



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO
AUTOMATIZADO PARA UNA FUENTE DANZANTE CON
CHORROS DE AGUA SINCRONIZADOS.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES:

MARLON ENRIQUE ABARCA SIGCHO

LUIS JALEEL HERNANDEZ SALAZAR

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO
AUTOMATIZADO PARA UNA FUENTE DANZANTE CON
CHORROS DE AGUA SINCRONIZADOS.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES: MARLON ENRIQUE ABARCA SIGCHO

LUIS JALEEL HERNANDEZ SALAZAR

DIRECTOR: ING. NELSON SANTIAGO CHUQUÍN VASCO

Riobamba – Ecuador

2023

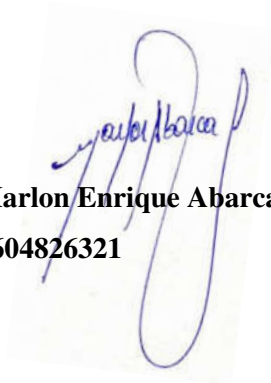
© 2023, Marlon Enrique Abarca Sigcho; Luis Jaleel Hernández Salazar.

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

Nosotros, Marlon Enrique Abarca Sigcho y Luis Jaleel Hernández Salazar, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 15 de junio de 2023



Marlon Enrique Abarca Sigcho
0604826321



Luis Jaleel Hernández Salazar
0604177725

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular, Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO AUTOMATIZADO PARA UNA FUENTE DANZANTE CON CHORROS DE AGUA SINCRONIZADOS**, realizado por los señores: **MARLON ENRIQUE ABARCA SIGCHO** y **LUIS JALEEL HERNANDEZ SALAZAR**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-06-15
Ing. Nelson Santiago Chuquin Vasco DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-15
Ing. Gabriel Vinicio Moreano Sánchez ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-15

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a mi madre Dolorosa por darme la salud y vida, por permitirme haber llegado a este momento tan especial en mi formación académica dándome fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de la cursada. A mis padres, Julio y Ana por ser los pilares fundamentales que me han permitido cumplir hoy un sueño más, inculcando en mis valores, responsabilidad, perseverancia ante cualquier adversidad. A mis hermanos Freddy y Diego, por su apoyo incondicional, por ser el ejemplo a seguir. Finalmente, a toda mi familia por sus consejos, palabras de aliento; de manera especial a mis tías María y Maritza por extenderme su bondad, generosidad y amor.

Marlon Enrique Abarca Sigcho

El presente Trabajo de titulación lo dedico a Dios y la Santísima Virgen de El Cisne por ser la luz en el camino de mi carrera universitaria; a mis padres Luis y Judith, quienes han sido el pilar fundamental en mi formación como Ingeniero Mecánico con su apoyo y consejos; a mi querida hermana Karoline quien ha sido mi sustento emocional en el transcurso de mi vida; y a Paola por sus palabras, amor y confianza.

Luis Jaleel Hernández Salazar

AGRADECIMIENTO

Agradecemos infinitamente el apoyo incondicional de nuestra familia y amigos, por habernos brindado su confianza para la ejecución de este proyecto como la cúspide de nuestra carrera. A nuestros estimados docentes Ing. Nelson Chuquín e Ing. Gabriel Moreano por sus enseñanzas, dirección y colaboración en la elaboración de este proyecto. A la Iglesia San Juan Evangelista y a la comunidad del barrio Catequilla por su cooperación y apoyo humano para la ejecución de la obra. A la gloriosa Facultad de Mecánica de la ESPOCH, por habernos formado con valores de responsabilidad y ética profesional.

Marlon, Luis

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Delimitación.....	3
1.2.1 <i>Delimitación espacial</i>	3
1.2.2 <i>Delimitación sectorial</i>	3
1.3 Formulación del problema.....	3
1.4 Alcance.....	4
1.5 Justificación.....	4
1.6 Objetivos.....	5
1.6.1 <i>Objetivo General</i>	5
1.6.2 <i>Objetivos Específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
2.1 Sistema de Bombeo.....	6
2.2 Sistema de control automatizado.....	6
2.3 Sincronismo de fuentes danzantes de agua.....	6
2.4 Fuentes de agua.....	7
2.4.1 <i>Instalación funcional</i>	7
2.4.1.1 <i>Tipos de fuente por su entorno</i>	7
2.4.1.2 <i>Tipos de fuentes por su funcionamiento</i>	8
2.4.2 <i>Fuentes de agua danzantes sincrónicas</i>	9
2.4.3 <i>Iluminación</i>	10
2.4.3.1 <i>Iluminación Led</i>	10
2.4.4 <i>Red Hidráulica</i>	12
2.4.4.1 <i>Elementos y componentes de la red hidráulica</i>	12
2.4.4.2 <i>Chorros de agua en fuentes danzantes</i>	14

2.5	Condiciones de Operación	14
2.5.1	Sistema Hidráulico	15
2.5.1.1	<i>Caudal</i>	15
2.5.1.2	<i>Presión en Fluidos</i>	15
2.5.1.3	<i>Ecuación de Bernulli</i>	16
2.5.1.4	<i>Pérdidas de energía en un sistema a presión de un flujo incompresible</i>	16
2.5.1.5	<i>Potencia</i>	18
2.5.1.6	<i>Hidráulica de boquillas</i>	18
2.5.1.7	<i>Metodología de Cálculos hidráulicos</i>	22
2.5.2	Sistema de Control	22
2.5.2.1	<i>Método de Control</i>	22
2.5.2.2	<i>Tablero de Control</i>	25

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	31
3.1	Dimensionamiento de la Estructura	31
3.1.1	<i>Vista Superior</i>	32
3.1.2	<i>Vista Frontal</i>	32
3.1.3	<i>Cálculo del Volumen</i>	33
3.1.4	<i>Medición y obtención de la fuente de suministro</i>	33
3.2	Dimensionamiento de la red y sistema Hidráulico	34
3.2.1	<i>Caudal</i>	34
3.2.2	<i>Diámetro tubería</i>	34
3.3	Determinación de la trayectoria de chorros inclinados	35
3.4	Dimensionamiento de la Red mediante el uso de EPANET	36
3.4.1	<i>Boquillas a utilizar</i>	39
3.4.1.1	<i>Análisis caso 1: Lanza (1), Diámetro de salida 14 mm, Diámetro entrada 1in.</i>	41
3.4.1.2	<i>Analisis Caso 2: Boquilla Central-Corona especial.</i>	42
3.4.1.3	<i>Iteración 1, Caso de Análisis 1-Tobera Tipo Lanza 1- 8 Toberas</i>	43
3.4.2	<i>Iteración 1, Caso de Análisis 2-Tobera Central, boquilla de 6 salidas.</i>	44
3.5	Selección de las bombas	45
3.5.1	<i>Sistema de bombeo Red 1</i>	45
3.5.2	<i>Sistema de bombeo Red 2</i>	48
3.5.3	<i>Análisis sistema completo</i>	51
3.6	Pérdidas por longitud de tubería y accesorios	53
3.6.1	<i>Diámetro de abastecimiento bomba 1</i>	55
3.6.1.1	<i>Pérdidas de carga totales</i>	56
3.6.2	<i>Diámetro tubería borde exterior</i>	57

3.6.2.1	<i>Pérdidas de carga totales</i>	58
3.6.3	<i>Diámetro tubería abastecimiento bomba 2</i>	59
3.6.3.1	<i>Pérdidas de carga totales</i>	60
3.7	Dimensionamiento elementos del tablero de control	61
3.7.1	<i>LOGO Siemens</i>	62
3.7.1.1	<i>Datos técnicos del LOGO Siemens</i>	63
3.7.1.2	<i>Diagrama de entradas y salidas del logo</i>	64
3.7.2	<i>Circuitos de fuerzas de las bombas</i>	64
3.7.3	<i>Circuitos de fuerzas del sistema de iluminación</i>	66
3.7.4	<i>Contactores electromagnéticos</i>	67
3.7.5	<i>Disyuntores</i>	69
3.7.5.1	<i>Dimensionamiento de los disyuntores</i>	70
3.7.6	<i>Selector de dos posiciones</i>	70
3.7.7	<i>Paro de Emergencia</i>	71
3.7.8	<i>Luces de Señalización o Indicación</i>	71
3.8	Desarrollo del tablero de control	72
3.8.1	<i>Exterior del Tablero de Control</i>	72
3.8.2	<i>Interior del Tablero de Control</i>	73
3.8.2.1	<i>Calibre AWG de cables</i>	73
3.9	Desarrollo del Software de Control	74
3.9.1	<i>Energizado del sistema (bombas e iluminación)</i>	74
3.9.2	<i>Paros de bombas e iluminación</i>	75
3.9.3	<i>Diagrama de Paro para bombas bajo interrupciones externas</i>	76
3.9.4	<i>Paro General del Sistema</i>	76
3.9.5	<i>Regulación y Control de los tiempos de Secuencia</i>	76
3.9.5.1	<i>Diagrama de Flujo de Regulación Tiempos de Secuencia</i>	78
3.9.6	<i>Secuencias de control para chorros de agua</i>	79
3.9.6.1	<i>Secuencia 1</i>	80
3.9.6.2	<i>Secuencia 2</i>	80
3.9.6.3	<i>Secuencia 3</i>	80
3.9.7	<i>Control y manejo del sistema de iluminación</i>	81
3.9.8	<i>Mensajes de Aviso en Pantalla</i>	82
3.9.9	<i>Plan de Mantenimiento</i>	83

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	86
4.1	Construcción de la fuente	86
4.2	Canalización de toberas y redes de alimentación	87

4.3	Instalación e Impermeabilización en la Fuente de agua	88
4.3.1	<i>Instalación e Impermeabilización de las redes de iluminación</i>	88
4.3.2	<i>Impermeabilización del cuarto de control</i>	89
4.3.3	<i>Impermeabilización de paredes y fondo de la fuente</i>	90
4.4	Pruebas de funcionamiento del tablero de control	90
4.5	Montaje tablero de control	91
4.6	Pruebas del sistema de iluminación	92
4.7	Pruebas de elevación de agua con las bombas	94
4.7.1	<i>Prueba de Chorros</i>	94
4.7.2	<i>Corrección prueba de chorros</i>	95
4.8	Pruebas de secuencias de chorros e iluminación	97
4.9	Verificación de corriente Eléctrica	98
4.10	Análisis de costos	99
4.10.1	<i>Costos Directos</i>	99
4.10.1.1	<i>Costos Instrumentos Hidráulicos</i>	99
4.10.1.2	<i>Costos Instrumentos de Control Electrónico</i>	101
4.10.1.3	<i>Costos de obra civil</i>	102
4.10.1.4	<i>Costos de equipos de iluminación</i>	103
4.10.2	<i>Costos indirectos</i>	103
4.10.3	<i>Costos totales</i>	103
	CONCLUSIONES	104
	RECOMENDACIONES	106
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Diámetros de las tuberías PLASTIGAMA WAVIN.	54
Tabla 3-2: Valores de K para accesorios de tuberías PVC en función de su diámetro	56
Tabla 3-3: Valores de K para accesorios de tuberías PVC.	56
Tabla 3-4: Valores de K para accesorios de tuberías PVC.	58
Tabla 3-5: Valores de K para accesorios de tuberías PVC.	60
Tabla 3-6: Datos técnicos LOGO DM8 230R.	63
Tabla 3-7: Descripción de la distribución LOGO DM8 230R.....	64
Tabla 3-8: Características específicas de los contactores para la iluminación.....	69
Tabla 3-9: Instrumentos intervinientes con el disyuntor.....	70
Tabla 4-1: Costos de instrumentos hidráulicos.	100
Tabla 4-2: Costos instrumentos de control electrónico.....	101
Tabla 4-3: Costos de obra civil.	102
Tabla 4-4: Costos instrumentos de iluminación.....	103
Tabla 4-5: Costos indirectos	103
Tabla 4-6: Costos totales.....	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Sistema de bomba sumergible	8
Ilustración 2-2: Sistema con recirculación con bomba externa.....	9
Ilustración 2-3: Fuentes danzantes con chorros sincronizados.....	10
Ilustración 2-4: Refracción de la luz sobre una superficie líquida.	11
Ilustración 2-5: Elementos y componentes de la red Hidráulica.	13
Ilustración 2-6: Clasificación de las boquillas en función de la dependencia de nivel	14
Ilustración 2-7. Propiedades del nudo emisor "C" y de "exp".....	19
Ilustración 2-8: Simulación boquilla mediante sistema con válvula de propósito general.....	19
Ilustración 2-9: Representación (OASE-PUMPEN) parámetros hidráulicos de un chorro.....	20
Ilustración 2-10: Sistema de ejes referenciales para una trayectoria parabólica de un chorro. .	20
Ilustración 2-11: Control Siemens Logo	23
Ilustración 2-12: Variantes disponibles del LOGO	24
Ilustración 2-13: Entradas y salidas, config. LOGO SIEMENS	25
Ilustración 2-14: Estructura.	26
Ilustración 2-15: Disyuntor.	28
Ilustración 2-16: Interruptor	28
Ilustración 2-17: Luces de señalización.	29
Ilustración 2-18: Paro de emergencia.....	29
Ilustración 2-19: Calibre AWG de cables	30
Ilustración 3-1: Dimensionamiento estructura civil, características geométricas.	31
Ilustración 3-2: Ubicación red de tuberías que componen el anillo externo.	32
Ilustración 3-3: Vista frontal de sistema de tuberías y composición de la fuente de agua.	33
Ilustración 3-4: Cálculos teóricos de chorro sólido con ángulo establecido, simulación.	35
Ilustración 3-5: Red de tubería vectorizada, en función a su proceso constructivo AutoCad. ...	37
Ilustración 3-6: Especificación técnica de tubería.....	38
Ilustración 3-7: Configuración valores por defecto EPANET.....	38
Ilustración 3-8: Configuración de unidades previo al uso del software	39
Ilustración 3-9: Configuración de diámetros y alturas del sistema.	39
Ilustración 3-10: Especificación de boquilla tipo lanza 1 de 14 mm.....	40
Ilustración 3-11: Especificación de boquilla central de 6 salidas.....	40
Ilustración 3-12: Ajuste potencial, curva de comportamiento de tobera tipo chorro lanza 1....	41
Ilustración 3-13: Definición coef. emisores y exponentes de cada tobera del anillo exterior. ...	41
Ilustración 3-14: Ajuste potencial de la curva de la tobera central, boquilla especial.....	42

Ilustración 3-15: Coefi. emisor, exp, tobera central	42
Ilustración 3-16: Definición, curva de la bomba 1, “C1”; primera iteración.	43
Ilustración 3-17: Análisis nodo tobera lanza 1; primera iteración.....	44
Ilustración 3-18: Definición curva de bomba 2, “C2”; primera iteración.	44
Ilustración 3-19: Análisis nodo tobera central primera iteración.	45
Ilustración 3-20: Curva característica, bomba Pedrollo HF5ARM 3 Hp.	46
Ilustración 3-21: Definición curva característica de la bomba C1-HF5ARM.....	46
Ilustración 3-22: Gráfico comparativo de bomba, nodo y catálogo de la tobera tipo lanza 1 ..	47
Ilustración 3-23: Válvula reductora de presión, consigna de 5.55	47
Ilustración 3-24: Caudal-presión; en relación a bomba HF5ARM y boquilla tipo lanza 1	48
Ilustración 3-25: Comparación (%) del chorro por la simulación y el designado en catálogo..	48
Ilustración 3-26: Curva característica, bomba Pedrollo Plurijet3/100 0.75 Hp.....	49
Ilustración 3-27: Definición de curva característica de bomba C2-PLURIJET3/100	49
Ilustración 3-28: Gráfico comparativo de bomba, nodo y catálogo de boquilla central.....	50
Ilustración 3-29: Val. reductora de presión,	50
Ilustración 3-30: Caudal-presión frente a bomba C2-PLURIJET3/100 y boquilla central.	51
Ilustración 3-31: Comparación (%) del valor alcanzado por simulación y el de catálogo.	51
Ilustración 3-32: Relación caudal-presión; bomba HF5ARM y PLURIJET3/100.....	52
Ilustración 3-33: Relación cemanda-velocidad, en el sistema completo.....	52
Ilustración 3-34: Relación altura-longitud en el sistema completo.	53
Ilustración 3-35: Diámetros de tuberías utilizadas en el sistema.....	53
Ilustración 3-36: Composición general LOGO SIEMENS.	63
Ilustración 3-37: Distribución del LOGO DM8 230R, diagrama de entradas y salidas.....	64
Ilustración 3-38: Descripción de bomba Pedrollo HF m5ARM.....	65
Ilustración 3-39: Descripción de bomba Pedrollo HF m5ARM.....	65
Ilustración 3-40: Diagrama de fuerzas de las bombas.....	66
Ilustración 3-41: Características de luz led RGB	66
Ilustración 3-42: Diagrama de fuerzas sistema de iluminación.....	67
Ilustración 3-43: Diagrama interior de los contactores utilizados.....	68
Ilustración 3-44: Ubicación de selectores.	71
Ilustración 3-45: Ubicación paro emergencia.....	71
Ilustración 3-46: Exterior tablero de control	72
Ilustración 3-47: Interior del tablero de control	73
Ilustración 3-48: Cableado tablero de control	74
Ilustración 3-49: Diagrama de flujo encendido general.	75
Ilustración 3-50: Diagrama de paro bajo interrupciones externas.....	76
Ilustración 3-51: Diagrama paro de emergencia.	76

Ilustración 3-52: Diagrama de flujo de regulación tiempos de secuencia-a.....	78
Ilustración 3-53: Diagrama de flujo de regulación tiempos de secuencia-a´	79
Ilustración 3-54: Secuencia 1 de control para chorros de agua	80
Ilustración 3-55: Secuencia 2 de control para chorros de agua	80
Ilustración 3-56: Secuencia 3 de control para chorros de agua	80
Ilustración 3-57: Diagrama de flujo control de iluminación	81
Ilustración 3-58: Texto aviso paro de emergencia	82
Ilustración 3-59: Texto aviso modo de operación: día/noche	82
Ilustración 3-60: Secuencia establecida	82
Ilustración 3-61: Texto aviso estado general del sistema	83
Ilustración 3-62: Estado de reposo	83
Ilustración 4-1: Mejoramiento de suelo.....	86
Ilustración 4-2: Red de tuberías, fijación de malla y varilla.....	87
Ilustración 4-3: Fundición de hormigón base y paredes de la fuente.	87
Ilustración 4-4: Canalización red de tuberías, instalación sistema de bombeo.	88
Ilustración 4-5: Instalación de toberas.....	88
Ilustración 4-6: Instalación e impermeabilización de las redes de iluminación	89
Ilustración 4-7: Impermeabilización del cuarto de control.....	90
Ilustración 4-8: Impermeabilización paredes y fondo de la fuente	90
Ilustración 4-9: Pruebas de funcionamiento tablero de control.....	91
Ilustración 4-10: Montaje del tablero de control	92
Ilustración 4-11: Prueba del sistema de iluminación anillo interno y externo	93
Ilustración 4-12: Prueba del sistema de iluminación anillo interno	93
Ilustración 4-13: Prueba del sistema de iluminación anillo interno y externo	94
Ilustración 4-14: Prueba sistema de bombeo, anillo externo.....	95
Ilustración 4-15: Prueba sistema de bombeo, tobera central	95
Ilustración 4-16: Consigna val. reductora de presión.....	96
Ilustración 4-17: Anillo externo operando en el punto de diseño.	96
Ilustración 4-18: Tobera central operando en el punto de diseñado.....	97
Ilustración 4-19: Funcionamiento sistema de iluminación, toberas del anillo externo	97
Ilustración 4-20: Funcionamiento sistema de iluminación y tobera central	98
Ilustración 4-21: Funcionamiento general del sistema.	98
Ilustración 4-22: Verificación corriente eléctrica.....	99

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ACTA ENTREGA-RECEPCIÓN

ANEXO B: DATA SHEET LOGO 230RC

ANEXO C: DATA SHEET BOMBA PEDROLLO 3 HP, MONOFÁSICA 220V HFM 5ARM

ANEXO D: DATA SHEET BOMBA PEDROLLO 0.75 HP, MONO 220V PLURIJET100X

ANEXO E: LED RGB 10W-12V 6063 AL

ANEXO F: MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO

ANEXO G: PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

RESUMEN

El proyecto surge como solución a mejorar la apariencia poco atractiva de un espacio físico en el Santuario ubicado en la provincia de Chimborazo, Cantón Chambo, Barrio Catequilla; transformándolo en una zona atractiva mediante el proyecto técnico basado en el diseño e implementación de una fuente dinámica con chorros sincronizados que utiliza un sistema automatizado para su control. El diseño del mismo parte con el análisis del sistema hidráulico mediante el uso del software EPANET, así como del entramado de tuberías que constituyen 8 toberas externas y una central, seleccionando el modelo más adecuado en términos de presión y caudal. Se desarrolló la programación ajustada a los requerimientos planteados para el diseño y construcción del panel de control, mediante el uso del LOGO Siemens 230RC distribuyendo los componentes, que controlan el sincronismo del sistema. Se consideró la implementación de elementos protectores para los equipos involucrados en el sistema de bombeo, que incluyen las bombas Pedrollo HFm5ARM de 3 Hp y PLURIJET3/100 de 0.75 Hp, controladas por los contactores que permiten la distribución del flujo de corriente a las bombas y al sistema de iluminación tipo LED RGB. Se establecieron tres secuencias con una duración de 7 minutos cada una, con un retardo de un minuto entre secuencias lo que asegura que el espectáculo de agua danzante se sincronice correctamente la red hidráulica, el sistema de bombeo y de iluminación creando un resultado atractivo y coordinado desde un punto de vista estético. Con estas consideraciones de diseño se pudo implementar y validar la operatividad de la fuente de agua con dos líneas de distribución, cada una alimentada con una bomba de acuerdo con los requerimientos de diseño iniciales. En conclusión, se logró transformar el espacio físico en un área atractiva que proporciona una experiencia visual y auditiva agradable para los visitantes.

Palabras clave: <FUENTE DE AGUA> <SISTEMA AUTOMATIZADO> <EPANET (SOFTWARE)> <RED DE TUBERÍAS> <SISTEMA DE ILUMINACIÓN>.

1346-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

This project emerged to improve the unappealing appearance of physical space in the sanctuary in the Chimborazo province, Chambo Canton, Catequilla neighborhood becoming it into an attractive area through a technical project based on the design and implementation of a dynamic fountain with synchronized jets using an automated control system. The design process began with the analysis of the hydraulic system using EPANET software and the arrangement of the piping network, which consists of 8 external nozzles and one central nozzle. The most suitable model in terms of pressure and flow rate was selected. The programming for the design and construction of the control panel was developed according to the specified requirements, using the Siemens 230RC LOGO and distributing the components that control the synchronization of the system. Protective elements were considered for the equipment involved in the pumping system, including the Pedrollo HFm5ARM 3 Hp and PLURIJET3/100 0.75 Hp pumps. These pumps are controlled by contactors that distribute the current flow to the pumps and the RGB LED lighting system. Three sequences were established, each lasting 7 minutes, with a one-minute delay between lines to ensure that the synchronized water show coordinates correctly with the hydraulic network, pumping system, and lighting, creating an appealing and aesthetically coordinated result. With these design considerations, the functionality of the water fountain was successfully implemented and validated using two distribution lines, each supplied by a pump according to the initial design requirements. In conclusion, the physical space was transformed into an attractive area that provides visitors with a pleasant visual and auditory experience.

Keywords: <WATER FOUNTAIN> <AUTOMATED SYSTEM> <EPANET (SOFTWARE)> <PIPE NETWORK> <LIGHTING SYSTEM>.



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

En varios lugares alrededor del mundo, se han implementado varios sistemas y circuitos dinámicos de agua, en parques, avenidas, redondeles; los cuales son armonizados en función de la luz, sincronismo, y en otros con sonido. Los sistemas danzantes de agua buscan causar en los observadores la perspectiva de que el agua toma vida de forma sincronizada; generando ambientes agradables diferentes a los convencionales con piletas a presión o caída de agua, además de fomentar el turismo en estos lugares.

Es importante señalar el avance tecnológico, que ha existido desde la antigüedad, es interesante ver cómo ya desde tiempos remotos y con unos medios técnicos claramente limitados el hombre ha sabido dar solución a los retos que le planteaba la gestión del agua, con soluciones eficaces y sostenibles, cuando no elegantes y bellas, o incluso imponentes, como en el caso de los acueductos romanos (Tarragona, Segovia o Pont du Gard serían excelentes ejemplos) o de depósitos como la famosa Cisterna Basílica de la antigua Constantinopla, la actual Estambul, en Turquía. (Lluís Sala 2015).

Las primeras fuentes permitieron el acceso al agua que ofrece la naturaleza de forma espontánea, para atender las necesidades básicas del hombre y de los animales domésticos. Después vinieron las primeras fuentes artificiales, construidas en las aldeas, pueblos y ciudades, y que durante muchos años facilitaron a sus habitantes el agua que requerían, sirviendo también como lugar de encuentro y esparcimiento. A continuación, aparecieron las fuentes artificiales ornamentales, que se construyeron en calles, plazas y parques y en interiores de palacios y jardines y que sirvieron como elemento urbanístico que contribuye a ordenar el paisaje, suavizar el ambiente o a su embellecimiento (Borreguero, 2021, p.50).

El empleo del agua como elemento de composición arquitectónica y urbanística ha estado presente en todas las culturas y la modalidad más común ha sido la fuente. Su evolución es el resultado del uso y del comportamiento del hombre con el agua, que desde sus inicios ha venido condicionado por el nivel tecnológico alcanzado en cada época (Borreguero, 2021, p. 52).

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Las fuentes de agua se han construido y desarrollado a lo largo del desarrollo intelectual y cultural del ser humano. Las primeras fuentes permitieron el acceso al agua que ofrece la naturaleza de forma espontánea, para atender las necesidades básicas del hombre y de los animales domésticos. Después vinieron las primeras fuentes artificiales, construidas en las aldeas, pueblos, ciudades, y que durante muchos años facilitaron a sus habitantes el agua que requerían, sirviendo también como lugar de encuentro y esparcimiento. Posterior a ello, aparecieron las fuentes artificiales ornamentales, que se construyeron en calles, plazas y parques y en interiores de palacios y jardines y que sirvieron como elemento urbanístico que contribuye a ordenar el paisaje, suavizar el ambiente o a su embellecimiento. También puede hablarse de la fuente como obra de arte, al adquirir la finalidad de expresión artística con sus esculturas y arquitectura, dejando el agua que brota de sus surtidores o cae por las cascadas como ornamento secundario (Borreguero, 2021, p. 52).

En la actualidad las fuentes de agua danzantes de chorros sincronizados son uno de los mayores atractivos turísticos en el mundo entero. Muchas ciudades han implementado fuentes de agua danzante, las cuales además de dar realce a la ciudad, invita a propios y extraños a visitarlas en busca de entretenimiento, distracción y relax. La sincronización de los elementos que conforman el sistema en perfecta armonía deleita a todas aquellas personas que diariamente llegan a observar este espectáculo (Aguas, 2015).

La Fuente de Dubái está situada en un lugar destacado frente a la estructura artificial más alta del mundo, Burj Khalifa. Cinco anillos de chorros de agua de alta potencia se extienden por toda la longitud del lago asegurando que cada punto de vista alrededor del perímetro sea excepcional, WET Designer Fountains presentó el submarino más sofisticado, los chorros de agua robóticos jamás desarrollados y el uso innovador de la luz proyectada, lo que permite que la fuente de Dubái exhiba imágenes pintadas en sus formas de agua que se mueven como dardos. La fuente también cuenta con XtreamShooters™ de WET, chorros que lanzan agua a una altura récord de 50 pisos. La Fuente de Dubái es considerablemente más grande que la de Las Fuentes del Bellagio y es, desde cualquier punto de vista, la fuente coreografiada más grande del mundo. Las selecciones de música internacional, que incluyen piezas de Oriente Medio, África y Occidente, proporcionan la inspiración para más de 1000 elementos coreografiados individualmente. Una característica de agua tan compleja normalmente requiere 3 años para completarse de principio a fin. WET y el equipo de Emaar pudieron terminar el proyecto en solo 18 meses (Tolbert, 2015).

Las fuentes incorporan una red de tuberías con más de 1.200 boquillas que permiten escenificar juegos de fuentes y nieblas coordinados con más de 4.500 luces. El sistema consta de cuatro tipos

de dispositivos que disparan agua, los cuales son 208 remeros que hacen que el agua "baile" hasta 77 pies de altura y cada uno es programable individualmente para que la dirección del agua se pueda cambiar en cualquier momento; hay 798 minishooters que disparan agua a 100 pies de altura, 192 supershooters disparan agua 240 pies en el aire y finalmente, 16 disparadores extremos capaces de proyectar una pared de agua de hasta 460 pies de altura (SharonKurheg, 2021). La alimentación de estos chorros de agua de los tiradores no se puede hacer de manera eficiente solo con bombas; eso requeriría 60,000 HP cuando combina el flujo y la presión requeridos. En cambio, cada súper tirador tiene un depósito de agua en un tanque de 12 pies de alto y 12 pulgadas de diámetro, conectado en su base a un receptor de aire de 200 psi y 60 galones. El aire se suministra mediante válvulas controladas con precisión para disparar el agua al aire en el momento exacto (Allinson, 2016).

En el Ecuador se han realizado proyectos aplicativos con estos principios de funcionamiento tanto hidráulico, eléctrico y acústico. Tal es el caso del "Diseño e implementación del modelo de una pileta de agua danzante, utilizando un sistema de adquisición de datos y control audio-rítmico" con el propósito de implementación en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo la cual posee en sus instalaciones un parque que fue concebido como "El Parque del Estudiante" el que cuenta con 3 piletas de agua estáticas (Mora y Marlith, 2013). Otro tipo de proyecto de tesis desarrollado en el país es el "Diseño y construcción de un prototipo de una pileta de agua danzante audio rítmica" con el objetivo de realizar un estudio para el cumplimiento de las necesidades básicas en que el Parque Acuático sea funcional, es decir espacial, urbanístico, turístico, cultural, ecológico, para elevar el rendimiento Turístico y social del cantón Nobol (Cedeño, 2017).

1.2 Delimitación

1.2.1 Delimitación espacial

El proyecto de integración curricular se desarrolla en la provincia de Chimborazo, Cantón Chambo, Barrio Catequilla, Santuario de "Nuestra Señora de la Fuente del Carmelo".

1.2.2 Delimitación sectorial

El presente proyecto de integración curricular es referente con el Objetivo 2, 8 del Plan Nacional de Desarrollo 2021-2025, pues contribuye con la fomentación del turismo, atracción de inversiones, así como también con la generación de oportunidades de bienestar para las zonas rurales fortaleciendo la economía del sector.

1.3 Formulación del problema

La tecnología y sus herramientas se han desarrollado de forma acelerada; con ello la visión, expresión, y criterios de innovación que tienen las grandes ciudades frente a su imagen y la regeneración física. Muchos parques, avenidas, redondeles, fuentes de agua, presentan criterios

ornamentales simples en su composición, lo que hace dependiente de su forma arquitectónica para la combinación con el área a decorar, en lugar de ser serie y secuencia de su constitución siendo parte de nuevas escenas decorativas con ayuda de la tecnología. La problemática surge de la necesidad existente en el Santuario de la Virgen del Carmen de Catequilla, ubicado en el cantón Chambo, Provincia de Chimborazo donde fuentes de agua tradicionales pasan desapercibidas por mantener un sistema convencional de funcionamiento de bombeo constante, en lugar de ser la atracción y el componente ornamental principal de un ambiente; debido a que no poseen un sistema de control automatizado con secuencias de chorro, distribución de agua e iluminación, lo que permitiría ser el centro decorativo de atracción del lugar. Su aplicación es de vital importancia en la regeneración física del Santuario con el propósito de fortalecer el turismo y la economía en este sector del cantón.

1.4 Alcance

El presente proyecto estaría enfocado en el diseño e implementación de una fuente de agua dinámica con chorros sincronizados utilizando criterios de automatización. El proyecto partiría de la planificación, volumen a manejar (5.28 m³) y reconocimiento de criterios hidráulicos (condiciones de presión y caudal) necesarias para la obtención del tipo de chorro requerido y de control automático (controlador LOGO) en los que se fundamenta el proyecto, seguido del diseño de la red hidráulica mediante la comprobación sistemática con el software EPANET, así como también del control y la generación de 3 secuencias a conseguir, para lo cual es preciso identificar todos los elementos que constituyen la implementación, control, distribución y tipo de iluminación, considerando un sistema de filtrado por mallas para el mantenimiento y cuidado de los elementos. Además, se realizará la adquisición de equipos y materiales para su construcción e implementación; el proyecto finalizará con la verificación y validación operativa y funcional del sistema.

1.5 Justificación

La mayoría de fuentes de agua ornamentales existentes en el medio local se han limitado a mantener un sistema simple (recicla y expulsa), mediante el uso de una bomba convencional lo que resulta ser poco llamativo. En muchos de los casos por la falta de mantenimiento y uso del sistema, se generan fallas en la central de bombeo lo que imposibilita la funcionalidad del sistema, manteniendo un espacio físico con agua estancada lo que desencadena en la formación de algas, y organismos vivos generando un mal aspecto en el lugar.

Las fuentes de agua, son elementos ornamentales, o decorativos del lugar; pero, en muchos de los casos se han visto limitados por la combinación que exige la estética, entorno del lugar, así como también los costos elevados de implementación.

La idea de realización del proyecto surge con la necesidad de adecuar un espacio físico que pasa desapercibido, mejorando su aspecto con la implementación de un sistema de control automático para una fuente dinámica de agua, su distribución, e iluminación; combinando así el ambiente con la estética del entorno a decorar.

El proyecto surge a partir de la necesidad existente en el Santuario de la Virgen del Carmen de Catequilla, ubicado en el cantón Chambo, Provincia de Chimborazo, su aplicación es de vital importancia en la regeneración física del Santuario con el propósito de fortalecer el turismo y la economía en este sector del cantón.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General:

Diseñar e implementar una fuente de agua dinámica con chorros sincronizados, mediante un sistema de bombeo de control automatizado, para la regeneración física del entorno.

1.6.2 Objetivos Específicos:

- Diseñar el sistema Hidráulico para satisfacer las condiciones de presión y caudal que constituyen las fuentes de agua danzantes mediante el uso del software EPANET.
- Diseñar el sistema de control e iluminación para establecer las secuencias y sincronismo con la red hidráulica y el sistema de bombeo.
- Establecer las condiciones de operación para la instalación e iluminación de la fuente de agua danzante.
- Verificar y validar la operatividad de los sistemas de bombeo, iluminación y control en la generación de chorros de agua sincronizados mediante pruebas de funcionamiento.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El presente capítulo detalla descriptivamente los diferentes tipos de fuentes de agua implementados en la actualidad, analizando los parámetros, características, factores y criterios utilizados en el diseño y construcción de la red hidráulica como también del sistema de control automático analizando su factibilidad de implementación apoyados del avance electrónico y de control usados en fuentes de agua.

2.1 Sistema de Bombeo

Es aquel sistema que cuenta con diversas partes que hacen posible el recorrido mediante tuberías, así como también el acopio eventual de líquidos, permitiendo que las especificaciones de caudal y presión sean cumplidas en los procesos (GeoHidráulica, 2021).

El sistema de bombeo constituye un conjunto de elementos, civiles, equipos, dispositivos, tuberías, y accesorios importantes dentro de los diferentes procesos productivos, siendo una herramienta que satisfaga las condiciones de servicio de un proceso. Los sistemas de bombeo están formados esencialmente por dos partes, la bomba y su accionador que en muchos de los casos constituyen un sistema de control automatizado.

2.2 Sistema de control automatizado

Forma parte del conjunto de herramientas y técnicas que identifican el desarrollo de un proceso para determinar un valor deseado dentro de una cantidad o condición, establecido como parámetro inicial, este último se fundamenta bajo una comparación instantánea de la variable a controlar con el valor deseado, utilizando diferentes métodos para proceder a reducir o aumentar el valor cuantificado mediante un proceso iterativo de acción correctiva.

Los sistemas con control automatizado mantienen un conjunto de componentes relacionados entre sí, fundamentados en la regulación y control bajo su propia actuación, en otras palabras, son sistemas de libre intervención de factores externos; lo que hace que su aplicación sea muy amplia en cualquier tipo de mecanismo, proceso, sistema o planta de producción, dotando de ordenes necesarias para que esta acción se desarrolle de manera exacta y sincrónica.

2.3 Sincronismo de fuentes danzantes de agua

Una fuente de agua danzante o dinámica diferencia de las piletas convencionales ya que no trabajan mediante el principio de reciclado de agua, no son fuentes tradicionales; incorporan un sistema inteligente que trabaja bajo un sistema de control automatizado en la distribución e iluminación secuencial, presentan tecnología más compleja y su diseño concibe espectáculos llenos de movimiento, perfectos para la regeneración física de un entorno al aire libre.

En las fuentes danzantes, el control de los juegos de agua y los efectos es más complejo que en otras tipologías. Cada chorro y cada foco requiere control individual; esta característica, por otra parte, permite crear configuraciones muy ambiciosas e interesantes (Sánchez, 2016).

2.4 Fuentes de agua

Las fuentes de agua son el reflejo simple y tradicional de atracciones de lugares dando vida al entorno, jardines, parques, avenidas, redondeles, centros turísticos; generando vida y energía por medio del movimiento de agua. El agua como componente central con características simples de tratamiento y manipulación ya que, al estar en estado líquido, su riego en diferentes direcciones y elevación a grandes alturas se las realiza con gran facilidad, principio principal para que fuentes tradicionales puedan ser recreadas en varios estilos, formas, y la aparición de fuentes de agua danzantes con iluminación secuencial.

El ambiente y el entorno de implementación determinan los diferentes tipos de instalaciones, así como también su versatilidad en función del tamaño. A partir de esto se pueden encontrar con diferentes tipos de fuentes, las internas que son las accesibles apropiadas para dar vida a espacios pequeños que están desapercibidos y las externas que generan una mayor atracción por su gran capacidad de manejo y trabajo en función de la cantidad de chorros, su secuencia, sincronismo, iluminación e instalación funcional.

2.4.1 Instalación funcional

En la actualidad se han implementado una gran variedad de piletas y fuentes de agua en función de su instalación (espacio físico, ambiente, tecnología, tamaño), generando atracción por la combinación de sincronismo en la red de distribución, su iluminación y sonido.

Las fuentes de agua comúnmente son impulsadas por una bomba al exterior, generando diferentes efectos estéticos ligados a su composición, red hidráulica y tipos de boquillas en otros casos trabajan por la gravedad que hace fluir el líquido. Estas premisas clasifican a los tipos de fuente en dos categorías (Jaramillo González, 2013).

