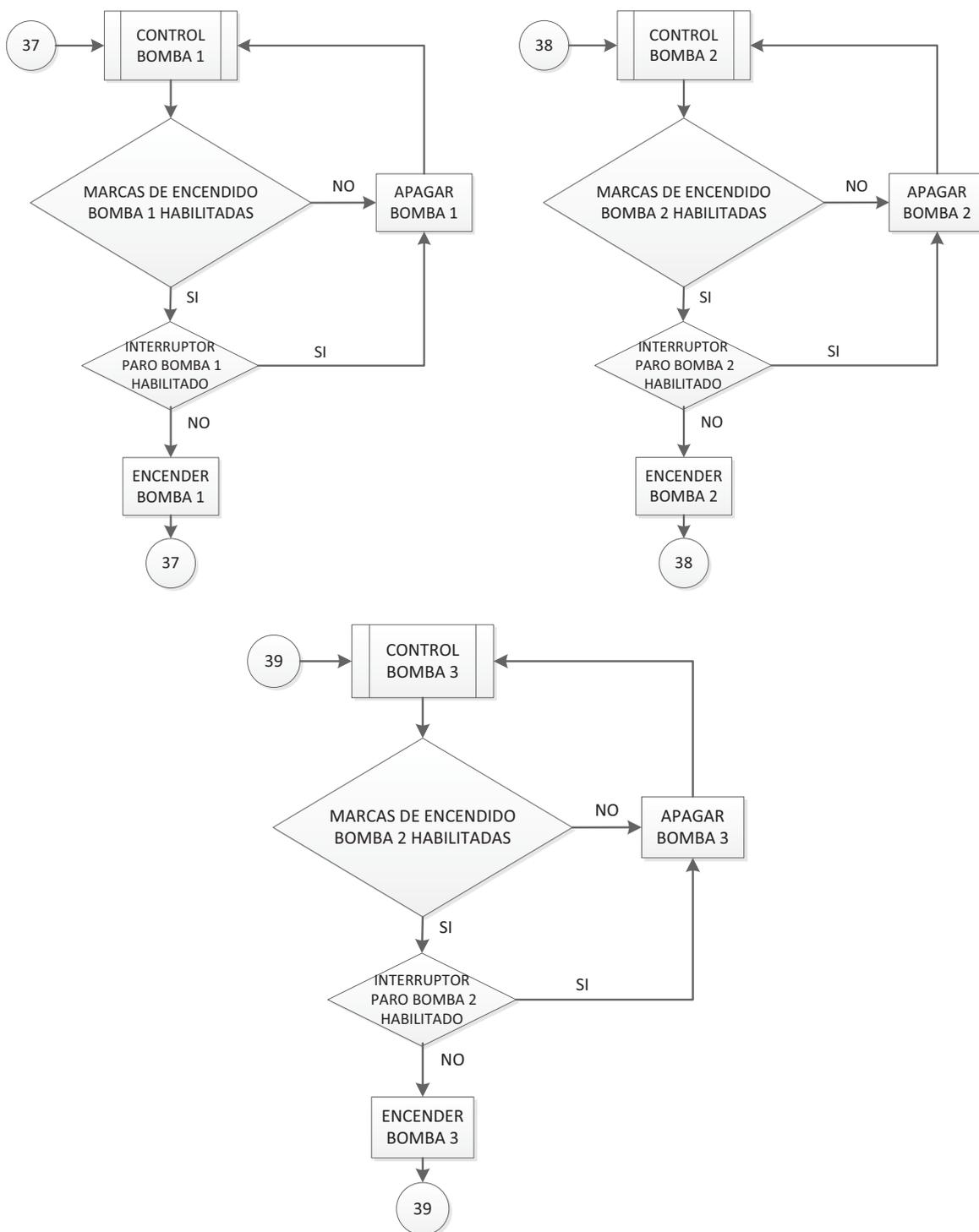
### 3.2.11.1 Diagrama de flujo control de iluminación



### 3.2.12 CONTROL DE ENCENDIDO DE BOMBAS DENTRO DE SECUENCIAS

Cada una de las bombas va realizando una serie de juegos de encendido y apagado, entre ellas y con respecto a la secuencia que se esté cumpliendo, donde cada una de las marcas dentro de cada secuencia habilita el encendido de las bombas, según lo que se quiera.

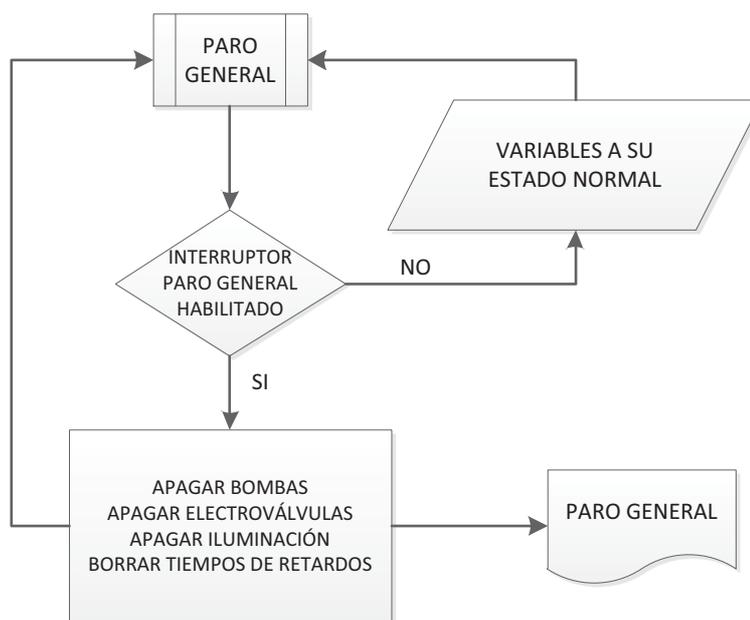
La única restricción de apagado en cualquier instante es la que determina el interruptor de paro respectivo.

**3.2.13 DIAGRAMA DE FLUJO ENCENDIDO Y APAGADO DE BOMBAS.**

### 3.2.14 PARO GENERAL

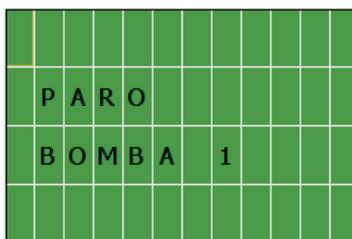
El paro general desarrolla todas aquellas restricciones stop de funcionamiento, mencionadas en el capítulo anterior.

