



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

**“EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL  
ÁREA DE HIDROMASAJES Y DUCHAS DEL COMPLEJO  
TURÍSTICO LOS ELENES DEL CANTÓN GUANO.”**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA INDUSTRIAL**

**AUTORA:**

**MARCIA ELIZABETH AULLA VARGAS**

Riobamba - Ecuador

2023



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

**“EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL  
ÁREA DE HIDROMASAJES Y DUCHAS DEL COMPLEJO  
TURÍSTICO LOS ELENES DEL CANTÓN GUANO.”**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA INDUSTRIAL**

**AUTORA:** MARCIA ELIZABETH AULLA VARGAS

**DIRECTORA:** Ing. DANIELA CARINA VÁSCONEZ NÚÑEZ, Ph. D.

Riobamba - Ecuador

2023

**©2023, Marcia Elizabeth Aulla Vargas**

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

Yo, Marcia Elizabeth Aulla Vargas, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 21 de agosto del 2023

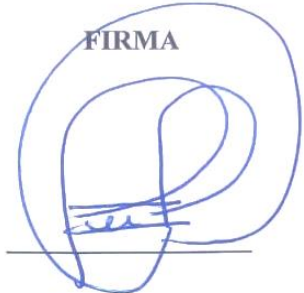




**Marcia Elizabeth Aulla Vargas**

**C.I. 0605317684**

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

El Tribunal de Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular, Tipo: Proyecto Técnico, “**EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL ÁREA DE HIDROMASAJES Y DUCHAS DEL COMPLEJO TURÍSTICO LOS ELENES DEL CANTÓN GUANO.**”, realizado por la señorita: **MARCIA ELIZABETH AULLA VARGAS**, 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 que el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Marco Homero Almendariz Puente <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-08-21
Ing. Daniela Carina Vásconez Núñez, Ph. D. <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-08-21
Ing. Fernando Mauricio Tello Oquendo, Ph. D. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-08-21

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mis padres Angel Aulla y Carmen Vargas quienes son el pilar fundamental en mi vida académica, en especial con mucho cariño a mi madre quien confió en mis capacidades y me brindó su apoyo y amor incondicional, a mi padre el cual gracias a su ejemplo de superación me motivó a seguir adelante a pesar de las circunstancias.

A mis hermanos Angel, Rolando, Ximena, Myriam y Gladys por su apoyo y por estar presente en cada momento. Por brindarme sus consejos, amor y confianza y por ser los hermanos y amigos que son.

A mi hija Nicole Elizabeth Gualoto Aulla por ser mi fuente de inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

Marcia

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios en primer lugar, por brindarme salud, vida y fortaleza durante toda mi vida estudiantil.

A mis padres, Angel y Carmen, quienes son y seguirán siendo mi mayor motivación, por nunca rendirse y apoyarme en todo lo necesario y más, por enseñarme a nunca perder la fe y cumplir mis metas y aspiraciones.

A la Escuela Superior politécnica de Chimborazo, por abrirme sus puertas y permitirme formar parte de su prestigiosa historia.

También expreso mi gratitud a mi director de tesis, Ing. Daniela Carina Vásquez Núñez, y a mi asesor, Ing. Fernando Mauricio Tello Oquendo; quienes, con paciencia y sabiduría, supieron guiarme en este proceso.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Guano, por permitir realizar este tema de integración curricular.

Marcia

## ÍNDICE DE CONTENIDO

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

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación .....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes de investigación .....	5
2.2. Referencias teóricas.....	7
2.2.1. <i>Sistema de bombeo hidráulico</i> .....	7
2.2.1.1. <i>Definición</i> .....	7
2.2.1.2. <i>Elementos</i> .....	7
2.2.1.3. <i>Componentes</i> .....	7
2.2.1.4. <i>Fundamentación teórica</i> .....	8
2.2.1.5. <i>Tipos de sistema de bombeo</i> .....	8
2.2.2. <i>Diseño de un sistema de bombeo</i> .....	9
2.2.2.1. <i>Requisitos del sistema</i> .....	9
2.2.2.2. <i>Criterios de diseño</i> .....	10
2.2.2.3. <i>Problemas de diseño y operación</i> .....	14
2.2.2.4. <i>Eficiencia energética</i> .....	14
2.2.3. <i>Sistema de bombeo en hidromasajes</i> .....	15