- Entorno
- Funcionamiento

2.4.1.1 Tipos de fuente por su entorno

Se clasifican en función del espacio y ambiente considerando su estructura e instalación para interiores y exteriores, se pueden denotar las presentadas a continuación:

De interior

- Ubicadas en la mesa de escritorio
- Ubicadas en el piso
- Empotradas en la pared

De exterior

- Cascadas
- Rocas
- Ornamentos

2.4.1.2 Tipos de fuentes por su funcionamiento

Esta clasificación hace referencia al circuito y control de funcionamiento, considerando el sistema de recirculación donde el agua fluye constantemente bajo un aporte periódico y el sistema basado en la gravedad cuando fluye por acciones físicas, frente a esta clasificación se tiene:

Sistema de bomba sumergible

En este tipo de circuitos el agua se toma normalmente de un gran volumen acumulado y se impulsa al exterior formando un bonito haz de agua en conjunto con la tobera que sea elegida, del exterior cae de nuevo al volumen total de agua acumulada (Guaygua Guaigua y Guangasi Guanopatin, 2017).

A continuación, se presenta un esquema representativo en la ilustración 2-1.

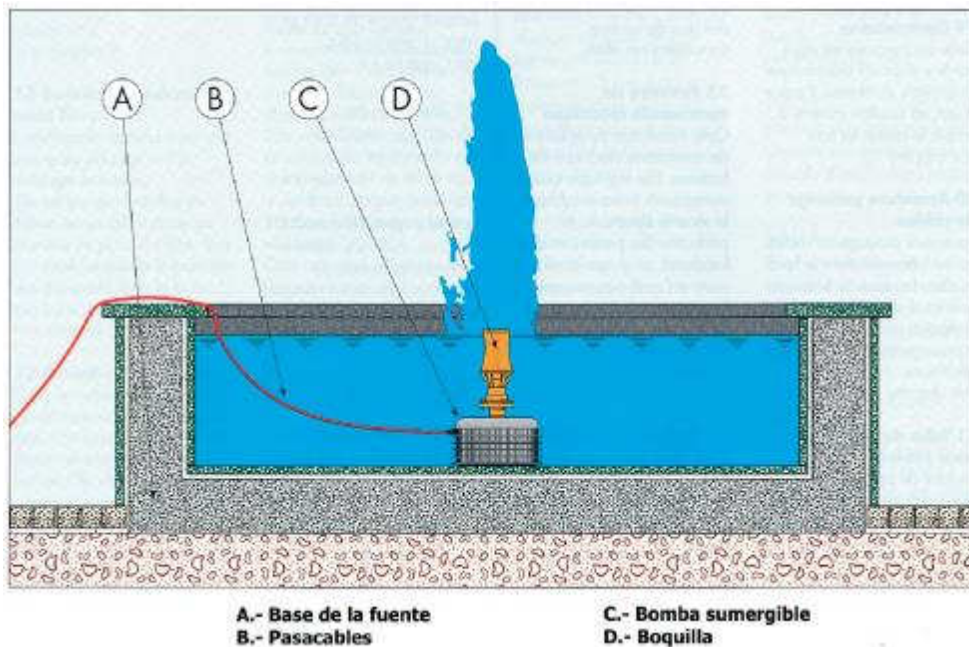


Ilustración 2-1: Sistema de bomba sumergible

Fuente: Núñez, 2020

Sistema con recirculación con bomba externa

Este tipo de circuitos trabaja con un volumen de agua más reducido, presenta recirculación en la fuente, los dispositivos que constituyen el sistema se pueden aislar o separar en un espacio aparte. Presentan condiciones de mantenimiento periódicas, es importante mantener la limpieza y cuidado de los equipos. Un esquema representativo del funcionamiento es el presentado en la ilustración 2-2.

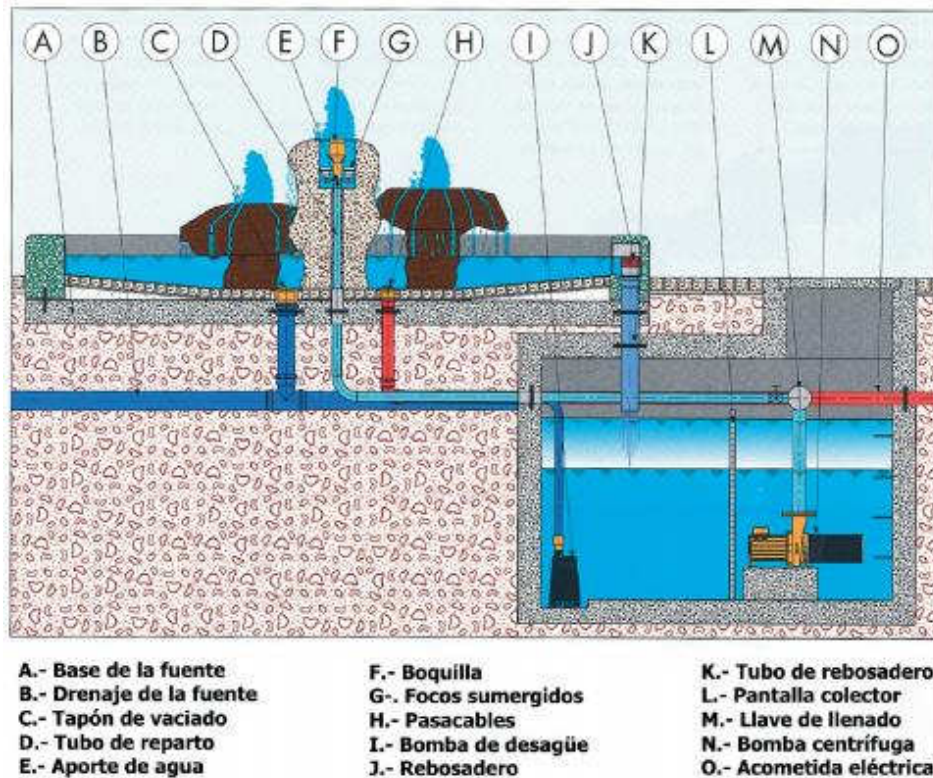


Ilustración 2-2: Sistema con recirculación con bomba externa
Fuente: Núñez, 2020

Al hablar de funcionamiento es importante considerar los elementos, entornos y circuitos que constituyen los sistemas de las fuentes. Con ayuda de la tecnología se han incorporado una amplia gama de ideas que transforman los entornos a diferencia de las fuentes convencionales se tienen las fuentes danzantes con chorros sincronizados, su complejidad aumenta en función al control automático del sistema y el uso de controladores que permiten variar el chorro, sincronismo, y tipos de boquillas que dan la forma deseada de salida.

2.4.2 Fuentes de agua danzantes sincrónicas

Diferentes a las fuentes convencionales, son fuentes inteligentes que trabajan bajo un sistema de control en la distribución e iluminación sincrónica o secuencial, lo que la hace más atractiva y novedosa. Una fuente de agua secuencial o sincronizada, no solo 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 evidenciado en la ilustración 2-3.

Así también acompañado 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, intermitencias, juego de luces (Jaramillo González, 2013).



Ilustración 2-3: Fuentes danzantes con chorros sincronizados.
Fuente: Angulo, 2018

2.4.3 Iluminación

La iluminación en la fuente de agua forma parte del efecto de atracción principal que acompaña a los diferentes tipos de flujos determinados por los chorros y boquillas instalados. Existe una gran variedad en relación de su aplicabilidad, los halógenos, diodos luminosos, lámparas dicroicas, leds, constituyen su clasificación para una serie de tonalidades, colores, establecidos en combinación con el sincronismo de la fuente.

Es importante considerar los tipos de luces, colores, su dirección, la arquitectura del lugar, su estructura, son fundamentales en la atracción y encanto del lugar, generando la magia sincrónica y secuencias de la fuente de agua. Existen varios tipos de iluminación, gracias a la revolución tecnológica han cambiado los conceptos clásicos de lámparas incandescentes o halógenas por un diodo luminoso con alto rendimiento, iluminación led.

2.4.3.1 Iluminación Led

Un led, está definido como un diodo emisor de luz que trabaja con diferentes longitudes de onda para emitir una luz policromática. La iluminación Led está revolucionando la iluminación de entornos y ambientes, han sustituidos a lámparas clásicas o convencionales por su alto rendimiento a menor consumo, proporcionando un ahorro notable por su larga duración en diferentes tipos de usos con distintos tipos de luces.

Tipos de luces

Se puede encontrar distintos tipos de luz, los más utilizados en fuentes de agua son:

- Luz blanca: Tipo básico, los proyectores que constituyen, emiten una luz fija en su gran mayoría cálida, presentan larga durabilidad y ahorro en su consumo.
- Luz RGB: Son las más utilizadas en la última década por su versatilidad y abanico de posibilidades en el cambio de colores, ofreciendo varias alternativas para ambientar cualquier entorno.

Intensidad y alimentación

Para el uso de iluminación led es importante considerar su instalación, abarcando su intensidad y alimentación necesaria para su funcionamiento. Un foco led trabaja con una intensidad y voltaje menor que una lámpara convencional, sus valores típicos de corriente en polarización directa oscilan 10-20 mA con un voltaje operativo de 1.8-3.8 V, estos valores están relacionados con su calidad y material de fabricación.

Refracción

La refracción de la luz es el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al pasar de un medio a otro (salvo en incidencia perpendicular, en la que no hay cambio en la dirección de propagación, aunque sí de la velocidad de la luz al cambiar de medio). Dicho cambio se produce por una variación en la velocidad de propagación de la luz, que disminuye si la densidad del medio es mayor y aumenta si es menor (De la Fuente Borreguero, 2020, p. 45).

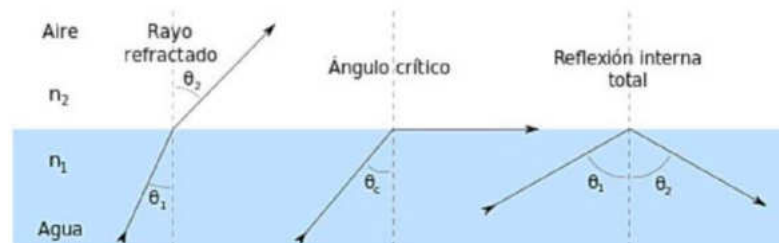


Ilustración 2-4: Refracción de la luz sobre una superficie líquida.

Fuente: De la Fuente Borreguero, 2020, p. 45

Ventajas iluminación LED

Iluminación de fuentes ornamentales con tecnología led Las distintas actuaciones de iluminación de fuentes mediante tecnología led en las que ha participado el autor de este artículo han dado muy buenos resultados, tanto en lo referido a los ahorros energéticos obtenidos como en las soluciones aportadas, jugando con el color. La incorporación de la tecnología led a la iluminación de fuentes ha supuesto el mayor avance tecnológico desde la invención de la lámpara incandescente. A modo de resumen, las principales ventajas que presenta la iluminación de fuentes mediante tecnología led frente a la iluminación tradicional, basada en el empleo de lámparas incandescentes sumergidas en los vasos, SON (De la Fuente Borreguero, 2020, p. 47):

- El alto rendimiento del led permite instalaciones de menor potencia y menor consumo energético.
- Vida extremadamente larga, más de 20.000 horas de vida útil.
- Son fuentes de luz sólidas que carecen de filamentos o tubos de descarga, lo que les confiere una alta resistencia a golpes y vibraciones y una enorme fiabilidad.
- El menor tamaño de los leds permite una gran flexibilidad y emplear proyectores más reducidos y fáciles de ubicar.

- Por tratarse de una luz direccional, permite un control preciso del haz de luz, una mejor iluminación y la consecución de efectos luminosos espectaculares.
- Permite realizar rápidos e ilimitados encendidos y apagados, sin acortar la vida útil de los leds.
- Elevada eficacia de color. Los leds son fuentes de luz monocromáticas, lo que evita pérdidas al pasar la luz generada a través de filtros.
- Es posible emplear luz de distintos colores (RGBW), realizar infinidad de cambios de color y crear sorprendentes efectos luminosos.
- Son fácilmente regulables. Con las unidades de control adecuadas, los leds permiten su regulación y control de forma sencilla, sin comprometer su vida.

2.4.4 Red Hidráulica

2.4.4.1 Elementos y componentes de la red hidráulica

Las fuentes de agua presentan varios elementos constitutivos, de manera general se hace mención al depósito de almacenamiento de agua, el sistema de bombeo y los diferentes elementos electrónicos y constructivos que permiten la circulación continua del agua. Existen varios tipos de boquillas que establecen la formación de chorros en relación a su forma y tamaño. Es importante mencionar a los elementos constructivos, que configuran la fuente en el espacio y entorno visible garantizando su funcionalidad entre estos se pueden citar al cimiento, anclaje, tuberías, conexiones, entre otros.

Son varios los componentes de una fuente danzante, es importante nombrar y describir los más importantes para tener una idea conceptual a la hora de diseñar el sistema. En la ilustración 2-5 se presenta una fuente de agua, detallando los componentes que se usan con mayor frecuencia seguido de una breve descripción.

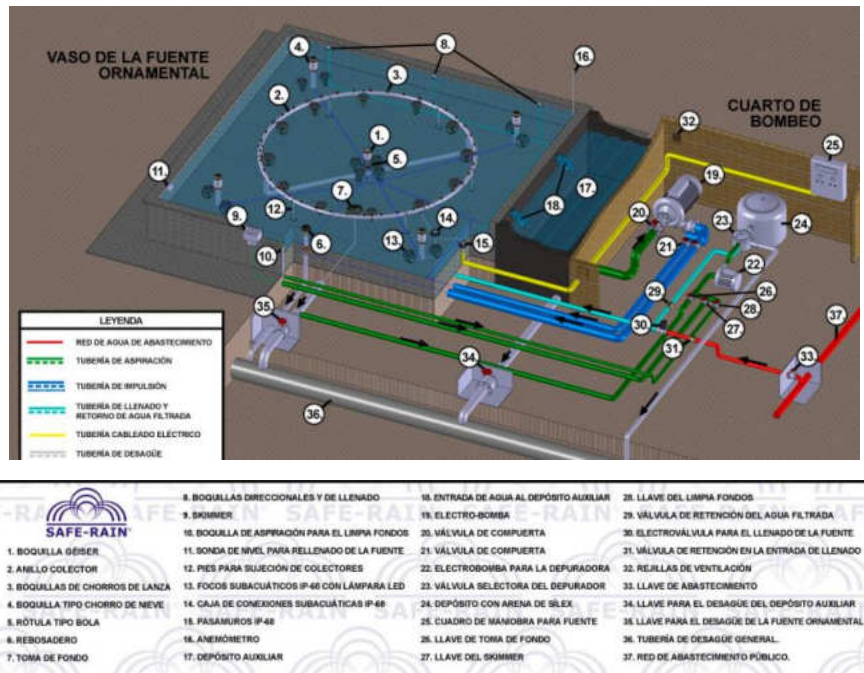


Ilustración 2-5: Elementos y componentes de la red Hidráulica.

Fuente: SAFE-RAIN, 2022

- **Depósito de almacenamiento de agua:** permite el funcionamiento continuo de la fuente frente a la reutilización del agua, son estanques de almacenamiento su disposición depende de la necesidad y diseño estructural del sistema.
- **Sistema y equipos de bombeo:** proporcionan la presión necesaria que permita la circulación sobre las diferentes ramificaciones que constituyen la fuente de agua, existen varios tipos de bombas y su selección depende de la necesidad en presión y caudal para satisfacer el sistema.
- **Cuarto de bombeo:** es la cámara o sala de máquinas, se dispone en función del tamaño y número de equipos, lugar donde se controla el funcionamiento y alcance del sistema.
- **Tuberías de alimentación:** son instalaciones de suministro para cada nodo, que se establecen a partir de la ubicación del depósito de almacenamiento.
- **Sistema de impulsión:** consta de varios elementos, en el caso más general de:
 - Válvulas de control
 - Tuberías de aspiración e impulsión
 - Equipos de bombeo
 - Redes de tubería
- **Sistema de tratamiento de agua:** importante en la instalación del sistema de succión, se dispone de un sistema de filtrado que maneja y manipula la contaminación producto del polvo, hojas, elementos arrastrados por acción del viento.

2.4.4.2 Chorros de agua en fuentes danzantes

Los chorros de agua sincronizados en las fuentes de agua son los generadores de la mayor atracción y encanto del sistema, utiliza varios principios hidráulicos (caudal, presión) para su funcionamiento, ligados a un sistema de control que genera el sincronismo y secuencialidad.

Para la formación de chorros, se utilizan una gran variedad de boquillas creando figuras de diferente aspecto y forma, la homogeneidad del sistema constituye la combinación del entorno con el tipo chorro, para hablar de este último es preciso describir los tipos de boquilla.

Tipos de boquilla

Los juegos de agua en las fuentes danzantes son generados por el tipo de boquillas que posibilitan obtener una variedad de alturas, relacionadas a su caudal y al área transversal; los chorros se clasifican en función de su transparencia y consistencia mismos que perduran en la mayor parte de la trayectoria siendo sólidos o intensamente aireados con textura espumosa.

En la ilustración 2-6 describe la clasificación de boquillas relacionando su dependencia del nivel de agua.

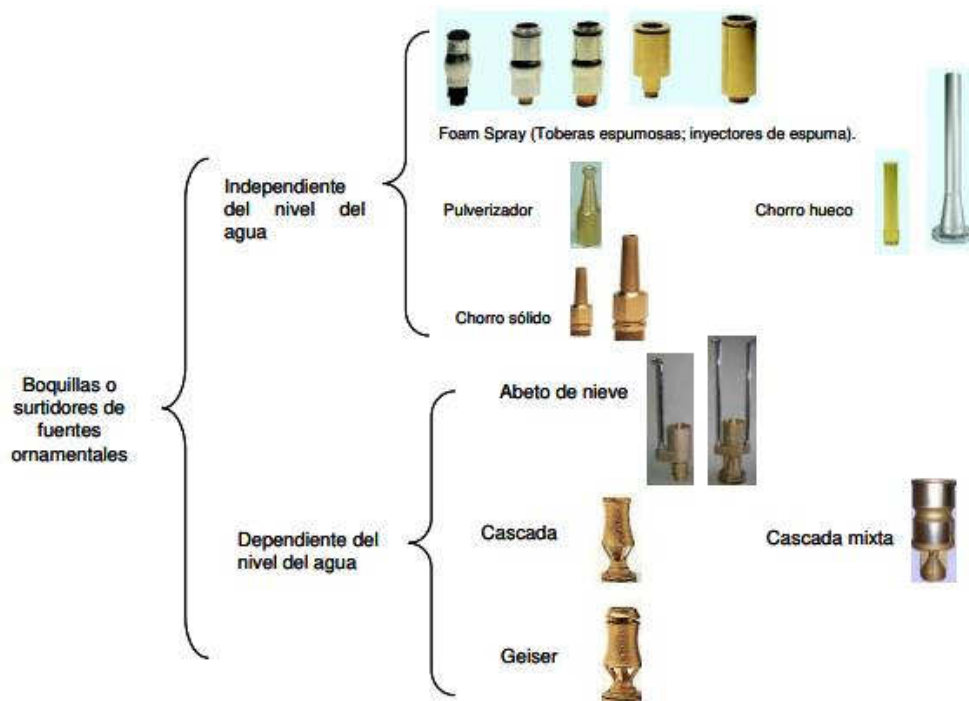


Ilustración 2-6: Clasificación de las boquillas en función de la dependencia de nivel
Fuente: González, 2011, p. 93-100

2.5 Condiciones de Operación

Para identificar de mejor manera las condiciones de operación y sus principios teóricos es necesario conocer cómo se distribuyen los diferentes sistemas de actuación en el funcionamiento de una fuente danzante; como punto principal es el sistema hidráulico entorno al cual giran los

demás sistemas ya que los chorros de agua son los elementos visibles del funcionamiento de la fuente.

2.5.1 Sistema Hidráulico

Para realizar el diseño de la fuente de agua es imprescindible determinar los parámetros de implementación como caudal, presión, pérdidas de energía, pérdidas por longitud de tubería y por accesorios; así como la potencia necesaria de la bomba para que satisfaga las necesidades de columnas de agua para los chorros de agua sincronizados.

2.5.1.1 Caudal

Se denomina caudal a la cantidad de fluido que circula en una sección determinada de un ducto en cierta cantidad de tiempo. Este ducto puede ser cañería, oleoductos, tubería, río o canal, entre otros. El caudal se asocia, entonces, al volumen que pasa por un área dada en el tiempo (Rojas, 2021).

$$Q = v * A$$

Donde:

- Q = Caudal (m³/s)
- v = velocidad (m/s)
- A = Área (m²)

2.5.1.2 Presión en Fluidos

La presión es una medida de la fuerza ejercida por unidad de área en los límites de una sustancia. El término presión dinámica (a veces llamado presión de velocidad) está asociado con el flujo de fluido y con el efecto de Bernoulli en un fluido en movimiento se presentan diversos tipos de presiones a saber:

Presión estática: Es la presión producida por los fluidos en reposo sobre las paredes del recipiente. Para medirla se puede usar una toma perpendicular a la dirección del flujo.

Presión dinámica: Es la presión que se produce por el efecto de la velocidad del fluido. Esta se ejerce solamente en la dirección del fluido. En un fluido estático la presión dinámica es cero ya que depende de la velocidad y la densidad del fluido:

$$Pd = \frac{\rho v^2}{2}$$

donde:

- Pd : presión dinámica en pascales
- ρ : densidad del fluido en kg/m³ (e.g. densidad del aire)
- v : velocidad del fluido en m/s

Presión total o de estancamiento: Es la presión resultante de la presión estática más la presión dinámica. Su valor será el de la presión estática cuando el fluido se desacelera hasta obtener una velocidad cero en un proceso sin rozamiento.

$$P_t = P_s + P_d$$

2.5.1.3 Ecuación de Bernoulli:

La ecuación de Bernoulli se refiere a la conservación de la energía cinética, potencial y la energía de flujo en un flujo de fluido y su transformación de una en otra en las regiones del flujo en donde las fuerzas viscosas netas son despreciables y donde se aplican otras condiciones restrictivas.

El teorema de Bernoulli es una forma de expresión de la aplicación de la ley de la conservación de la energía al flujo de fluidos en una tubería. La energía total en un punto cualquiera por encima de un plano horizontal arbitrario fijado como referencia, es igual a la suma de la altura geométrica, la altura debida a la presión y la altura debida a la velocidad (Cengel, 2006, p. 40).

A continuación, se presenta la ecuación característica de Bernoulli:

Flujo estacionario e incompresible: $\frac{P}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 = cte$ en una línea de corriente

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2$$

Para el diseño de las fuentes danzantes se debe considerar que en el movimiento de la masa de agua utilizada para la generación de chorros se generan pérdidas de energía ya sea por longitud de tubería o por accesorios utilizados en la unión de elementos constructivos hidráulicos.

2.5.1.4 Pérdidas de energía en un sistema a presión de un flujo incompresible

Del planteamiento de la ecuación de energía para un tubo de corriente de fluido real incompresible que se mueve entre dos puntos de un sistema se obtiene, teniendo en cuenta que se desarrollan pérdidas de energía.

$$E_{T1} = E_{T2} + \sum \text{pérdidas}$$

Dónde:

- ET1 = energía total disponible en el punto inicial.
- ET2 = energía total disponible en el punto final.
- \sum pérdidas = Sumatoria de las pérdidas de energía producidas por fricción y accesorios entre los puntos inicial y final del planteamiento de la ecuación de energía.

Pérdidas primarias

Estas pérdidas se realizan solo en tramos de tuberías horizontal y de diámetro constante. Teniendo en cuenta la ecuación general de la energía, es de resaltar que el término h_L es la pérdida de energía en el sistema. De forma matemática esta se expresa a través de la ecuación de Darcy:

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

Donde:

- f es el factor de fricción.

- L la longitud de la corriente.
- D el diámetro de la tubería.
- v la velocidad promedio de flujo.

Este factor de fricción, f, se evalúa dependiendo del régimen en el que se encuentre el fluido. Una vez se tenga certeza del régimen en el que se está, se aplica alguna de estas expresiones:

- **Para flujo laminar.**

$$f = \frac{64}{Re}$$

- **Para flujo turbulento.**

$$f = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{1}{3.7}\left(\frac{D}{\varepsilon}\right) + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2}$$

Los términos D/E, hacen referencia a la rugosidad relativa, donde E es la rugosidad promedio de la pared del tubo. La ecuación para el flujo laminarse determina a partir de la ecuación de Hagen-Poiseuille (ciertas simplificaciones lo llevan a la ecuación de f para el flujo laminar). La ecuación para el flujo turbulento fue desarrollada por Swamee-Jain.

Pérdidas secundarias

Se producen en transiciones de la tubería (estrechamiento o expansión) y en toda clase de accesorios (válvulas, codos). En el cálculo de las pérdidas de carga en tuberías son importantes dos factores:

- Que la tubería sea lisa o rugosa.
- Que el flujo sea laminar o turbulento.

Es importante resaltar que las pérdidas por fricción también se dan por los accesorios que posean las tuberías, para esto se aplica la relación siguiente:

$$h_s = K_f * \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

- Kf es el factor de pérdida para el accesorio.
- V es la velocidad.

Para el diseño y selección de una bomba que satisfaga las necesidades de presión es imprescindible determinar la potencia necesaria para la transmisión de energía al flujo de agua, considerando factores tanto de presión como de caudal.

2.5.1.5 Potencia

La forma en que se puede definir la potencia (P) de una bomba hidráulica es como la cantidad de energía de flujo suministrada por la bomba, dividida por el tiempo que ha estado en funcionamiento para transferir esa energía. Por lo general, esta medida se representa mediante el producto de la presión del líquido y su caudal.

$$P_{Util} = p * Q$$

En todas las instalaciones siempre se producen pérdidas, por lo que siempre la potencia de la bomba hidráulica debe ser mayor que la potencia teórica prevista. Se define así el rendimiento, como el cociente entre la potencia útil necesaria y la potencia consumida por la bomba. Este valor siempre será menor que la unidad (Cienciasfera, s.f).

$$\eta = \frac{P_{util}}{P_{obs}} < 1$$

A esta potencia consumida habrá que sumar la pérdida de potencia calculada en el apartado anterior, por lo tanto:

$$P_{bomba} = \frac{(p + \Delta P) * Q}{\eta}$$

Es importante considerar la simulación que se realizará con la ayuda de EPANET para la verificación que mantienen las condiciones de presión y caudal (diámetro) para satisfacer las necesidades del sistema.

2.5.1.6 Hidráulica de boquillas

Como menciona González; al interior de las boquillas se presenta un fenómeno de transformación de la carga presión del agua (p/Y), en carga a velocidad del chorro o de los chorros, $(v^2/2g)_{\text{chorro}}$ (González, 2018, p 90-91).

El comportamiento de una boquilla está fundamentado en un orificio que trabaja a presión, dentro de este grupo se encuentran los aspersores, rociadores, chiflones y surtidores, denominados también emisores. A continuación, se presenta la ecuación general de un emisor:

$$Q = C * \rho^{exp} = C * \left(\frac{\rho}{\gamma}\right)^{exp}$$

Donde:

- p= Carga a presión en la base de la boquilla (m.c.a) (p= p/Y)
- exp: exponente experimental, según el tipo de boquilla
- C: coeficiente experimental, según el tipo de boquilla

Simulación de boquillas Epanet

Determinar el comportamiento de las boquillas, así como también sus condiciones de operación se las puede realizar con la ayuda del software EPANET, (de libre disposición), se trabaja como un nudo emisor y una válvula de propósito bajo un ajuste (potencial, polinómico) en las curvas

de comportamiento que correlacionan los datos de presión (m.c.a) y el caudal necesario en función de la altura a alcanzar.

En el primer caso de análisis, se deben setear los coeficientes en el software, que determina el ajuste potencial de los datos que proporciona el catálogo (fabricante de la boquilla); “C”, “exp”. Como se determina en la ilustración 2-7:

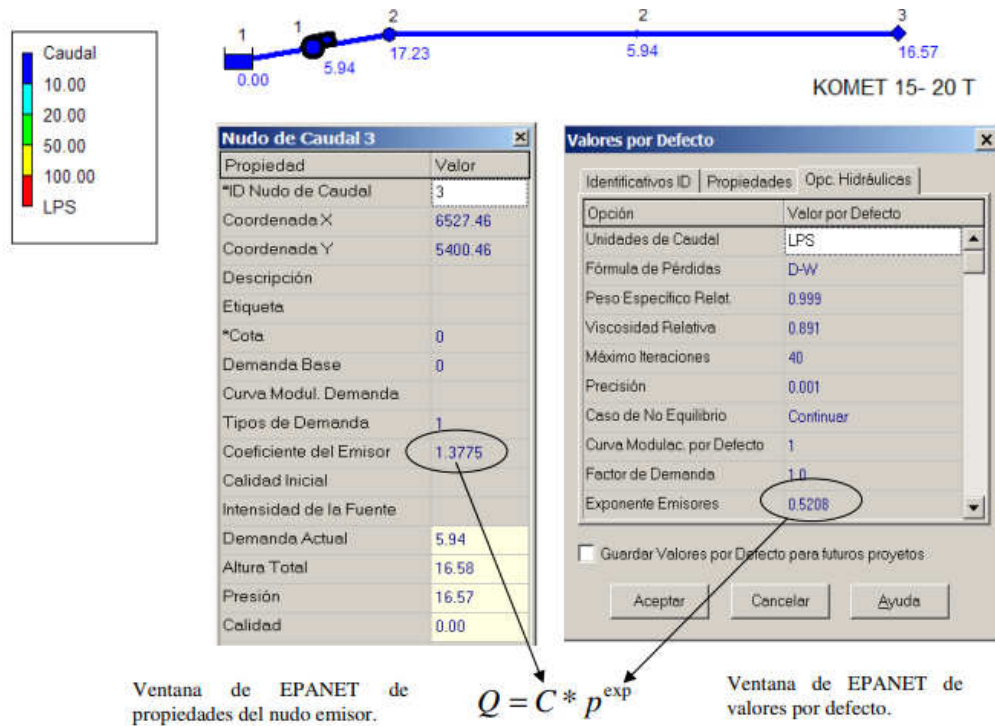


Ilustración 2-7. Propiedades del nudo emisor "C" y de "exp".
Fuente: González, 2011, p. 90-91

Para analizar el segundo caso, se debe vincular el programa a una válvula de propósito general bajo condiciones de presión y caudal, acotando además que para “informar” a EPANET que su descarga es a la atmósfera se debe emplear el esquema presentado en la ilustración 2-8.

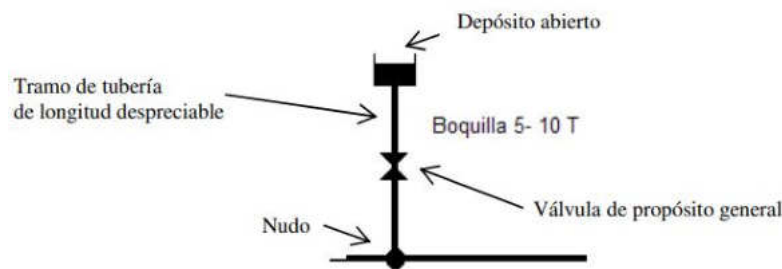


Ilustración 2-8: Simulación boquilla mediante sistema con válvula de propósito general.
Fuente: González, 2018, p. 91

Chorros Inclinados y Láminas de agua

Al momento de diseñar fuentes ornamentales y atracciones acuáticas, es posible aplicar las ecuaciones del vuelo libre de los mismos, esto permite conocer su trayectoria, elevación y alcance

horizontal máximo para satisfacer las expectativas del diseño, para eso es importante analizar el comportamiento y las ecuaciones que determinan el sistema.

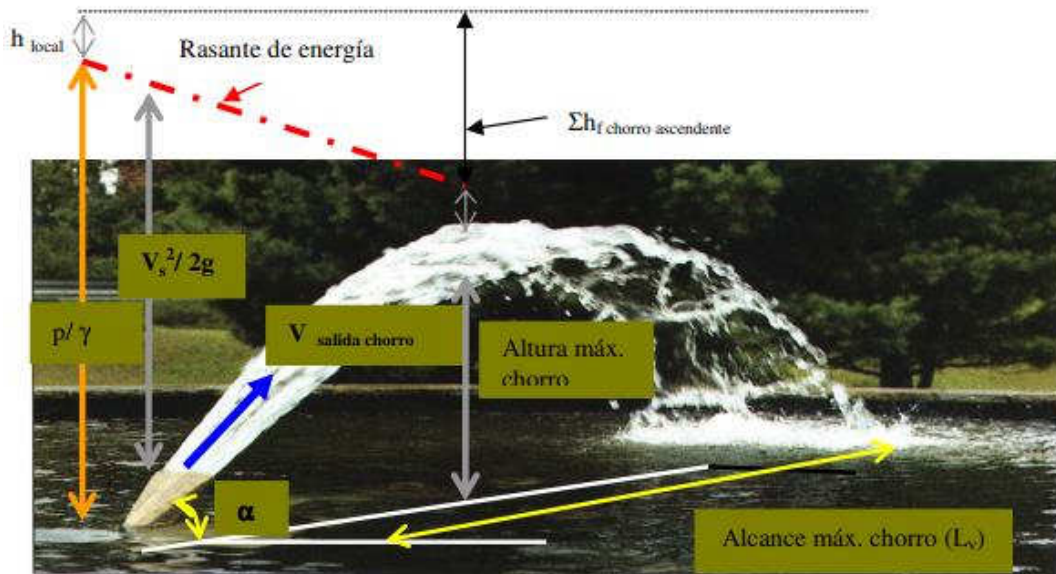


Ilustración 2-9: Representación (OASE-PUMPEN) parámetros hidráulicos de un chorro.
Fuente: González, 2011, p. 55

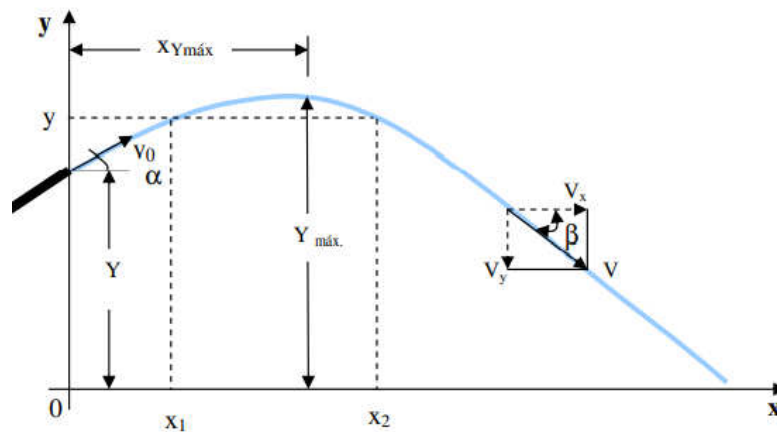


Ilustración 2-10: Sistema de ejes referenciales para una trayectoria parabólica de un chorro.

Fuente: González, 2011, p. 55

A continuación, se presentan las ecuaciones referentes a la distribución funcional de los chorros de agua, referente a la variable y , se consideran las ecuaciones de trayectoria parabólica clásicas, las cuales se describen a continuación:

$$y = (\tan \alpha) x - 0,5 \left[\frac{g}{(v_0^2 \cos^2 \alpha)} \right] x^2 + Y$$

$$y = v_0 \text{sen}(\alpha) * t + Y - 0.5 * g * t^2$$

Referente a la variable x , tanto x_1 como x_2 , se consideran las ecuaciones de trayectoria parabólica clásicas:

$$X_1 = \left[\frac{v_o^2 * \text{sen } \alpha \cos \alpha}{g} \right] + v_o \cos \alpha \left[\frac{(v_o * \text{sen } \alpha)^2}{g} + \left[\frac{2(Y - y)}{g} \right] \right]^{1/2}$$

$$X_2 = \left[\frac{v_o^2 * \text{sen } \alpha \cos \alpha}{g} \right] - v_o \cos \alpha \left[\frac{(v_o * \text{sen } \alpha)^2}{g} + \left[\frac{2(Y - y)}{g} \right] \right]^{1/2}$$

Con el fin de determinar los valores máximos de las trayectorias se puede determinar mediante un proceso derivativo aplicando dy/dx, con ello se ha podido determinar las variables de diseño del chorro de agua de acuerdo a las condiciones y variables iniciales:

Altura máxima del chorro:

$$Y \text{ máx} = 0,5 \frac{(v_o * \text{sen } \alpha)^2}{g} + Y$$

Coordenada horizontal para la altura máxima del chorro:

$$X \text{ y máx} = \left(\frac{v_o^2 * \text{sen } \alpha \cos \alpha}{g} \right)$$

Alcance máximo de un chorro:

$$X \text{ máx} = \left[\frac{v_o^2 * \text{sen } \alpha \cos \alpha}{g} \right] + v_o \cos \alpha \left\{ \left(\frac{v_o * \text{sen } \alpha}{g} \right)^2 + \left[\frac{2(Y)}{g} \right] \right\}^{1/2}$$

Velocidad en las componentes x e y de un punto dado:

$$v_{ox} = v_x = \frac{dx}{dt} = v_o \cos \alpha = \frac{x_{\text{máx}}}{t}$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = v_x \left\{ \tan \alpha - x \left[\frac{g}{(v_o^2 * \cos^2 \alpha)} \right] \right\}$$

Ángulo β de inclinación del chorro para un punto de coordenadas x e y:

$$\beta = \text{arc tan} \left\{ \tan^2 \alpha + 2y \left[\frac{g}{(v_o^2 * \cos^2 \alpha)} \right] \right\}^{1/2}$$

Para obtener la velocidad inicial del chorro que pasa por un punto x e y se puede deducir de la siguiente ecuación de X máx:

$$v_o = \left(\frac{x}{\cos \alpha} \right) \left\{ \frac{g}{[2 * x * \tan \alpha - 2(y - Y)]} \right\}^{1/2}$$

Para determinar el caudal de una boquilla, al cual denotaremos con q minúscula, se parte de la ecuación $q = v_o * A$, se obtiene la siguiente expresión:

$$q = \left(\pi \frac{d^2}{4} \right) \left(\frac{x}{\cos \alpha} \right) \left\{ \frac{g}{[2 * x * \tan \alpha - 2(y - Y)]} \right\}^{1/2}$$

Donde:

- v_o : Velocidad inicial.
- α : Ángulo del vector de velocidad inicial, con la horizontal.
- Y: Altura del punto de lanzamiento del chorro.
- q: Caudal de una boquilla.

- β : Ángulo del vector velocidad, con horizontal, para valores de las coordenadas "x" e "y".
- t: Tiempo de vuelo del chorro.