#### 3.2.14.1 Diagrama de flujo interrupción externa paro general



### 3.2.15 VISUALIZACIONES EN PANTALLA.

Usando la pantalla del Logo OBA6 de 4x16, se muestran diferentes mensajes de aviso de paro de motores o mensajes de tiempos cumplidos en secuencias. La figura 3.1 muestra un texto de aviso para el paro de la bomba 1.



**Figura 3.1.** Texto aviso paro de bomba

La figura 3.2 indica el mensaje de aviso de paro total del sistema.

	P	A	R	O					
	T	O	T	A	L				

**Figura 3.2.** Texto aviso paro total

La figura 3.3 indica el mensaje para una secuencia establecida.

	S	E	C	U	E	N	C	I	A		
	E	S	T	A	B	L	E	C	I	D	A

**Figura 3.3.** Texto aviso secuencia establecida

La figura 3.4 indica el mensaje de tiempo para una secuencia.

S	E	C	U	E	N	C	I	A	3
T	I	E	M	P	O	:			
				0	2	:	4	1	s

**Figura 3.4.** Mensajes de tiempo en secuencia 3

## **CAPÍTULO 4**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

## 4.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

### 4.1.1 CONSTRUCCIÓN DE LA FUENTE

Según las medidas de volúmenes aproximados, que se calculan se trata de encontrar una estructura que esencialmente tenga forma redonda, en donde su centro edifique el chorro central, y sea éste el eje de la pileta y del resto de chorros.

Se tiene la base de la construcción apoyada en una tapa de tanque, a la que se monta cada una de las salidas y fijaciones principales de la fuente, así también se tiene una unión con un tanque reservorio de forma esférica para cumplir con el volumen de agua que abastecerá las bombas.

Posteriormente se realizó un recubrimiento en fibra, brindando mayor soporte y resistencia con la carga de agua, también para que no existan fugas en ninguna de sus uniones. La figura 4.1 indica la tapa en la cual se tiene la pileta.

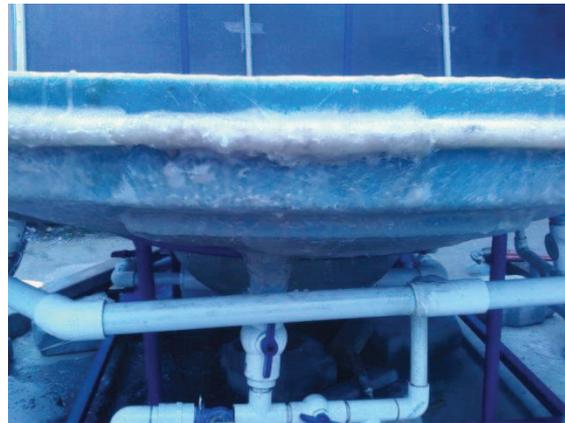


**Figura 4.1.** Construcción tapa pileta

Una vez concluida la pileta se montó toda en un soporte en donde se monta consecuentemente al tablero de control y los equipos. La figura 4.2 indica la base de montaje de la pileta y la base para los equipos. En la figura 4.3 se muestra parte del recubrimiento de fibra que se tiene en la pileta para darle más soporte.



**Figura 4.2** Estructura de soporte fuente de agua



**Figura 4.3** Imagen recubrimiento de pileta con fibra

#### **4.1.2 PRUEBAS DE DISEÑO DE CANALIZACIÓN**

La repartición de las salidas de agua, para cada chorro viene acompañada con válvulas de paso, que se las trabaja como reguladoras de la altura a la cual se fija el chorro en su estado inicial, estas mismas son reguladas dentro del conjunto electroválvula- bypass, como antes de llegar directamente a la tobera de salida, en un comienzo fueron colocadas sobre la pileta para ahorrar espacio de canalización de tubería PVC, tomando en cuenta las diferentes partes de succión y elevación que se tiene de cada bomba.

Esto en un comienzo fue como primera opción, pero luego al fijar el nivel de agua máximo en la fuente, se tuvo que el chorro salía de sobremanera de la altura fija del agua, y perjudicaba a la forma que se quería crear en el chorro. La figura 4.4 indica el primer posicionamiento que se dió de las válvulas de paso a la salida a los chorros.



**Figura 4.4** Válvulas de paso posición inicial

#### 4.1.3 TRATADO DE LOS PROBLEMAS DE CANALIZACIÓN

Por dicha razón se hizo un cambio y esta válvula de 1" que se tiene antes de la salida en todos los chorros, se la ubica en la parte inferior de la pileta, y sobre la misma se ubica sólo la tobera específica del chorro de la sección a crear. La figura 4.5 indica el primer posicionamiento que se dió de las válvulas de paso a la salida de los chorros.



**Figura 4.5.** Imagen válvula de paso posición final

## 4.2 PRUEBAS DE ELEVACIÓN DE AGUA CON LAS BOMBAS

En un comienzo se opta por elevar cada uno de las estructuras de chorros con una bomba respectiva, y así poder realizar el juego de alturas de cada chorro únicamente con las válvulas solenoides. Lo cual fue factible y muy imprescindible para la creación de los chorros que se ubican en la estructura pentágono, ya que en éstos la variación de altura determinada con el juego de bypass y solenoides fue perceptible y ajustable, tomando en cuenta que el diseño del chorro y sobretodo el grosor del mismo, estaban acordes al diámetro de la tubería con la que se trabajó (tubería de  $\frac{1}{2}$ "), y de la salida de tobera utilizada, al ser estos chorros delgados y laminares.

Por otra parte para la sección de chorro central, al ser un chorro de mayor grosor que eleva mayor cantidad de agua, no era perceptible el cambio de un paso de altura a otro, solo diferenciaba algunas formas de empuje en la salida de chorro en la altura máxima del mismo, haciendo que el juego de alturas en el chorro central, el cual es el de mayor y atracción en la fuente quede insignificante en su realce al mostrar una sola altura. En la figura 4.6 se tiene el primer posicionamiento que se tuvo de los chorros con 3 bombas de medio HP.



**Figura 4.6** Trabajo de fuente con 3 bombas de 1/2 HP

#### 4.2.1 TRATADO DE LOS PROBLEMAS DE ELEVACIÓN DE AGUA

De esta manera para mejorar el juego de alturas de chorro en la estructura central, tanto en la distribución de bombas como en la canalización, se aumentó el diámetro de la tubería utilizada en una primera instancia en el conjunto bypass y solenoide de ½" al trabajar fiablemente con tubería de 1", y así aumentar de mejor manera el realce de altura del chorro central y darle el carácter más esplendoroso que se necesita en ésta.

El conjunto bypass y solenoide, para la sección de chorro central y anillo, tuvo una cierta diferenciación a las que se utilizó para los chorros del pentágono, aparte de que se aumentó el diámetro de la tubería a 1", se consideró también una organización diferente a la que se tenía para los otros chorros, en donde se utilizó 2 codos de 90° y dos T, aumentando así el caudal y la diferenciación de aumento de agua del chorro al energizar la electroválvula.

La nueva distribución es la que se ha mostrado en el capítulo 2, en la que la bomba de 1HP, que se dimensionó a partir de una mayor exigencia en la altura del agua, permite la alimentación y un paso más de altura en las tres estructuras, haciendo que toda la fuente secuencial muestre su mayor esplendor cuando las tres bombas se encuentren activadas. La figura 4.7 muestra el funcionamiento de las 3 bombas después de las consideraciones señaladas.



**Figura 4.7** Fuente funcionando con las tres bombas en arreglo final.

Con lo que se obtuvo finalmente que:

La primera bomba de  $\frac{1}{2}$  HP trabaje la estructura pentágono, y solamente los cinco chorros externos, que la conforman, las diferencias de altura lo determinan las solenoides.

La segunda bomba de  $\frac{1}{2}$  HP trabaja la estructura central y la estructura anillo, como cada una de las diferencias alturas entre éstas.

Y por último la bomba de 1 HP alimente las tres estructuras, al mismo tiempo con la finalidad de alcanzar su mayor altura total en un instante deseado de secuencia establecido por el software.

## **4.2.2 PRUEBAS DE SECUENCIAS DE CHORROS**

Se energiza cada una de las bombas por separado, y en conjunto, alimentando todas las canalizaciones realizadas, fijando las diferentes alturas que la fuente mostrará y verificando que no se encuentren cerradas o taponadas, como también a las salidas de tobera de cada estructura.

### **4.2.2.1 Primera prueba de chorros**

Al desarrollar el juego de alturas de la fuente con el encendido de las bombas alternadamente, los tiempos regulados no estaban muy correlacionados a lo que se quería mostrar en cada secuencia, haciendo que el realce máximo que se muestra al encender en conjunto las tres bombas no sea del todo perceptible.

Así también los estados de altura medios y bajos que la fuente desarrolla, no eran distinguibles unos de otros, como tampoco los chisporroteos que realizan el encendido y apagado de las electroválvulas, esto fue uno de los primeros errores que se tuvo el momento de realizar la canalización del agua y no previamente analizado.

Puesto que las tres bombas alimentaban a todos los chorros de cada estructura de la pileta.

### **4.2.2.2 Tratado del problema de repartición de flujo de agua**

Para separar las tuberías de cada bomba, alimentando las secciones por separado y además que la bomba de 1 HP reparta el agua a todo el conjunto de la fuente, se aumentó en la canalización una válvula check, que permite el paso en un solo sentido del agua cuando estén encendidas las bombas de  $\frac{1}{2}$  HP y apagada la otra bomba, sin entrar por la tubería que reparte la bomba de 1 HP. La figura 4.8 muestra el funcionamiento de la bomba de  $\frac{1}{2}$  HP de la sección anillo y central.



**Figura 4.8** Trabajo de la bomba estructura central y anillo

#### **4.2.2.3 Segunda prueba de chorros**

En la secuencias segunda tercera y quinta se realiza los juegos de alturas de los chorros de la estructura pentágono por separado, en una primera instancia estos tenían un grosor considerable, lo que hizo que el cambio de altura con el paso extra de agua con el trabajo de las electroválvulas, no sea visible, tomando en consideración que la cantidad de agua que llega a cada uno de los cinco chorros de esta sección recorre casi cinco metros y el bajo grosor de la electroválvula comprometen el detalle que se busca mostrar, del diferente juego de altura de agua.

#### **4.2.2.4 Tratado del problema de alturas de chorros en sección pentágono**

El hecho reverente de no lograr, lo buscado, exige examinar una solución rápida, en la que se propone disminuir el grosor de los chorros de esta sección, para que el aumento y cambio de alturas con el paso de la solenoide sea notorio y refleje el control de las mismas, esto es analizado y teniendo en cuenta que las electroválvulas utilizadas tienen un diámetro de salida de agua de 1/4", lo que demandaba regular la cantidad de flujo de agua al pasar por el bypass, como

también la reducción en la salida, determinando realizar en el torno una salida de tobera de un diámetro más pequeño. La figura 4.9 indica la forma final que presentan los chorros de la sección pentágono una vez disminuidos sus salidas.



**Figura 4.9** Imagen disminución de grosor chorros pentágono

#### **4.2.2.5 Tercera prueba de chorros**

Después de observar cada una de las secuencias, e ir variando los tiempos significativos de encendido y apagado, tanto de las bombas como de las electroválvulas, determinando los diferentes puntos en los que se requiere más tiempo de observación de una forma o menos tiempo de otra cualidad de la fuente, se presentó un inconveniente al no trabajar de manera correcta el momento de mostrar el chorro central, siendo éste el más importante de la fuente de agua. Ya que este muestra ser un chorro muy parecido a los demás, que ubicado en el eje de la pileta variaba la altura según el juego de bombas o solenoides, sin destacar de los demás.

#### **4.2.2.6 Tratado del problema de forma de chorro central**

Se trabaja entonces en crear un chorro de forma especial, y llamativa como volcán o cascada, al realizar en el torno una tubería que vaya disminuyendo el

flujo de agua mientras va subiendo la misma, dispersándose así en la salida del mismo para crear un diseño diferente que identifique un distinto trabajo de chorro que se pueda crear y controlar. La figura 4.10 ilustra el chorro central en su forma original y respondiendo a las variaciones de altura buscadas.



**Figura 4.10** Imagen chorro central forma original

## **4.2.3 PRUEBAS DE SECUENCIAS DE ILUMINACIÓN**

### **4.2.3.1 Primera prueba de iluminación**

El control de iluminación, establece la posibilidad de encendido de las lámparas, en cualquier instante del día, como se ha mencionado en el capítulo anterior, o a su vez un control según el horario que se fije dentro de un ciclo de horas.

Este trabajo se desarrolla de manera normal y correcta, hasta que en una de las pruebas de Iluminación, se encuentra la necesidad de apagar las lámparas en un instante determinado de la noche, en la que se encontraba encendido el bloque de habilitación horaria del software. Lo que es un problema puesto que por hardware las lámparas no pueden ser apagadas, ya que en un comienzo se habilita las salidas de relé del LOGO, con la comparación de un bloque AND,

entre el interruptor de iluminación y el bloque de control horario. Determinando que se deba entrar al programa, resetear el bloque y así la iluminación.