2.5.1.7 Metodología de Cálculos hidráulicos

El diseño del sistema comprende la elección de los tipos, tamaños, número de boquillas o toberas, así como también su configuración geométrica sobre la cual se determinan los caudales y presiones requeridas para satisfacer las condiciones que establecen los fabricantes logrando los efectos de altura, grosor y alcance en caso de los chorros inclinados, para ello es importante seguir los siguientes pasos:

1. Analizar y determinar los esquemas de abastecimiento en conjunto con cada boquilla, establecer la configuración de las redes de tuberías de la fuente de agua.
2. Analizar las variantes de bombeo en función de los equipos a conseguir en el mercado.
3. Calcular los caudales requeridos para cada boquilla, realizando una primera estimación de los diámetros en los diferentes tramos de tuberías que componen la red.

En esta primera aproximación puede basarse en un intervalo de velocidad entre 1 y 2 m/s (González, 2011, p. 97-126).

Nota: La decisión final de los diámetros a utilizar se basan en el principio económico, pues debe estar netamente ligada al menor coste del total de la obra (materiales + construcción + coste de la energía de bombeo).

4. Calcular los parámetros hidráulicos con la ayuda de EPANET y comprobar el valor de presión, caudal en función de las condiciones deseadas por cada surtidor.
5. Modificar y corregir los parámetros iniciales del sistema (diámetros y características de los equipos de bombeo), recalculando hasta conseguir el valor de presión y caudal adecuados de cada surtidor (González, 2018, p. 83-118).

2.5.2 Sistema de Control

Luego de identificar los principios teóricos del funcionamiento del sistema hidráulico de una fuente danzante, es necesario comprender e identificar los componentes y métodos de control para el funcionamiento de los componentes hidráulicos mediante procesadores lógicos y sistemas eléctricos.

2.5.2.1 Método de Control

Para el control de los chorros sincrónicos es imprescindible determinar los componentes para el control de las variables y entradas lógicas, los cuales realizan la ejecución de diversas tareas de control automático, siendo el LOGO Siemens el principal componente para el funcionamiento del sistema.

Control Siemens Logo

El controlador Siemens Logo es un dispositivo de automatización programable que se utiliza en una variedad de aplicaciones de control y automatización. Se utiliza comúnmente en aplicaciones de control de edificios, sistemas de producción, maquinaria y automatización de procesos. El controlador Siemens Logo es un dispositivo compacto y fácil de usar que incluye una pantalla integrada, entrada y salida digitales, así como una interfaz de programación intuitiva. Esto hace que sea fácil para los usuarios programar y controlar el dispositivo.

Una de las ventajas del controlador Siemens Logo es su escalabilidad. Los usuarios pueden ampliar el número de entradas y salidas digitales a medida que sus necesidades de control y automatización cambian. Además, el controlador puede integrarse con otros dispositivos de automatización de Siemens para proporcionar una solución completa de automatización de procesos. El controlador Siemens Logo también es conocido por su fiabilidad y durabilidad. Está diseñado para funcionar en entornos industriales y puede soportar temperaturas extremas, vibraciones y otros factores ambientales.

SIEMENS destaca por mejorar la funcionalidad que ofrecen. LOGO no es la excepción, y entra al mercado con varias novedades que valen la pena para el gran mundo de la automatización. Entre las más destacables podemos encontrar (AUTYCOM, 2019).

- **Access Tool:** Una nueva función para pasar valores a tablas de Excel para evaluación.
- **Extensión en el rango de temperatura:** Permite utilizar el dispositivo de forma segura.
- **Soft Comfort:** Habilita ejecuciones en Windows de 32 y 64 bits, así como Mac y Linux.

LOGO es sin duda una de las opciones más atractivas actualmente en el mercado. Vale la pena acercarse a un experto y conocer a detalle lo que puede ofrecer para los proyectos de automatización industrial (AUTYCOM, 2019).



Ilustración 2-11:Control Siemens Logo
Fuente: Siemens AG,2003

Variantes disponibles: Existen las siguientes variantes de LOGO:

Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas	Características
	LOGO! 12/24RC	12/24 V CC	8 digitales ⁽¹⁾	4 relés de 10A	
	LOGO! 24	24 V c.c.	8 digitales ⁽¹⁾	4 transistores 24V / 0,3A	Sin reloj
	LOGO! 24RC ⁽³⁾	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 230RC ⁽²⁾	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 12/24RCo	12/24 V CC	8 digitales ⁽¹⁾	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 24o	24 V DC	8 digitales ⁽¹⁾	4 transistores 24V / 0,3A	Sin display Sin teclado Sin reloj
	LOGO! 24RCo ⁽³⁾	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 230RCo ⁽²⁾	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado

Ilustración 2-12: Variantes disponibles del LOGO

Fuente: Siemens AG, 2003

Funcionamiento del LOGO

El funcionamiento del controlador Siemens Logo se basa en su capacidad de recibir señales de entrada, procesarlas mediante su programa de control y enviar señales de salida a los dispositivos conectados. En general, el funcionamiento del controlador Siemens Logo se puede describir en tres etapas: entrada, procesamiento y salida.

Etapas de entrada: El controlador Siemens Logo recibe señales de entrada de diferentes fuentes, como interruptores, sensores, botones, entre otros. Estas señales de entrada son interpretadas por el controlador y se utilizan como datos de entrada en su programa.

Etapas de procesamiento: El controlador Siemens Logo procesa las señales de entrada recibidas mediante su programa de control, que se crea mediante un software de programación especializado. El programa de control es el conjunto de instrucciones que define las acciones que debe realizar el controlador en función de las señales de entrada recibidas. El programa de control se escribe utilizando lenguajes de programación específicos, como LADDER, FBD (Diagrama de Bloques Funcionales) o STL (Lenguaje de texto estructurado). Estos lenguajes se utilizan para crear una secuencia de instrucciones que define cómo el controlador debe operar y controlar los dispositivos conectados.

Etapas de salida: El controlador Siemens Logo envía señales de salida a los dispositivos conectados, como motores, luces, alarmas, entre otros. Estas señales de salida se generan como resultado del procesamiento de las señales de entrada y la ejecución del programa.

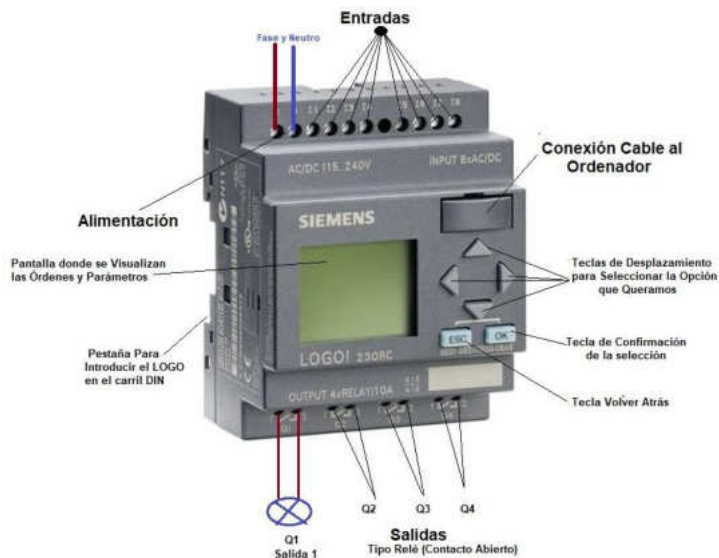


Ilustración 2-13: Entradas y salidas, config. LOGO SIEMENS
Fuente: Siemens AG, 2003

A continuación, se presenta los pasos generales para la generación del esquema eléctrico para el control de los componentes:

- Lo primero es dibujar en papel el esquema eléctrico que requiere que LOGO desarrolle.
- Se alimenta el PLC a 230V (hay módulos a 24V en continua).
- Se conectan las entradas (pulsadores, interruptores, sensores, etc.) en los correspondientes bornes de entradas.
- Se conectan las diferentes salidas (bombillas, relés, bobinas de contactores, etc.) en los 4 bornes de salida disponibles Q1, Q2, Q3 y Q4.
- En el estado conectado ($Q = 1$) puede circular como máximo una corriente de 8A para 230 V c.a. en caso de cargas resistivas, y como máximo 3 amperios para cargas inductivas.

2.5.2.2 Tablero de Control

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 realiza el diseño y construcción de un tablero de control que por lo general contiene (Jaramillo, 2013):

- Siemens LOGO.
- Contactores Electromagnéticos.
- Relés térmicos.
- Disyuntores.
- Interruptores.
- Luces de señalización.
- Paro de emergencia.

Contactores electromagnéticos

Los contactores electromagnéticos son dispositivos eléctricos utilizados para controlar el flujo de corriente en circuitos eléctricos. Estos contactores consisten en un interruptor controlado magnéticamente que se activa mediante una bobina que crea un campo electromagnético. El contacto principal del contactor electromagnético es un conjunto de contactos eléctricos que se abren y cierran en función del estado de la bobina. La bobina está conectada a un circuito de control eléctrico que puede activar o desactivar el contacto principal del contactor.

Cuando se aplica una corriente eléctrica a la bobina del contactor electromagnético, se crea un campo magnético que atrae el contacto móvil hacia el contacto fijo, lo que permite el flujo de corriente a través del circuito. Cuando se corta la corriente eléctrica en la bobina, el campo magnético desaparece y los contactos se abren, interrumpiendo el flujo de corriente.

Partes de contactor

El contactor electromagnético es un contactor cuyo accionamiento se debe a la fuerza de atracción de un electroimán. La ilustración 2-14 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.



Ilustración 2-14: Estructura.

Fuente: Área Tecnología, 2023

Relé térmico de protección

El relé térmico de protección es un dispositivo de protección utilizado en sistemas eléctricos y electrónicos que se encarga de detectar y proteger contra sobrecargas y cortocircuitos en circuitos

de potencia. El relé térmico de protección funciona midiendo la corriente eléctrica que fluye a través de un circuito y comparándola con un valor de referencia. Si la corriente excede ese valor de referencia, el relé se activa y desconecta el circuito, protegiendo los dispositivos eléctricos y electrónicos del sistema de posibles daños.

El relé térmico de protección consta de tres elementos principales: una sección de medición de corriente, una sección de comparación y una sección de disparo. La sección de medición de corriente se compone de un elemento de detección que mide la corriente que fluye a través del circuito. La sección de comparación compara la corriente medida con el valor de referencia establecido para determinar si la corriente es demasiado alta. Si la corriente excede el valor de referencia, la sección de disparo se activa, lo que puede incluir la desconexión del circuito, la activación de una alarma o el envío de una señal de advertencia. 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.
- 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.

Disyuntores

Los disyuntores eléctricos, también conocidos como interruptores de circuito, son dispositivos de protección eléctrica utilizados para interrumpir el flujo de corriente eléctrica en un circuito en caso de una sobrecarga o cortocircuito.

Los disyuntores constan de dos partes principales: el interruptor y el sistema de disparo. El interruptor es el dispositivo que se encarga de abrir o cerrar el circuito eléctrico. El sistema de disparo, por otro lado, es el encargado de detectar y proteger contra sobrecargas y cortocircuitos. Los disyuntores se activan automáticamente en caso de una sobrecarga o cortocircuito, lo que significa que se abren y detienen el flujo de corriente eléctrica en el circuito. Una vez que se ha corregido el problema en el circuito, el disyuntor se puede restablecer para que la corriente eléctrica fluya nuevamente.



Ilustración 2-15: Disyuntor.
Fuente: Bonway, 2019

Interruptores

Los interruptores eléctricos son dispositivos utilizados para abrir o cerrar un circuito eléctrico. Permiten el control del flujo de energía eléctrica en un circuito mediante su activación o desactivación. Existen diferentes tipos de interruptores eléctricos según su función, diseño y características técnicas. Uno de los más comunes es el interruptor de encendido y apagado, que se utiliza para controlar la energía eléctrica de un dispositivo o aparato eléctrico, como una lámpara o un electrodoméstico. También existen los interruptores de transferencia, que se utilizan para transferir el suministro de energía eléctrica de una fuente a otra, como en el caso de un generador de emergencia.



Ilustración 2-16: Interruptor
Fuente: Schneider Electric, 2023

Luces de señalización

Las luces de señalización en un tablero de control son dispositivos que indican el estado de un circuito eléctrico, de un sistema o de una máquina en tiempo real. Las luces de señalización pueden ser de diferentes colores y formas, y cada color tiene un significado específico. Por ejemplo, las luces de señalización de color verde suelen indicar que un sistema o dispositivo está en funcionamiento o que un circuito eléctrico está conectado. Las luces de color amarillo o naranja

pueden indicar una condición de advertencia o precaución, mientras que las luces de color rojo suelen indicar un problema o una condición de alarma.

Las luces de señalización también pueden ser intermitentes o fijas, dependiendo de su diseño y función. Las luces intermitentes pueden indicar que un sistema está en modo de espera o que se está produciendo un proceso en curso, mientras que las luces fijas pueden indicar una condición de estado permanente, como la conexión o desconexión de un dispositivo.



Ilustración 2-17: Luces de señalización.
Fuente: Gonzaga, 2021

Paro de emergencia

Los paros de emergencia son una característica crítica en cualquier tablero de control industrial. Un paro de emergencia es un dispositivo o botón que se utiliza para detener inmediatamente cualquier operación o proceso en una máquina o equipo en caso de una emergencia o situación peligrosa. En un tablero de control, los paros de emergencia se implementan típicamente mediante interruptores de botón rojo con una tapa de protección para evitar pulsaciones accidentales. Estos botones de parada de emergencia están ubicados en un lugar destacado y fácilmente accesible en el panel de control para que el operador pueda detener rápidamente la máquina o el equipo en caso de una emergencia.

Cuando se activa un botón de parada de emergencia, se interrumpe inmediatamente la energía o el suministro de aire comprimido a la máquina o equipo, lo que detiene cualquier movimiento peligroso. Además, los paros de emergencia pueden estar diseñados para activar alarmas sonoras y visuales para alertar a los trabajadores cercanos de la emergencia.



Ilustración 2-18: Paro de emergencia
Fuente: Equipos Industriales S.A., 2020

Calibre AWG de cables

El calibre AWG de cables es un sistema de medida utilizado en los Estados Unidos para especificar el tamaño de los cables eléctricos. La sigla AWG significa "American Wire Gauge" y es una escala numérica que se utiliza para clasificar los cables según su diámetro. El sistema AWG asigna un número a cada tamaño de cable, donde los números más bajos representan un diámetro mayor y los números más altos representan un diámetro menor.

La clasificación AWG se utiliza para varios tipos de cables, incluyendo cables de cobre, cables de aluminio y cables de fibra óptica. Se debe tener en cuenta que los diferentes materiales conductores tienen diferentes resistividades, es decir que un cable de cobre de un determinado tamaño puede manejar más corriente que un cable de aluminio de igual tamaño.

AWG	Diametros (Pulgadas)	Diametros (mm)	Area (mm2)	Resistencia (Ohms/1000 ft)	Resistencia (Ohms / km)	Corriente máxima (Amperes)	Frecuencia máxima
0	0.46	11,684	107	49	16,072	302	125 Hz
0	4,096	1,040,384	85	618	202,704	239	160 Hz
0	3,648	926,592	67.4	779	255,512	190	200 Hz
0	3,249	825,246	53.5	983	322,424	150	250 Hz
1	2,893	734,822	42.4	1,239	406,392	119	325 Hz
2	2,576	654,304	33.6	1,563	512,664	94	410 Hz
3	2,294	582,676	42942	197	64,616	75	500 Hz
4	2,043	518,922	42787	2,485	81,508	60	650 Hz
5	1,819	462,026	42963	3,133	1,027,624	47	810 Hz
6	162	4.1148	42807	3,951	1,295,928	37	1100 Hz
7	1,443	366,522	42865	4,982	1,634,096	30	1300 Hz
8	1,285	269975	8.37	6,282	2,060,496	24	1650 Hz
9	1,144	290,576	6.63	7,921	2,598,088	19	2050 Hz
10	1,019	258,826	5.26	9,989	3,276,392	15	2600 Hz
11	907	230,378	4.17	1.26	4.1328	12	3200 Hz
12	808	205,232	3.31	1,588	520,864	42803	4150 Hz
13	72	2333171	2.62	2,003	656,984	42832	5300 Hz
14	641	162,814	42949	2,525	8,282	42983	6700 Hz
15	571	145,034	1.65	3,184	1,044,352	42920	8250 Hz
16	508	129,032	1.31	4,016	1,317,248	42919	11k Hz
17	453	115,062	42826	5,064	1,660,992	42980	13k Hz
18	403	102,362	823	6,385	209,428	42796	17k Hz
19	359	91,186	653	8,051	2,640,728	42948	21k Hz
20	32	8,128	518	10.15	33,292	42856	27k Hz
21	285	7,239	0.41	42959	41,984	42767	33k Hz
22	254	64,516	326	16.14	529,392	0.92	42k Hz
23	226	57,404	258	20.36	667,808	723	53k Hz
24	201	51,054	205	25.67	811,976	577	68k Hz
25	179	45,466	162	32.37	1,061,736	457	85k Hz
26	159	40,386	129	40.81	1,338,568	361	107k Hz
27	142	36,068	102	51.47	1,688,216	288	130k Hz
28	126	32,004	81	64.9	212,872	226	170k Hz
29	113	28,702	642	81.83	2,684,024	182	210k Hz
30	0.01	254	509	103.2	338,496	142	270k Hz

Ilustración 2-19: Calibre AWG de cables

Fuente: AWG, 2023

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Para el desarrollo del proyecto es importante conocer las características que determinan el sistema, así como también la obra civil sobre la cual se va a implementar, acotando las dimensiones, elementos, instrumentos, generando un análisis-estudio previo al diseño y dimensionamiento de la red hidráulica, tipo de bombas, tipos de chorros y controladores utilizar. Seguido se establece el mecanismo de control automático del sistema, en función del tipo de controlador, actuadores e iluminación. Es importante analizar el tipo de corriente, el amperaje, número de secuencias en relación a los actuadores e iluminación a sincronizar.

A continuación, se realiza y se describe el proceso de diseño e implementación del sistema de bombeo de control automático con chorros de agua sincronizados.

3.1 Dimensionamiento de la Estructura

Se trabajará en una estructura circular base de 6.40 m de diámetro externo, medido en relación al contrapiso que sobresale 0.3 m al borde exterior de la fuente, a partir de ocho chorros de agua ubicados cada 45° aproximadamente; dentro de la estructura circular de chorros presenta una salida adicional ubicada en el centro de la fuente.

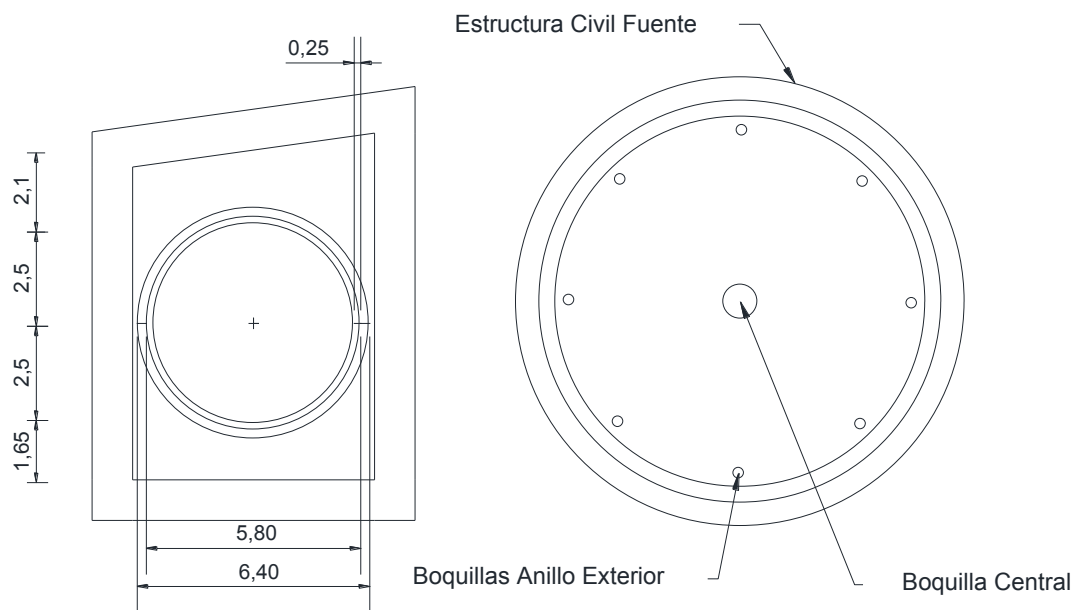


Ilustración 3-1: Dimensionamiento estructura civil, características geométricas.

Realizado por: Abarca M., 2023.

Como se observa en la ilustración 3-1, es importante considerar que el sistema será alimentado por una bomba para las boquillas de anillo exterior y otra para la boquilla central, bajo una red hidráulica que está interconectada en la generación de las secuencias de chorros de agua.

3.1.1 Vista Superior

La vista superior muestra los parámetros y dimensionamiento en la ubicación de los chorros de agua, se observa que su distribución es simétrica, con 4 boquillas por lado, considerando la disposición estética y geométrica además de una distancia al borde de la fuente de 0.2m.

En la ilustración 3-2 que en el anillo externo se forma un octágono en donde cada vértice tiene una salida de chorro dirigida al centro de la fuente, además presenta un chorro central ubicado en el eje de la pileta.

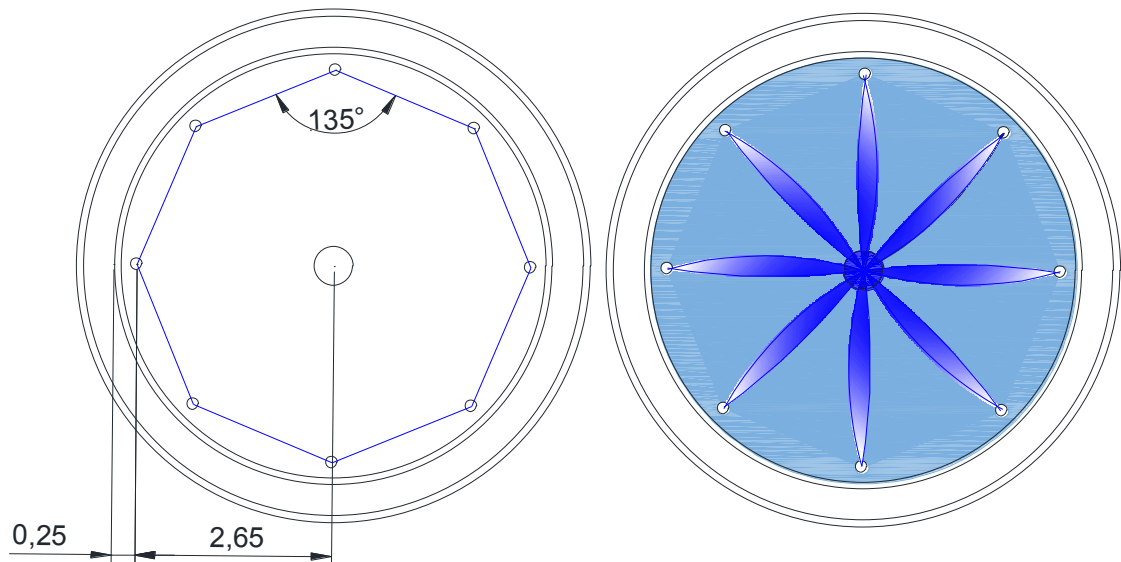


Ilustración 3-2: Ubicación red de tuberías que componen el anillo externo.

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.1.2 Vista Frontal

En la vista frontal se puede observar las dimensiones de altura de la obra civil de la fuente, además se puede detallar mediante un corte la disposición de las boquillas y luminaria dentro de la misma. Se detalla la distribución de tuberías, acotando el tratamiento del suelo y lugar previo a la construcción de la fuente de agua con su sistema de bombeo e iluminación.

La ilustración 3-3 muestra el acondicionamiento del suelo, las características y dimensionamiento del material y hormigón previo al proceso constructivo, sin dañar la estética del lugar.

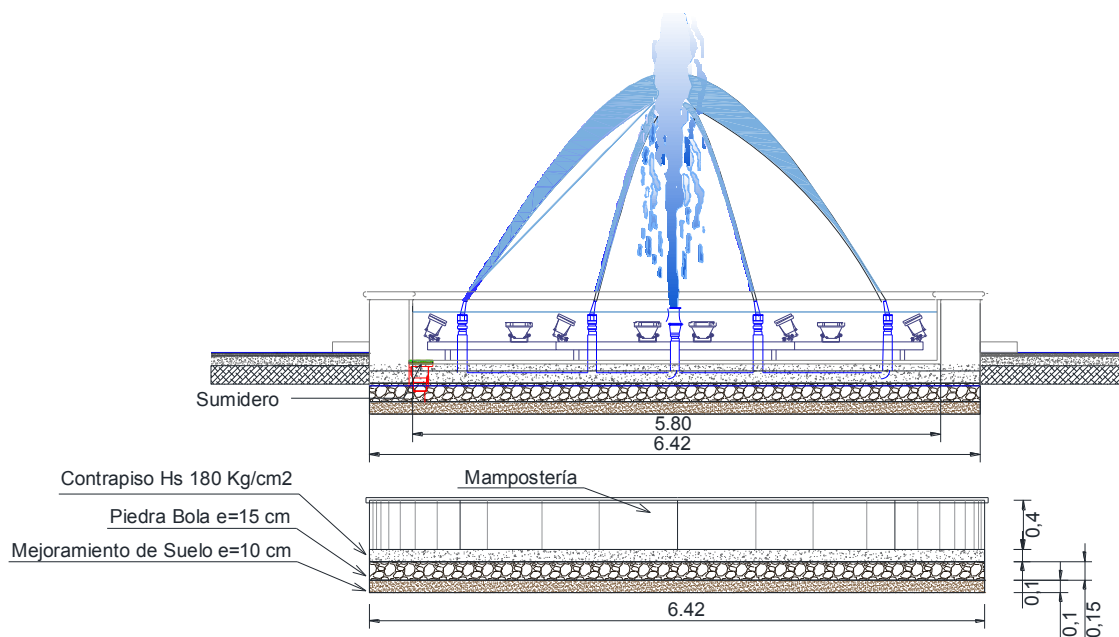


Ilustración 3-3: Vista frontal de sistema de tuberías y composición de la fuente de agua.

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.1.3 Cálculo del Volumen

La fuente de agua consta de un nivel el cual está determinado en función a las dimensiones previamente establecidas, para que la bomba disponga del suficiente caudal para su funcionamiento. A continuación, se presenta el cálculo de volumen que mantiene el sistema.

$$V = \pi * r^2 * h$$

Donde:

V= Volumen de la fuente de agua (m³)

r= radio de la fuente (m)

h= altura (m)

$$V = \pi * 2.9^2 * 0.2$$

$$V = \pi * 2.9^2 * 0.2$$

$$V = 5.28 \text{ m}^3$$

3.1.4 Medición y obtención de la fuente de suministro

Se realizó la medición del caudal de la fuente de agua que alimentará a nuestro sistema, en donde se obtuvo un valor referencial promedio de (2.5 m³/h), esto al ser comparado con el volumen de la fuente, se estima que el llenado tardaría 2.10 horas.

Esta consideración se la realizó en referencia al diámetro de la tubería de abastecimiento la cual es de (1/2 in), proporcionando un llenado rápido de la fuente. Es importante mencionar que el llenado de la fuente comprende un sistema manual por medio de una válvula de compuerta que conecta mediante tubería a la parte superior de la pared de la pileta.

3.2 Dimensionamiento de la red y sistema Hidráulico

Se debe considerar las variables físicas como caudal, presión, y velocidad del fluido que permitan la generación de los chorros de agua a partir de los requerimientos que establecen las boquillas o toberas seleccionadas. Es importante denotar que el dimensionamiento del sistema se realiza en función del tipo de chorro a conseguir considerando la variedad de boquillas existentes en el mercado.

Analizando la red de tuberías que tendrá el sistema, se identifican 8 chorros por separado, y una salida central; con una altura media de trabajo de (1.75-2) m, bajo una velocidad de circulación de (3-6) m/s del fluido, se realiza un análisis teórico, el cual se trabajará como parámetro inicial en la determinación del diámetro a utilizar, fundamentado en el caudal que circulará por la red de tuberías para conseguir el chorro deseado.

3.2.1 Caudal

Para determinar el dimensionamiento del sistema de bombeo se debe considerar el volumen por unidad de tiempo que proporcionará la bomba para la generación de los chorros requeridos, se estima que por cada chorro se utilice 1.1 l/s y en la boquilla central un caudal de 2 l/s.

$$Q = 1.1 \frac{l}{s} \text{ por cada boquilla}$$
$$Qt = Qb_8 + Qb_c$$
$$Qt = 8.8 \frac{l}{s} + 2 \frac{l}{s} = 10.8 \frac{l}{s}$$
$$Qt = 0.0108 \frac{m^3}{s}$$

3.2.2 Diámetro tubería

Se trabaja bajo la ecuación presentada a continuación, cabe mencionar que el diámetro calculado en la primera iteración servirá para realizar las primeras pruebas y simulaciones con la ayuda del software EPANET en la verificación operativa de condiciones de presión y caudal.

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

Donde:

d= Diámetro de las tuberías (m)

Q= Caudal circulante (m³)

V= Velocidad de circulación (m/s)

$$d = \sqrt{\frac{4 * 0.0108}{\pi * 6}}$$
$$d = 0.047873 \text{ m} = 47.873 \text{ mm}$$

Nota: es preciso mencionar que la velocidad de circulación utilizada para el prediseño es de 6 m/s.

Aproximadamente se utilizará una tubería de 2 in es decir 50.8 mm en la conducción del fluido considerando las variaciones a tener en función de la boquilla a utilizar, tipo de tubería y las condiciones económicas que relacionan un menor diámetro; una mayor altura de bombeo y por lo tanto mayor potencia en la selección de la bomba.

3.3 Determinación de la trayectoria de chorros inclinados

Cuando se trabaja con trayectorias inclinadas en chorros libres, su acción está bajo la gravedad y la resistencia del aire circundante, los chorros viajan a velocidades diferentes; para la mayoría de los problemas prácticos se los realiza de forma ideal a una velocidad media.

Para el análisis de trayectoria en chorros inclinados las coordenadas y la velocidad de láminas, en condiciones ideales (ausencia de viento) se obtienen mediante las ecuaciones que rigen el lanzamiento de un proyectil bajo la acción de la gravedad. Las ecuaciones presentadas hacen mención a las gráficas 8-2 y 9-2.

De acuerdo con la revisión bibliográfica previa, se ha podido identificar la hoja de cálculo donde se detalla el comportamiento teórico de un chorro inclinado bajo los parámetros y condiciones del sistema presentado y las ecuaciones planteadas en el capítulo anterior:

$$Y_{max} = 1.75 \text{ m}$$

$$Y_{max} = 0.3 \text{ m}$$

$$\alpha = 70^\circ$$

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$n^\circ \text{boquillas} = 8$$

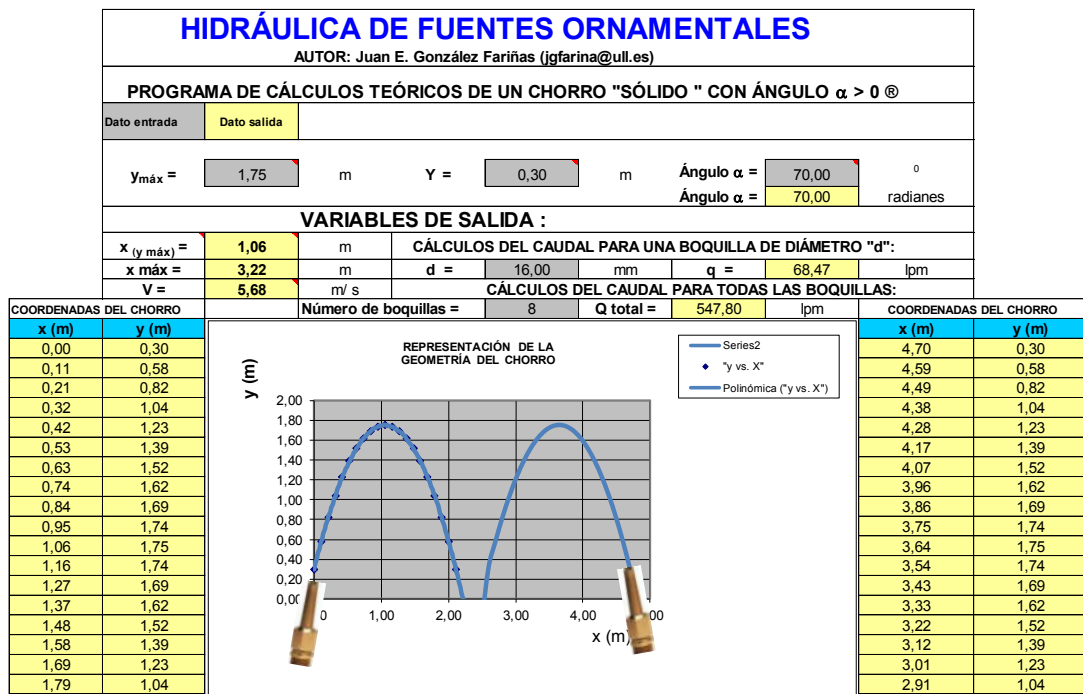


Ilustración 3-4: Cálculos teóricos de chorro sólido con ángulo establecido, simulación.
Fuente: González, 2011

Utilizando los criterios de trayectoria para chorros inclinados así como también la hoja de cálculo realizada por (González, 2011, p. 57), donde se evidencia el comportamiento del chorro en condiciones ideales, determinando un caudal aproximado para las 8 toberas del anillo exterior, siendo este de (547.80 lpm, es decir 1.14 l/s para cada tobera).

3.4 Dimensionamiento de la Red mediante el uso de EPANET

El análisis con ayuda del software, trabaja en función de las condiciones de presión y caudal que proporcionan las boquillas (catálogos), para distintas alturas de chorro de una tobera dada.

Para determinar el punto de funcionamiento de las boquillas o toberas se necesita de la curva característica (caudal-presión), en función del intervalo de alturas de chorros apropiadas al tipo y tamaño de cada surtidor.

A continuación, se traza la curva en función de la boquilla a utilizar para los casos (1 y 2), mediante los datos proporcionados por el catálogo. Se trabaja bajo una ecuación de ajuste potencial o polinómica, siendo esta la planteada a continuación:

$$q = C_{emisor} * \left(\frac{p}{\gamma}\right)^{exponente}$$

Es importante considerar que la primera iteración trabajó con un diámetro de 2 in; para la simulación se relaciona a las boquillas o toberas con un nudo emisor. A continuación, se presenta el proceso de simulación dentro del programa EPANET.

a. Se realiza un diseño previo con las medidas y especificaciones de la fuente mediante el uso de AutoCad para luego vectorizar las líneas de tubería e importarlas a EPANET con la ayuda de EpaCad, que funciona como software referencial para el reconocimiento del trazado geométrico de las redes de tuberías, así como también de los parámetros dimensionales frente a la longitud; como se denota en la ilustración 3-5.

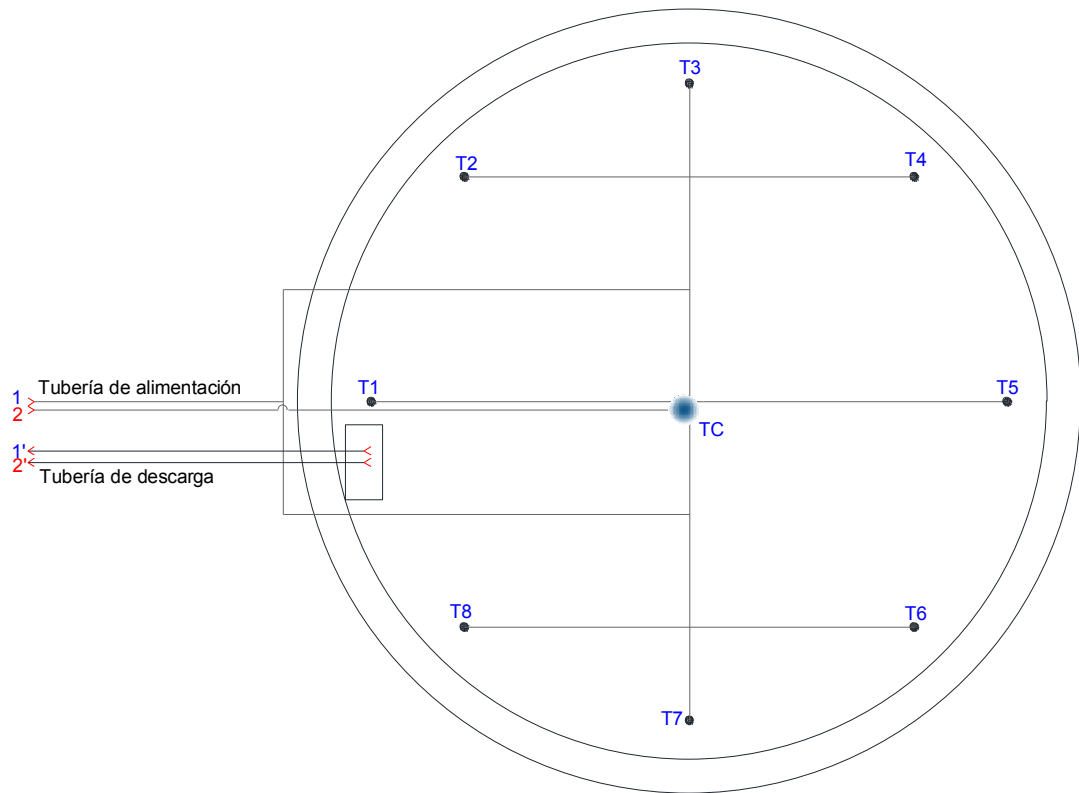


Ilustración 3-5: Red de tubería vectorizada, en función a su proceso constructivo AutoCad.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

La ilustración 3-5, presenta la red de tubería vectorizada, donde; T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8; denominaciones para las 8 toberas del anillo exterior y TC, nominación de la tobera tipo corona central; se indica además que cada sistema presenta un sistema de alimentación y descarga por separado.

Nota: Se debe realizar el prediseño bajo un criterio constructivo, es decir, se debe buscar los elementos existentes y la facilidad conjuntamente con los criterios de unión de tubería; bajo un catálogo, en caso de utilizar tubería pegable o roscada, a diferencia de utilizar tubería conformada. Para nuestro análisis y estudio constructivo se utilizará la tubería de presión Espigo (campana E/C), que mantiene las consideraciones y especificaciones técnicas presentadas en la ilustración 3-6, para un diámetro de 50 mm, 40 mm y 32 mm respectivamente.