#### 4.2.3.2 Tratado problema de apagado de iluminación en horario de encendido

Se desarrolla por lo tanto una comparación con un bloque XOR, para realizar sólo dos casos de encendido y dos de apagado de la iluminación, es así que primero se mantendrá apagada la iluminación, cuando el interruptor o el bloque de control horario lo estén, y se encenderá si y sólo si uno de los dos se mantiene encendido, o bien el interruptor de Iluminación o el bloque de control horario. La figura 4.11 muestra la fuente con iluminación con las lámparas trabajando en un horario alterno al fijado en el software.



**Figura 4.11** Funcionamiento fuente con iluminación

Y si los dos se encuentran seteados (interruptor y bloque control horario) la iluminación quedará apagada, es decir el momento en el que se encuentre la iluminación de la fuente encendida por estar dentro del rango horario establecido, se tendrá que poner en ON el interruptor de Iluminación que se encuentra en el tablero para apagar la misma, si así fuera requerido.

## **CAPÍTULO 5**

# **ANÁLISIS ECONÓMICO Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO**

## **5.1 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Dentro de esta parte del proyecto, acotando diferencias en patrones de inversiones, egresos y rentabilidades en relación con otros proyectos que buscan puntos exactos y determinantes, como los beneficios permiten recuperar la inversión, se a realizado un análisis económico para determinar la factibilidad de realización de la fuente de agua secuencial, que responde a un software de programa íntegramente desarrollado, para ejecutar en forma automática múltiples juegos de agua, variando la altura de los chorros, y trabajo en relación a las estructuras en la misma fuente, sin olvidar los diferentes juegos de luces que combinan sus colores.

Se busca profundizar y mostrar cada uno de los estándares y fortalezas que se han podido extraer de este proyecto, tanto en desarrollo creativo, imaginativo y persuasivo del software como de la estructura.

Establecer los puntos de atracción y desempeño de las características como de calidad y variabilidad que despliega el trabajo de la empresa en fuentes luminosas. Al estar inmerso en procesos y proyectos de ingeniería hidráulica y sanitaria dentro del mercado, pudiendo reflejar su trabajo en la ciudad y persuadir en su totalidad dentro del país.

El objetivo en sí de este proyecto no es alcanzar una alta rentabilidad, ni exigir el 100% de las ganancias del mismo, sino más bien persuadir su entrada en el mercado hasta apoderarse del mismo.

## **5.2 EVALUACIÓN DEL PROYECTO**

### **5.2.1 REFERENCIAS ESTRUCTURALES**

La creación de tres estructuras concéntricas con distintas características muestra el ímpetu de encadenar una serie de distinciones, tipos, recursos, creaciones y

atracciones que existen en fuentes de agua que se pueden crear y tener la capacidad de construir y de controlar con tecnología y mano de obra nacional.

El hecho de trabajar con una estructura pentagonal, que rodea a las otras dos estructuras, permite mostrar que el tamaño, la forma y el diseño que se busque o que se desee implementar de acuerdo al lugar en donde se la llegue a implementar, o las exigencias que se tenga de parte de la persona que lo adecue para su uso, no tenga ningún problema de construcción y de asesoramiento de ingeniería, para llegar a brindar aquellas sensaciones de armonía y energía, que buscan todas las personas al reflejar una fuente de agua para su deleite o el de los suyos.

La segunda estructura, estructura anillo determina un chorro de forma diferente, que aclara la variabilidad que se puede crear en formas y estilos de chorros según como se lo trabaje, y que no se tiene como problema para su tratado y creación para atracción ornamental.

La estructura central, permite mostrar de manera sincronizada, la oportunidad de crear la perspectiva de imagen enérgica y armoniosa de una fuente de agua secuencial. El punto de alcanzar la máxima altura y el juego repetitivo de ésta, de abajo a arriba, enfatiza la mayor atracción y esclarecimiento de las alturas a desarrollar.

El funcionamiento en conjunto de todas las estructuras, intensifica la oportunidad de mostrar las diferentes alturas de cada una de las estructuras y la secuencialidad que desarrollan cada cierto tiempo, como también aquella gama de energías que afianza la fuente al estar acompañado de su propia iluminación, con el objetivo de magnetizar.

### 5.2.2 SOFTWARE DE CONTROL

Dentro del software, se discierne cada una de las secuencia de encendido con el objetivo de mantener una diferencia entre ellas para mostrar cada uno de los estados y composición de juegos que se pueden crear y controlar, según el gusto de atracción.

Tres de las cinco secuencias muestran a dos estructuras trabajando conjuntamente, y una sola completamente apagada, con el objetivo de mostrar que se puede crear las secuencialidad necesaria o querida, dejando de lado una de las estructuras, por motivos de ahorro de energía, o cualquier tipo de mantenimiento requerido de los equipos, o instrumentos propios de la fuente.

Otra secuencia determina su trabajo con las tres estructuras de chorros, encendidas y creando la atracción de juegos de chorros establecida, con variaciones de alturas comparadas unas de otras. Mostrando así la oportunidad de un trabajo continuo requerido si así fuera sin ningún tipo de pérdidas o problemas que permiten ser mostradas en estancias grandes de centros comerciales o lugares de atracción turística.

Por último se establecie una secuencia de control que permite, mostrar el control de cada uno de los chorros del pentágono en variación de la altura y encendido de iluminación de uno en uno, determinando el control extenso que también se puede desarrollar de varios estados, dentro de una misma secuencia.

Todas estas secuencialidades que se muestran buscan promover la calidad de control y mutabilidad de las secuencias, que desee la persona crear al adquirirlo, y de la misma forma abastecer las exigencias que promueva el mercado; como la locación en la que se desarrolle cualquiera de estas fuentes de agua secuenciales.

### 5.2.3 ANÁLISIS DE RECURSOS

Cabe esclarecer que el diseño y la construcción para cada una de las estructuras así como para el tablero de control, tiene el objetivo de mostrar cada uno de los arreglos, e incorporaciones de la fuente, mermando los costos de implementación e instrumentación al trabajar con elementos de un costo no excesivo, pero alcanzando las mismas exigencias notorias y específicas que anteceden a una fuente de agua secuencial, de carácter artístico y ornamental.

Dentro de los materiales cabe indicar que las bombas ya habían sido usadas en otras actividades de la empresa, pero sin mayor exigencia de trabajo, así también aquellos materiales hidráulicos como tuberías, codos, universales, etc. que se han manejado y son parte de la construcción de la misma estructura.

Por otra parte cabe mencionar que los elementos que se han adquirido son las electroválvulas con solenoides, que se han comprado haciendo un aval entre presupuestos de clases, para hallar las necesarias según las condiciones de trabajo y de costos, como las lámparas de iluminación sus protectores sumergibles.

Y así por último la compra del autómatas programable, para no tener ningún problema de funcionamiento. Un siemens LOGO de características de trabajo estables, para rendimiento del trabajo analizado, pero con la caracterización de que no se optó por un PLC de gran costo y de automatización totalmente integrada (Control redundante, lenguajes de programación avanzada y alta performance), al pensar en corroborar todos los objetivos deseados de un desempeño de trabajo continuo, con una micro-automatización que sustenta el LOGO (Compactos y Modulares, Programación con diagrama de bloques de función FBD), teniendo la facilidad de comprar, cablear, programar y funcionar.

### 5.3 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Se divide los costos del proyecto en tres partes establecidas: Diseño ornamental (fuente como tal), diseño hidráulico (implementación de chorros acompañados de su instrumentación), y diseño electrónico (tablero de control).

#### 5.3.1 DISEÑO ORNAMENTAL

##### 5.3.1.1 Detalle instrumentos ornamentales (Arquitectura fuente)

<b>Descripción Materiales:</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario \$.</b>	<b>Valor Total \$.</b>
1.1 Estructura física (Pileta general)	1	300	300
1.2 Reservorio agua.	1	150	150
1.3 Soporte pileta.	1	100	100
1.4 Soporte tablero de control.	1	50	50
<b>TOTAL</b>			600

#### 5.3.2 DISEÑO HIDRÁULICO

##### 5.3.2.1 Detalle instrumentos hidráulicos

<b>Descripción Materiales:</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario \$.</b>	<b>Valor Total \$.</b>
1.1 Bomba centrífugas ½ HP 110V	2	60.00	120.00
1.2 Bomba centrífugas 1 HP 110V	1	90.00	90.00
1.3 Electroválvulas 110V 60Hz.	7	9.75	68.25
1.4 Válvulas de ½".	7	3.97	27.79
1.5 Válvulas de 1".	10	3.97	39.70
1.6 Codos de ½" 90°.	20	0.20	4.00

1.7 Codos de 1" 90°.	17	0.50	8.50
1.8 Codos de 1" 45°.	7	0.50	3.50
1.9 Reductor ¾" x ½"	10	0.20	2.00
2.0 Reductor 1½" x 1"	14	0.50	7.00
2.1 T de ½".	10	0.24	2.40
2.2 T de 1".	18	0.50	9.00
2.3 Universales	6	0.80	4.80
2.4 Tubo PVC de 1"	5 (m)	3.25	16.25
2.5 Tubo PVC de ½"	2 (m)	3.00	6.00
2.6 Anillo de Chorros.	1	30.00	30.00
2.7 Tobera de chorros Pentágono.	5	6.00	30.00
2.8 Tobera Chorro central.	1	15.00	15.00
<b>TOTAL</b>			484.19

### 5.3.3 DISEÑO ELECTRÓNICO

#### 5.3.3.1 Detalle elementos control

<b>Descripción Materiales:</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario \$.</b>	<b>Valor Total \$.</b>
1.1 Gabinete metálico 80*60*25	1	154.17	154.17
1.2 Siemens LOGO 230 RC. 8E/4S.	1	140.00	140.00
1.3 Logo Mod.Exp. 8E/8S.	1	130.00	130.00
1.4 Cable serial PC-Logo	1	50.00	50.00
1.5 Contactores GMC9 120V.	3	13.38	40.14
1.6 Contactores GMC18 120V	1	19.54	19.54
1.7 Contactores modulares GMC	12	12.57	150.84
1.8 Breakers 3P caja moldeada	1	50.66	50.66
1.9 Relé térmico GTK22 4-6A.	2	26.76	53.35

2.0 Relé térmico GTK22 12-18A.	1	40.05	40.05
1.9 Interruptor On/Off.	8	2.25	18.00
1.10 Pulsador N.O. Camsco	1	2.22	2.22
1.11 Luces piloto Camsco.	8	2.00	16.00
1.12 Riel DIN 35mm.	2	2.14	4.28
1.13 Canaleta ranurada 25x25	2	4.35	8.70
1.14 Tornillos colepatos.	35	0.08	2.80
1.15 Tuerca con rodela.	15	0.09	1.35
1.16 Terminales "U" 16-14 AWG.	50	0.052	2.60
1.17 Terminales "U" 18-16 AWG.	50	0.07	3.50
1.18 Terminales hembra 16-14 AWG.	25	0.044	1.10
1.19 Cable GEMELO 2x18	5.00 (m)	0.45	2.25
1.20 Cable 18 AWG.	5.00 (m)	2.50	12.50
1.21 Cable 14 AWG.	5.00 (m)	2.50	12.50
<b>TOTAL</b>			916.55

### 5.3.4 DISEÑOILUMINACIÓN

#### 5.3.4.1 Detalle instrumentos iluminación

<b>Descripción de Materiales:</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario \$.</b>	<b>Valor Total \$.</b>
1.1 Luminaria sumergible MR16	5	22.75	113.75
1.2 Luminaria LED RGB.	1	56.00	56.00
1.3 Transformador eléctrico 50W 12V	5	4.821	24.11
1.4 Transformador eléctrico 75W 12V	1	35.00	35.00
1.5 Dicroico MR16 50W/12V	5	2.00	10.00

1.6 Perno 3/16x1" AC 304 inoxidable	20	0.091	1.82
1.7 Tuerca presión 3/16" AC 304 inoxidable	40	0.077	3.08
1.8 Arandela presión 1/4" AC 304 inoxidable	40	0.023	0.92
<b>TOTAL</b>			<b>253.57</b>

<b>Descripción de materiales:</b>	<b>Valor Total \$.</b>
Diseño ornamental	600.00
Diseño hidráulico	484.19
Diseño electrónico	916.55
Diseño de iluminación	253.57
<b>TOTAL</b>	<b>2254.31</b>

Se puede mostrar un costo de la fuente de agua secuencial, tomando en consideración los diseños que se han creado buscando originalidad de la misma.

Y cabe mencionar que varios de los costos presentes, han sido necesarios en el proyecto ya que al ser el primer diseño no se escatima ningún tipo de requerimiento extra para proteger equipos o materiales eléctricos y electrónicos.

## **CAPÍTULO 6**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 CONCLUSIONES

El objetivo del proyecto de implementación del sistema de control de la fuente de agua secuencial, fue cumplido de manera total, el mismo que tuvo una serie de variantes mientras avanzaba su construcción, y se miraban las mejores opciones, requerimientos y exigencias de mermar recursos, por lo que adicionalmente se hizo arreglos y ajustes para cumplir todas las características propias de una fuente secuencial, con el juego de control de las bombas.