Diámetro Nominal mm	CÓD.	Serie s	Espesor de Pared mm	Diámetro Interior mm	Presión de Trabajo		
					MPa	Kgf/cm ²	Lb/plg ²
20.00	926939	10	1.1	17.8	1.25	12.75	181.25
	925983	6.3	1.5	17.0	2.00	20.40	290.00
25.00	926940	12.5	1.1	22.8	1.00	10.20	145.00
	925994	8.0	1.5	22.0	1.60	16.32	232.00
32.00	926941	16.0	1.1	29.8	0.80	8.16	116.00
	926004	10.0	1.6	28.8	1.25	12.75	181.25
40.00	926938	20.0	1.1	37.8	0.63	6.43	91.35
	926020	12.5	1.6	36.8	1.00	10.20	145.00
	926018	10.0	1.9	36.2	1.25	12.75	181.25
50.00	926021	20.0	1.3	47.4	0.63	6.43	91.35
	926023	16.0	1.6	46.8	0.80	8.16	116.00
	926026	12.5	2.0	46.0	1.00	10.20	145.00
	926024	10.0	2.4	45.2	1.25	12.75	181.25

Ilustración 3-6: Especificación técnica de tubería

Fuente: Plastigama, 2017

b. Se definen las unidades, fórmula de pérdidas, propiedades del líquido en función a la temperatura, utilizando: Proyecto/Valores por defecto/Opciones Hidráulicas, como se denota en la ilustración 3-7.

Para el análisis de las condiciones y pérdidas de carga se utilizó el factor de fricción en función de la ecuación de Darcy-Weisbach, la cual emplea aproximaciones muy cercanas a la expresión de Colebrook-White. Además, se trabajó con una temperatura ambiente del fluido a 20°C por ende su peso específico y viscosidad presentan un valor de 1.

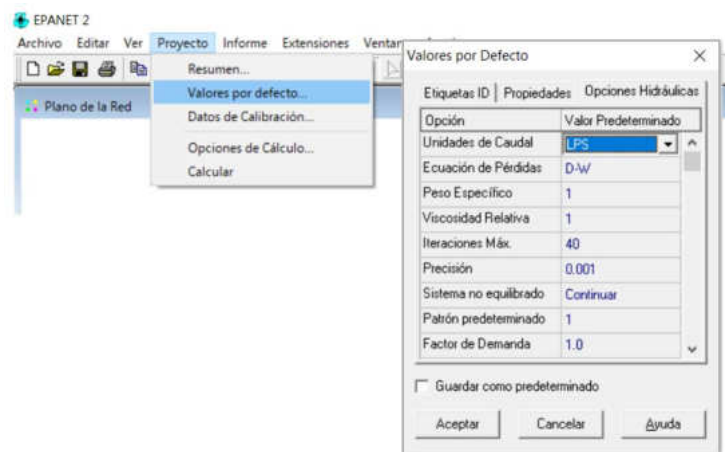


Ilustración 3-7: Configuración valores por defecto EPANET

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

c. Luego de importar las condiciones geométricas del sistema, se verifica y corrige los valores de longitud y diámetro para cada nodo, considerando el diámetro calculado de manera teórica en la primera iteración, así como también la altura base de la red.

Nota: Se debe realizar una revisión de la configuración de las unidades en las que el software está seteado, ilustración 3-8.

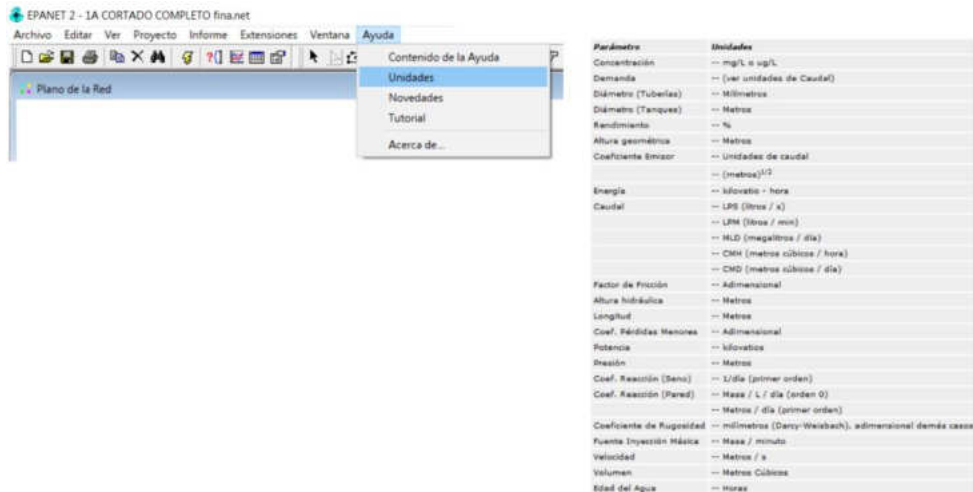


Ilustración 3-8: Configuración de unidades previo al uso del software
 Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

c.1. Se configuran los diámetros y alturas de cota base que mantiene el sistema como se denota en la ilustración 3-9.

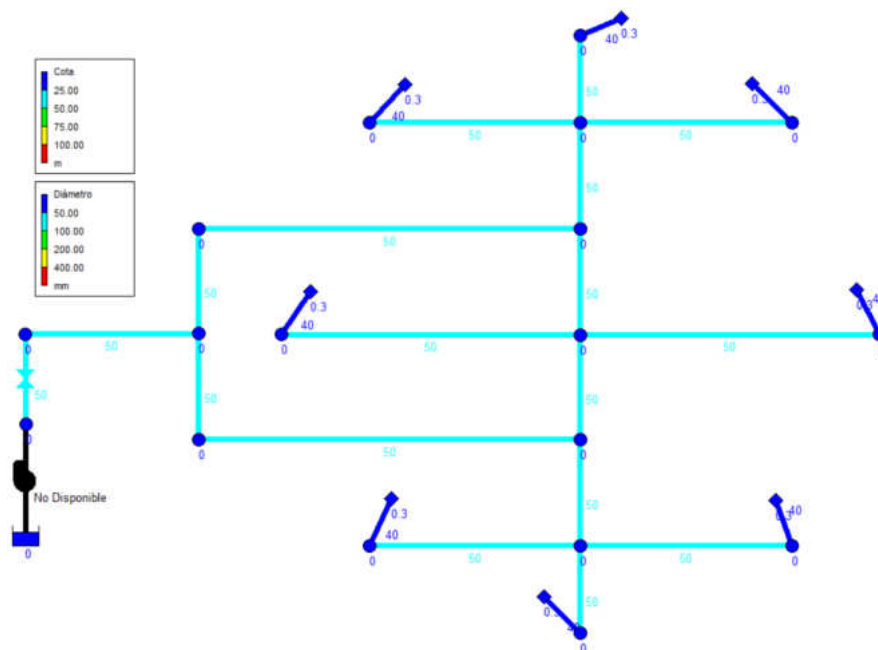


Ilustración 3-9: Configuración de diámetros y alturas del sistema.
 Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

d. Se configuran las condiciones de los nudos en función del coeficiente y exponente del emisor, para ello es importante analizar las boquillas a utilizar en función al chorro a conseguir, como se muestra a continuación.

3.4.1 Boquillas a utilizar

El dimensionamiento del sistema se enfoca a los tipos de boquillas a utilizar; en base al catálogo que proporciona la empresa española SAFE-RAIN, se ha seleccionado la boquilla tipo lanza 1,

de 14 mm para un diámetro de salida y una conexión de 1 in, manteniendo un ángulo de rotación β de 18 grados. La ilustración 3-10 presenta la especificación dimensional, así como también el comportamiento de la tobera en función de la presión y caudal.

Conexión Connection	G1 1 in	
N° de chorros Nr. Of jets	14 mm	
Altura de Chorro Jet Height (m)	Q	P
	l/min	m.c.a.
0,25	47	1
0,5	53	1,4
0,75	57	1,8
1	62	2,1
1,25	70	2,56
1,5	75	2,8
1,75	81	3,1
2	87	3,3
2,5	98	4
3	106	4,4
3,5	115	5,4
4	124	6
5	138	7
6	151	8,1
7	165	9
8	177	10,1
9	187	12,5
10	197	13,9

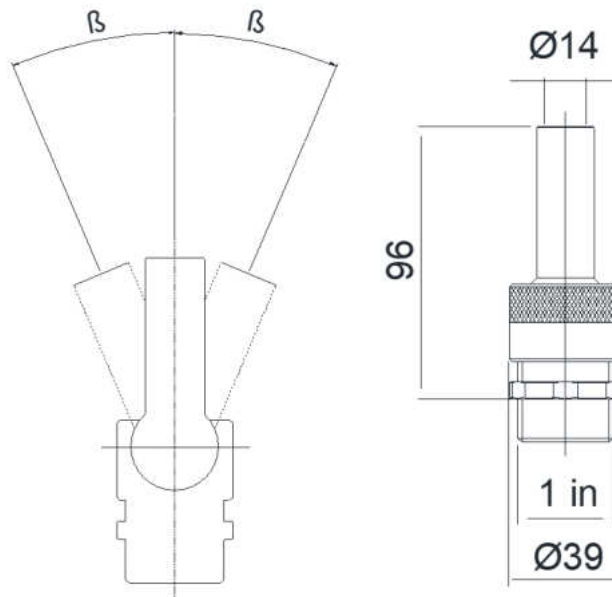


Ilustración 3-10: Especificación de boquilla tipo lanza 1 de 14 mm.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Para la boquilla central se ha seleccionado una tobera en relación al aspecto estético-dimencional, un colector de chorros libre como aireador de 6 salidas presenta un diámetro de entrada de 1 in y para la salida se tiene 5 Ø12 + 1 Ø14, denotando su especificación general como se muestra en la ilustración 3-11.

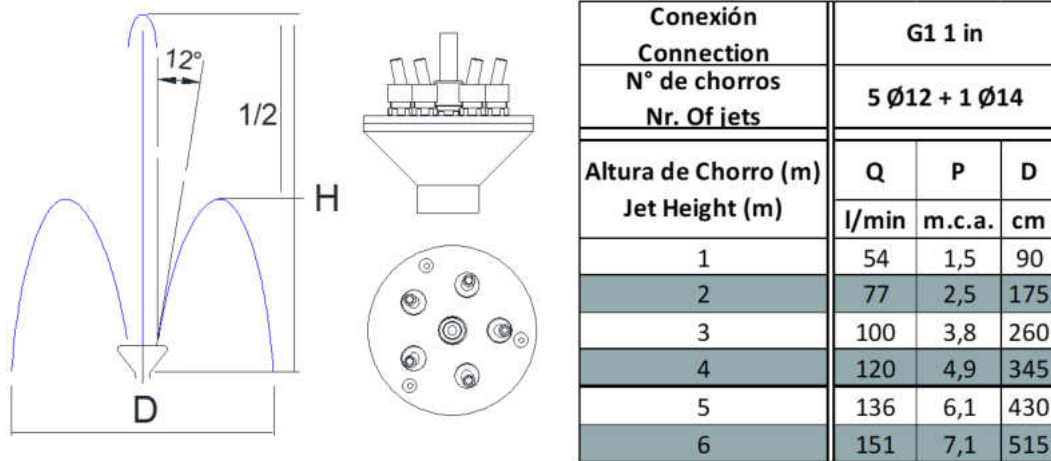


Ilustración 3-11: Especificación de boquilla central de 6 salidas.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.4.1.1 Análisis caso 1: Lanza (1), Diámetro de salida 14 mm, Diámetro entrada 1in.

Se utiliza el catálogo de Safe-Rain, bajo el tipo de boquilla seleccionada para realizar el ajuste potencial relacionando las variables de presión y caudal y por consiguiente la obtención del exponente y coeficiente emisor que define el comportamiento de la tobera.

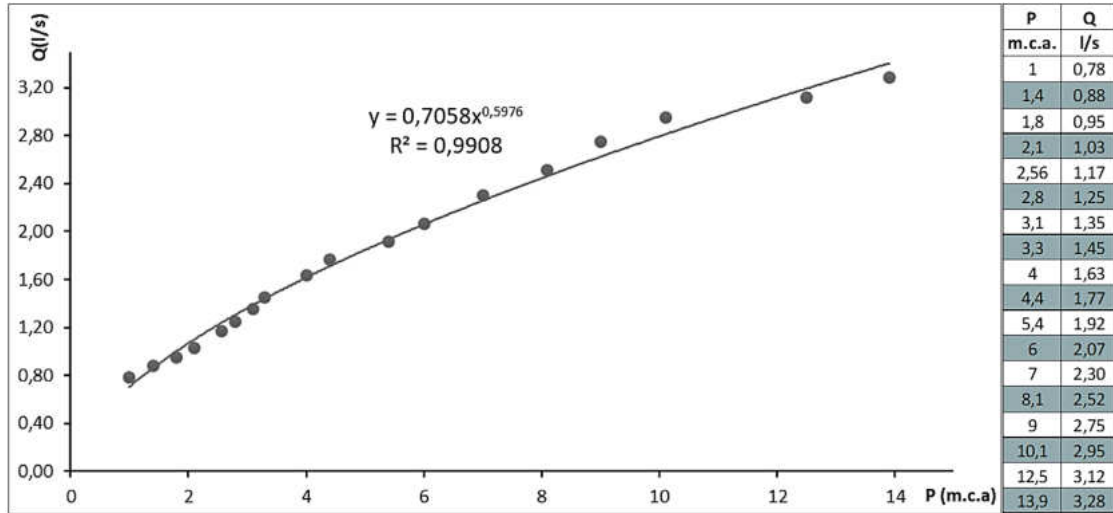


Ilustración 3-12: Ajuste potencial, curva de comportamiento de tobera tipo chorro lanza 1.

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

De esta manera se obtiene la ecuación que define la boquilla tipo lanza 1 a utilizar:

$$q = 0.7058 * (P)^{0.5976}$$

$$\text{Coefemisor} = 0.7058$$

$$\text{Exp} = 0.5976$$

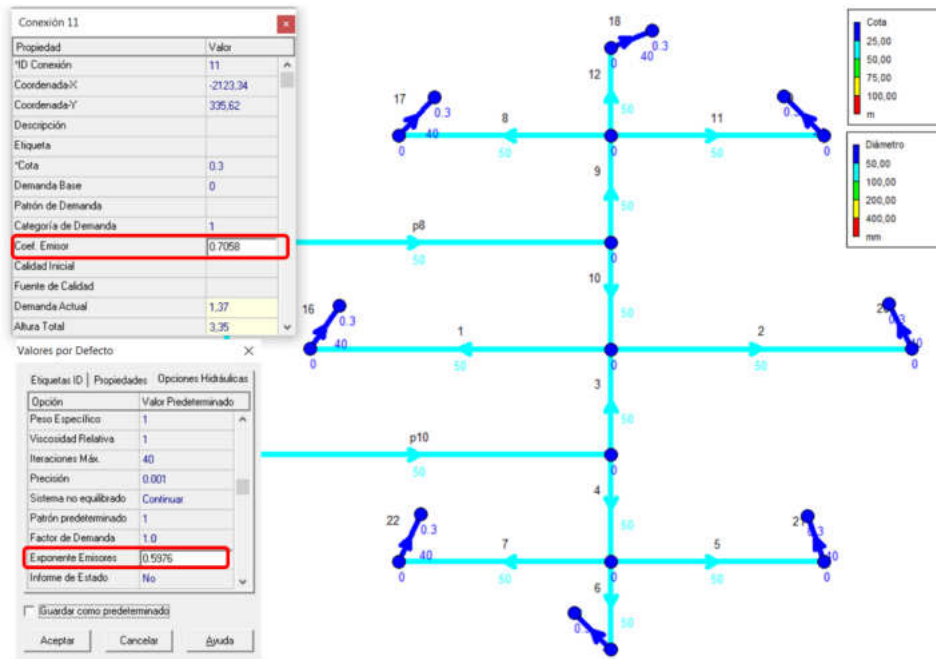


Ilustración 3-13: Definición coef. emisores y exponentes de cada tobera del anillo exterior.

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Nota: Es importante denotar que el análisis se realizará para las 8 toberas externas, como un primer caso de análisis puesto que la boquilla central presenta otra configuración, así como también diferentes condiciones de presión y caudal como se muestran en la ilustración 3-14. No se debe olvidar que al realizar la primera iteración se trabaja con una ecuación de bomba aproximada, relacionando el punto de operación requerido para el número de toberas establecidas.

3.4.1.2 Analisis Caso 2: Boquilla Central-Corona especial.

Se utiliza el catálogo de Safe-Rain, bajo el tipo de boquilla seleccionada para realizar el ajuste y la obtención del exponente y coeficiente.

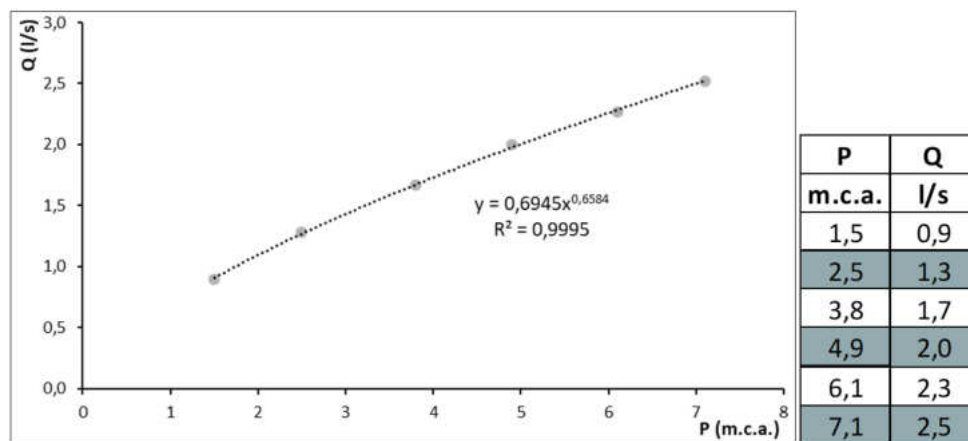


Ilustración 3-14: Ajuste potencial de la curva de la tobera central, boquilla especial.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

De esta manera se obtiene:

$$q = 0.6945 * (P)^{0.6584}$$

$$\text{Coefemisor} = 0.6945$$

$$\text{Exp} = 0.6584$$

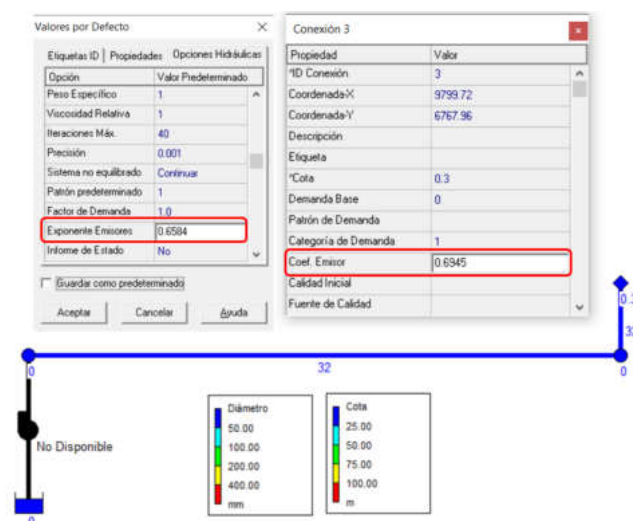


Ilustración 3-15: Coefi. emisor, exp, tobera central.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Luego de realizar, el trazado, designar valores de diámetro, longitud, así como también, el seteo de los coeficientes emisores y exponente, se ejecuta la primera iteración en cada sistema de red de tubería, designando una curva característica aproximada para cada bomba.

3.4.1.3 Iteración 1, Caso de Análisis 1-Tobera Tipo Lanza 1- 8 Toberas

Se designará una curva característica de la bomba en función a los parámetros de caudal y presión requeridos de manera aproximada, para posteriormente seleccionar una bomba de catálogo.

En la red de tuberías que comprende las 8 toberas de anillo exterior, se designará un caudal de 7 l/s, así como una presión de 7 m.c.a. para determinar la ecuación característica “C1” que definirá el comportamiento de la bomba.

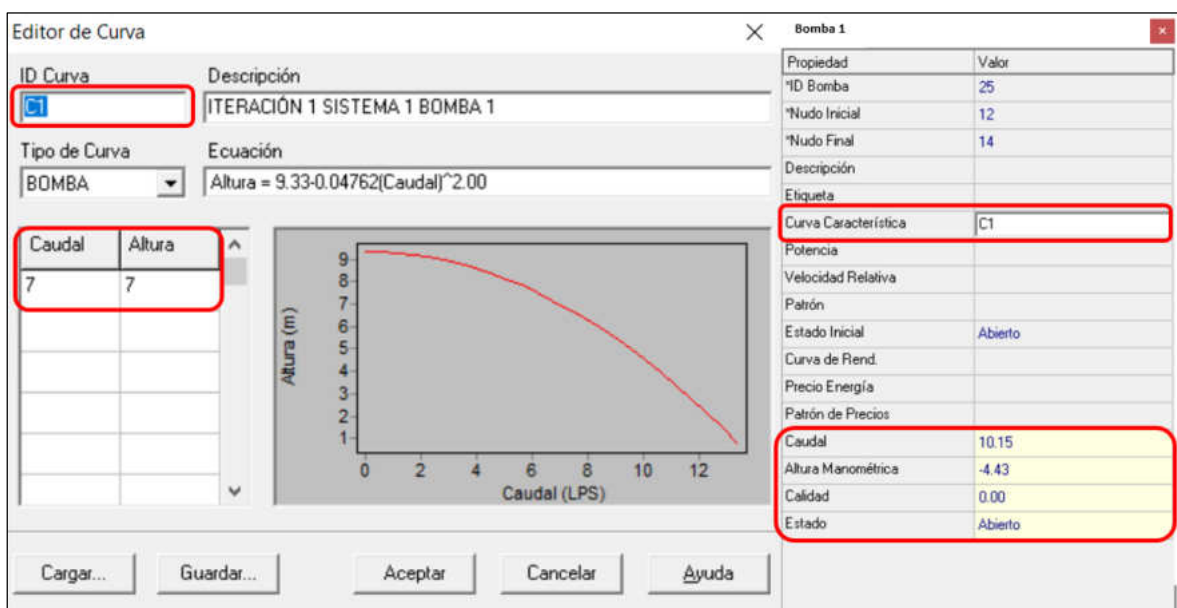


Ilustración 3-16: Definición, curva de la bomba 1, “C1”; primera iteración.

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

En la Ilustración 3-16, se presenta el comportamiento de la bomba frente a las necesidades de las toberas tipo lanza 1 (anillo exterior), frente a un caudal requerido de 10.15 l/s y una presión manométrica de 4.43.

Es notable analizar el comportamiento de cada punto (nodo emisor) en relación al caudal y presión requerida bajo el comportamiento y necesidad que exige cada boquilla para una altura deseada como se muestra en la ilustración 3-10.

Se realiza la comparación de los valores obtenidos de la primera iteración en comparación con los requeridos en catálogo, de esta manera se pretende que el chorro alcance una altura de 1.75m para lo cual se necesita un caudal de 1.35 l/s y una presión de 3.1. Estos últimos son los parámetros de diseño a conseguir en cada nodo, luego de tener una idea comparativa con la curva característica de la bomba C1 en la primera iteración.

Nodo-Tobera-Tipo Lanza 1		Conexión Connection		G1 1 in	
Propiedad	Valor	N° de chorros Nr. Of jets		14 mm	
*ID Conexión	11	Altura de Chorro Jet Height (m)		Q	P
Coordenada-X	-2123.34	0,25	0,78	1	
Coordenada-Y	335.62	0,5	0,88	1,4	
Descripción		0,75	0,95	1,8	
Etiqueta		1	1,03	2,1	
*Cota	0.3	1,25	1,17	2,56	
Demanda Base	0	1,5	1,25	2,8	
Patrón de Demanda		1,75	1,35	3,1	
Categoría de Demanda	1	2	1,45	3,3	
Coef. Emisor	0.7058	2,5	1,63	4	
Calidad Inicial		3	1,77	4,4	
Fuente de Calidad		3,5	1,92	5,4	
Demanda Actual	1.28	4	2,07	6	
Altura Total	3.01	5	2,30	7	
Presión	2.71	6	2,52	8,1	
Calidad	0.00	7	2,75	9	
		8	2,95	10,1	
		9	3,12	12,5	
		10	3,28	13,9	

Ilustración 3-17: Análisis nodo tobera lanza 1; primera iteración.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.4.2 Iteración 1, Caso de Análisis 2-Tobera Central, boquilla de 6 salidas.

Se designará una curva característica de la bomba en función a los parámetros de caudal y presión requeridos de manera aproximada, para posteriormente seleccionar una bomba de catálogo.

En la red de tuberías que comprende la tobera central, se designará un caudal de 3 l/s, así como una presión de 3 m.c.a. para determinar la ecuación característica “C2” que definirá el comportamiento de la bomba.

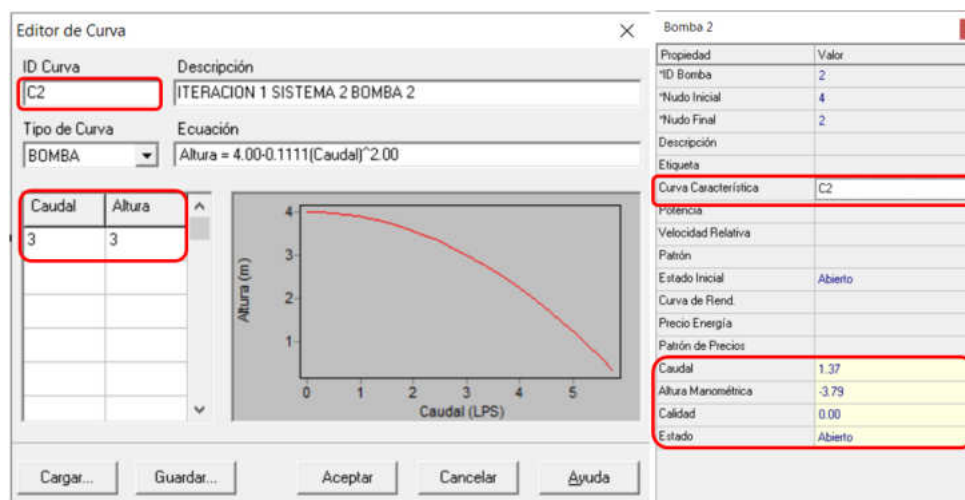


Ilustración 3-18: Definición curva de bomba 2, “C2”; primera iteración.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

En la Ilustración 3-178, se presenta el comportamiento de la bomba frente a la necesidad de la tobera central, que mantiene un caudal requerido de 1.37 l/s y una presión manométrica de 3.79. Es notable analizar el comportamiento de la tobera en relación al caudal y presión requerida bajo el comportamiento y necesidad que exige la boquilla para una altura deseada, ilustración 3-11.

Se realiza la comparación de los valores obtenidos de la primera iteración en comparación con los requeridos en catálogo, de esta manera se pretende que el chorro alcance una altura de 3 m para lo cual se necesita un caudal de 1.66 l/s y una presión de 3.8. Estos últimos son los parámetros de diseño a conseguir para la tobera central, luego de tener una idea comparativa con la curva característica de la bomba C2 en la primera iteración.

Nodo-Tobera Central		Conexión	G1 1 in	
Propiedad	Valor	Connection		
*ID Conexión	3	Nº de chorros	5 Ø12 + 1 Ø14	
Coordenada-X	9799.72			
Coordenada-Y	6767.96			
Descripción				
Etiqueta				
*Cota	0.3	Altura de Chorro (m)	Q	P
Demanda Base	0		l/s	m.c.a.
Patrón de Demanda		1	0,90	1,5
Categoría de Demanda	1	2	1,28	2,5
Coef. Emisor	0.6945	3	1,67	3,8
Calidad Inicial		4	2,00	4,9
Fuente de Calidad		5	2,27	6,1
Demanda Actual	1.37	6	2,52	7,1
Altura Total	3.12			
Presión	2.82			
Calidad	0.00			

Ilustración 3-19: Análisis nodo tobera central primera iteración.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.5 Selección de las bombas

Para la selección de bombas, es importante considerar la iteración 1, que denota valores comparativos entre el seteo aproximado de las curvas características “C1” y “C2” bajo el criterio que presentan los catálogos de las toberas tipo lanza 1 y la boquilla central en el punto que operación requerido. Se buscará una bomba de catálogo que aproxime el comportamiento y los parámetros requeridos.

3.5.1 Sistema de bombeo Red 1

En base a los parámetros requeridos de operación, se establece un caudal requerido de 10.5 l/s y una presión de 4.5 m.c.a aproximadamente. Se dispone de la bomba centrífuga Pedrollo HFm 5ARM 3 Hp monofásica 220 V-60 Hz la cual presenta los parámetros de presión y caudal mostrados en la ilustración 3-20.

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 min⁻¹ HS= 0 m

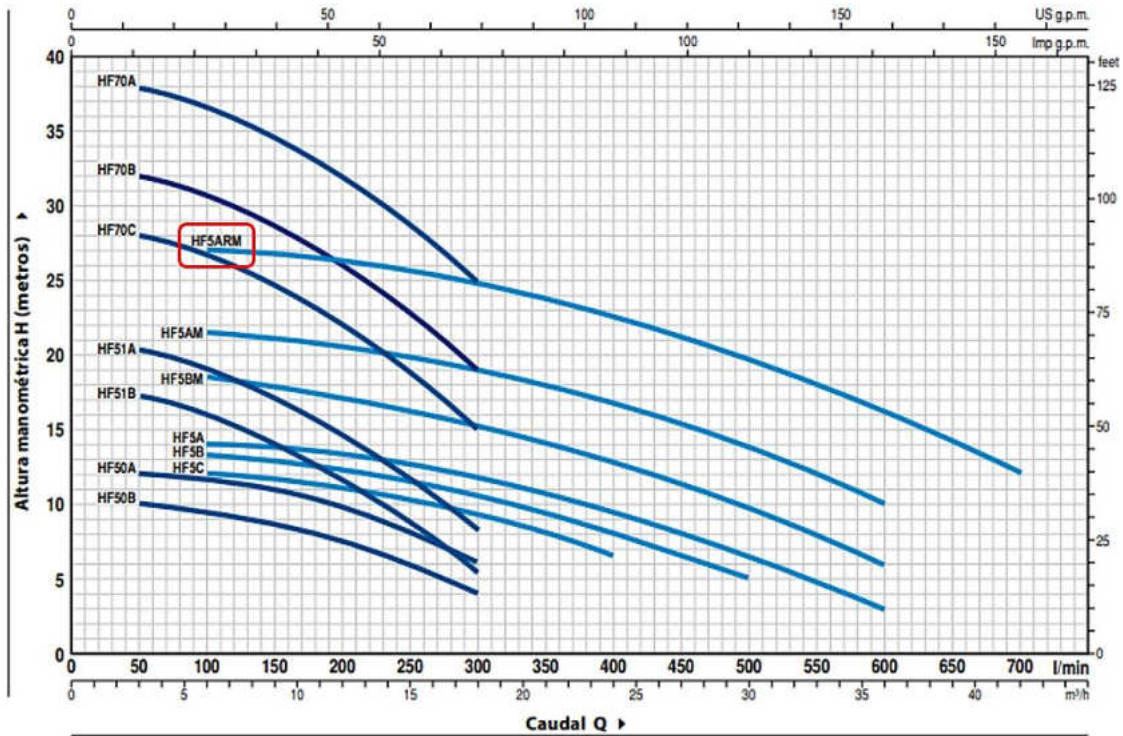


Ilustración 3-20: Curva característica, bomba Pedrollo HF5ARM 3 Hp.

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Se extrae los puntos de operación en base a la curva característica de la bomba HF5ARM, para el posterior seteo en la simulación, teniendo así:

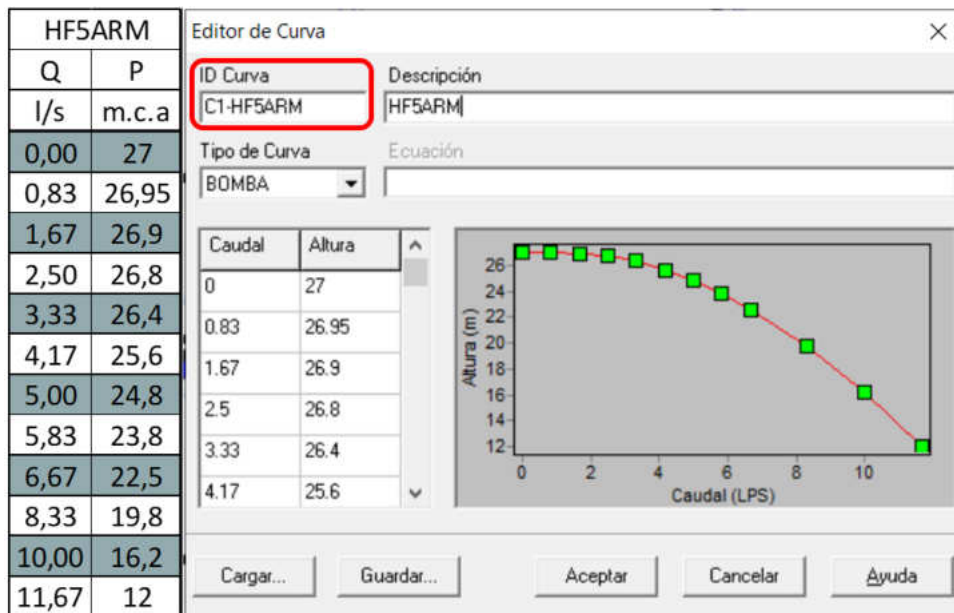


Ilustración 3-21: Definición curva característica de la bomba C1-HF5ARM.

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

De esta manera se determina el punto de operación de la bomba bajo la necesidad de cada nodo emisor que simula el comportamiento de una tobera.

Bomba 1		Nodo-Tobera-Tipo Lanza 1		Conexión Connection		G1 1 in	
Propiedad	Valor	Propiedad	Valor	N° de chorros	14 mm		
*ID Bomba	25	*ID Conexión	11	Nr. Of jets			
*Nudo Inicial	12	Coordenada-X	-2123.34	Altura de Chorro	Q	P	
*Nudo Final	14	Coordenada-Y	335.62	Jet Height (m)	l/s	m.c.a.	
Descripción		Descripción		0,25	0,78	1	
Etiqueta		Etiqueta		0,5	0,88	1,4	
Curva Característica	C1-HF5ARM	*Cota	0.3	0,75	0,95	1,8	
Potencia		Demanda Base	0	1	1,03	2,1	
Velocidad Relativa		Patrón de Demanda		1,25	1,17	2,56	
Patrón		Categoría de Demanda	1	1,5	1,25	2,8	
Estado Inicial	Abierto	Coef. Emisor	0.7058	1,75	1,35	3,1	
Curva de Rend.		Calidad Inicial		2	1,45	3,3	
Precio Energía		Fuente de Calidad		2,5	1,63	4	
Patrón de Precios		Demanda Actual	1.38	3	1,77	4,4	
Caudal	10.95	Altura Total	3.38	3,5	1,92	5,4	
Altura Manométrica	-13.82	Presión	3.08	4	2,07	6	
Calidad	0.00			5	2,30	7	
				6	2,52	8,1	
				7	2,75	9	
				8	2,95	10,1	

Ilustración 3-22: Gráfico comparativo de bomba, nodo y catálogo de la tobera tipo lanza 1.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

La ilustración 3-22 presenta el comportamiento que tiene la bomba (C1-HF5ARM) trabaja bajo un caudal de 10.95 l/s, también se identifica los parámetros de operación de las toberas teniendo un caudal de 1.38 l/s y 3.08 m.c.a frente a los marcados por el catálogo bajo un caudal de 1.35 l/s y 3.1 m.c.a.

Nota: Es preciso considerar que para conseguir los valores de catálogo se implementó una válvula reductora de presión a la salida de la bomba 1 puesto que la bomba entrega una sobrepresión en relación a la requerida por las toberas tipo lanza 1 para (3.1 m.c.a/cada tobera). En la ilustración 3-23, se denota el manejo de la válvula, que reduce la presión considerablemente en consigna de 5.55 con la finalidad de lograr los parámetros más cercanos a los definidos por el catálogo.

Válvula 2'		*Tipo	Regulación
Propiedad	Valor	*Consigna	5.55
*ID Válvula	2'	Coef. Pérdidas	0
*Nudo Inicial	14	Estado Fijo	Ninguno
*Nudo Final	n20	Caudal	10,95
		Velocidad	5,58
		Pérdidas	8,79

Ilustración 3-23: Válvula reductora de presión, consigna de 5.55
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Al analizar el comportamiento de las toberas en función de la presión y caudal se presenta una tabla comparativa que analiza los valores de diseño y los obtenidos por simulación teniendo en cuenta los valores mínimos, medios y máximos bajo un porcentaje que representa el alcance y relación del chorro simulado para el chorro ideal.

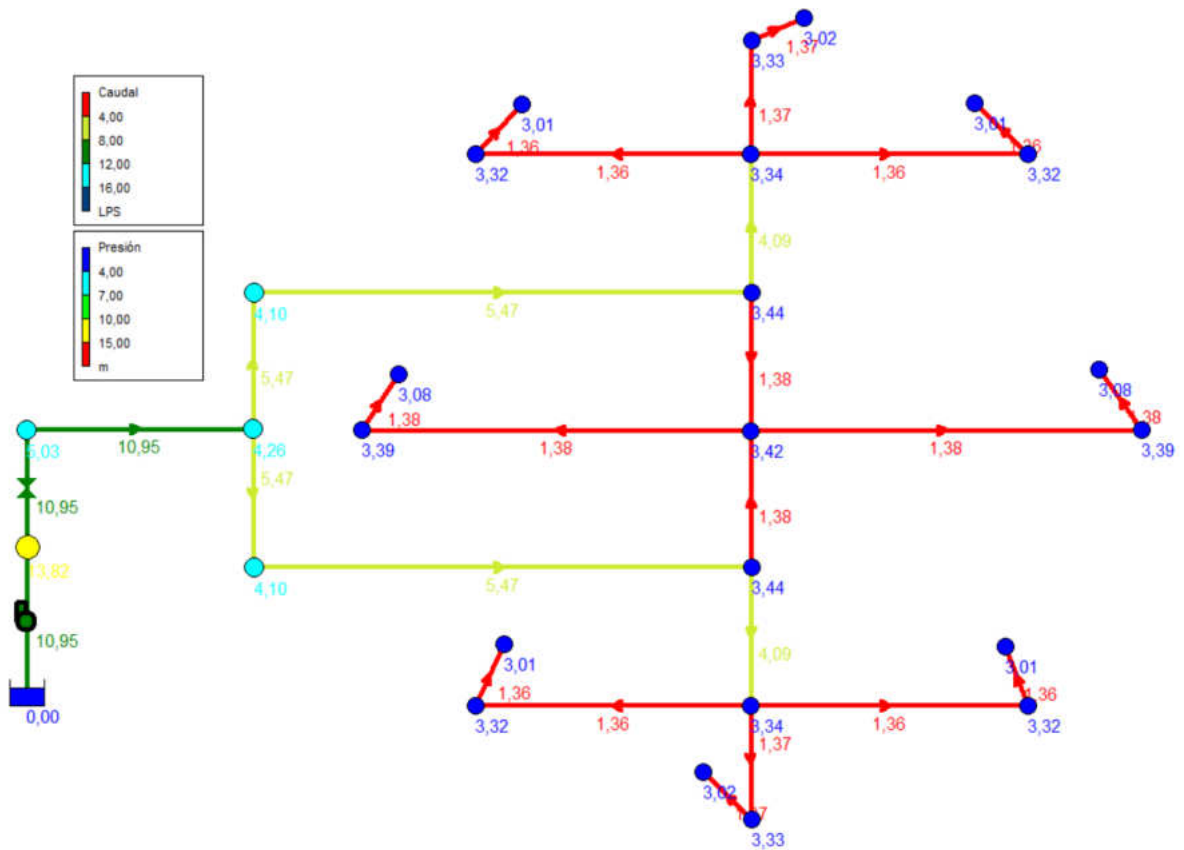


Ilustración 3-24: Caudal-presión; en relación a bomba HF5ARM y boquilla tipo lanza 1
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Tobera	Valores de diseño			Simulación con EPANET			
	q tobera (l/s)	CP tobera (m.c.a.)	h chorro vertical (m)	q tobera (l/s)	CP tobera (m.c.a.)	h chorro vertical (m)	h _{ch} / h _{ch ideal} (%)
Valores mínimos	1,35	3,10	1,75	1,36	3,01	1,668	95,34%
Valores medios				1,37	3,02	1,711	97,77%
Valores máximos				1,38	3,08	1,753	100,19%

Ilustración 3-25: Comparación (%) del chorro por la simulación y el designado en catálogo
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.5.2 Sistema de bombeo Red 2

En base a los parámetros requeridos de operación, se establece un caudal requerido de 1.5 l/s y una presión de 4 m.c.a aproximadamente. Se dispone de la bomba centrífuga Pedrollo PLURIJET3/100 monofásica 220 V-60 Hz la cual presenta los parámetros de presión y caudal mostrados en la ilustración 3-26.