Se pudo tener un provecho infinito de ideas y de mejoras, tanto personales como profesionales, que permitieron el conllevar la realización del proyecto de titulación, donde la propia esencia que refiere un trabajo de esta naturaleza, es mostrar cada parte y particularidad, empleada y trabajada en el mismo, alcanzando cada uno de los objetivos trazados y sin limitar la culminación de éstos como referencia al punto terminal de la implementación de la fuente, en el que no se desee más del mismo, sino más bien el poder promover más de la misma en un futuro.

Esta fuente secuencial con iluminación, al contribuir al equilibrio de las cargas del aire, influyen en nuestro estado de ánimo, aportando vida y energía al entorno, creando un ambiente más fresco, y esto se consigue al tener un control exacto del encendido de las bombas como de las electroválvulas trabajando en tiempos de control como de encendido de las lámparas.

Un proyecto de éstos fija tres pautas importantes para su implementación, la parte artística, el diseño hidráulico, y el control eléctrico-electrónico. El conjunto sistémico de las tres permite esclarecer la capacidad de atracción de la fuente, aportando no sólo una simple vista de una serie de chorros de agua e iluminación estética, sino también encontrar aquella visualización de una forma domótica, llenando de vida y prosperidad el entorno que se incumben con ella.

El desempeño en el trabajo de instrumentación industrial no sólo permite dimensionar de manera correcta los equipos con los que se va a trabajar según la carga a mover, éste asocia la capacidad y habilita una serie de sistemas de

control electrónico, para cumplir con el objetivo deseado, donde un estudio de campo permitirá persuadir en la mejor opción de los elementos de control electrónico que abastezcan de sobremanera el propósito del proyecto.

El crear un proyecto de esta índole, define algo más claro acerca de calidad y eficiencia para con las variables a controlar, dejando la ausencia de inconvenientes o de defectos, sino más bien es ir más allá de lo que espera y exige un cliente, cumpliendo todas las expectativas basadas en buscar la manera de darle lo que busca y que funcione como lo espera.

Se debe fijar la búsqueda de cada uno de los aspectos tratados para edificar y promover el proyecto, de los cuales los altamente importantes son: Mejorar el confort de quienes habitan, tener un uso adecuado del agua y sus equipos, poder incrementar y optimizar el rendimiento energético, como a su vez proteger la integridad de las personas y bienes.

La elección de un sistema de control y por ende de programación dentro del campo industrial, arremete una serie de ventajas y desventajas en la propuesta de acceder a la realización de un proyecto con Microcontroladores o con PLCs. El punto inequívoco para saber sobrellevar uno de ambos, son los desempeños que se requieren tener con los mismos, el lugar en donde van a desarrollar su trabajo, que tipo de carga e instrumentos se van a controlar, y lo más importante el análisis económico que hay que afrontar en ambos casos. Pero como punto más sobresaliente, todo dependerá de lo que busque el programador, no sólo en un objetivo central, sino más bien en expansiones futuras.

Se opta la elección de un PLC Logo (Micro Automatización), no sólo por tener la posibilidad de cambios y temporizadores que pueden trabajar continuamente durante años, y por poder controlar directamente sistemas de potencia, al usar contactores y pulsadores industriales, así tampoco por su capacidad modular que admite la adaptación de un hardware específico. La base de haber optado por el mismo, es por brindar aquella capacidad de trabajar para proyectos con futuras

expansiones y específicamente por permitir controlar las siete electroválvulas solenoides, los tres motores y las lámparas de iluminación de la fuente.

Se tiene un claro reconocimiento de que para conseguir una salida adecuada del agua de una boquilla de cualquier fuente, es necesario disponer de una tubería previa de longitud recta, que reduzca los movimientos secundarios transversales de flujo que llega a la tobera, y hoy en día se utilizan los conocidos tranquilizadores de flujo, las cuales consiguen que el agua llegue a la tobera en régimen más laminar, logrando con esto un chorro con las características propias deseadas del mismo.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

Para el buen desarrollo del proceso a cumplir, por el tablero de control que fija estados de encendido y tiempos de trabajo de los instrumentos, es recomendable seguir los pasos de inicio del proceso, y no alterar los tiempos regulados en cada una de las secuencias, ya que éstos están delimitados según pruebas de un correcto funcionamiento y para protección de los elementos eléctricos trabajados.

Es necesario conocer las diferentes características de operación y arrastres de agua que cumplen cada una de las toberas, y el efecto que sufren al estar chocando con láminas de agua si se encuentran sumergidas, y del mismo efecto dependiendo del grosor de esta lámina, ya que en momentos de operación el nivel de agua de la pileta pudiera formar diferentes formas de chorro y creación de masas de agua de forma cónica o laminar, y eso debilitaría no sólo la fuerza de impulsión de la bomba y sus equipos, sino también el funcionamiento correcto de ellos.

Cabe mencionar que se necesita un correcto análisis y desarrollo de dimensionamiento de los equipos, en relación con el caudal y el volumen de flujo con el que se trabaja para impulsar a través de las salidas de chorro de agua, ya que de esto depende alcanzar las alturas y formas establecidas que permitan

cumplir con cada uno de los estereotipos de una fuente de agua secuencial con iluminación.

Un punto recomendable es tener un diseño previo de arquitectura, para tener idea de cómo se realizará la repartición de canalización para cada una de las estructuras y formas que se vayan a crear en cualquier tipo de fuente a implementar, considerando la clase de pileta según el número y tipo de instrumentos a controlar para que abastezcan el diseño esperado.

Es muy necesario tener en consideración de que el éxito de mermar en recursos, que permitan determinar la realización de un proyecto de esta naturaleza, se verán reflejados el momento de tener nuestro primer prototipo, al ya conocer el área en el que se desarrolla y se puede conseguir los elementos requeridos a un bajo costo al adquirirlos numerosamente.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Espacio, «Fuentes y Cascadas,». Available: <http://goo.gl/VzdMa>.
- [2] Wikipedia, «Led,». Available: <http://goo.gl/u7eNY>.
- [3] Monografias.com, «Diodo LED,». Available: <http://goo.gl/z5zfJ>.
- [4] LedFacil.com, «LEDs RGB,». Available: <http://goo.gl/03agb>.
- [5] Safe Rain, «Focos LED Sumergibles,». Available: <http://goo.gl/VezTG>.
- [6] Wikipedia, «Dicroísmo,». Available: <http://goo.gl/hZLw6>.
- [7] Electricidadlynch, «Lámpara Dicroica,». Available: <http://goo.gl/KfBBE>.
- [8] Wikipedia, «Filtro UV,». Available: <http://goo.gl/YmA75>.
- [9] Safe Rain, «Boquillas con Chorros de Agua Cristalinos,». Available: <http://goo.gl/68S3e>.
- [10] Safe Rain, «Boquillas con chorros de Agua Espumosos,». Available: <http://goo.gl/Uog7C>.
- [11] Safe Rain, «Boquillas con Efecto Pulerizador,». Available: <http://goo.gl/lqRrE>.
- [12] Monografias.com, «Bombas,». Available: <http://goo.gl/rnOPS>.