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 min⁻¹ HS= 0 m

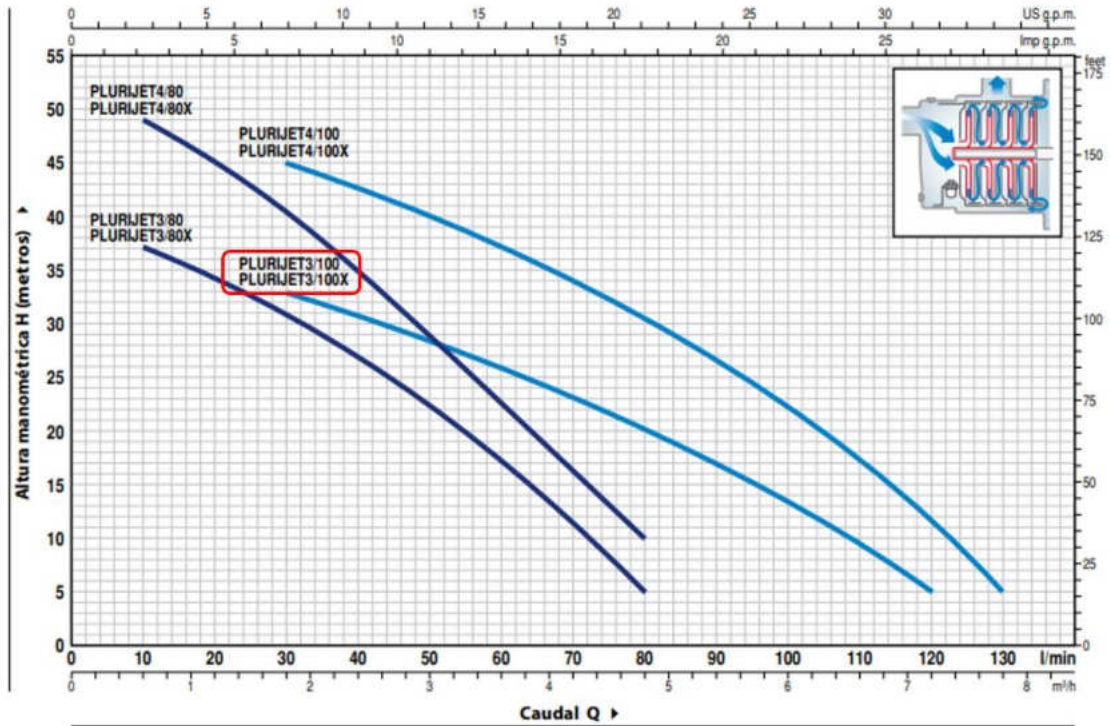


Ilustración 3-26: Curva característica, bomba Pedrollo Plurijet3/100 0.75 Hp

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Se extrae los puntos de operación en base a la curva característica de la bomba PLURIJET, para el posterior seteo en la simulación, teniendo así:

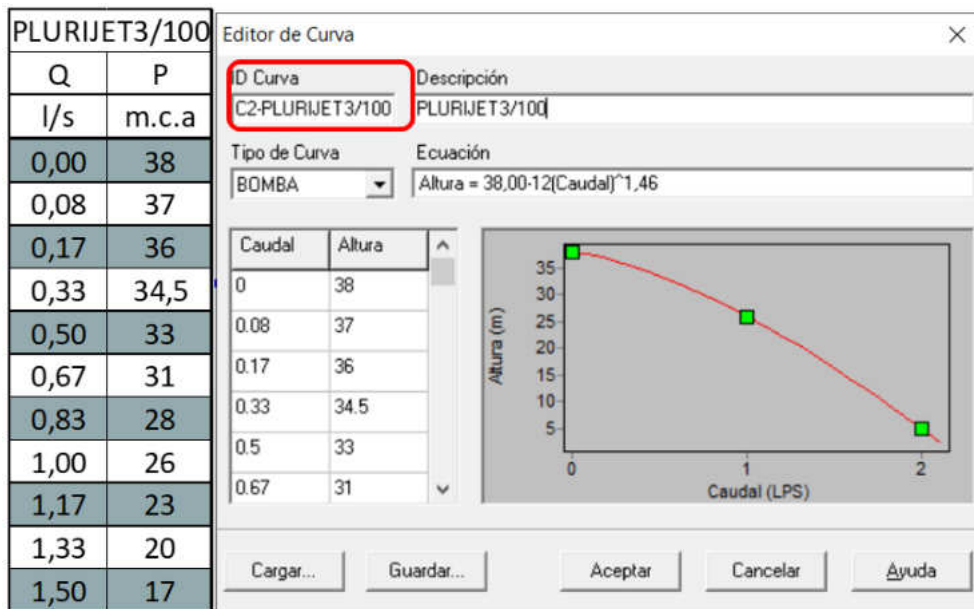


Ilustración 3-27: Definición de curva característica de bomba C2-PLURIJET3/100

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

De esta manera se determina el punto de operación de la bomba bajo la necesidad de la corona central que simula el comportamiento de la boquilla central

Bomba 2		Nodo-Tobera Central	
Propiedad	Valor	Propiedad	Valor
*ID Bomba	4	*ID Conexión	3
*Nudo Inicial	4	Coordenada>X	9799,72
*Nudo Final	5	Coordenada*Y	6767,96
Descripción		Descripción	
Etiqueta		Etiqueta	
Curva Característica	C2-PLURIJET3/100	*Cota	0.3
Potencia		Demanda Base	0
Velocidad Relativa		Patrón de Demanda	
Patrón		Categoría de Demanda	1
Estado Inicial	Abierto	Coef. Emisor	0.6945
Curva de Rend.		Calidad Inicial	
Precio Energía		Fuente de Calidad	
Patrón de Precios		Demanda Actual	1.67
Caudal	1.67	Altura Total	4.10
Altura Manométrica	-13.47	Presión	3.80
Calidad	0.00	Calidad	0.00

Conexión	G1 1 in	
Connection	5 Ø12 + 1 Ø14	
Nº de chorros		
Altura de Chorro (m)	Q	P
	l/s	m.c.a.
1	0,90	1,5
2	1,28	2,5
3	1,67	3,8
4	2,00	4,9

Ilustración 3-28: Gráfico comparativo de bomba, nodo y catálogo de boquilla central.

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

La ilustración 3-28 presenta el comportamiento que tiene la bomba (C2-PLURIJET3/100) trabaja bajo un caudal de 1.67 l/s, también se identifica los parámetros de operación de las toberas teniendo un caudal de 1.67 l/s y 3.80 m.c.a frente a los marcados por el catálogo que coinciden con precisión

Nota: Es preciso considerar que para conseguir los valores de catálogo se implementó una válvula reductora de presión a la salida de la bomba 2 puesto que la bomba entrega una sobrepresión en relación a la requerida por la tobera central. En la ilustración 3-29, se denota el manejo de la válvula, que reduce la presión considerablemente en consigna de 5.08 con la finalidad de lograr los parámetros más cercanos a los definidos por el catálogo.

Válvula 2	
Propiedad	Valor
*ID Válvula	2
*Nudo Inicial	5
*Nudo Final	2
Descripción	
Etiqueta	
*Diámetro	25
*Tipo	Reductora
*Consigna	5.08

Ilustración 3-29: Val. reductora de presión,

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Al analizar el comportamiento de las toberas en función de la presión y caudal se presenta una tabla comparativa que analiza los valores de diseño y los obtenidos por simulación teniendo en

cuenta los valores mínimos, medios y máximos bajo un porcentaje que representa el alcance y relación del chorro simulado para el chorro ideal como se muestra en la ilustración 3-30.

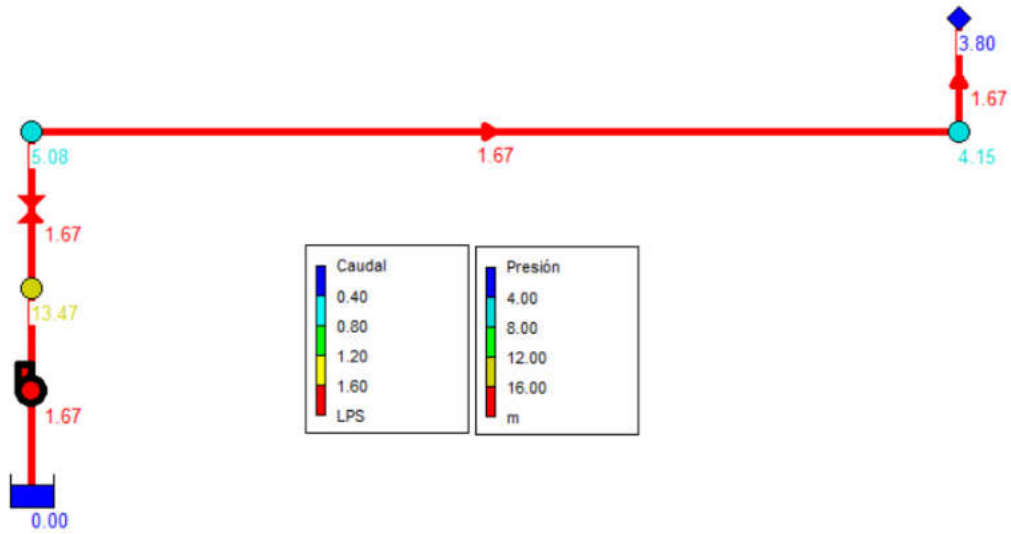


Ilustración 3-30: Caudal-presión frente a bomba C2-PLURIJET3/100 y boquilla central.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

CIRCUITO ANILLO CENTRAL-TOBERA CENTRAL CON REGULACIÓN DE 5,08							
Valores de diseño				Simulación con EPANET			
Tobera Central	q tobera (l/s)	CP tobera (m.c.a.)	h chorro vertical (m)	q tobera (l/s)	CP tobera (m.c.a.)	h chorro vertical (m)	$h_{ch}/h_{ch\ ideal}$ (%)
Valor	1,67	3,80	3,00	1,67	3,80	3,0	100%

Ilustración 3-31: Comparación (%) del valor alcanzado por simulación y el de catálogo.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.5.3 Análisis sistema completo

El análisis del sistema general de las redes de tuberías con Epanet es importante porque permite evaluar y optimizar el rendimiento del sistema de distribución de agua. Permite simular diferentes escenarios de operación y evaluar cómo el sistema de tuberías de la fuente se comportará en cada uno de ellos. Esto puede ayudar a optimizar el rendimiento del sistema, reduciendo costos y mejorando la eficiencia, en la ilustración 3-32 se presenta la relación caudal vs presión en operación de las bombas que componen el sistema, de la misma manera en la ilustración 3-33 la relación demanda vs velocidad y finalmente en la ilustración 3-34 la relación altura vs longitud.

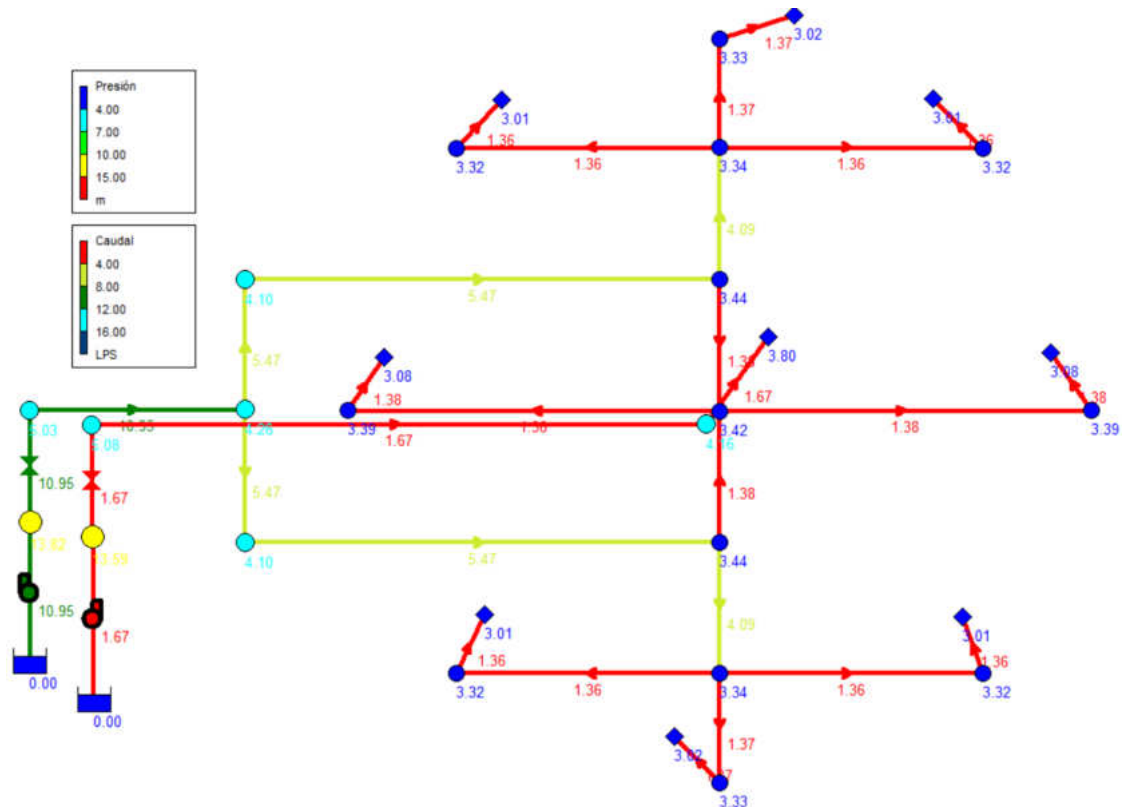


Ilustración 3-32: Relación caudal-presión; bomba HF5ARM y PLURIJET3/100.
 Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

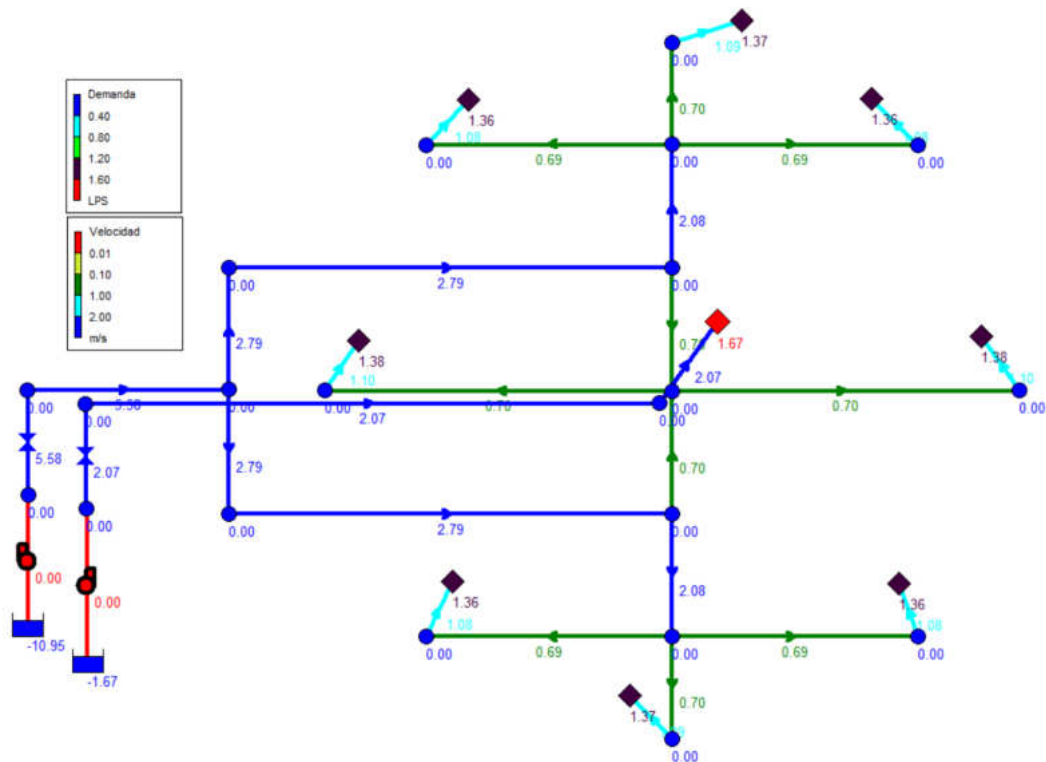


Ilustración 3-33: Relación cemanda-velocidad, en el sistema completo.
 Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

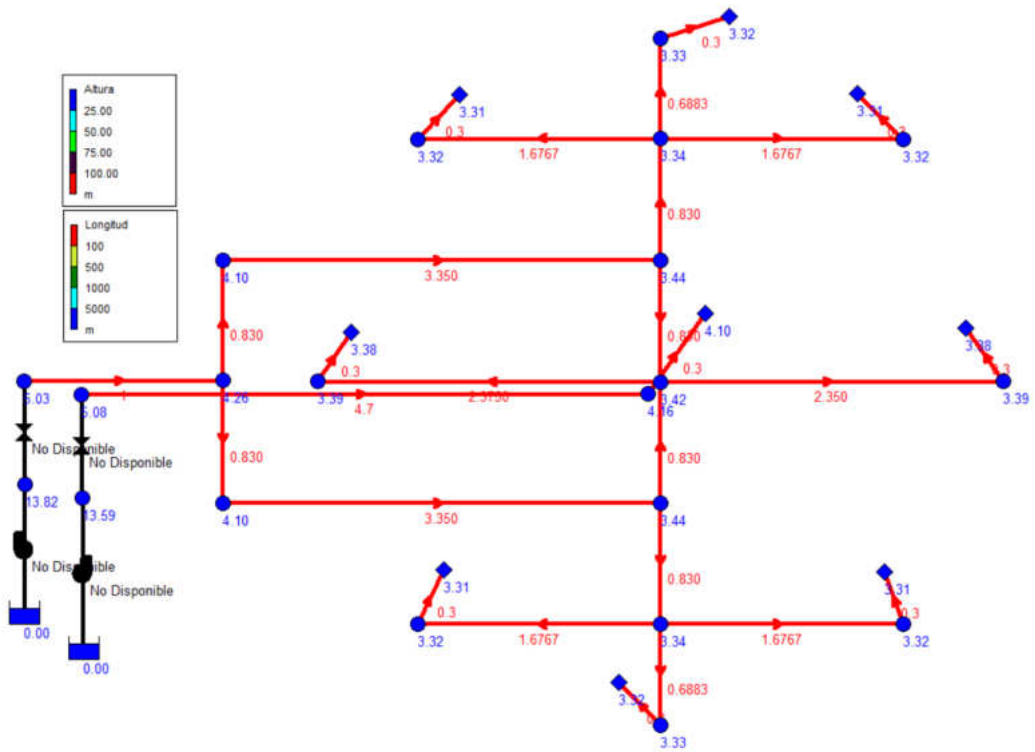


Ilustración 3-34: Relación altura-longitud en el sistema completo.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.6 Pérdidas por longitud de tubería y accesorios

Para el cálculo de las pérdidas por longitud de tubería y accesorios es imprescindible clasificar al sistema en dos grandes grupos, el primero de abastecimiento-distribución y el otro de conducción a las boquillas de salida en los puntos especificados previamente. A continuación, se describe un gráfico especificando esta clasificación de acuerdo con las dimensiones de los diámetros y las líneas de abastecimiento utilizados:

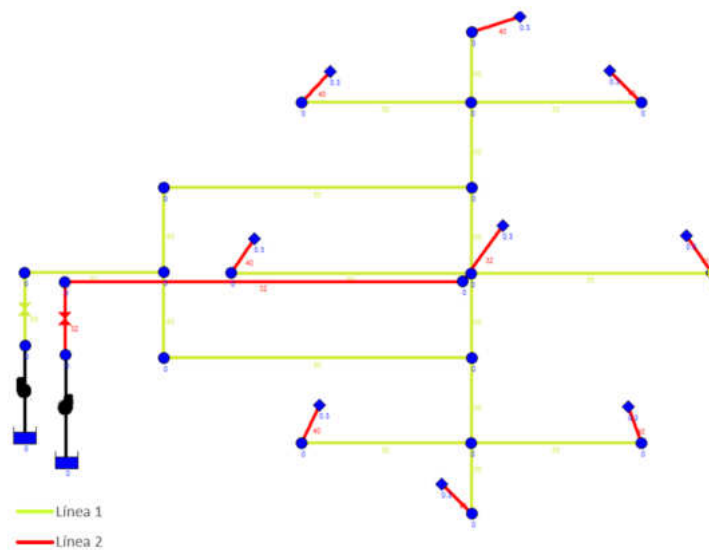


Ilustración 3-35: Diámetros de tuberías utilizadas en el sistema.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Los diámetros utilizados en estos dos subsistemas que se ha detallado para un mejor entendimiento son los siguientes:

$$D_{\text{diámetro abastecimiento bomba 1}} = 50 \text{ mm}$$

$$D_{\text{diámetro borde exterior}} = 40 \text{ mm}$$

$$D_{\text{diámetro abastecimiento bomba 1}} = 32 \text{ mm}$$

Según el catálogo expuesto por el fabricante de tubería plástica PLASTIGAMA WAWIN en su página oficial, el diámetro interior para las tuberías plásticas cedula 40 antes detalladas son:

Tabla 3-1: Diámetros de las tuberías PLASTIGAMA WAWIN.

Diámetro Nominal (mm)		Diámetro Interior mm	Espesor Nominal mm	Presión de Trabajo		
UNIÓN U/Z	UNIÓN E/C			MPa	PSI (lb/pulg ²)	Kgf/cm ²
	20	17.8	1.1	1.25	181	12.75
		16.8	1.6	2.00	290	20.40
	25	22.8	1.1	1.00	145	10.20
		21.8	1.6	1.60	232	16.32
	32	29.8	1.1	0.80	116	8.16
		28.8	1.6	1.25	181	12.75
	40	37.8	1.1	0.63	91	6.43
		36.8	1.6	1.00	145	10.20
		36.0	2.0	1.25	181	12.75
50		47.4	1.3	0.63	91	6.43
		46.8	1.6	0.80	116	8.16
		46.0	2.0	1.00	145	10.20
		45.0	2.5	1.25	181	12.75
63		59.8	1.6	0.63	91	6.43
		58.8	2.1	0.80	116	8.16
		58.0	2.5	1.00	145	10.20
		56.8	3.1	1.25	181	12.75
75		72.0	1.5	0.50	73	5.10
		71.2	1.9	0.63	91	6.43
		70.2	2.4	0.80	116	8.16
		69.0	3.0	1.00	145	10.20
		67.6	3.7	1.25	181	12.75
90		86.4	1.8	0.50	73	5.10
		85.4	2.3	0.63	91	6.43
		84.2	2.9	0.80	116	8.16
		82.8	3.6	1.00	145	10.20
		81.2	4.4	1.25	181	12.75
110		105.6	2.2	0.50	73	5.10
		104.6	2.7	0.63	91	6.43
		103.2	3.4	0.80	116	8.16
		101.6	4.2	1.00	145	10.20
		99.6	5.2	1.25	181	12.75
140		134.4	2.8	0.50	73	5.10
		133.2	3.4	0.63	91	6.43
		131.4	4.3	0.80	116	8.16

Fuente: (Plastigama, 2017)

Para el desarrollo del cálculo de pérdidas se necesita determinar los diámetros nominales de acuerdo con el espesor y la presión de trabajo necesaria para el funcionamiento del sistema y de acuerdo con la tabla especificada anteriormente se obtiene los siguientes valores:

$$D_i \text{ abastecimiento bomba 1} = 46 \text{ mm} = 0.046 \text{ m}$$

$$D_i \text{ borde exterior} = 36 \text{ mm} = 0.036 \text{ m}$$

$$D_i \text{ abastecimiento bomba 2} = 28.8 \text{ mm} = 0.0288 \text{ m}$$

3.6.1 Diámetro de abastecimiento bomba 1:

Para este subsistema se debe considerar como datos previos de longitud de tubería en este tramo y el caudal necesario que circula por esta tubería, con ello podremos calcular las pérdidas primarias y secundarias, y posterior a ello tendremos el valor del Hb de la bomba.

Longitud:

$$L = 5 + 4.7 + 2 * 3.323 + 2 * 0.688 + 2 * 1.661 + 2 * 3 = 27.044 \text{ m}$$

Caudal 1:

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

$$Q = 454.13 \text{ lpm}$$

$$Q = 1.66667 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Para iniciar con el cálculo de las pérdidas por longitud de tubería es necesario determinar la rugosidad relativa, el número de Reynolds y la ecuación de Fano.

Rug. Relativa:

$$\text{Rug. relativa} = \frac{\varepsilon}{d}$$

$$\text{Rug. relativa} = \frac{0.0015}{46}$$

$$\text{Rug. relativa} = 3.260869565 * 10^{-5}$$

Reynolds:

$$R_e = \frac{VD\rho}{\mu}$$

$$R_e = \frac{(0.88 \text{ m/s})(0.046 \text{ m}) \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}{1.002 * 10^{-3}}$$

$$R_e = 40399.2016$$

Ec. Fano:

$$\lambda = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7d} + \frac{5.74}{R_e^{0.9}}\right)\right)^2}$$

$$\lambda = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{3.2608695 * 10^{-5}}{3.7} + \frac{5.74}{40399.2016^{0.9}}\right)\right)^2}$$
$$\lambda = 0.02191$$

3.6.1.1 Pérdidas de carga totales:

Para el cálculo de las pérdidas de carga se utilizan las siguientes fórmulas desarrolladas en el capítulo previo, tanto para pérdidas primarias como para las secundarias, las cuales se describen a continuación:

Pérdidas primarias:

$$H_r = \lambda * \frac{L}{d} * \frac{v^2}{2g}$$

$$H_r = (0.02191) \left(\frac{27.044 \text{ m}}{0.046 \text{ m}} \right) \frac{\left(0.88 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$H_r = 0.5085 \text{ mca}$$

Pérdidas secundarias:

Según el catálogo expuesto para los elementos y accesorios para el tipo de tubería PVC con cedula 40, los valores de k son los siguientes:

Tabla 3-2: Valores de K para accesorios de tuberías PVC en función de su diámetro

Accesorios	L/D	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	
		Valores de K												
Válv. de Compuerta (abierta)	8	0,22	0,20	0,18	0,18	0,15	0,15	0,14	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10	
Válv. de globo (abierta)	340	9,20	8,50	7,80	7,50	7,10	6,50	6,10	5,80	5,10	4,80	4,40	4,10	
Válv. de retención horizontal (check)	100	2,70	2,50	2,30	2,20	2,10	1,90	1,80	1,70	1,50	1,40	1,30	1,20	
Válv. de retención horizontal oscilatoria (check)	50	1,40	1,30	1,20	1,10	1,10	1,00	0,90	0,90	0,75	0,70	0,65	0,60	
Valv. de pie de disco (de huso) con colador	420	11,30	10,50	9,70	9,30	8,80	8,00	7,60	7,10	6,30	5,90	5,50	5,00	
Válv. de pie de disco con bisagra	75	2,00	1,90	1,70	1,70	1,70	1,40	1,40	1,30	1,10	1,10	1,00	0,90	
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	0,40	0,37	0,35	0,34	0,30	0,29	0,27	0,24	0,22	0,21	0,19
	90° radio de largo	16	0,43	0,40	0,37	0,35	0,34	0,30	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	0,90	0,85	0,75	0,70	0,65	0,60
Curvas de 90°	20	0,54	0,50	0,46	0,44	0,42	0,38	0,36	0,34	0,30	0,28	0,26	0,24	
T en línea (con derivación en la línea principal y lateral cerrada)	20	0,54	0,50	0,46	0,44	0,42	0,38	0,36	0,34	0,30	0,28	0,26	0,24	
T en línea (con circulación por derivación)	60	1,62	1,50	1,38	0,32	1,26	1,14	1,08	1,02	0,90	0,84	0,78	0,72	

Fuente: González, 2013.

Tabla 3-3: Valores de K para accesorios de tuberías PVC.

Denominación	Cantidad	K
Codos de 90°	11	0,30
Cruz CC PE/C	3	1,14
Tee	1	0,57

Válvula universal	1	6,5
Válvula de compuerta	2	0,15
Válvula Check	1	1,0

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Aplicando la ecuación de pérdidas en función del factor K de cada accesorio se obtiene los siguientes resultados:

$$H_s = \left(\sum k \right) \frac{v^2}{2g}$$

$$H_s = \sum \left((11) \frac{(0.30)(0.88 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + (3) \frac{(1.14)(0.88 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + (1) \frac{(0.57)(0.88 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right.$$

$$\left. + (1) \frac{(6.5)(0.88 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + (2) \frac{(0.15)(0.88 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + (1) \frac{(1)(0.88 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right)$$

$$H_s = 0.5956 \text{ mca}$$

Cálculo de la altura de bombeo de la línea 1:

$$h_B = z_2 - z_1 + h_{long} + h_{acc}$$

$$h_B = (3.1 + 0.5) \text{ m} + 0.5085 \text{ mca} + 0.5956 \text{ mca}$$

$$h_B = 4.7041 \text{ mca}$$

3.6.2 Diámetro tubería borde exterior:

Para este subsistema se debe considerar como datos previos de longitud de tubería en este tramo y el caudal necesario que circula por esta tubería, con ello podremos calcular las pérdidas primarias y secundarias, y posterior a ello tendremos el valor del Hb de la bomba. Para este caso se utiliza el diámetro de 40 mm como se muestra en la ilustración 3-35.

Longitud:

$$L = 8 * 0.30 \text{ m} = 2.4 \text{ m}$$

Caudal 2:

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

$$Q = 454.13 \text{ lpm}$$

$$Q = 1.66667 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Para iniciar con el cálculo de las pérdidas por longitud de tubería es necesario determinar la rugosidad relativa, el número de Reynolds y la ecuación de Fano.

Rug. Relativa:

$$Rug. relativa = \frac{\varepsilon}{d}$$

$$Rug. relativa = \frac{0.0015}{36} = 4.166666667 * 10^{-5}$$

Reynolds:

$$R_e = \frac{VD\rho}{\mu}$$

$$R_e = \frac{(0.88 \text{ m/s})(0.036 \text{ m})\left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}{1.002 * 10^{-3}} = 31616.76647$$

Ec. Fano:

$$\lambda = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7d} + \frac{5.74}{R_e^{0.9}}\right)\right)^2}$$

$$\lambda = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{4.166666667 * 10^{-5}}{3.7} + \frac{5.74}{31616.76647^{0.9}}\right)\right)^2}$$

$$\lambda = 0.023215$$

3.6.2.1 Pérdidas de carga totales:

Para el cálculo de las pérdidas de carga se utilizan las siguientes fórmulas desarrolladas en el capítulo previo, tanto para pérdidas primarias como para las secundarias, las cuales se describen a continuación:

Pérdidas primarias:

$$H_r = \lambda * \frac{L}{d} * \frac{v^2}{2g}$$

$$H_r = (0.02306) \left(\frac{2.4 \text{ m}}{0.0368 \text{ m}}\right) \frac{(0.88 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0.06108 \text{ mca}$$

Pérdidas secundarias:

Según el catálogo expuesto para los elementos y accesorios para el tipo de tubería PVC con cedula 40, los valores de k se toman de la ilustración 3-35 y de acuerdo con las condiciones de esta línea se las detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3-4: Valores de K para accesorios de tuberías PVC.

Denominación	Cantidad	K
Unión	9	0,63

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Aplicando la ecuación de pérdidas en función del factor K de cada accesorio se obtiene los siguientes resultados:

$$H_s = \left(\sum k \right) \frac{v^2}{2g}$$

$$H_s = \sum \left((9) \frac{(0.63)(0.88 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right) = 0.2237 \text{ mca}$$

$$H_s = 0.2237 \text{ mca}$$

Cálculo de la altura de bombeo del borde exterior:

$$h_B = z_2 - z_1 + h_{long} + h_{acc}$$

$$h_B = 0.0610 \text{ mca} + 0.2237 \text{ mca}$$

$$h_B = 0.2847 \text{ mca}$$

3.6.3 Diámetro tubería abastecimiento bomba 2:

Para este subsistema se debe considerar como datos previos de longitud de tubería en este tramo y el caudal necesario que circula por esta tubería, con ello podremos calcular las pérdidas primarias y secundarias, y posterior a ello tendremos el valor del Hb de la bomba. Para este caso se utiliza el diámetro de 32 mm como se muestra en la ilustración 3-35.

Longitud:

$$L = 4.7 \text{ m} + 0.3 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

Caudal 2:

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

$$Q = 120 \text{ lpm}$$

$$Q = 0.002 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Para iniciar con el cálculo de las pérdidas por longitud de tubería es necesario determinar la rugosidad relativa, el número de Reynolds y la ecuación de Fano.

Rug. Relativa:

$$Rug. \text{ relativa} = \frac{\varepsilon}{d}$$

$$Rug. \text{ relativa} = \frac{0.0015}{28.8}$$

$$Rug. \text{ relativa} = 5.208333333 * 10^{-5}$$

Reynolds:

$$R_e = \frac{VD\rho}{\mu}$$

$$R_e = \frac{(0.88 \text{ m/s})(0.0288 \text{ m})\left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}{1.002 * 10^{-3}}$$

$$R_e = 25293.4131$$

Ec. Fano:

$$\lambda = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7} + \frac{5.74}{R_e^{0.9}}\right)\right)^2}$$

$$\lambda = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{5.208333333 * 10^{-5}}{3.7} + \frac{5.74}{25293.4131^{0.9}}\right)\right)^2}$$

$$\lambda = 0.0245$$

3.6.3.1 Pérdidas de carga totales:

Para el cálculo de las pérdidas de carga se utilizan las siguientes fórmulas desarrolladas en el capítulo previo, tanto para perdidas primarias como para las secundarias, las cuales se describen a continuación:

Pérdidas primarias:

$$H_r = \lambda * \frac{L}{d} * \frac{v^2}{2g}$$

$$H_r = (0.0245) \left(\frac{5 \text{ m}}{0.0288 \text{ m}}\right) \frac{\left(0.88 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$H_r = 0.16788 \text{ mca}$$

Pérdidas secundarias:

Según el catálogo expuesto para los elementos y accesorios para el tipo de tubería PVC con cedula 40, los valores de k se toman de la ilustración 3-35 y de acuerdo con las condiciones de esta línea se las detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3-5: Valores de K para accesorios de tuberías PVC.

Denominación	Cantidad	K
Unión	1	0,63

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

$$H_s = \left(\sum k \right) \frac{v^2}{2g}$$

$$H_s = \sum \left((1) \frac{(0.63)(0.88 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right)$$

$$H_s = 0.0248 \text{ mca}$$

Aplicando la ecuación de pérdidas en función del factor K de cada accesorio se obtiene los siguientes resultados:

Cálculo de la altura de bombeo línea 2:

$$h_B = z_2 - z_1 + h_{long} + h_{acc}$$

$$h_B = (3 + 0.5)mca + 0.16788 \text{ mca} + 0.0248 \text{ mca}$$

$$h_B = 3.6926 \text{ mca}$$

Finalmente, para determinar el Hb de cada línea de análisis se realiza una suma de los sub Hbs y se obtiene las pérdidas totales para el H_{B1} y el H_{B2} .

$$H_{B1} = h_{B1} + h_{B2}$$

$$H_{B1} = 4.7041 + 0.2847$$

$$H_{B1} = 4.9888 \text{ mca}$$

$$H_{B2} = h_{B1}$$

$$H_{B2} = 3.6926 \text{ mca}$$

$$H_T = H_{B1} + H_{B2}$$

$$H_T = 8.6814 \text{ mca}$$

3.7 Dimensionamiento elementos del tablero de control

A continuación, se presentan los elementos constitutivos del tablero de control, se detalla sus características y capacidades las cuales han sido extraídas de fichas técnicas de los fabricantes de cada uno de los componentes. Como se mencionó anteriormente se utilizará los siguientes elementos:

- 1 PLC Siemens LOGO DM8 230R
- 4 Contactores electromagnéticos
- 7 Relés térmicos
- 3 Selectores de doble posición
- 4 Luces piloto
- 1 Repartidos de Energía 2 polos
- 1 Paro de Emergencia

Estos elementos se dispondrán de forma escalonada sobre los rieles del tablero de control para la organización de estos sin causar aglomeración ni posibles cortos, dichos elementos están distribuidos dentro del tablero en tres filas de rieles, señalando, que las conexiones de iluminación están externas al tablero de control.

La primera fila servirá de alimentación, mediante un repartidor de energía de dos polos que controlará el sistema en 220V para las bombas y 110 para el sistema de iluminación. La segunda fila servirá de soporte del LOGO, así como también para la colocación de los relés térmicos en función de las bombas de 0,75 y 3 hp respectivamente, así como también para las luces externas e internas; la tercera fila servirá para los contactores utilizados para el control de las bombas y luces, teniendo presente que a continuación se tiene los transformadores a 12V que energizan cada luz.

3.7.1 LOGO Siemens

El logo Siemens siendo un Controlador Lógico Programable (PLC) que se utiliza para la automatización de procesos y control de máquinas en una amplia variedad de aplicaciones industriales y comerciales; también está diseñado para ofrecer un control preciso y confiable de los procesos, lo que ayuda a mejorar la eficiencia y la productividad. Algunas de las características comunes de los controladores logo Siemens incluyen:

- Una interfaz de programación que ayuda la configuración y el control de los procesos.
- Capacidades de comunicación avanzadas que permiten la integración con otros sistemas y dispositivos.
- Una amplia gama de funciones integradas, como temporizadores, contadores y comparadores, que simplifican la programación.
- Posibilidad de expansión mediante módulos de expansión, lo que permite añadir más entradas y salidas para adaptarse a las necesidades específicas de cada aplicación.

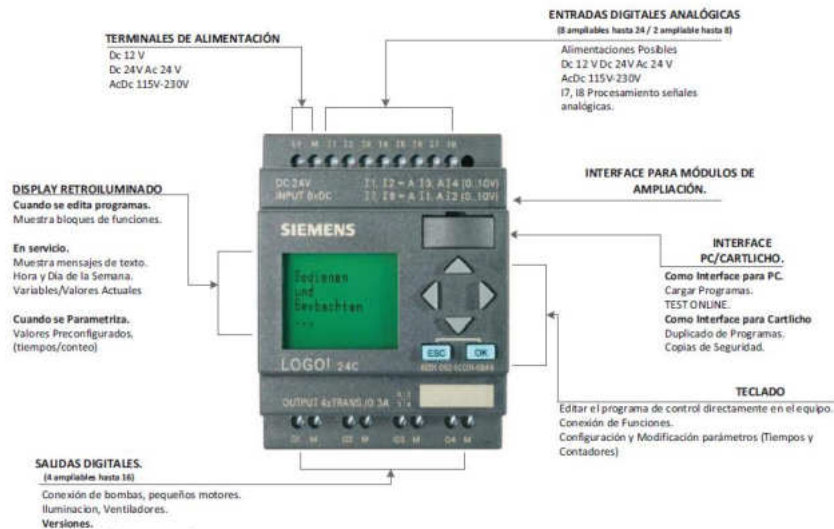


Ilustración 3-36: Composición general LOGO SIEMENS.
Fuente: Siemens AG 2003

3.7.1.1 Datos técnicos del LOGO Siemens:

A continuación, se muestra en la tabla 4-3 un cuadro de datos técnicos del logo utilizado en la automatización del sistema.

Tabla 3-6: Datos técnicos LOGO DM8 230R.

LOGO DM8 230R	
Entradas	8
Entradas (Voltaje-Alimentación)	Ac 115/230 V
Rango permitido	85V-265 V AC 100V-253 V DC
Señal "0"	Máx. 40 V AC
Señal "1"	Min. 79 V AC
Corriente entrada	10-25 mA
Salidas	4
Corriente salidas	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 ² , 1x2.5 mm ²
Dimensiones	72x90x55 mm

Fuente: Siemens AG, 2003

3.7.1.2 Diagrama de entradas y salidas del logo

En el presente gráfico se detalla esquemáticamente la distribución de entradas y salidas que posee el Siemens LOGO DM8 230R, las cuales de acuerdo con nuestras necesidades y cantidad de elementos se ha dispuesto de la siguiente manera como se observa en la ilustración 3-37.

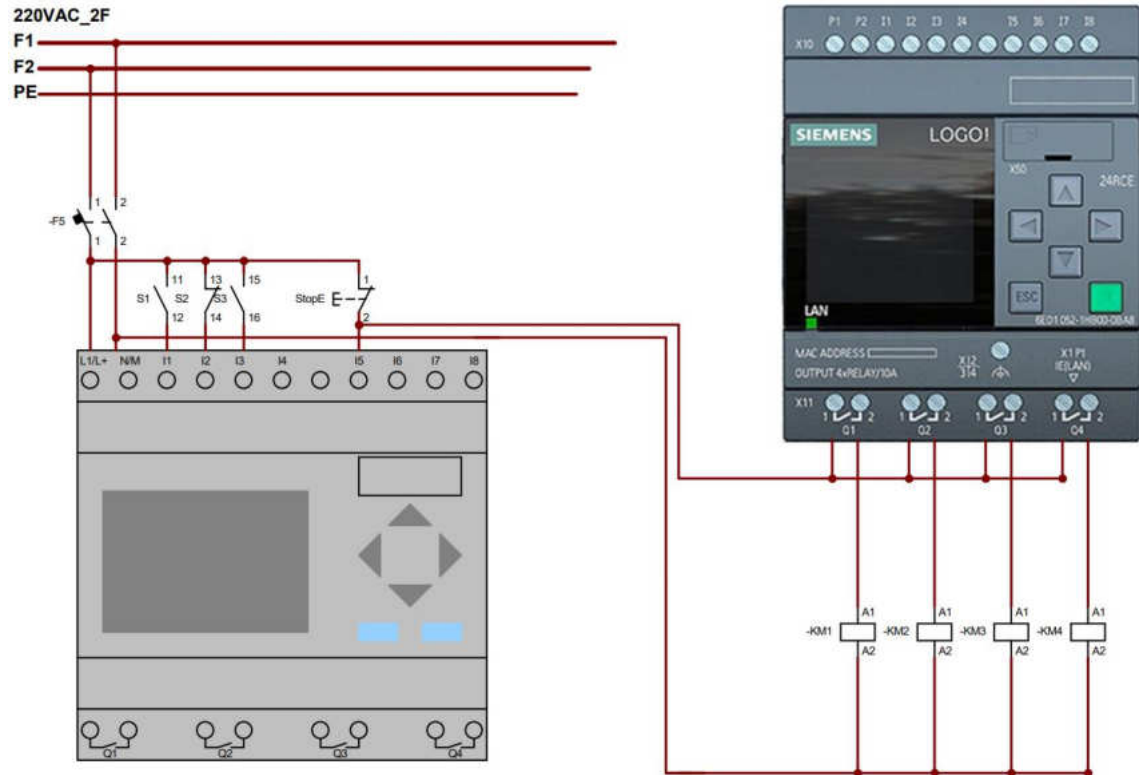


Ilustración 3-37: Distribución del LOGO DM8 230R, diagrama de entradas y salidas.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Tabla 3-7: Descripción de la distribución LOGO DM8 230R

LOGO DM8 230R			
ENTRADAS PLC		SALIDAS PLC	
I1	On-Off (Inicio y fin del proceso)	Q1	KM1 (Bomba 1)
I2	On_sec (Reinicio Secuencias)	Q2	KM2 (Bomba 2)
I3	Modo_Op (Control Iluminación)	Q3	KM3 (Iluminación Externa)
I5	P1 (Paro de Emergencia)	Q4	KM4 (Iluminación Interna)

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.7.2 Circuitos de fuerzas de las bombas

Para el desarrollo del diagrama de fuerzas de las bombas es imprescindible describir las características técnicas de las mismas. Considerando que cada una tiene características diferentes, ya que como se analizó previamente cada una abastece a una red de tuberías diferente.

Para la línea de abastecimiento 1 se ha considerado de acuerdo con las simulaciones (EPANET) y cálculos previos, la bomba Pedrollo HF m5ARM la cual posee un voltaje de fase de 220 V MONOF, maneja un máximo amperaje de 13 A, y nos otorga un caudal máximo de 700 lpm con un diámetro de tubería de SUCC y DESC de 2 in, suficiente para las necesidades de caudal y presión en esta línea del sistema.

ELECTROBOMBA CENTRIFUGA MEDIO CAUDAL



PEDROLLO
...the spring of life

HF

Impulsor en Bronce

Características:
 Tipo: Agua Limpia
 Aplicaciones: Industrial, agricultura
 Usos: abastecimiento de agua, sistemas de enfriamiento, irrigación, transferencia de agua
 Tipología: superficial
 Familia: centrifugas

Límites de empleo:
 • Temperatura del líquido de -10 °C hasta +90 °C
 • Temperatura ambiente hasta +40 °C
 • Altura de aspiración manométrica hasta 7 m
 • Presión máx. en el cuerpo de la bomba:
 - 6 bar para HF 5-50-51
 - 10 bar para HF 5M-70
 • Funcionamiento continuo S1

CODIGO ECUAIMCO	MODELO	POTENCIA (HP)	VOLTAJE-FASE	MAX AMP	SUCC / DESC (PULG)	Q =>	m³/h						USO	
							0	6	12	18	36	42		
06523	HFm5ARM	3.00	220V MONOF	13.0	2 x 2		0	100	200	300	600	700		AGR
							lpm	0	100	200	300	600	700	
								27	26.4	24.8	16.2	12		

Ilustración 3-38: Descripción de bomba Pedrollo HF m5ARM.
 Fuente: Pedrollo S.p.A 2023

Para la línea de abastecimiento 2 se ha considerado de acuerdo con las simulaciones (EPANET) y cálculos previos, la bomba Pedrollo Plurijet HF 80-100, la cual posee un voltaje de fase de 220 V MONOF, manejando un amperaje máximo de 5 A, proporcionando un caudal máximo de 120 lpm con un diámetro de tubería de SUCC y DESC de 1 in, suficiente para las necesidades de caudal y presión en esta línea.

ELECTROBOMBA TIPO JET AUTOCEBANTE MULTITETAPA



PEDROLLO
...the spring of life

PLURIJET 80-100

Impulsores y Difusores en Noryl

Características:
 Tipo: Agua Limpia
 Aplicaciones: doméstica, civil
 Usos: abastecimiento de agua, sistemas de presión, irrigación
 Tipología: superficial
 Familia: autocebante

Límites de empleo:
 • Temperatura ambiente hasta +40 °C
 • Altura de aspiración manométrica hasta 9 m (i 5)
 • Temperatura del líquido:
 - de -10 °C hasta +40 °C
 • Presión máxima en el cuerpo de la bomba 6 bar
 • Funcionamiento continuo S1

CODIGO ECUAIMCO	MODELO	POTENCIA (HP)	VOLTAJE-FASE	MAX AMP	SUCC / DESC (PULG)	Q =>	m³/h						USO	
							0	2.4	3.6	4.8	7.2	7.8		
06974	PLURIJETm3/100x	0.75	110V MONOF	10.0	1 x 1	H =>	m	0	40	60	80	120	130	AGR
06230			220V MONOF	5.0				38	31	26	20	5		AGR

Ilustración 3-39: Descripción de bomba Pedrollo HF m5ARM.
 Fuente: Pedrollo S.p.A 2022

A continuación, en la ilustración 3-40 se presenta el diagrama de fuerzas de las bombas en base a las características de cada una de ellas, verificando previamente las condiciones hidráulicas y eléctricas que presente en el sistema a implementar:

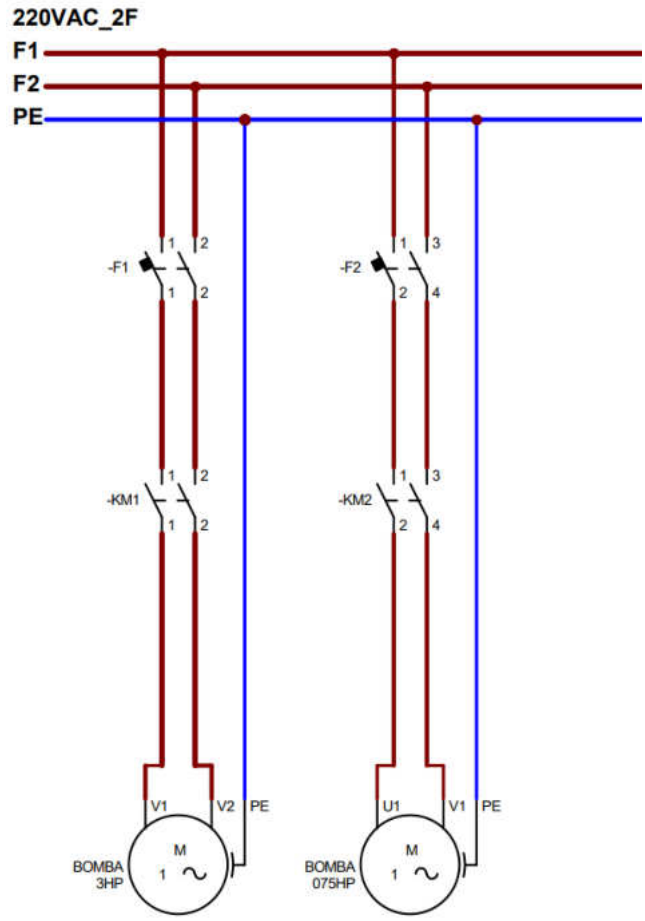


Ilustración 3-40: Diagrama de fuerzas de las bombas.
 Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.7.3 Circuitos de fuerzas del sistema de iluminación

Al hablar del sistema de iluminación es importante detallar las características más importantes del tipo de iluminación seleccionada en el proyecto. La fuente de agua presenta un sistema de iluminación que comprende 2 anillos (externo e interno). Las luces a utilizar son leds de bajo consumo y de larga duración, presentan un grado IP68. En la ilustración 3-41 presentada a continuación se detallan más características de las luces.

IMAGEN DEL ARTÍCULO	DENOMINACIÓN	ESPECIFICACIÓN
	POTENCIA	10 W
	VOLTAJE	12 V
	COLOR DE LUZ	RGB LED LUZ
	MATERIAL	6063 Aluminio
	TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	-10-50°C

Ilustración 3-41: Características de luz led RGB
 Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

El circuito de fuerzas para el sistema de iluminación está compuesto bajo la fuente de alimentación a 110V AC, conjunto de disyuntores, contactores y transformadores. El sistema

presenta dos anillos de iluminación. Las luces externas que se componen por 8 luces leds y en anillo interno compuesto por 4. En la ilustración 3-42, se presenta el diagrama de fuerzas del sistema de iluminación de la fuente de agua.

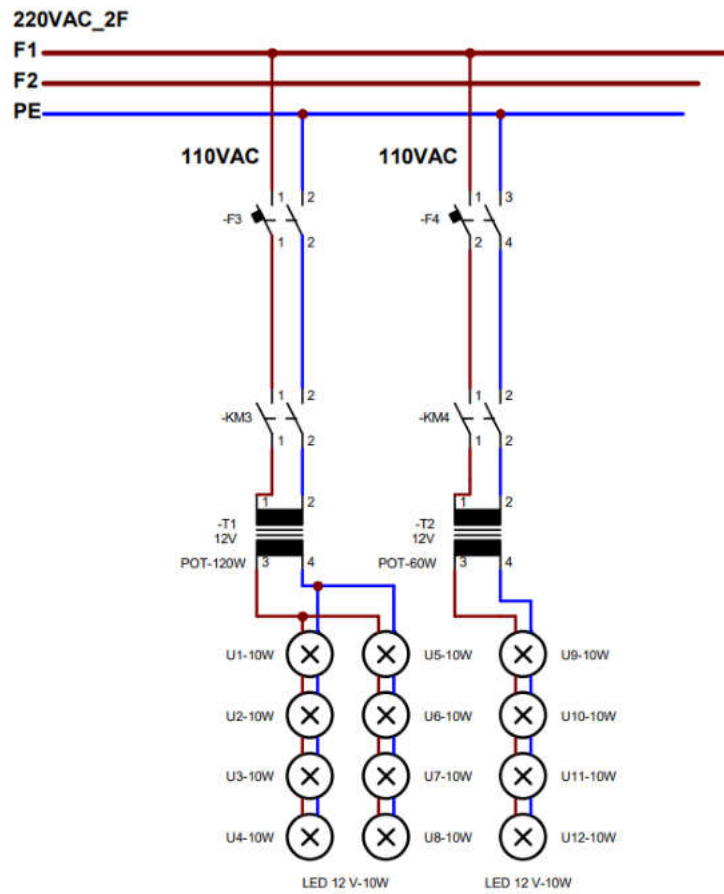


Ilustración 3-42: Diagrama de fuerzas sistema de iluminación
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.7.4 Contactores electromagnéticos

Los contactores electromagnéticos son dispositivos eléctricos que se utilizan para controlar y proteger motores y otros equipos eléctricos de alta corriente. Cuando la energía eléctrica a la bobina se corta, el núcleo se libera y los contactos se abren para interrumpir el flujo de corriente. Los contactores utilizados en el panel de control son 4, 2 hacen mención al manejo y control de las bombas y los 2 restantes a la iluminación del sistema.

Contactores KM1, KM2 para las bombas Q1 y Q2

Es importante seleccionar el tipo de contactor adecuado para la aplicación específica, teniendo en cuenta la corriente y la tensión nominales, así como los requisitos de protección y control. Una selección inadecuada puede resultar en un rendimiento deficiente o incluso en fallas en el sistema. El contactor energiza la bomba respectiva, teniendo en cuenta que el LOGO maneja únicamente el voltaje para la activación directa y con ello el paso de corriente a las Bombas 1 y 2, es decir, al

trabajar con el Logo 230 RC cuya alimentación es de 220 V, se decidió energizar la bobina del contactor de cada bomba con el mismo voltaje.

Para el sistema de implementación se trabajó con los contactores de 3 polos, a 220V, ya que además de cumplir con los requisitos de alimentación para una bomba monofásica, se utilizan 2 de los polos para cada línea y el tercero para el neutro. Además, estos cuentan con contactos adicionales que se utilizan para las luces de señalización de encendido y apagado de la bomba (luces piloto). La ilustración 3-43 muestra la estructura de los contactores utilizados.

Contactos Principales: Fase 1, Fase 2, y Neutro.

Contactores auxiliares: Luz verde (encendido luz piloto).

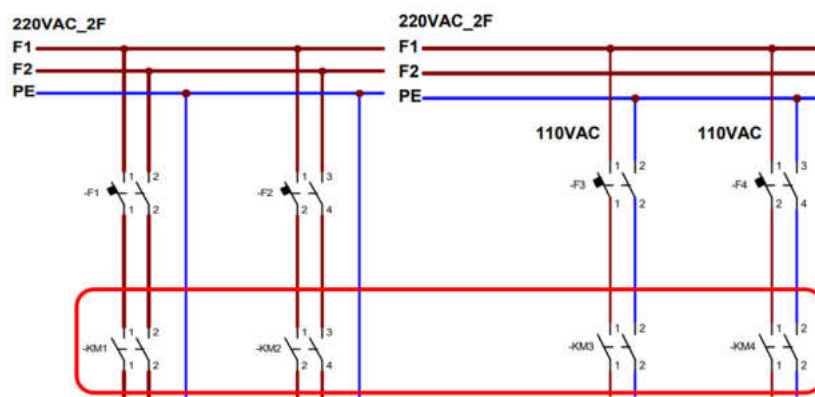


Ilustración 3-43: Diagrama interior de los contactores utilizados.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Contactores Q3, Q4 para la iluminación de la fuente

Los contactores han sido utilizados para producir el encendido de los focos LED que iluminan los chorros de la pileta, en general, con una temporización establecida de cada chorro, mediante el cierre de las salidas de relé del PLC: Q3 y Q4.

Dimensionamiento de contactores KM1, KM2 para las bombas B1, B2.

Considerando que se dispone de dos líneas de abastecimiento que funcionan con dos bombas diferentes es necesario determinar la corriente nominal de cada una de estas líneas del sistema de control.

Para la línea 1, anillo externo, se tiene una bomba de 3 HP monofásica, la cual trabaja a 220 V, su corriente nominal es de:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{3 * 746}{220} = 10.1727 A$$

Para la línea 2, anillo central, se tiene una bomba de 0.75 HP monofásica, la cual trabaja a 220 V, su corriente nominal es de:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{0.75 * 746}{220} = 2.5431 A$$

Considerando la corriente máxima de operación de la placa de las bombas siendo estas de 13 A para la de 3 Hp y 5A para la de 0,75 en condiciones de presión y caudal máximas. Además, se considera que las bombas no tendrán ningún sobre esfuerzo ya que el nivel del agua de succión se encuentra por encima del nivel de las bombas y por ello se considera el valor nominal de la corriente para el trabajo continuo de las mismas. Para un análisis más específico se considera además que al momento de arranque los picos que alcancen la corriente de arranque tendrán un valor de 1.5 veces mayor al nominal, de esta manera se tiene:

$$I = 1.5 * 10.1727 = 15.259 A$$

$$I = 1.5 * 2.5431 = 3.8146 A$$

Frente a estas consideraciones, cálculos previos y verificación en catálogo se seleccionó un contactor de 25 A para la bomba de 3 Hp y un contactor de 13 A para la de 0,75 Hp, de tres polos y dos contactos auxiliares.

Tabla 3-8: Características específicas de los contactores para la iluminación.

Especificación	Contactores KM1	Contactores KM2
V	220V	220V
Ie	25 A	13 A
f	50/60 Hz	50/60 Hz
P	3 Hp	0,75 Hp

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Dimensionamiento de contactores KM3, KM4 para el sistema de iluminación de la fuente:

Los contactores KM3 Y KM4 energizados permiten el encendido de las lámparas sumergibles RGB LED dispuestas en el costado para cada chorro como el chorro central respectivamente. Dichas lámparas tienen 10 W de potencia y necesitan de una alimentación de 12V, con una corriente nominal de 1 A; por lo que se ha optado por un contactor de 9 A, el cual dispone de dos contactores auxiliares con el objetivo señalar el encendido y apagado de la iluminación mediante luces piloto.

3.7.5 Disyuntores

Los disyuntores eléctricos son dispositivos de protección eléctrica que se utilizan para interrumpir el flujo de corriente eléctrica en caso de una sobrecarga o un cortocircuito en un circuito eléctrico. Funcionan como interruptores automáticos que se abren cuando la corriente supera un nivel seguro y eviten daños a los equipos eléctricos y a los edificios.

En el panel de control su uso es esencial ya que garantiza la seguridad y el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos. Para el diseño de la fuente danzante se ha considerado las siguientes posiciones para los disyuntores con el afán de preservar los implementos electrónicos del sistema:

- Alimentación General
- Alimentación del LOGO
- Alimentación de las bombas y de los elementos de iluminación.

3.7.5.1 Dimensionamiento de los disyuntores:

Para el dimensionamiento de los disyuntores es indispensable determinar previamente: corriente nominal, voltaje de trabajo, poder de corte y de cierre, y el número de polos del sistema. En función a estas características se ha recopilado dicha información teniendo en cuenta la corriente máxima presentada en el arranque de los elementos intervinientes como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3-9: Instrumentos intervinientes con el disyuntor.

Instrumentos	
Bomba 3HP	10,17 A
Bomba 0.75 HP	2,54 A
Lámparas c/u	1 A

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Para determinar que disyuntor soportara la carga que mantiene el sistema de análisis se procede a realizar una suma de las corrientes previamente identificadas en la tabla 7-2.

$$\sum P = 10.17 + 2.54 + 12 * 1 = 24.71 A$$

De acuerdo con esto se puede inferir que se debe escoger un disyuntor de 3 polos, a 220 V y de 30 A, con el cual obtendremos una adecuada conservación del sistema.

3.7.6 Selector de dos posiciones

Para nuestra aplicación se utilizará un selector de dos posiciones; es un tipo de interruptor, que presenta dos opciones de conexión eléctrica, funcionan como una especie de "llave condicional" usado netamente para controlar un dispositivo o función en particular. El uso de un selector de dos posiciones radica en el cambio entre dos opciones de conexión eléctrica

A continuación, se describe la cantidad de selectores utilizados y su funcionalidad dentro del sistema de control.

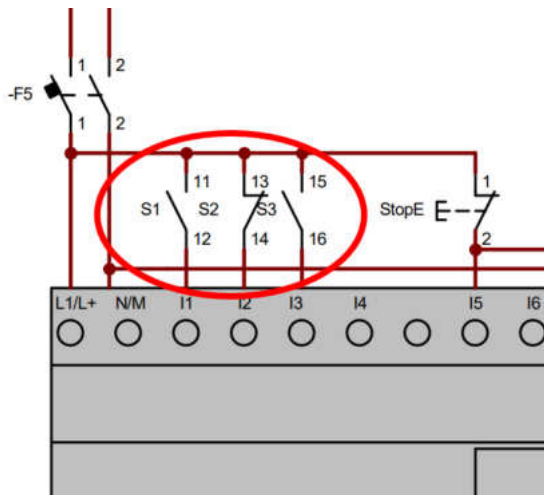


Ilustración 3-44: Ubicación de selectores.

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

- S1 (Selector 1, I1), presenta la selección de inicio y fin del proceso o secuencia (On-Off)
- S2 (Selector 2, I2), utilizado como base de selección de inicio y reinicio de secuencia (Ini-sec/Reini-sec)
- S3 (Selector 3, I3), utilizado en el modo de operación en función a la iluminación (Modo-Op Día / Modo-Op-Noche), ilustración 3-44.

3.7.7 *Paro de Emergencia*

Dentro de la fase del diseño constructivo es importante denotar el uso de un paro de emergencia que se activa mediante un botón de gran tamaño ubicado en un lugar de fácil acceso. El paro de emergencia es parte del tablero de control puesto que es un dispositivo de seguridad crítico, utilizado para intervenciones rápidas, detenciones o paros de equipos (bombas y sistema de iluminación) de existir una anomalía o inseguridad en el sistema. En la ilustración 3-45 se presenta la ubicación del mismo conectado al LOGO, en el puerto de entrada I5.

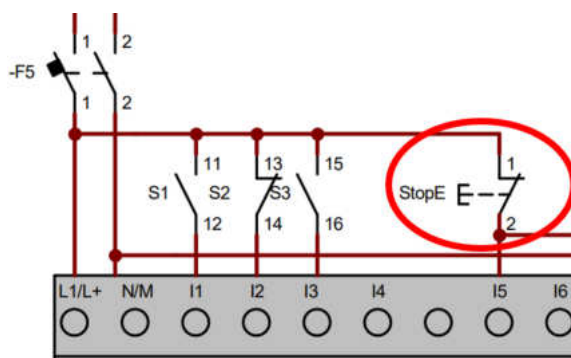


Ilustración 3-45: Ubicación paro emergencia.

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.7.8 *Luces de Señalización o Indicación*

El sistema presentará 4 luces de señalización (luces piloto), una por cada bomba y una por cada sistema de iluminación de la fuente. Las luces piloto determinan el estado de funcionamiento

desde la parte externa del tablero de control, estas se encienden o apagan dependiendo del estado de los circuitos eléctricos.

3.8 Desarrollo del tablero de control

Dimensionado todos los elementos necesarios para el control del sistema automatizado de la fuente danzante, es necesario determinar el tamaño, estructura y disposición de estos dentro del tablero de control para lo cual se utilizará un tablero de 600x400x200.

3.8.1 Exterior del Tablero de Control

Para la distribución interna de los componentes se parte del diseño de la posición de los selectores en la cara frontal del tablero, así como de las luces piloto y paro de emergencia. Para ello se realizó agujeros considerando todos los elementos a ubicar; en la parte superior para las luces piloto, que denotan el estado del sistema, en la parte media se ubicaron los 3 selectores y en la parte inferior el paro de emergencia.

Como se muestra en la ilustración 3-46 los selectores son los destinados al encendido, inicio y reinicio (modo de opresión) del LOGO. Se observa además que el primer selector inicia y apaga las secuencias de control de los chorros de agua de la fuente, el siguiente reinicia el sistema generando una secuencia fija repetitiva; y finalmente el último destinado para el control del sistema de iluminación considerando el día y noche.



Ilustración 3-46: Exterior tablero de control
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.8.2 Interior del Tablero de Control

En el interior del tablero se encuentran los rieles y conductos que permiten acoplar los instrumentos de control, así como los cables que se utilizan para realizar las conexiones. El proceso de instalación comienza con la fijación de 3 filas de rieles de acuerdo con el espaciamiento requerido, involucrando las longitudes y geometría de los elementos a ubicar.

El primer riel, es utilizado para albergar, disyuntores, llaves térmicas bipolares, repartidor de energía de dos fases. En el segundo riel, se ubican los térmicos bipolares para cada elemento (bombas e iluminación) así como también el LOGO, controlador del sistema. La última fila se utiliza para los contactores que permiten el control de los sistemas (iluminación y de bombeo).



Ilustración 3-47: Interior del tablero de control
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.8.2.1 Calibre AWG de cables

En la construcción y armado del tablero de control es de suma importancia considerar el calibre del cable; American Wire Gauge (AWG) una medida estándar utilizada para describir el diámetro y la sección transversal de los cables eléctricos.

El calibre AWG es importante porque afecta la capacidad de conducción de corriente y la resistencia eléctrica de los cables. Los cables de mayor sección transversal pueden soportar una corriente más grande sin superar su límite de temperatura.

De acuerdo con las condiciones del sistema se observa que las bombas manejan un amperaje nominal y un amperaje de arranque. Es así que para la bomba 1 se tiene un amperaje de arranque

de 15.25 A, por ende, de acuerdo a la tabla 19-2 se concluye que se necesita de cable 10 AWG el cual soporta un rango mayor, pero genera un rango de seguridad en el sistema. Para el caso de la bomba 2, se observa que se tiene un amperaje de arranque de 3.81 A, por ello de acuerdo a la tabla antes descrita se necesitaría el cable 10 AWG para mantener de igual manera un rango de seguridad en el sistema.

El cable necesario para la alimentación que sale del disyuntor y alimenta al repartidor de dos polos, sería el 8 AWG, ya que este debe soportar una carga de 30 A; y al igual que los demás cables este soporta más de lo necesario en el sistema.

Se debe citar que el cable utilizado en el control del sistema, entradas y salidas del LOGO, cable serial 18 AWG, puesto que el logo no maneja corriente, su uso netamente está enfocado con las señales que activan las bobinas de los contactores.



Ilustración 3-48: Cableado tablero de control
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.9 Desarrollo del Software de Control

El proceso empieza energizando el tablero de control, teniendo en cuenta las secciones que comprende e interconectan al programa (LOGO), estas son:

- Energizado del sistema.
- Seteo inicial.
- Secuencias de control.
- Encendido de los equipos (bombas e iluminación)

3.9.1 *Energizado del sistema (bombas e iluminación)*

En este apartado se describe el proceso que toma energizar las bombas y las luces leds, su inicio empieza cuando se cierra los disyuntores, y los breakers térmicos bipolares que controla la bomba (1-2), y el sistema de iluminación (anillo externo-interno) ubicado en el tablero de control. Los

motores de las bombas empiezan su ciclo en funcionamiento del controlador teniendo en cuenta que su arranque tarda 0.3 segundos aproximadamente en relación al encendido del sistema de iluminación. Tiempo que el fluido impulsado por el sistema de bombeo tarda en llegar a las boquillas.

Diagrama de Flujo para el encendido del sistema

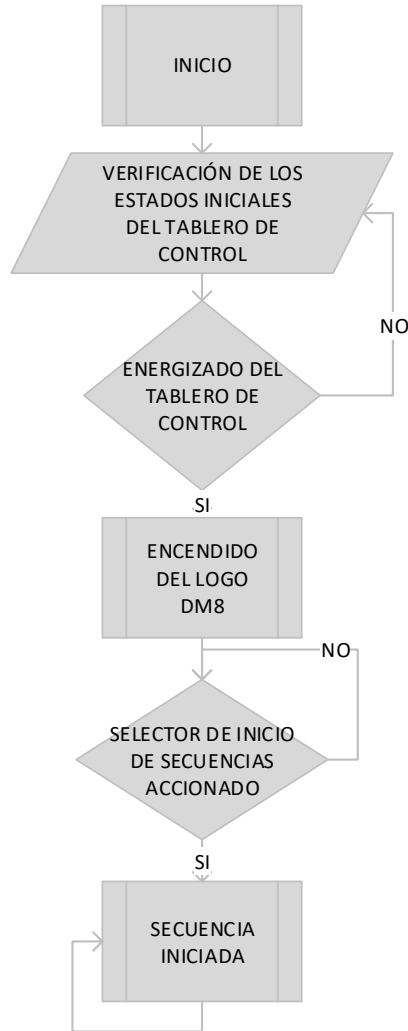


Ilustración 3-49: Diagrama de flujo encendido general.

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.9.2 Paros de bombas e iluminación

Bajo el análisis de la misma sección del controlador de motores, el Logo determina el comportamiento, así como también la desenergización del de la bobina del contactor que tiene cada bomba. Es importante considerar que los paros se los realizar por fuerza mayor, falla externa o cualquier tipo de anomalía, en caso de que sea requerido, el sistema presenta 2 paros.

- Paro 1, Selector, reinicio de la secuencia del sistema. Desenergiza las salidas Q1, Q2, Q3, Q4; consecuentemente las bombas y la iluminación.

- Paro 2, paro de emergencia. Desenergiza el sistema.

3.9.3 Diagrama de Paro para bombas bajo interrupciones externas

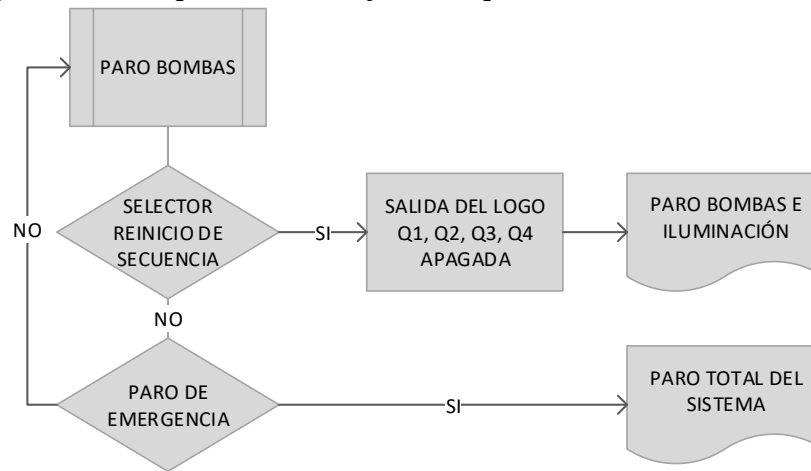


Ilustración 3-50: Diagrama de paro bajo interrupciones externas.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.9.4 Paro General del Sistema

El paro general o de emergencia, dispositivo instalado para la detención de manera inmediata del sistema de control ante una situación emergente o de riesgo inminente.

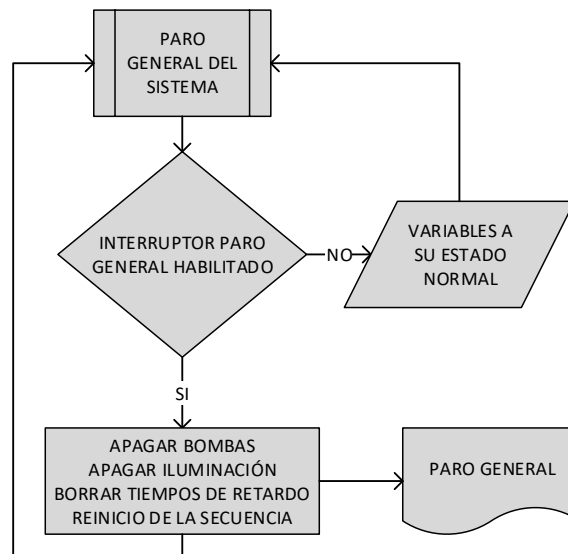


Ilustración 3-51: Diagrama paro de emergencia.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.9.5 Regulación y Control de los tiempos de Secuencia

En esta sección se define el control, se establecen los tiempos que regulan una secuencia, así como también los diferentes parámetros que controlan el sistema.

El sistema empieza activando el selector, “ON_SEC” que empieza estando normalmente abierto, encargado de activar y habilitar las secuencias una vez que el sistema se encuentre energizado en función al tiempo que establece el retardo del ciclo de cada una.

Es importante recordar que para que se repita continuamente las 3 secuencias, se parte de la marca M3 que permite disparar el autoenclavador que prepara la marca M1 (secuencia 1) al compararse con el seteo de tiempo comienza nuevamente el conjunto de secuencias.

Cada secuencia tiene su marca representativa, en este caso se denotan por, M1, M2, M3; sus designaciones están bajo la misma lógica y tiempo regulado.

Nota: Si el selector se encuentra activado “ON_SEC”, se mantendrá repitiéndose la secuencia última que se esté realizando.

3.9.5.1 Diagrama de Flujo de Regulación Tiempos de Secuencia

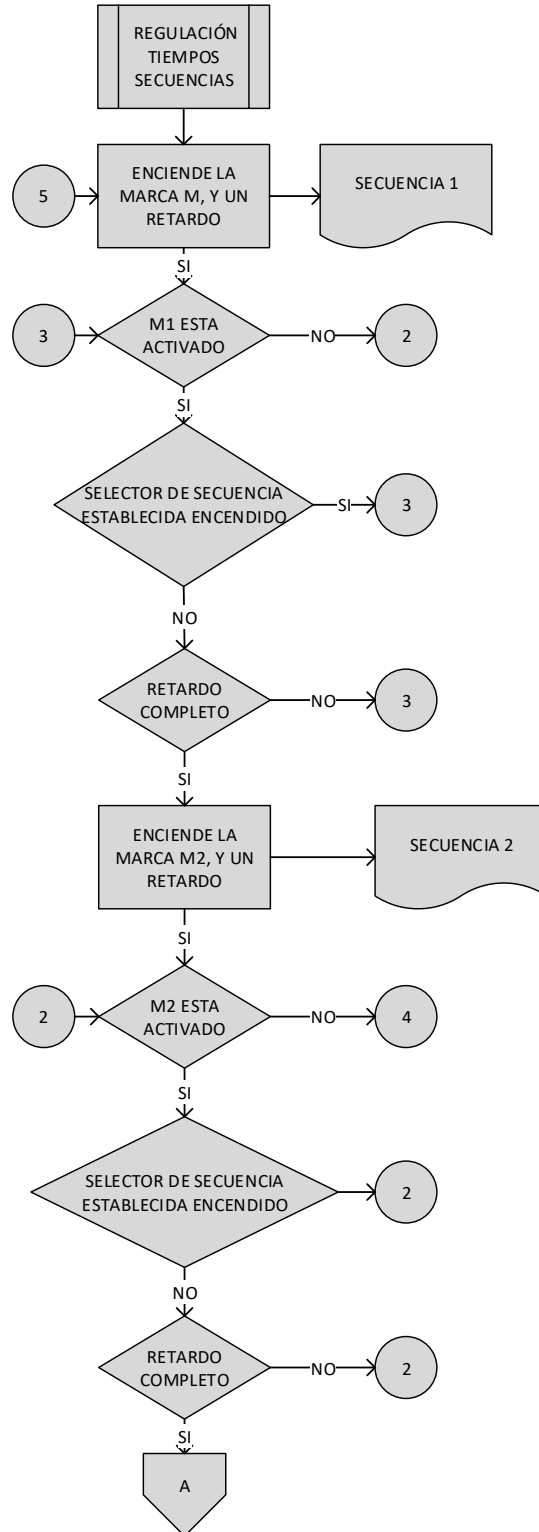


Ilustración 3-52: Diagrama de flujo de regulación tiempos de secuencia-a

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

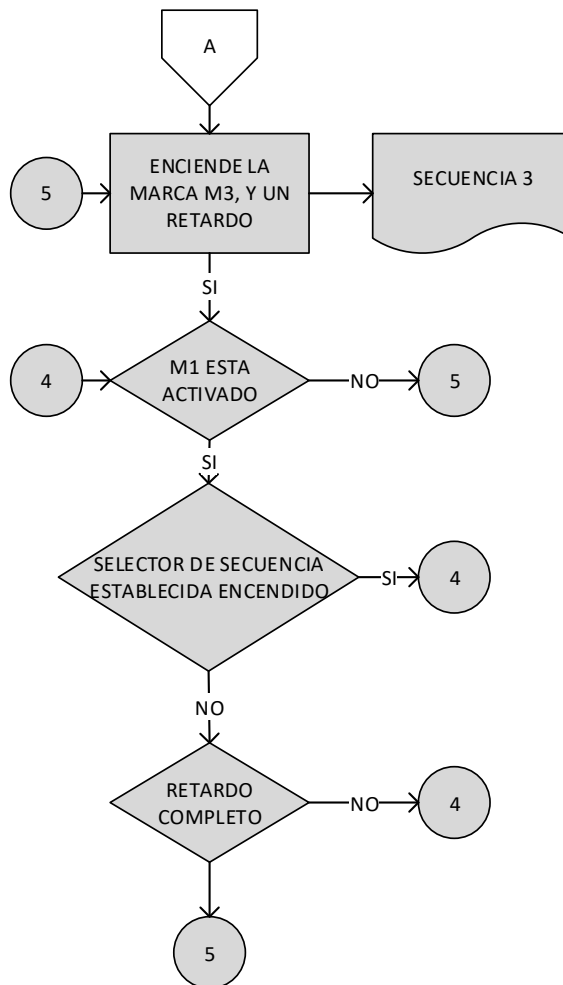


Ilustración 3-53: Diagrama de flujo de regulación tiempos de secuencia-a'

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.9.6 Secuencias de control para chorros de agua

El apartado tiene como objeto determinar las secuencias establecidas para el funcionamiento del sistema mediante la variación de estilos, formas; controlando los actuadores que establecen y determinan la creación de los chorros.