## LIBROS Y MANUALES

- PÉREZ FRANCO, D. Curso de actualización: **Sección de Bombas y tuberías para uso agrícola**. Montevideo, noviembre. 1998
- RODRIGO LÓPEZ J. HERNÁNDEZ ABREU, J.M. PÉREZ REGALADO, A, Y GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, J. **Riego localizado**. Ed. mundi-Prensa. España. 1992.
- SOTELO, G. **Hidráulica General**. Limusa. México. 1998.
- DR. JORGE JARA R. DR. ALEJANDRO VALENZUELA Y CLAUDIO CRISÓSTOMO F. ING. AGRÓNOMO, PH.D., ING. AGRÓNOMO, PH.D. E

ING. CIVIL AGRÍCOLA, **Bombas de Regadío**. Facultad de Ingeniería Agrícola Universidad de Concepción

- GUÍA COMPLEMENTARIA PARA EL MANUAL BÁSICO PARA TRABAJAR CON LEDS, **LEDs RGB**.  
<http://www.ledfacil.com.ar/LEDs%20RGB%20demo.pdf>
- SIEMENS LOGO. EL ORIGINAL. **Manual Español OBA6- OBA7. Descripción y Aplicaciones.**
- ING. PABLO ANGULO SÁNCHEZ, **Diagramas de Control Industrial**. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica. Quito, 1990.

## ARTÍCULOS Y DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

- Aquatique Show, **Fuentes Luminosa la Magia del Agua**.  
[http://www.aquatic-show.com/site/Fuentes\\_luminosas-170.html](http://www.aquatic-show.com/site/Fuentes_luminosas-170.html).
- Aprendices SENA grupo 36495, **Fuente de Agua Danzante Luminosa e Inteligente**.  
<http://www.slideshare.net/ivanvarela/presentacion-fuente-de-agua-luminosa>.
- Vida OK, **Las piletas de agua y la prosperidad Casa Feng Shui**.  
<http://vidaok.com/piletas-agua-prosperidad.html>.
- Desarrollos Tecnológicos e Innovadores, **Sistema Rítmico para Fuentes de Agua Danzantes**.  
<http://electronicatecnoparque.blogspot.com/2010/11/sistema-audio-ritmico-para-fuente-de.html>.
- Todo PIC, **Fuente Danzante**.  
<http://www.todopic.com.ar/foros/index.php?topic=11802.0;wap2>
- ARTEAGUA, **Fuentes-Danzantes-Dancing-Sources**.  
<http://www.fuentedanzante.galeon.com/>
- AquaMov. Aguas Danzantes, **Aguas Danzantes**.  
<http://www.fuenteaguadanzante.com.ar/index.php?m=fuentes>
- Espacio Prensa Libre, **Fuentes y Cascadas**.  
<http://www.espaciopl.com/Marzo2011/1112163151158.htm>

- SAFE-RAIN, **Focos Led Sumergibles, Coronas, Lámparas Dicroicas.**  
<http://www.saferain.com/es/catalogo/iluminacion-de-fuentes/focos-led-sumergibles.html>
- Electricidad Lámparas, **Lámparas Dicroicas Tipos.**  
<http://www.electricidadlynch.com.ar/lamparadicroica.htm>
- Wikipedia Enciclopedia, **Filtro UV.** [http://es.wikipedia.org/wiki/Filtro\\_UV](http://es.wikipedia.org/wiki/Filtro_UV)
- SAFE-RAIN, **Boquillas para Fuentes, Chorros de Agua.**  
<http://www.saferain.com/es/catalogo/boquillas-para-fuentes.html>
- Laboratorio Remoto de Maquinas Eléctricas, **Conexión PLC-Motor y contactores.**  
<http://innovacioneducativa.upm.es/proyectosIE/memorias?proy=82&anyo=2009-2010>
- LS Industrial Systems, **Meta-MEC series Contactor.**  
[http://pdf.directindustry.es/pdf/ls-industrial-systems/meta-mec-series-contactor-leaflet/19851-4046-\\_4.html](http://pdf.directindustry.es/pdf/ls-industrial-systems/meta-mec-series-contactor-leaflet/19851-4046-_4.html)
- Monografías, **Contactores, Relés de sobrecarga, Interruptores y Partidores.**  
<http://www.monografias.com/trabajos83/contactores-reles-interruptores-partidores/contactores-reles-interruptores-partidores.shtml>
- Riversa, **Valvular Eléctrica.**  
[http://www.riversa.es/db/articulos/public/form\\_detalleArticulos.php?c\\_articulo=1592&c\\_subfamilia=122&c\\_tipo=publico&idioma=es](http://www.riversa.es/db/articulos/public/form_detalleArticulos.php?c_articulo=1592&c_subfamilia=122&c_tipo=publico&idioma=es)
- Introducción Válvulas Operadas con Solenoides, **Válvulas de Solenoide.**  
[http://www.emersonclimatemexico.com/mt/mt\\_cap\\_07.pdf](http://www.emersonclimatemexico.com/mt/mt_cap_07.pdf)
- Electricidad y Automatismo, **Seccionador Eléctrico.**  
<http://www.nichese.com/seccionador.html>
- Contactor Electromagnético, **Clasificación de Contactores.**  
<http://www.taringa.net/posts/info/5840932/EI-Contactores-electromagnetico.html>

## **PROYECTO DE TITULACIÓN**

- Carlo Manuel Lara Alvarado. **Diseño de un Sistema de Iluminación para espacios Publicitarios pequeños usando LEDs de Potencia RGB.** 2009. Proyecto de Titulación PUCP. Lima Mayo 2009.
- Alarcón Sánchez Ana Carolina. Jirón Proaño Miguel. **Implementación de un Sistema de Control mediante PLC para un horno de fábrica de acero.** 2007. Proyecto de Titulación EPN. Quito Octubre 2007.