Para iniciar el proceso, tal y como se mencionó previamente, se utiliza un selector que no mantiene la conexión y que normalmente está en posición abierta, denominado "ON SEC". Este botón permite activar las secuencias de manera consecutiva, siempre y cuando el sistema esté energizado. De esta forma, se podrán ejecutar las secuencias una tras otra, según el tiempo estipulado por el retardo correspondiente para la conexión que es de 1 minuto entre secuencia.

El propósito de esta sección de control es generar todas las secuencias necesarias con el fin de permitir la variación en cuanto a formas y estilos de las secciones de la fuente de manera secuencial, en lugar de mantenerlas fijas y limitadas. De esta manera, se pueden crear diversos estados en cada secuencia que permiten ilustrar distintas características. Cada estado define cuál

sección de la fuente debe ser encendida, durante cuánto tiempo y en qué orden debe ser ejecutada. Se determinan de esta manera los diferentes estados para cada secuencia en un tiempo determinado. Cada secuencia determina el encendido, tiempo de duración y el orden programado para su funcionamiento, bajo esta definición se han designado 3 secuencias las cuales se detallan a continuación en un ciclo de 7 minutos con 1 minuto de retardo entre cada una.

3.9.6.1 Secuencia 1

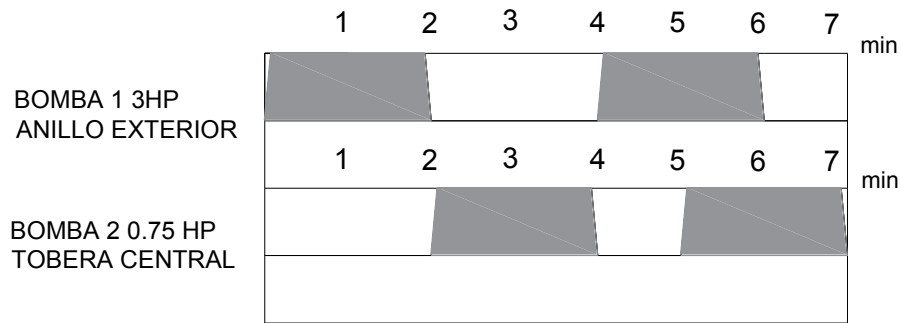


Ilustración 3-54: Secuencia 1 de control para chorros de agua

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.9.6.2 Secuencia 2

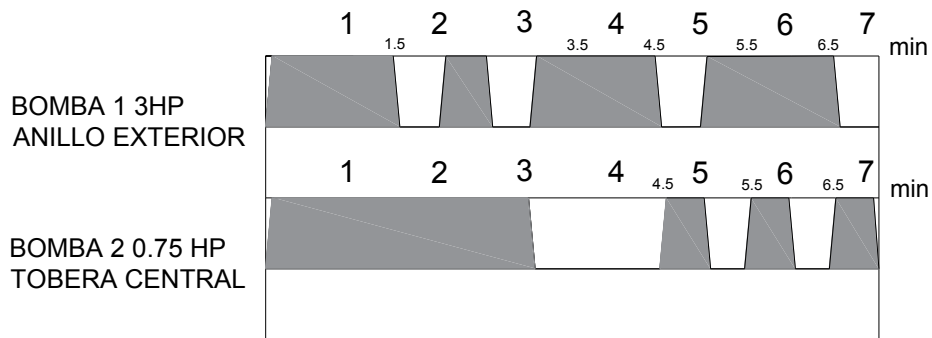


Ilustración 3-55: Secuencia 2 de control para chorros de agua

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.9.6.3 Secuencia 3

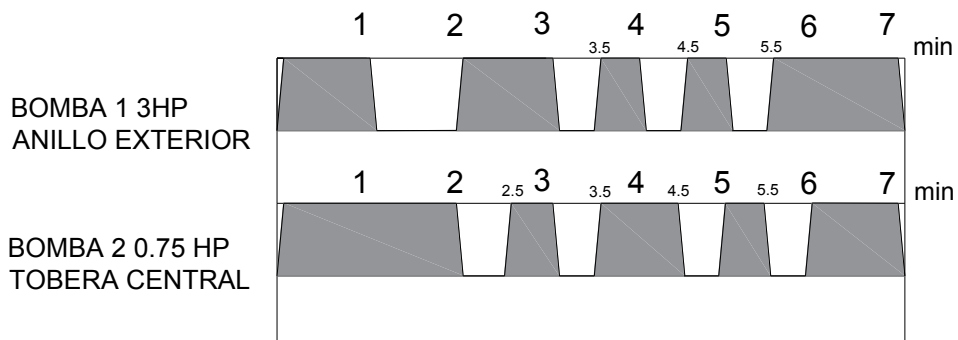


Ilustración 3-56: Secuencia 3 de control para chorros de agua

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.9.7 Control y manejo del sistema de iluminación

El sistema de iluminación es controlado por el LOGO, comprende las salidas Q3 y Q4 para el anillo externo y central respectivamente. Las salidas Q3 y Q4 activan las bobinas de los contactores KM3 y KM4 permitiendo el encendido del sistema de iluminación. Es importante resaltar que el sistema de iluminación presenta 2 modos de operación mediante el selector I3 en función al día (apagadas) y a la noche (encendidas) conjuntamente con las secuencias establecidas para el sistema de bombeo con un retardo en el encendido de 0.3s.

Las formas para el control de iluminación en la fuente de agua los las descritas a continuación:

- Encendido del sistema de iluminación (anillo central-anillo externo) o bien, de manera individual y en secuencia.
- Encendido total o parcial del sistema por tiempos, en función a los chorros anillo central o externo.

El control de iluminación es llevado a cabo mediante el software, tal y como se ha explicado anteriormente. Para encender las luces, es necesario utilizar el selector I3, el cual se encuentra ubicado en el tablero de control como tercer selector. De esta manera, se permite el encendido o apagado manual en caso de que sea necesario.

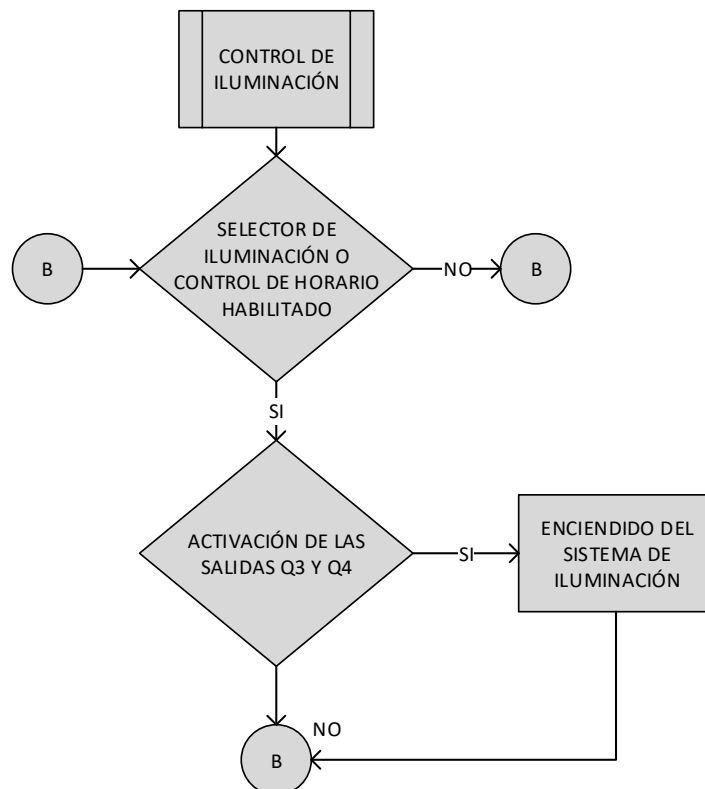


Ilustración 3-57: Diagrama de flujo control de iluminación
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.9.8 Mensajes de Aviso en Pantalla

Mediante el uso de la pantalla del LOGO se puede presentar mensajes de aviso, notificaciones, alertas o mensajes informativos. Se presentan mensajes para comunicar información relevante al usuario de manera clara y directa.

El LOGO durante el desarrollo del software muestra varios mensajes. La ilustración 3-58 denota un texto de aviso en caso de paro de emergencia.

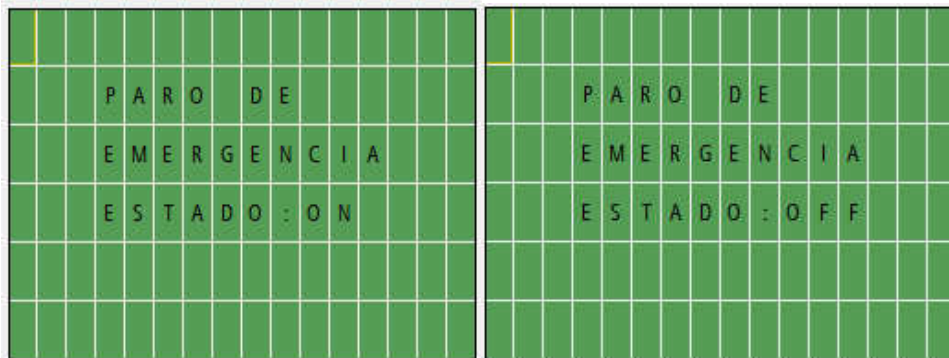


Ilustración 3-58: Texto aviso paro de emergencia

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

La ilustración 3-59 presenta el mensaje de aviso frente al modo de operación: Día/Noche

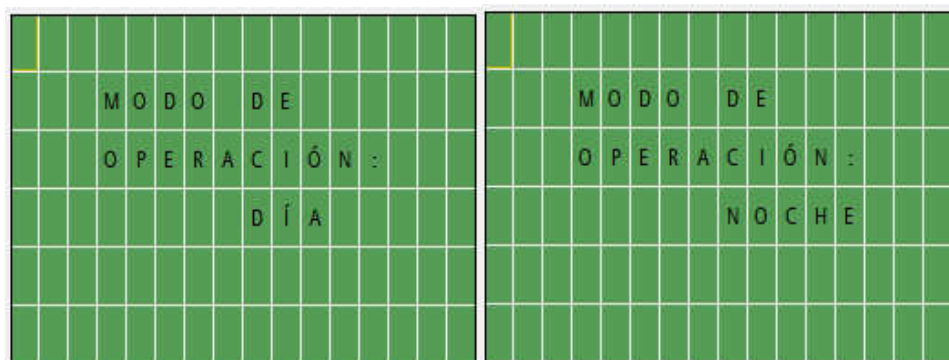


Ilustración 3-59: Texto aviso modo de operación: día/noche

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

La ilustración 3-60 indica el mensaje de aviso para la secuencia establecida

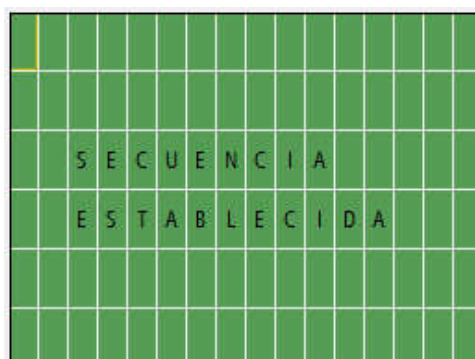


Ilustración 3-60: Secuencia establecida

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

La ilustración 3-61 indica el mensaje para el estado; del sistema de bombeo, iluminación y tiempo de la secuencia

W	e	1	8	:	2	2	W	e	1	8	:	2	3
B	O	M	B	A	I	: O F F	B	O	M	B	A	I	: O N
B	O	M	B	A	E	: O F F	B	O	M	B	A	E	: O F F
L	U	Z	E	X	T	: O F F	L	U	Z	E	X	T	: O N
L	U	Z	I	N	T	: O F F	L	U	Z	I	N	T	: O F F
T	I	E	M	P	O	: 0 0 : 0 0 m	T	I	E	M	P	O	: 0 0 : 5 2 m

Ilustración 3-61: Texto aviso estado general del sistema

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

La ilustración 3-62 indica el mensaje para el estado de reposo o espera del sistema de control

2	0	2	3	-	0	4	-	1	2
W	e	1	9	:	3	5			

Ilustración 3-62: Estado de reposo

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

3.9.9 Plan de Mantenimiento

El plan de mantenimiento de una fuente de agua es crucial para garantizar su funcionamiento continuo y prolongado, y para evitar posibles fallas que puedan causar daños al equipo y aumentar los costos de reparación. Un plan de mantenimiento adecuado también asegura que la fuente de agua siga operando eficientemente, y que siga produciendo el efecto visual y estético deseado.

El plan de mantenimiento que se presenta permite detectar y prevenir posibles problemas antes de que se conviertan en fallas críticas. También puede ayudar a prolongar la vida útil del equipo y reducir los costos de reemplazo, además ayudar a maximizar la eficiencia y la vida útil de la fuente de agua, minimizar los costos de mantenimiento y reparación, y de esta manera la fuente siga siendo una atracción visual y estética para su entorno.

A continuación, se presenta 5 consideraciones en las que se basa el plan de mantenimiento para la fuente de agua:

Inspección semanal del sistema de bombas:

- Verifique el nivel de agua y agregue agua fresca según sea necesario.
- Verifique que las bombas estén funcionando correctamente y no haya fugas de agua.
- Limpie las rejillas de entrada de la bomba para evitar obstrucciones.
- Asegúrese de que los filtros de la bomba estén limpios y reemplácese si es necesario.
- Verifique que las tuberías de entrada y salida de la bomba estén limpias y sin obstrucciones.

Limpieza quincenal de las luces acuáticas:

- Apague la fuente de agua y desconecte la energía eléctrica del panel de control.
- Retire las luces acuáticas del agua y limpie los lentes y los soportes de montaje.
- Inspeccione los cables de las luces y reemplace cualquier cable dañado.
- Vuelva a instalar las luces en su lugar y encienda la fuente.

Revisión mensual del panel de control:

- Verifique que el panel de control esté funcionando correctamente y que todas las funciones estén operando correctamente.
- Inspeccione el cableado eléctrico y asegúrese de que esté correctamente conectado y no haya cables dañados.
- Verifique que los elementos llaves térmicas y contactores del panel de control estén funcionando correctamente y reemplace cualquier elemento defectuoso de ser el caso.
- Limpie el panel de control para evitar acumulación de polvo y suciedad.

Mantenimiento anual de las bombas:

- Apague la fuente de agua y desconecte la energía eléctrica del panel de control.
- Desconecte las bombas y retire las carcasas de las bombas.
- Limpie las partes internas de las bombas y reemplace cualquier parte desgastada o dañada.
- Vuelva a ensamblar las bombas y vuelva a conectarlas.
- Encienda la fuente y verifique que las bombas estén funcionando correctamente.

Inspección mensual de la fuente: (1 vez por mes)

Frente a las condiciones ambientales, realizar el vaciado de la fuente, limpieza de paredes y fondo.

Inspección semestral de la fuente:

- Inspeccione toda la fuente de agua y busque signos de desgaste o daños.
- Reemplace cualquier pieza dañada o desgastada según sea necesario.
- Limpie la fuente de agua y retire cualquier acumulación de suciedad o escombros.

- Verifique que todas las tuberías y accesorios estén correctamente conectados y no tengan fugas.

Este es un plan de mantenimiento básico para la fuente de agua considerando que el mantenimiento regular asegurará que la fuente siga funcionando correctamente prolongando su vida útil. Es importante seguir las pautas para el mantenimiento de la fuente de agua para garantizar así el rendimiento óptimo, produciendo el efecto visual y estético deseado.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Construcción de la fuente

Una vez definida su estructura, sus parámetros geométricos que determinan el volumen de la fuente, en 8 chorros que forman el anillo externo y una tobera central que definen la red hidráulica. Empieza la construcción con criterios técnicos de infraestructura, denotando un tratamiento y mejoramiento de suelo (plástico impermeabilizante, material de relleno liviano), piedra bola, para posteriormente definir y colocar la red de tuberías que serán fundidas conjuntamente con la base. A continuación, se detalla el proceso constructivo.

- a) Se trabaja en el mejoramiento de suelo (impermeabilizante, material liviano), en lo posterior se coloca la piedra bola que será base de la estructura de la fuente como se denota en la ilustración 4-1.



Ilustración 4-1: Mejoramiento de suelo

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

- b) Se definen los tramos que en conjunto forman la red de tuberías, se procede con la implementación de la varilla electrosoldada así como también del armado de las varillas que fijan las paredes de la base, seguido se deja la manguera para las conexiones eléctricas como se presenta en la ilustración 4-2.



Ilustración 4-2: Red de tuberías, fijación de malla y varilla
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

- c) Se procede con la fundición del hormigón de la base, conjuntamente con las paredes de la fuente garantizando un sellado del sistema. Es importante considerar que el sistema necesita un cuarto de control, donde estarán ubicados los controladores y las bombas del sistema como se presenta en la ilustración 4-3.



Ilustración 4-3: Fundición de hormigón base y paredes de la fuente.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.2 Canalización de toberas y redes de alimentación

Las salidas de agua de cada chorro son controladas con una válvula reductora de presión, que trabaja como válvula reguladora de altura, es decir, mantiene la presión en las líneas de suministro (red anillo interior/ red anillo exterior). El sistema presenta una altura simétrica por parte de las 8 toberas, que hace juego con la altura alcanzada por la tobera central.



Ilustración 4-4: Canalización red de tuberías, instalación sistema de bombeo.

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Es importante acotar que cada tobera que compone el anillo exterior presenta además una válvula de paso por cada boquilla; su función está enfocada en mantener una presión establecida, así como también reducir las diferencias de altura generadas por la configuración de la red del sistema.



Ilustración 4-5: Instalación de toberas

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.3 Instalación e Impermeabilización en la Fuente de agua.

4.3.1 *Instalación e Impermeabilización de las redes de iluminación*

La impermeabilización de la red de iluminación es de suma importancia puesto que ayuda a prevenir cortocircuitos al tener exposición directa con el agua. Si la red de iluminación no está correctamente conectada e impermeabilizada se corre el riesgo de dañar los equipos o reducir su vida útil, llevando a costosos reemplazos en equipos e iluminación.

En la instalación e impermeabilización de la red de iluminación en la fuente de agua, se realizó un procedimiento cuidadoso, que empieza por el montaje y fijado de las luces led IP68

considerando que se trabaja con 12V en DC por lo que es crucial realizar un correcto empalme mediante el proceso de soldadura con estaño, seguido del procedimiento que se presenta a continuación.

- Identificación de los puntos de entrada de agua.
- Limpieza de la superficie antes de aplicar cualquier material impermeabilizante.
- Aplicar sellador.
- Aplicar impermeabilizante.

Es importante que el proceso de impermeabilización se realice en condiciones climáticas favorables (ambiente cálido). En la ilustración 4-6, se denota, el sellado e impermeabilización de la red de iluminación, así como también el sellado de la superficie del suelo de la fuente de agua.



Ilustración 4-6: Instalación e impermeabilización de las redes de iluminación
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.3.2 Impermeabilización del cuarto de control

Si el cuarto de control no está adecuadamente impermeabilizado, puede haber filtraciones de agua en momentos de lluvia o inundaciones, lo que aumenta el riesgo de daños a los equipos y aumenta los costos de mantenimiento y reparación. Por esta razón, la impermeabilización del cuarto de control es una medida preventiva importante que puede ahorrar costos a largo plazo y mantener el correcto funcionamiento de la fuente.

El proceso de impermeabilización se realizó mediante el pintado del cuarto de control con pintura epoxi por su durabilidad y resistencia a la humedad y a los fluidos. En la ilustración 4-7 se evidencia el proceso.



Ilustración 4-7: Impermeabilización del cuarto de control
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.3.3 Impermeabilización de paredes y fondo de la fuente

La impermeabilización de las paredes y el fondo de la fuente de agua es una parte importante del proceso de construcción para garantizar que la fuente se mantenga libre de fugas y se conserve en buenas condiciones a largo plazo para lo cual se utilizó pintura epoxi por su durabilidad y resistencia a la humedad y a los fluidos.



Ilustración 4-8: Impermeabilización paredes y fondo de la fuente
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.4 Pruebas de funcionamiento del tablero de control

Antes de montar un tablero de control en el campo, es importante realizar una serie de pruebas para asegurarse de que el tablero esté en buen estado y funcione correctamente. Estas pruebas pueden incluir:

Verificación visual: se inspecciona el tablero de control para detectar cualquier daño físico o defectos de fabricación. Asegurándose de que todos los componentes estén en su lugar y no estén sueltos.

Pruebas de continuidad: se usa un multímetro para verificar la continuidad eléctrica en todo el tablero de control. Esto garantiza que no haya cortocircuitos ni interrupciones en el circuito eléctrico o de control.

Pruebas de resistencia: se utiliza un ohmímetro para medir la resistencia eléctrica de los componentes individuales del tablero de control, como los selectores, contactores y llaves térmicas. Se debe asegurar que todas las lecturas estén dentro del rango aceptable.

Pruebas de carga: se conecta una carga simulada al tablero de control para probar la capacidad de carga del circuito. Se asegura que el circuito pueda manejar la cantidad de corriente requerida sin sobrecalentarse o sobrecargarse.

Pruebas de funcionamiento: se realizan pruebas de funcionamiento en el tablero de control para asegurarse de que todos los componentes estén funcionando correctamente y que el tablero de control esté operando según las especificaciones requeridas de cada secuencia. Esto incluye pruebas de encendido/apagado, pruebas de secuencia de operación y pruebas de emergencia con ayuda de las luces piloto como se observa en la ilustración 4-9.

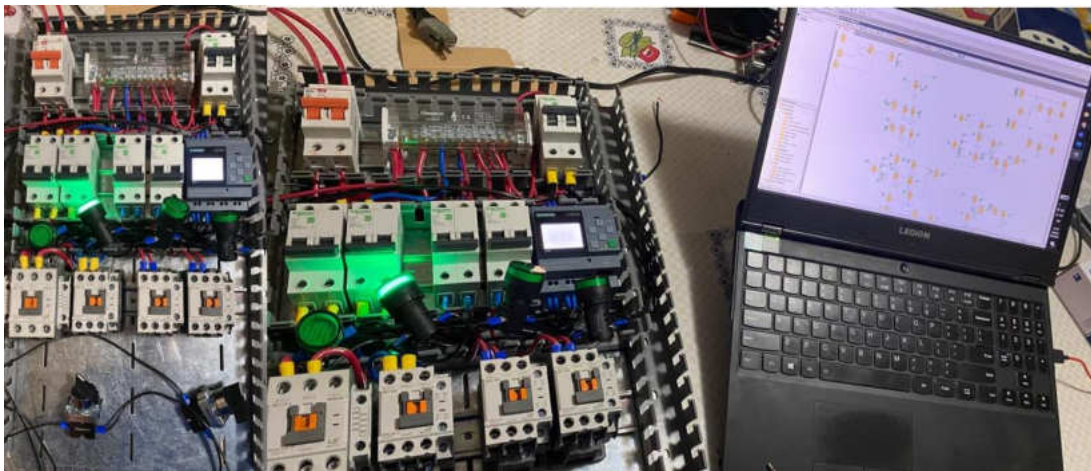


Ilustración 4-9: Pruebas de funcionamiento tablero de control
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.5 Montaje tablero de control

Luego de verificar el funcionamiento del tablero, se procede con el montaje en campo considerando el posicionamiento dentro del cuarto de control considerando su accesibilidad para su operación como se presente en la ilustración 4-10. Luego del montaje en campo se realizan actividades de verificación.

Prueba de conexión de cableado: se verifica que todos los cables estén conectados correctamente según el diagrama de cableado y que estén firmemente sujetos. Se usa un multímetro para verificar la continuidad de los cables y asegurarse de que estén conectados a los terminales correctos de las bombas y del sistema de iluminación.

Verificación de la fuente de alimentación: se verifica que la fuente de alimentación esté funcionando correctamente y entregue la tensión y corriente adecuadas para el funcionamiento de la fuente de agua.

Prueba de tensión bombas de agua: se verifica que la bomba de agua esté conectada correctamente. Se prueba de tensión sistema de iluminación: se verifica que el sistema de iluminación esté conectado correctamente.

Prueba de funcionamiento general: se realiza una prueba general del funcionamiento del tablero de control y la fuente de agua para asegurarse de que todo funcione según lo previsto.



Ilustración 4-10: Montaje del tablero de control
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.6 Pruebas del sistema de iluminación

Se realizaron las pruebas en el sistema de iluminación LED RGB (que permite la combinación de luz de diferentes colores para crear efectos visuales) en el proceso se siguieron los siguientes pasos:

Encendido y apagado: se verifica que todas las luces se enciendan y apaguen correctamente, además se comprueba que los contactores, y transformadores funcionen correctamente y que no haya interrupciones en el suministro eléctrico.

Combinación de colores: se prueba la capacidad del sistema para combinar diferentes colores y producir el resultado deseado considerando que son luces RGB. Se comprueba la precisión en la mezcla de los colores primarios (rojo, verde y azul) para obtener otros colores.

Intensidad de luz: se verifica que la intensidad de luz de cada LED sea la adecuada para el espacio en el que se encuentra. Si es necesario, se pueden realizar ajustes en la intensidad mediante reguladores o atenuadores.

Ángulo de iluminación: se verifica que el ángulo de iluminación sea el adecuado para el espacio en el que se encuentra. Si es necesario, se pueden realizar ajustes mediante la unión articulada de lámpara con la platina de fijación al suelo.

Control remoto: puesto que cada luminaria cuenta con un control remoto, se prueba su capacidad para cambiar los colores, la intensidad y los efectos de iluminación a distancia teniendo de esta manera un control dinámico del sistema de iluminación.

Es importante realizar estas pruebas con precaución y siguiendo las instrucciones del fabricante. Además, es importante recordar que las pruebas del sistema de iluminación LED RGB deben realizarse de manera segura y cumpliendo con todas las normativas y estándares aplicables netamente en la conexión.

Al término de todas las pruebas de iluminación, ajuste de altura, ángulo, se presenta resultados favorables, el sistema cumple con las condiciones, distribución, y calidad; iluminando el entorno de la fuente, mejorando la estética, seguridad y ambientación del entorno. En la ilustración 4-11, se observa las pruebas de iluminación dirigidas a cada tobera en el anillo externo e interno con colores alternados.



Ilustración 4-11: Prueba del sistema de iluminación anillo interno y externo

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

En la ilustración 4-12, se presentan las pruebas de iluminación dirigidas a las 4 luminarias que componen el anillo central.



Ilustración 4-12: Prueba del sistema de iluminación anillo interno

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

En la ilustración 4-13, se presenta las pruebas de iluminación dirigidas a las 12 luminarias que componen la fuente bajo un mismo color



Ilustración 4-13: Prueba del sistema de iluminación anillo interno y externo
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.7 Pruebas de elevación de agua con las bombas

Antes del encendido de bombas es importante considerar el estado de las válvulas presentes en las redes de alimentación y descarga, estas deben estar abiertas en su totalidad. Considerando que ambas bombas presentan un sistema autocebante se procede al llenado de la cavidad de la bomba o del cuerpo de la misma antes de iniciar el proceso de bombeo.

Cada bomba se enciende individualmente y en conjunto, para suministrar agua a todas las redes de tubería instaladas. Las pruebas de chorros parte del ajuste de alturas de cada tobera de la fuente y se comprueba que no haya obstrucciones en ninguna de las boquillas de salida.

4.7.1 Prueba de Chorros

Una vez encendidas las bombas que alimentan la red de tuberías, se procede al ajuste del juego de alturas con ayuda de las válvulas que controlan cada tobera. Al tener una altura (media-alta) en el anillo externo, se procede al cierre parcial de la válvula reductora de presión presente a la salida de la bomba de 3Hp, para lograr el acondicionamiento y alcanzar la altura a la que fue diseñada el sistema, generando un chorro parabólico de 1,75 m de altura con un alcance horizontal regulable. En la ilustración 4-14, se observa el alcance inicial de alturas del anillo externo en la fuente de agua.



Ilustración 4-14: Prueba sistema de bombeo, anillo externo
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Para la tobera central, se realizó la prueba individual donde se pudo observar que se tenía que corregir la distribución de las boquillas que son parte de la tobera, generando una mejor apreciación visual del sistema. En la ilustración 4-15 se observa el alcance inicial del sistema inicial.



Ilustración 4-15: Prueba sistema de bombeo, tobera central
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.7.2 Corrección prueba de chorros

Para la regulación gradual en presión, considerando que se necesitaba generar 8.79 mca en pérdidas como denotada el diseño previo a la inserción de una válvula de regulación que ayudará en la obtención de una consigna de salida de 5.55 mca, como se identifica en la ilustración 4-16.

Propiedad	Valor
*ID Válvula	2'
*Nudo Inicial	14
*Nudo Final	n20
Descripción	
Etiqueta	
*Diámetro	50
*Tipo	Regulación
*Consigna	5.55

Ilustración 4-16: Consigna val. reductora de presión.

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

Luego de realizar la regulación gradual en presión para cada tobera, se logró obtener el punto de operación para el que fue diseñado logrando así cumplir con las condiciones de presión y caudal frente a las diferencias existentes por la ubicación en la red de tuberías.

En la Ilustración 4-17, se observa la funcionalidad del sistema en el punto de operación para el que fue diseñado.



Ilustración 4-17: Anillo externo operando en el punto de diseño.

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

De la misma manera se corrigió la distribución de las boquillas de la tobera central obteniendo una mejor constitución con los juegos de agua, en la ilustración 4-18 se puede evidenciar su comportamiento.



Ilustración 4-18: Tobera central operando en el punto de diseñado.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.8 Pruebas de secuencias de chorros e iluminación

Luego de controlar y solucionar los inconvenientes suscitados en las pruebas de chorro se procede con una prueba general del funcionamiento del sistema de bombeo, iluminación y control; verificando su funcionalidad y los diferentes efectos a conseguir en base a las diferentes secuencias de trabajo.

La ilustración 4-19 presenta el funcionamiento del anillo externo en conjunto con las luces ubicadas para cada tobera.



Ilustración 4-19: Funcionamiento sistema de iluminación, toberas del anillo externo
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

La ilustración 4-20 presenta el funcionamiento de la boquilla central en conjunto con las cuatro luces ubicadas en el anillo interno.



Ilustración 4-20: Funcionamiento sistema de iluminación y tobera central

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

La ilustración 4-21 presenta el funcionamiento general del sistema de control, bombeo e iluminación.



Ilustración 4-21: Funcionamiento general del sistema.

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.9 Verificación de corriente Eléctrica

Finalmente se verificó con una pinza amperimétrica la corriente eléctrica que consumen las bombas de agua siendo una buena práctica para verificar si están funcionando dentro de su rango normal de operación. Para realizar esta medición, es necesario utilizar un amperímetro en serie con la alimentación eléctrica de la bomba. Es importante tener en cuenta que la corriente eléctrica que consume una bomba puede variar dependiendo de factores como la carga hidráulica, el caudal de agua y la velocidad de rotación del motor, por ello se realiza la medición en diferentes momentos para obtener una lectura más precisa y compararla con los valores de corriente eléctrica que se especifican en la placa del motor de la bomba teniendo valores de (8.5 A y 2,5 A) para las

bombas de 3 Hp y 0,75 Hp respectivamente mostrados también en la ilustración 4-22. Si la corriente medida es significativamente mayor o menor que los valores normales, puede indicar un problema en la bomba o en su sistema de control.



Ilustración 4-22: Verificación corriente eléctrica.
Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.10 Análisis de costos

Se realizó un estudio económico para determinar la factibilidad de una fuente de agua danzante con chorros sincronizados, que cumpla con un programa integralmente desarrollado, para realizar de manera automática varios juegos de agua y además cambiar la altura de los chorros, sin olvidar los diferentes juegos de luces que combinan sus colores.

Para un mejor entendimiento de la clasificación de los costos se han dividido en dos grupos, el uno son los costos directos y el otro los costos indirectos. Dentro de los costos directos están los instrumentos hidráulicos, instrumentos de control eléctrico, costos de iluminación.

4.10.1 Costos Directos

4.10.1.1 Costos Instrumentos Hidráulicos:

Los Costos de los Instrumentos Hidráulicos se ven reflejados en los elementos que forman parte del entramado de tuberías de conducción del agua, sus acoples, elementos de unión, filtros, adaptadores, entre otros. Así también se consideran como costos hidráulicos las bombas utilizadas para alimentar las dos líneas previamente detalladas en el capítulo anterior.

Es importante tener en cuenta que estos son solo algunos de los instrumentos hidráulicos comunes en una pileta de agua. El costo total de los instrumentos hidráulicos dependerá del tamaño de la piscina y del tipo de sistema hidráulico utilizado. Además, se debe tener en cuenta el costo de la

instalación y el mantenimiento de estos instrumentos para garantizar su correcto funcionamiento a largo plazo.

Tabla 4-1: Costos de instrumentos hidráulicos.

N°	Descripción	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor total (\$)
1	Bomba 3 HP Pedrollo HFm5ARM	1	\$500,00	\$500,00
2	Bomba 0.75 HP Pedrollo PluriJet 100	1	\$225,00	\$225,00
3	Boquilla de chorro central	1	\$50,00	\$50,00
4	Boquilla de chorro tipo lanza Jet	1	\$20,00	\$20,00
5	Tee CC 50MM Jain	3	\$1,55	\$4,65
6	Codo CC 50MM X 90 Jain	11	\$1,50	\$16,50
7	Red buje EC 50 A 40MM	8	\$0,39	\$3,12
8	Tubo EC 50MM X 6M X 1.00 MPA	7	\$12,50	\$87,50
9	Tubo EC 40MM X 6M X 1.25 MP	1	\$11,25	\$11,25
10	Válvula bola universal cc 50MM	2	\$9,55	\$19,10
11	Cruz cc 50MM	3	\$6,50	\$19,50
12	Tubo p rosc 1/2" x 6M	3	\$9,20	\$27,60
13	Codo rosc pp 1/2" x 90°	10	\$0,50	\$5,00
14	Union universal r/r pp 1/2"	2	\$1,30	\$2,60
15	Tee r/r pp 1/2"	2	\$0,70	\$1,40
16	Neplo flex 1/2"	2	\$0,45	\$0,90
17	Cinta teflon grande amarillo	2	\$1,00	\$2,00
18	Valvula esferica r/r univ npt	2	\$3,75	\$7,50
19	Tubo p rosc 2" x 6m plastidor	0,5	\$32,95	\$16,48
20	Valvula check genebre npt 2"	1	\$29,20	\$29,20
21	Filtro genebre 2"	1	\$2,15	\$2,15
22	Valvula check genebre npt 1 1/2"	1	\$16,50	\$16,50
23	Red buje r mh pp 2 x 1 1/2"	1	\$5,65	\$5,65
24	Neplo r/r pp 1 1/2" (c/tuerca)	1	\$2,50	\$2,50
25	Adaptador 50 mm a 1 1/2" 200 cc	1	\$1,65	\$1,65
26	Polipega 200cc (fab)	2	\$4,70	\$9,40
27	Tubo ec 32MM x 6M x 1.25 mpa	1	\$7,05	\$7,05
28	Tubo p rosc 1" x 6M plastidor	0,5	\$16,30	\$8,15
29	Valvula check genebre npt 1"	1	\$10,10	\$10,10
30	Filtro genebre 1"	1	\$1,55	\$1,55
31	Codo cc 32MM x 90	1	\$0,70	\$0,70
32	Valvula bola universal cc 75MM	1	\$25,00	\$25,00
33	Manguera ROSEPLAST 1/2" PV	25	\$0,30	\$7,50
34	Llave de paso 1/2" FV	1	\$5,00	\$5,00
35	Codo 3" Plastigama X90	5	\$3,15	\$15,75
36	Tubo Plastigama 3"	5	\$7,60	\$38,00
TOTAL				\$1.205,95

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.10.1.2 Costos Instrumentos de Control Electrónico:

Los costos eléctricos y electrónicos de la pileta de agua danzante contemplan un conglomerado de elementos para la programación del sistema, de conducción de la electricidad y del control del flujo de la corriente, para un cuidado de los elementos electrónicos dispuestos en la cabina de control de la pileta. Es importante tener en cuenta que estos son solo algunos de los principales costos eléctricos asociados a una pileta de agua. Para reducir los costos eléctricos, es recomendable utilizar equipos y dispositivos eficientes y controlar el tiempo de uso de los mismos.

Tabla 4-2: Costos instrumentos de control electrónico.

N°	Descripción	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor total (\$)
1	Contactador fuerza 32a 10hp 220v gmc32 ls	1	\$28,50	\$28,50
2	Abrazadera 2p 38x4 150-160 o 6 1/2	1	\$4,60	\$4,60
3	Breaker p riel 2p 16a easy9 schneider	2	\$6,60	\$13,20
4	Breaker p riel 2p 20a easy9 schneider	1	\$6,60	\$6,60
5	Breaker p riel 2p 25a scheider easy	1	\$6,60	\$6,60
6	Breaker p riel 2p 2a ls(b-6914	1	\$6,20	\$6,20
7	Breaker p riel 2p 63a easy9 schneider	1	\$8,20	\$8,20
8	Canaleta ranurada 40x40mm gris (p-0067)	2	\$5,50	\$11,00
9	Conductor cu thhn flexible #10 colores incable	10	\$0,95	\$9,50
10	Conductor cu thhn flexible #12 colores incable	10	\$0,60	\$6,00
11	Contactador fuerza 18a 5hp 220v gmc18 ls	1	\$16,50	\$16,50
12	Contactador fuerza 9a 2hp 220v gmc9 lg (b-1998)	2	\$11,90	\$23,80
13	Luz piloto 22mm verde 120-220vd d1622ds	4	\$1,30	\$5,20
14	Pulsador 40m t/hong gir c/ret rojo cams	1	\$2,00	\$2,00
15	Repartidor energia 2 polos 15 conexion	1	\$9,10	\$9,10
16	Riel din acero 35mm camSCO (riel-acer-35)	1	\$1,85	\$1,85
17	Selector 2pos 22mm metalico camSCO	3	\$2,15	\$6,45
18	Siemens LOGO 230 RC	1	\$180,00	\$180,00
19	Sujetadores p cable acometida	2	\$1,15	\$2,30
20	Tablero de control 60x40x20	1	\$62,00	\$62,00
21	Terminal aisl espiga #12-10 amarillo 8mm	25	\$0,12	\$3,00
22	Terminal aisl espiga #16-14 azul 1 9mm	20	\$0,08	\$1,60
23	Terminal aislado u abi #12-10 amar 5/32	25	\$0,11	\$2,75
24	Terminal aislado u abi #16-14 azul 5/32	40	\$0,07	\$2,80
25	Terminal compresion cu-al #8 6mm c10-6	20	\$0,19	\$3,80
26	Terminales u/hembra awg	50	\$0,10	\$5,00
27	Tornillos colepatos	35	\$0,18	\$6,30
TOTAL				\$434,85

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.10.1.3 Costos de obra civil

Los costos de obra civil en una pileta de agua varían dependiendo del tipo de estructura y los materiales que se utilicen. Los principales costos asociados a la construcción de una pileta son: La excavación por el tamaño y la profundidad de la pileta, así como de las condiciones del terreno en el que se construirá. La construcción de la estructura: El costo de la construcción dependerá del tipo de material utilizado. Las piletas de concreto son más costosas que las de fibra de vidrio, pero ofrecen mayor durabilidad y personalización.

Es importante tener en cuenta que estos son solo algunos de los principales costos asociados a la construcción de una pileta y pueden variar según la ubicación geográfica. Además, es importante tener en cuenta los costos de mantenimiento y limpieza a lo largo del tiempo.

Tabla 4-3: Costos de obra civil.

N°	Descripción	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor total (\$)
1	Alambre Recocido #18	6	\$1,10	\$6,60
2	Camelias Moradas y Blancas	45	\$1,00	\$45,00
3	Cinta Vertical planta	4	\$12,00	\$48,00
4	Clavos de 3"	3	\$1,30	\$3,90
5	Clavos de concreto de 3"	3	\$5,50	\$16,50
6	Disco de Corte INGO metal 4 1/2*3/64	2	\$0,50	\$1,00
7	Escancel Morado	20	\$0,50	\$10,00
8	Ladrillos	150	\$0,10	\$15,00
9	Lijas	5	\$0,60	\$3,00
10	Manguera Roseplast 1/2" PV 105 psi	25	\$0,30	\$7,50
11	Malla Fina	1	\$2,00	\$2,00
12	Mano de Obra Calificada	1	\$850,00	\$850,00
13	Pintura Satinada-Unidas-AM	0,5	\$20,00	\$10,00
14	Pintura Satinada-Unidas-AM	0,5	\$20,00	\$10,00
15	Pintura Satinada-Unidas-CR-M	1	\$20,00	\$20,00
16	Pintura Satinada-Unidas-GRA	2	\$40,00	\$80,00
17	Pintura Satinada-Unidas-WEI	1	\$20,00	\$20,00
18	Planchas de TRIPLEX	6	\$13,50	\$81,00
19	Puerta de protección//Cuarto Control	1	\$200,00	\$200,00
20	Resaflex	1	\$13,50	\$13,50
21	Tablas de eucalipto	10	\$1,00	\$10,00
22	Tablas de monte	10	\$2,50	\$25,00
23	Varilla electrosoldada de 8MM	2	\$111,00	\$222,00
24	Varillas de 8MM*12M	7	\$6,00	\$42,00
25	Volquetada de piedra bola	1	\$50,00	\$50,00
26	Volquetada de ripio	1	\$75,00	\$75,00
27	Cemento-Rocafuerte	70	\$7,90	\$553,00
TOTAL				\$2.420,00

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.10.1.4 Costos de equipos de iluminación

En concordancia con el diseño de la pileta se dispuso la implementación de fuentes lumínicas, es así que luego de una revisión en catálogos de proveedores se dispuso como la mejor opción calidad-costos de la luminaria sumergible LED RGB para la implementación acompañando a cada chorro de agua dispuesto en la pileta.

Tabla 4-4: Costos instrumentos de iluminación.

N°	Descripción	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor total (\$)
1	Conductor CU Concéntrico #2X16	80	\$0,60	\$48,00
2	Emulsión Asfáltica	1	\$5,00	\$5,00
3	Estaño	3	\$1,00	\$3,00
4	Luminaria LED RGB.	12	\$25,00	\$300,00
5	Regletas Distribuidor energía 8	3	\$12,00	\$36,00
6	Silicon Impermeabilizante	5	\$3,00	\$15,00
7	Taípe Negro Abro	5	\$1,00	\$5,00
8	Tirafondos de 5/16-51mm	24	\$0,10	\$2,40
Total				\$414,40

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.10.2 Costos indirectos:

En el desarrollo del proyecto de implementación de la pileta se consideraron costos indirectos, con el objetivo primordial de contar con una base económica extra, y que la obra no se detenga por falta de recursos económicos. Se ha considerado una base extra para los imprevistos considerando también los costos de transporte al lugar.

Tabla 4-5: Costos indirectos

Descripción	Valor Total (\$)
Imprevistos	200
Transporte	100
TOTAL	300

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

4.10.3 Costos totales

A continuación, se presentan los costos totales de la implementación del proyecto considerando los gastos previamente detallados bajo las circunstancias geográficas y económicas del mismo, así como los imprevistos sociales, climáticos y económicos en las que se desarrolló el proyecto.

Tabla 4-6: Costos totales

Descripción	Valor total (\$)
Costos Eléctricos	\$434,85
Costos Hidráulicos	\$1.230,95
Costos Iluminación	\$414,40
Costos Indirectos	\$300,00
Costos Obra Civil	\$2.420,00
TOTAL	\$4.800,20

Realizado por: Abarca M., Hernández L., 2023

CONCLUSIONES

Se ha logrado diseñar un sistema hidráulico que cumple con las condiciones de presión y caudal necesarias para la generación de chorros sincronizados, se observa que existe una mínima variación entre los cálculos realizados de manera analítica y experimental, en cuanto a las pérdidas de carga, debido a que el programa EPANET considera un factor de rugosidad general para todo el sistema, mientras que en los cálculos analíticos se tienen en cuenta características más específicas de cada sección de la red de tuberías, como el material, geometría, espesor y cantidad de accesorios presentes.

Después de realizar simulaciones detalladas utilizando varios esquemas de distribución de tuberías en el software EPANET, se logró desarrollar un modelo que cumplía con los requerimientos de diseño iniciales, incluyendo la funcionalidad, optimización de recursos, la facilidad de instalación y mantenimiento; trabajando con tubería de presión Espigo (campana E/C) para diámetros nominales de (50, 40, 32) mm respectivamente. Se entiende que un diseño bien concebido debe garantizar la calidad al menor costo posible, ya que el sobredimensionamiento de los elementos puede tener un impacto significativo en los resultados finales. Por lo tanto, el modelo diseñado logra un equilibrio adecuado entre la construcción, funcionalidad y la eficiencia en la utilización de los recursos disponibles, lo que resulta en una solución de alta calidad que cumple con los requisitos del proyecto.

Para seleccionar el esquema que mantendrá la red de tuberías, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los catálogos disponibles base al uso de 8 toberas anillo exterior (tipo lanza 1 de 14 mm) y 1 boquilla central (6 salidas de 12 mm); tras este análisis se seleccionó las bombas centrifugas que cumplen con los parámetros requeridos siendo Pedrollo HFm 5ARM de 3Hp y Pedrollo PLURIJET3/100 de 0.75 Hp verificando su alcance y comportamiento; Es importante destacar que para lograr la altura de diseño deseada, se requiere el uso de válvulas reductoras de presión. Se necesitará una válvula para cada tobera a fin de minimizar las diferencias de alturas generadas por la configuración del sistema, así como una válvula adicional para controlar el sistema en su conjunto y asegurar que alcance los puntos de operación previstos para la fuente.

Se ha desarrollado un sistema de iluminación y control utilizando el LOGO DM8 230R, el cual permite establecer tres secuencias con una duración de 7 minutos cada una, con un minuto de intervalo entre cada secuencia. Esto asegura que el espectáculo de agua danzante se sincronice correctamente la red hidráulica, el sistema de bombeo y el sistema de iluminación creando un resultado atractivo y coordinado desde un punto de vista estético.

Cumpliendo los objetivos planteados en el proyecto, se construyó la fuente de agua y se realizaron pruebas de funcionamiento para verificar y validar la operatividad de los sistemas de bombeo, considerando que las bombas trabajan con una corriente nominal de (8.5 A y 2,5 A), asegurándose que cumplieran con la altura de los chorros diseñados (1,75 m anillo externo y 1,5 boquilla central), de la misma manera se validó la iluminación tipo LED RGB y el sistema de control cumpliendo con las secuencias programadas y la generación de chorros de agua sincronizados. Estas pruebas permitieron garantizar que la fuente de agua danzante operará de manera efectiva y estética. El diseño y construcción de la fuente de agua danzante fue un éxito, gracias al cumplimiento de los objetivos establecidos y la implementación adecuada de los sistemas hidráulicos, de control, iluminación y bombeo.

RECOMENDACIONES

Con el desarrollo del proyecto en el ámbito de la obra civil, se recomienda un análisis de suelo previo a la construcción de la obra, ya que se debe considerar un mejoramiento del suelo y de piedra bola, en función del volumen de agua que se pretende manipular. Así también es imprescindible considerar el tipo de excavación que se realizará ya que esto influirá en la cantidad de hormigón simple en contrapiso que será necesaria para soportar la cantidad de agua de acuerdo con el diseño y que este cumpla con las expectativas del proyecto.

Enfatizar la selección adecuada del entramado de tubería en función de los materiales existentes comercialmente y de diseño más eficiente. Es decir, se recomienda realizar un análisis de disponibilidad comercial en función del diseño para evitarse problemas constructivos que provoquen la paralización de la obra y en el peor de los casos el desarrollo de un nuevo diseño para el funcionamiento adecuado del sistema. A esto también se debe considerar la selección adecuada de las bombas en función de las necesidades de caudal y de su disponibilidad en el mercado para la implementación en el sistema diseñado.

Realizar un análisis comparativo exhaustivo entre el programa EPANET y los cálculos manuales, ya que con ello se logrará fortalecer y proporcionar un diseño preciso, lo cual garantiza seguridad y eficiencia en el funcionamiento del sistema, así también se obtendrá resultados óptimos en el desarrollo de las simulaciones, gráficas, planos y resultados de implementación. Con lo cual se evitará daños a corto y mediano plazo de los elementos del sistema.

En el desarrollo de los sistemas de alimentación hidráulica y de desagüe, es recomendable inferir elemento por elemento, con lo cual se evitará fallas en el prediseño, diseño y construcción de la fuente de agua conjuntamente con el cuarto de control. Con el afán de evitar reparaciones o sub-construcciones que demandan de tiempo, mano de obra y gastos innecesarios. Además, en el proceso de construcción se debe mantener una planificación ordenada de cada sistema y subsistema para evitar una construcción desordenada que no siga los parámetros de diseño previos.

En el sistema de control automático, en el desarrollo de la programación se recomienda establecer los tiempos de funcionamiento de cada elemento con total cautela para evitar tiempos muertos que generen daños en el funcionamiento de los elementos intervinientes como bombas o contactores; ya que esto a largo plazo generará daños irreversibles a los elementos componentes del sistema.

Es imprescindible considerar un sistema de recirculación de aire para refrigerar el sistema de bombeo y de control automático dentro del tablero. Así también se debe considerar la humedad

presente en el aire dentro del cuarto de máquinas, ya que con la presencia de climas calurosos se presenta la condensación dentro del mismo y esto podría dañar los sistemas hidráulicos y eléctricos a un corto plazo.

Finalmente, para el excelente desarrollo de las secuencias de funcionamiento de los chorros de agua, es recomendable seguir los pasos de inicio del proceso, no alterar los tiempos regulados en cada una de las secuencias y seguir las consideraciones estipuladas en el Manual de Operaciones, ya que éstos están delimitados en concordancia con las pruebas realizadas para un correcto funcionamiento y para la protección de los elementos eléctricos que son parte del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

AGUAS, P. Fuente de agua danzante rítmica inteligente. [en línea]. 2015. [consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <https://1library.co/document/zkek124z-fuente-de-agua-danzante-ritmica-inteligente.html>.

ALLINSON, T. An Engineering Marvel | phcpropos. [en línea]. 2016 [consulta: 8 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.phcpropos.com/articles/2835-an-engineering-marvel>.

ANGULO, M. Alcaldía quiere construir aguas danzantes en la nueva terminal. *El Potosí* [en línea]. 2018. [consulta: 13 noviembre 2022]. Disponible en: https://elpotosi.net/local/20180223_alcaldia-quiere-construir-aguas-danzantes-en-la-nueva-terminal.html.

AREA TECNOLOGÍA. PLC LOGO de Siemens. [en línea]. 2023. [consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/plc-logo.html>.

AUTYCOM. Qué es LOGO! Siemens y cómo funciona. *AUTYCOM* [en línea]. 2019. [consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.autycom.com/que-es-logo-siemens-y-como-funciona/>.

AWG. AWG en Español - Infogram. [en línea]. 2023. [consulta: 19 abril 2023]. Disponible en: <https://infogram.com/awg-en-espanol-1g43mnnl303mzy>.

BONWAY, Y. Modelo de disyuntor Schneider. [en línea]. 2019. [consulta: 19 abril 2023]. Disponible en: <https://es.sogears.com/Blog/modelo-de-interruptor-autom%C3%A1tico-schneider>.

BORREGUERO, C. de la F. Breve recorrido por la historia de las fuentes. Orígenes, evolución y su relación con el hombre. 2021. *Técnica industrial*, no. 329, ISSN 0040-1838. pp. 50-52.

CENGEL, Y. Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones Yunus Cengel y John Cimbala Primera Edición. [en línea], 2006, pp. 40-62. [consulta: 13 noviembre 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/25669790/Mecanica_de_Fluidos_Fundamentos_y_Aplicaciones_Yunus_Cengel_y_John_Cimbala_Primer_Edicion.

CIENCIASFERA. 2.5. Potencia hidráulica. [en línea]. 2011. [consulta: 8 noviembre 2022]. Disponible en: http://www.cienciasfera.com/materiales/tecnologia/tecno02/tema08/25_potencia_hidraulica.html.

DE LA FUENTE BORREGUERO, C. Iluminación de fuentes ornamentales mediante tecnología led. Prescripciones de reglamentos y normativa aplicable a la instalación eléctrica e iluminación. *Técnica Industrial*, vol. 327, no. 327, ISSN 0040-1838. DOI 10.23800/10408. 2020. pp. 45-47.

EQUIPOS INDUSTRIALES S.A. KOHLER-SDMO Botón de paro de emergencia tipo hongo para generador. *Equipos Industriales S.A* [en línea]. 2020. [consulta: 19 abril 2023]. Disponible en: <http://tienda.equipoindustriales.com/shop/product/gyc-01-096-kohler-sdmo-boton-de-paro-de-emergencia-tipo-hongo-para-generador-33577?page=4&category=277>.

GEOHIDRÁULICA. Sistema de bombeo: Tipos y sus funciones. *GEOHidráulica* [en línea]. 2021. [consulta: 31 agosto 2022]. Disponible en: <https://geohidraulica.com/sistema-de-bombeo-tipos-y-sus-funciones/>

GONZAGA, R. ELEMENTOS DE CONTROL Y SEÑALIZACIÓN (LUCES PILOTO Y PULSADORES). *Gonzaga & Rodriguez Cia. Ltda.* [en línea]. 2021. [consulta: 19 abril 2023]. Disponible en: <https://electricoindustrial.com.ec/2021/03/15/elementos-de-control-y-senalizacion/>.

GONZÁLEZ, J. *HIDRAULICA DE FUENTES ORNAMENTALES E INSTALACIONES ACUATICAS.* Tenerife: Autor. ISBN 978-84-614-7971-9. 2011. pp. 55-126.

GONZÁLEZ, J. *CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE FUENTES ORNAMENTALES CIBERNÉTICAS.* Autor. Tenerife: Autor. ISBN 978-84-614-7971-9. 2018. pp. 83-118.

GUAYGUA GUAIGUA, C.A. y GUANGASI GUANOPATIN, Á.J. *Implementación de una fuente de agua audio rítmica en la Hacienda Nagsiche 2 para un mejoramiento estético y turismo del lugar.* [en línea]. 2017. bachelorThesis. S.l.: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Apcadas; Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia. [consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4467>.

JARAMILLO GONZÁLEZ, J.C. Diseño e implementación del sistema de control y la Fuente de Agua Secuencial con Iluminación. En: Accepted: 2013-08-23T16:51:25Z [en línea], 2013, [consulta: 31 agosto 2022]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6668>.

JARAMILLO, J. *Diseño e implementación del sistema de control y la Fuente de Agua Secuencial con Iluminación* [en línea]. 2013. bachelorThesis. Quito: QUITO/EPN/2013. [consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6668>.

MORA, J. y MARLITH, P. *Diseño e implementación del modelo de una pileta de agua danzante, utilizando un sistema de adquisición de datos y control audio-rítmico* [en línea]. 2013. bachelorThesis. S.l.: s.n. [consulta: 8 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/2891>.

NÚÑEZ, A. 2020. Guía Legionella. Capítulo 9: Fuentes Ornamentales. *Autocontrol PLAN.*

PEDROLLO S.P.A. BOMBA JET PLURIJETm3/100-N_0.75HP 220V 3 ETAPAS AUTOCEBANTE. *Pedrollo Bombas de Agua Ecuador* [en línea]. 2022. [consulta: 19 abril 2023]. Disponible en: https://pedrollo.com.ec/producto/bomba-jet-plurijetm3-100-n_0-75hp-220v-3-etapas-autocebante/.

PEDROLLO S.P.A. Electrobombas centrí-fugas HF Medie portate | Pedrollo Spa. [en línea]. 2023. [consulta: 19 abril 2023]. Disponible en: <https://www.pedrollo.com/es/hf-medie-portate-electrobombas-centri-fugas/303>.

PLASTIGAMA. *Catálogo Plastigama Presión Espigo Campana.* 2017. S.l.: s.n.

ROJAS, J.L. CAUDAL (fluidos) | Concepto, características, como se mide. [en línea]. 2021. [consulta: 8 noviembre 2022]. Disponible en: <https://como-funciona.co/caudal-fluidos/>.

SAFE-RAIN. *Architectural fountains equipment/ Componentes para fuentes ornamentales.* 2022. Catálogo S.l.: s.n.

SÁNCHEZ, J. Fuentes danzantes. *Blog de Fuentes Ornamentales* [en línea]. 2016. [consulta: 12 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.saferain.com/es/blog/fuentes-danzantes.html>.

SCHNEIDER ELECTRIC. Schneider Electric - VCF01 - Interruptor No-Fusible de la desconexión, 3 poste, montaje de la puerta, 20 A, kilovatio de 11, IP20, IP65 - RS. [en línea]. 2023. [consulta: 19 abril 2023]. Disponible en: <https://mx.rs-online.com/product/schneider-electric/vcf01/70379916/>.

SHARONKURHEG. How DO The Fountains at The Bellagio Work, Anyway? *Your Mileage May Vary* [en línea]. 2021. [consulta: 8 noviembre 2022]. Disponible en: <https://yourmileagemayvary.net/2021/11/08/how-do-the-fountains-at-the-bellagio-work-anyway/>.

SIEMENS AG. LOGO Siemens. [en línea], 2023, Disponible en: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf.

TOLBERT, J. The Dubai Fountain. *Architect* [en línea]. 2015. [consulta: 31 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.architectmagazine.com/project-gallery/the-dubai-fountain-6510>.

ANEXOS

ANEXO A: ACTA ENTREGA-RECEPCIÓN

ACTA ENTREGA-RECEPCIÓN

En el cantón Chambo-Barrio Catequilla a los 16 días del mes de abril del año 2023, comparecen a la celebración de la presente ACTA DE ENTREGA-RECEPCIÓN, Marlon Abarca y Luis Hernández; y por otra Padre Carlos Romero y Martin Reino, en cumplimiento a la "Entrega de bienes del proyecto de tesis **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO AUTOMATIZADO PARA UNA FUENTE DANZANTE CON CHORROS DE AGUA SINCRONIZADOS"**". Para la celebración de la presente acta entrega-recepción de elementos, dispositivos, obra física, de acuerdo con el Anexo 1 Inventario Documental.

Considerando que las partes manifiestan su total conformidad, se ratifica y aceptan todo su contenido, entendiendo su alcance y significado por lo que firman en cuatro ejemplares.

<p>Entrega conforme:</p>  <p>..... Sr. Marlon Abarca CI: 0604826327 CUSTODIO SALIENTE Autor proyecto de Tesis</p>	<p>Recibe conforme:</p>  <p>..... Sr. Martín Reino CI: 060329553-6 CUSTODIO RESPONSABLE Presidente del Barrio Catequilla</p>
<p>Entrega conforme:</p>  <p>..... Sr. Luis Hernández CI: 0604179725 CUSTODIO SALIENTE Autor proyecto de Tesis</p>	<p>Recibe conforme:</p>  <p>..... Padre Carlos Romero CI: 0301618088 CUSTODIO RESPONSABLE Párroco de la Iglesia San Juan Evangelista</p>

Nota:

Los cuatro ejemplares serán distribuidos de la siguiente manera:

1. Se entregarán a cada persona que participe de la suscripción de la presente acta.
2. Se quedará con un original el Custodio saliente.

ANEXO 1

<i>CANTIDAD</i>	<i>DETALLE</i>	<i>CARACTERÍSTICAS</i>
1	Obra Física Fuente de Agua	Diámetro de base 6,42 m // Diámetro de Fuente 5,8 m Pintado con espacios ornamentales.
1	Obra Física Cuarto de Control	Largo: 2,3 m // Profundidad: 1,5 m, 1 m.// Ancho:1,1 m (Pintado al Interior)
1	Puerta Metálica Cuarto de Control	Largo: 2,3 m // Ancho: 1,1 m (Pintada)
8	Boquillas anillo exterior	Tipo lanza 1 de 14 mm
1	Boquilla Central	Boquilla de 6 salidas, (1 central 6 externas)
1	Bomba Anillo Externo	Pedrollo HF5ARM 3 Hp-Pedrollo
1	Bomba Anillo Interno	C2-PLURIJET3/100 0,75 Hp-Pedrollo
1	Tablero de Control	Tablero de 60x40 cm, Sujetadores, Luces Piloto, Canaletas, Selectores, Paro de Emergencia
1	LOGO SIEMENS	DM8 230
4	Contactores fuerza GMC	(32A,18A,9A)
7	Breaker térmico SCHEIDER	(63A, 25A, 20A, 16A, 2A)
1	Terminal CIMCO	CU-AL #8 C10-6
1	Red de Tuberías y accesorios	Alimentación Anillo externo (50 mm, 40 mm, 32 mm)
1	Red de Tuberías y accesorios	Alimentación Anillo interno (40 mm, 32 mm)
1	Red de Tuberías y accesorios	Descarga Anillo externo (50 mm, 40 mm)
1	Red de Tuberías y accesorios	Descarga Anillo interno (40 mm, 32 mm)
1	Red de Tuberías y accesorios	Alimentación General de la Fuente 0,5 in
1	Red de Tuberías y accesorios	Descarga General de la Fuente 3 in
12	Transformadores	12V, 10W, Iluminación Fuente
12	Luces	12V, 10W, IP68
1	Cableado General	Cableado General de Alimentación
1	Cableado General	Cableado Panel de Control
1	Sistema de Filtrado	Filtrado de Agua, (Válvula y Rejilla)

ANEXO B: DATA SHEET LOGO 230RC

A.2 Datos técnicos: LOGO! 230... y LOGO! DM8 230R

	LOGO! 230RC LOGO! 230RC _o	LOGO! DM8 230R
Fuente de alimentación		
Tensión de entrada	115...240 V CA/CC	115...240 V CA/CC
Margen admisible	85 ... 265 V CA 100 ... 253 V CC	85 ... 253 V CA 85 ... 253 V CC
Frecuencia de red admisible	47 ... 63 Hz	47 ... 63 Hz
Consumo de corriente		
<ul style="list-style-type: none"> • 115 V c.a. • 240 V CA • 115 V CC • 240 V CC 	10 ... 40 mA 10 ... 25 mA 5 ... 25 mA 5 ... 15 mA	10 ... 30 mA 10 ... 20 mA 5 ... 15 mA 5 ... 10 mA
Compensación de fallos de tensión		
<ul style="list-style-type: none"> • 115 V CA/CC • 240 V CA/CC 	típ. 10 ms típ. 20 ms	típ. 10 ms típ. 20 ms
Potencia disipada en caso de		
<ul style="list-style-type: none"> • 115 V c.a. • 240 V CA • 115 V CC • 240 V CC 	1,1 ... 4,6 W 2,4 ... 6,0 W 0,5 ... 2,9 W 1,2 ... 3,6 W	1,1 ... 3,5 W 2,4 ... 4,8 W 0,5 ... 1,8 W 1,2 ... 2,4 W
Respaldo del reloj a 25 °C	típ. 80 h	
Precisión del reloj de tiempo real	máx. 2s / día	
Entradas digitales		
Cantidad	8	4
Separación galvánica	no	no

ANEXO C: DATA SHEET BOMBA PEDROLLO 3 HP, MONOFÁSICA 220V HFM 5ARM

Electrobombas centrífugas

→ Medios caudales

-  Agua limpia
-  Uso agrícola
-  Uso industrial



CAMPO DE PRESTACIONES

- Altura manométrica hasta **39 m**

LÍMITES DE USO

- Altura de aspiración manométrica hasta **7 m**
- Temperatura del líquido de **-10 °C** hasta **+90 °C**
- Temperatura ambiente hasta **+40 °C**
- Presión máxima en el cuerpo de la bomba:
 - **6 bar** para HF 5-50-51
 - **10 bar** para HF 5M-70
- Funcionamiento continuo **S1**

EJECUCIÓN Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1
IEC 60335-1
CEI 61-150

EN 60034-1
IEC 60034-1
CEI 2-3



CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión certificado DNV
ISO 9001: CALIDAD

USOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para utilizarse en el sector civil y agrícola. Sus elevados rendimientos y la posibilidad de un funcionamiento continuo permiten el uso de estas electrobombas para la irrigación por gravedad, por aspersión, para el bombeo del agua de lagos, ríos, pozos y para muchas otras aplicaciones industriales caracterizadas por la necesidad de tener caudales considerables con alturas medio bajas.

La instalación se debe realizar en lugares cerrados, bien aireados y protegidos de la intemperie.

EJECUCIÓN BAJO PEDIDO

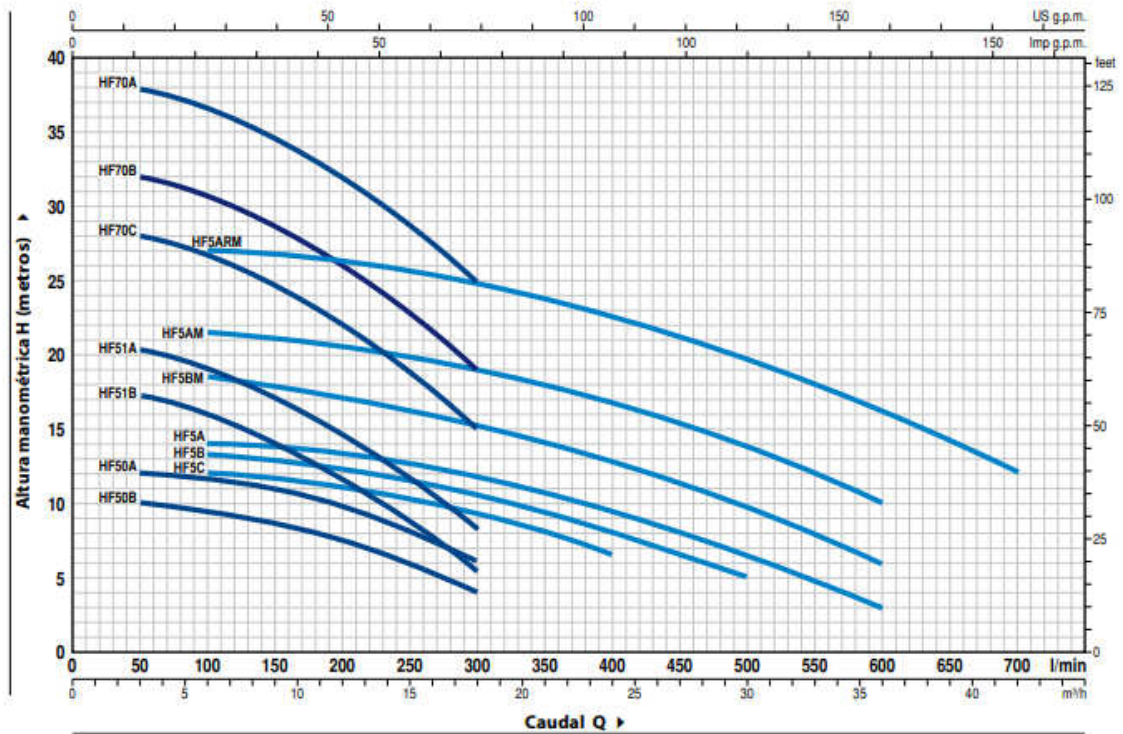
- Cuerpo bomba con bocas roscadas NPT ANSI B 1.20.1
- Sello mecánico especial
- Otros voltajes
- Protección IP X5 para HF 5M-70

GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 min⁻¹ HS= 0 m



MODELO		POTENCIA (P ₂)		▲	Q	H metros													
Monofásica	Trifásica	kW	HP			0	3	6	9	12	15	18	21	24	30	36	42		
HFm 50B	HF 50B	0.37	0.50	IE2	0	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700			
HFm 50A	HF 50A	0.55	0.75		10	10	9.5	8.5	7.5	6	4								
HFm 51B	HF 51B	0.60	0.85	IE3	12	12	11.5	11	9.6	8	6								
HFm 51A	HF 51A	0.75	1		18.2	17.2	16	14	11.5	9	5.4								
HFm 70C	HF 70C	1.1	1.5		21.2	20.2	19	17	14.5	11.6	8.4								
HFm 70B	HF 70B	1.5	2	IE3	29	28	26.5	24.5	22	18.5	15								
HFm 70A	HF 70A	2.2	3		33	32	30.5	28.5	26	22.5	19								
HFm 5C	HF 5C	0.55	0.75	IE2	39	38	36.5	34.5	32	28.5	25								
HFm 5B	HF 5B	0.75	1	IE3	12.5	-	12	11.7	11	10.2	9.2	8	6.5						
HFm 5A	HF 5A	1.1	1.5		13.7	-	13.2	13	12.5	11.6	10.5	9.2	8	5					
HFm 5BM	HF 5BM	1.1	1.5		14.5	-	13.8	13.5	13.2	12.6	11.8	10.5	9.2	6.5	3				
HFm 5AM	HF 5AM	1.5	2	IE3	19	-	18.5	18	17	16	15.2	14	12.8	9.7	6				
HFm 5ARM	HF 5ARM	2.2	3		22	-	21.5	21	20.5	19.8	19	18	16.8	13.8	10				
					27	-	27	26.8	26.4	25.6	24.8	23.8	22.5	19.8	16.2	12			

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

PLURIJET 80-100


Electrobombas multicelulares autocebantes




PLURIJET 80-100
Rodete: acero inoxidable AISI 304



PLURIJET 80X-100X
Rodete: Noryl

 Agua limpia

 Uso doméstico

 Uso civil



CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **130 l/min** (7.8 m³/h)
- Altura manométrica hasta **52 m**

LÍMITES DE USO

- Altura de aspiración manométrica hasta **9 m** (HS)
- Temperatura del líquido de **-10 °C** hasta **+40 °C**
- Temperatura ambiente hasta **+40 °C**
- Presión máxima en el cuerpo de la bomba **6 bar**
- Funcionamiento continuo **S1**

EJECUCIÓN Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1
IEC 60335-1
CEI 61-150

EN 60034-1
IEC 60034-1
CEI 2-3



CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión certificado DNV
ISO 9001: CALIDAD

USOS E INSTALACIONES

Las electrobombas autocebantes **PLURIJET** son aconsejadas para aspirar agua limpia incluso con presencia de aire mezclado en el líquido bombeado y líquidos químicamente no agresivos para los materiales con los cuáles está hecha la bomba.

Por la silenciosidad, la confiabilidad y el bajo consumo energético, son aconsejables para el uso doméstico y civil, en particular para la presurización y distribución del agua acopladas con tanques de presurización, para la recuperación del agua de lluvia, para los sistemas de irrigación, etc.

La instalación se debe realizar en lugares cerrados, bien aireados y protegidos de la intemperie.

PATENTES - MARCAS - MODELOS

- PLURIJET® Marca registrada n° 3974301

EJECUCIÓN BAJO PEDIDO

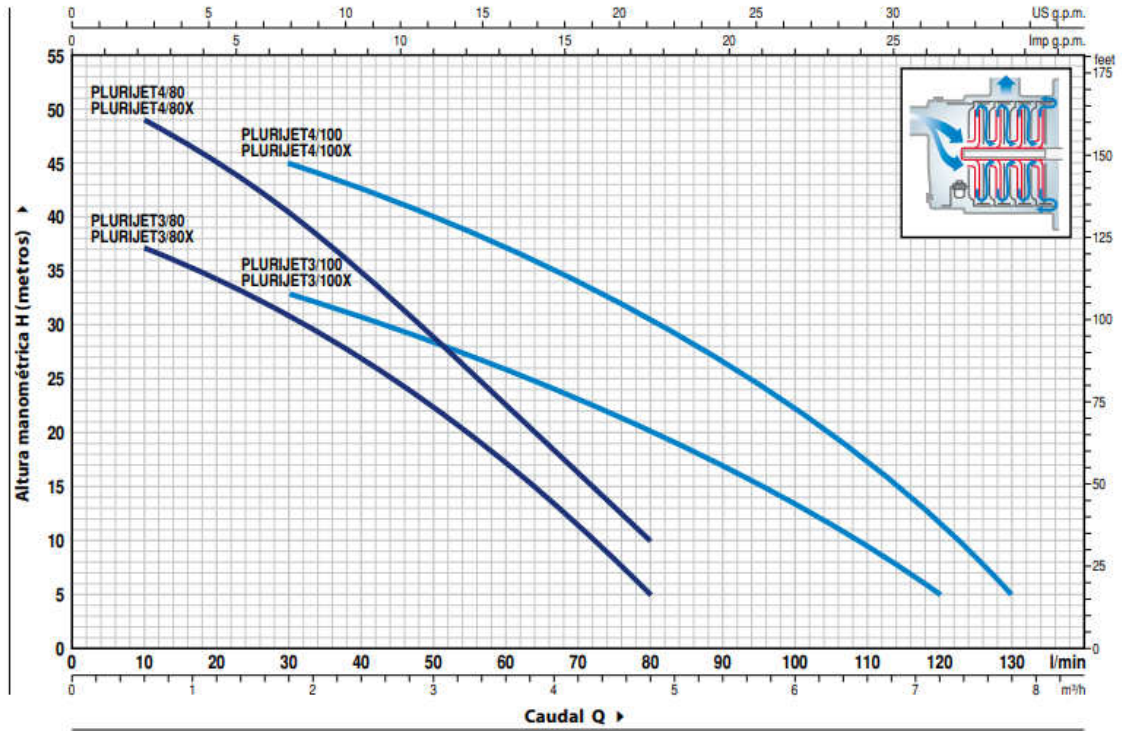
- Otros voltajes

GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 min⁻¹ HS= 0 m



MODELO		POTENCIA (P ₂)			Q	m ³ /h														
Monofásica	Trifásica	kW	HP	▲		0	0.3	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8
PLURIJETm 3/80	PLURIJET 3/80	0.48	0.65	IE2	H metros	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
PLURIJETm 3/80X	PLURIJET 3/80X					40	38	37	34.5	31	27	22.5	17	11	5					
PLURIJETm 4/80	PLURIJET 4/80	0.55	0.75	52		50	49	44.5	40	34	28.5	22.5	16	10						
PLURIJETm 4/80X	PLURIJET 4/80X			38		37	36	34.5	33	31	28	26	23	20	17	13.5	10	5		
PLURIJETm 3/100	PLURIJET 3/100	0.55	0.75	IE3		50	50	49	47	45	42	39.5	37	34	30.5	26.5	22	17	11	5
PLURIJETm 3/100X	PLURIJET 3/100X																			
PLURIJETm 4/100	PLURIJET 4/100	0.75	1																	
PLURIJETm 4/100X	PLURIJET 4/100X																			

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO 9906 Grado 3B.

▲ Clase de rendimiento del motor trifásico (IEC 60034-30-1)

ANEXO E: LED RGB 10W-12V 6063 AL

IMAGEN DEL ARTÍCULO	DENOMINACIÓN	ESPECIFICACIÓN
	POTENCIA	10 W
	VOLTAJE	12 V
	COLOR DE LUZ	RGB LED LUZ
	MATERIAL	6063 Aluminio
	TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	-10-50°C



MANUAL DE OPERACIONES

FUENTE DE AGUA DANZANTE CATEQUILLA, CHAMBO

luisaleelhs@gmail.com / marlonabarca614@gmail.com

Tel.: 0981506768/0995191833

Riobamba, Ecuador

ANEXO G: PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