# Anexo 1

## Contactors 3 Pole / Frame Size 22AF



**Altech Corp.**



includes UA-1-11  
Auxiliary switch,  
(1NO/1NC)

Additional Auxiliaries  
and other accessories  
see page 11-13

22AF

Type	MC-9B	MC-12B	MC-18B	MC-22B
Number of Poles	3	3	3	3
NEMA Size	00	00	0	1
Standard Auxiliaries	1NO/1NC	1NO/1NC	1NO/1NC	1NO/1NC

Coil Voltage	Frequency	Part. No.	Part. No.	Part. No.	Part. No.	
<b>AC Coil</b>	24V	50/60 Hz	MC-9B-AC24V	MC-12B-AC24V	MC-18B-AC24V	MC-22B-AC24V
	120V	50/60 Hz	MC-9B-AC120V	MC-12B-AC120V	MC-18B-AC120V	MC-22B-AC120V
	208V	60 Hz	MC-9B-AC208V	MC-12B-AC208V	MC-18B-AC208V	MC-22B-AC208V
	230V	50/60 Hz	MC-9B-AC230V	MC-12B-AC230V	MC-18B-AC230V	MC-22B-AC230V
	480V	60 Hz	MC-9B-AC480V	MC-12B-AC480V	MC-18B-AC480V	MC-22B-AC480V

Other AC Coil Voltages Available:  
60 Hz: 277V, 600V

50/ 60Hz: 48V, 100V, 110V, 200V, 220V, 240V, 380V, 415V, 440V, 500V, 550V

DC Coil					
12V	—	MC-9B-DC12V	MC-12B-DC12V	MC-18B-DC12V	MC-22B-DC12V
24V	—	MC-9B-DC24V	MC-12B-DC24V	MC-18B-DC24V	MC-22B-DC24V

Other DC Coil Voltages Available:

20V, 48V, 60V, 80V, 100V, 110V, 125V, 200V, 220V, 250V

HP Rating / UL508		HP	HP	HP	HP
Single phase	Continuous current	25A	25A	40A	40A
	110-120V	0.5	0.75	1	2
	220-240V	1.5	2	3	3
Three phase	200-208V	2	3	5	7.5
	220-240V	3	5	7.5	10
	440-480V	5	7.5	10	15
	550-600V	7.5	10	15	20

### Overload Relays (Class 10A, Differential Typical)



MT-32

Setting Ranges (A)	Frame Size 22AF
0.1-0.16A	MT-32/3K-0.16
0.16-0.25A	MT-32/3K-0.25
0.25-0.4A	MT-32/3K-0.4
0.4-0.63A	MT-32/3K-0.63
0.63-1A	MT-32/3K-1
1-1.6A	MT-32/3K-1.6
1.6-2.5A	MT-32/3K-2.5
2.4-4A	MT-32/3K-4
4-6A	MT-32/3K-6
5-8A	MT-32/3K-8
6-9A	MT-32/3K-9
7-10A	MT-32/3K-10
9-13A	MT-32/3K-13
12-18A	MT-32/3K-18
16-22A	MT-32/3K-22
18-25A	MT-32/3K-25
22-32A	MT-32/3K-32
28-40A	MT-32/3K-40

## Anexo 2

**%** Ahora en Seiza ...

**REGÍSTRASE**

Usuario

Contraseña

**Entrar**

**ELUMINACION LED**

**BOMBILLAS LED**

**ELUMINACIÓN POR INDUCCIÓN**

**MATERIAL ELÉCTRICO**

**ELECTROBOMBAS DE ACHIQUE**

**ELECTROBOMBAS**

**ELECTROBOMBAS POZOS 4"**

**ELECTROBOMBAS POZOS 5"**

**ELECTROBOMBAS POZOS 6"**

**ELECTROBOMBAS POZOS 8"**

**ELECTROBOMBAS POZOS 10"**

**GRUPOS DE PRESIÓN**

**BOMBAS CIRCULADORAS**

**DEPOSITOS**

**CUADROS ELÉCTRICOS**

### Proyectores Sumergibles.

**Proyector Sumergible IP68 Acero Inox. AC/DC 12V 3W 250Lm.**



### TIPOS DE ARTÍCULOS

#### Especificaciones

<b>IP</b>	IP68
<b>Tipo</b>	Bulbos Direccionados
<b>Color de Luz</b>	R/G/B/W/Y/
<b>Potencia (W)</b>	3W
<b>Fuente de Luz</b>	Led alto rendimiento.
<b>Cantidad de LED</b>	3
<b>Voltaje(V)</b>	DC/AC 12V
<b>Flujo Lumínoso (lm)</b>	250
<b>Temperatura del Color (K)</b>	Rojo/Verde/Azul/Bianco/Amarillo
<b>Tiempo de Vida (h)</b>	50000
<b>Ángulo del Haz de Luz</b>	30/45/60º
<b>Dimensiones (mm)</b>	82x105x145 mm
<b>Material</b>	Acero Inoxidable

## Anexo 3



REGÍSTRASE

Usuario

Contraseña

Entrar

ILUMINACION LED

BOMBILLAS LED

ILUMINACIÓN POR INDUCCIÓN

MATERIAL ELÉCTRICO

ELECTROBOMBAS DE ACHIQUE

ELECTROBOMBAS

ELECTROBOMBAS POZOS 4"

ELECTROBOMBAS POZOS 5"

ELECTROBOMBAS POZOS 6"

ELECTROBOMBAS POZOS 8"

ELECTROBOMBAS POZOS 10"

GRUPOS DE PRESIÓN

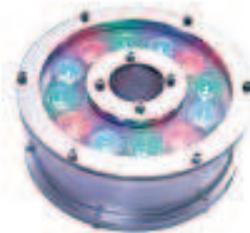
BOMBAS CIRCULADORAS

DEPOSITOS

CUADROS ELÉCTRICOS

### Proyectores Sumergibles.

Proyector Sumergible IP68 Acero Inox. AC/DC 12V 12W 960Lm.



TIPOS DE ARTÍCULOS

### Especificaciones

IP	IP68
Tipo	Bulbos Direccionados
Color de Luz	R/G/B/W/Y/7colores
Potencia (W)	12W
Fuente de Luz	Led alto rendimiento
Cantidad de LED	12
Voltaje(V)	DC/AC 12V
Flujo Luminoso (lm)	960
Temperatura del Color (K)	Rojo/Verde/Azul/Blanco/Amarillo/7colores
Tiempo de Vida (h)	50000
Ángulo del Haz de Luz	30/45°
Dimensiones (mm)	180x85 mm
Material	Acero Inoxidable