2.2.3.1.	<i>Funcionamiento</i> .....	15
2.2.4.	<i>Sistema de bombeo en duchas</i> .....	16
2.2.5.	<i>VARIABLES DE DISEÑO</i> .....	16
2.2.5.1.	<i>Caudal</i> .....	16
2.2.5.2.	<i>Potencia</i> .....	16
2.2.5.3.	<i>Presión</i> .....	16
2.2.6.	<i>Señalética</i> .....	16
2.2.6.1.	<i>NTP 330</i> .....	17
2.2.6.2.	<i>NTE- INEN-ISO 3864-1:2013</i> .....	21

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	23
3.1.	<b>Tipo de estudio</b> .....	23
3.1.1.	<i>Descriptivo</i> .....	23
3.2.	<b>Tipo de investigación</b> .....	23
3.2.1.	<i>Investigación de campo</i> .....	23
3.3.	<b>Enfoque de la investigación</b> .....	23
3.3.1.	<i>Cualitativo</i> .....	23
3.3.2.	<i>Cuantitativo</i> .....	23
3.4.	<b>Métodos</b> .....	24
3.4.1.	<i>Evaluación de la situación actual</i> .....	24
3.4.2.	<i>Elaboración de los planos hidráulicos</i> .....	24
3.4.3.	<i>Análisis de las especificaciones hidráulicas</i> .....	24
3.4.3.1.	<i>Dibujo del sistema de bombeo</i> .....	24
3.4.3.2.	<i>Sistema de bombeo del área de duchas e hidromasajes</i> .....	24
3.4.4.	<i>Propuesta de repotenciación del sistema de bombeo</i> .....	33
3.4.5.	<i>Diseño de la señalética</i> .....	34
3.5.	<b>Técnica de recolección de datos</b> .....	35
3.5.1.	<i>Observación</i> .....	35
3.6.	<b>Instrumentos de recolección de datos</b> .....	35
3.6.1.	<i>Diario de campo</i> .....	35
3.7.	<b>Planificación de la construcción</b> .....	35
3.7.1.	<i>Materiales</i> .....	35
3.7.2.	<i>Herramientas y máquinas</i> .....	35
3.7.3.	<i>Tareas</i> .....	35
3.8.	<b>Análisis del lugar de estudio</b> .....	36

3.8.1.	<i>Localización</i> .....	36
3.8.2.	<i>Misión</i> .....	36
3.8.3.	<i>Visión</i> .....	36
3.8.4.	<i>Organigrama estructural</i> .....	36

## CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	38
4.1.	<b>Situación actual de las instalaciones de los sistemas de bombeo del área de hidromasajes y duchas</b> .....	38
4.1.1.	<i>Características técnicas de los elementos</i> .....	40
4.1.2.	<i>Condiciones identificadas</i> .....	41
4.2.	<b>Planos de la instalación hidráulica del sistema de bombeo del área de hidromasaje y duchas</b> .....	41
4.2.1.	<i>Sistema de bombeo del área de hidromasaje</i> .....	41
4.2.2.	<i>Sistema de bombeo de duchas</i> .....	41
4.2.3.	<i>Sistema de recirculación de hidromasaje y polar</i> .....	42
4.3.	<b>Especificaciones hidráulicas de los sistemas de bombeo del área de hidromasajes y duchas</b> .....	42
4.3.1.	<i>Sistema de bombeo del área de hidromasaje</i> .....	42
4.3.2.	<i>Sistema de recirculación de hidromasaje</i> .....	49
4.3.3.	<i>Sistema de recirculación de polar</i> .....	55
4.3.4.	<i>Sistema de bombeo de duchas</i> .....	61
4.4.	<b>Propuesta de repotenciación del sistema del sistema de bombeo del área de hidromasajes</b> .....	67
4.4.1.	<i>Variables de diseño</i> .....	67
4.4.2.	<i>Identificación de las necesidades</i> .....	67
4.4.3.	<i>Diseño conceptual</i> .....	68
4.4.4.	<i>Selección de la bomba</i> .....	70
4.4.4.1.	<i>Bomba de alimentación para el sistema de bombeo de hidromasaje y polar</i> .....	70
4.4.4.2.	<i>Bomba de alimentación de polar e hidromasaje</i> .....	78
4.4.4.3.	<i>Bomba de alimentación sistema de duchas</i> .....	79
4.4.4.4.	<i>Bombas para recirculación de hidromasaje</i> .....	88
4.4.4.5.	<i>Bomba para recirculación del polar</i> .....	97
4.4.5.	<i>Análisis de costos</i> .....	104
4.5.	<b>Señalética necesaria para el sistema de bombeo del área de hidromasajes y duchas del complejo turístico “Los Elenes” del cantón Guano</b> .....	106

<b>4.5.1.</b>	<b><i>Análisis de las condiciones de trabajo de acuerdo a la normativa</i></b> .....	106
<b>4.5.2.</b>	<b><i>Cuarto de calefones</i></b> .....	109
<b>4.5.3.</b>	<b><i>Gestión Preventiva</i></b> .....	110
<b>4.5.4.</b>	<b><i>Equipo de protección personal (EPP)</i></b> .....	110
<b>CONCLUSIONES</b> .....		112
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		113
<b>GLOSARIO</b>		
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b>	Determinación del Nivel de Deficiencia ND .....	18
<b>Tabla 2-2:</b>	Determinación del Nivel de Exposición NE.....	19
<b>Tabla 2-3:</b>	Determinación del Nivel de Probabilidad NP.....	19
<b>Tabla 2-4:</b>	Determinación del Nivel de Probabilidad NP.....	20
<b>Tabla 2-5:</b>	Determinación del Nivel de Consecuencias NC .....	20
<b>Tabla 2-6:</b>	Significado del nivel de intervención.....	21
<b>Tabla 3-1:</b>	Recirculación de piscinas y bañeras.....	25
<b>Tabla 3-2:</b>	Rugosidad de los materiales.....	30
<b>Tabla 3-3:</b>	Longitud equivalente para válvulas y acoplamientos .....	31
<b>Tabla 3-4:</b>	Peso específico y carga de presión de vapor de líquido.....	33
<b>Tabla 4-1:</b>	Características del calefón .....	40
<b>Tabla 4-2:</b>	Características de las bombas .....	40
<b>Tabla 4-3:</b>	Características de la caldera .....	41
<b>Tabla 4-4:</b>	Lista de accesorios del sistema .....	52
<b>Tabla 4-5:</b>	Lista de accesorios del sistema .....	54
<b>Tabla 4-6:</b>	Lista de accesorios del sistema .....	58
<b>Tabla 4-7:</b>	Lista de accesorios del sistema .....	59
<b>Tabla 4-8:</b>	Lista de accesorios del sistema .....	66
<b>Tabla 4-9:</b>	Evaluación del peso específico de cada criterio.....	73
<b>Tabla 4-10:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Fácil Operación” .....	74
<b>Tabla 4-11:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Fiabilidad” .....	74
<b>Tabla 4-12:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Fácil Mantenimiento” .....	75
<b>Tabla 4-13:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Durabilidad” .....	75
<b>Tabla 4-14:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Velocidad Variable” .....	75
<b>Tabla 4-15:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Bajo Consumo Eléctrico” .....	76
<b>Tabla 4-16:</b>	Resumen para selección de alternativa por prioridad .....	77
<b>Tabla 4-17:</b>	Evaluación del peso específico de cada criterio.....	82
<b>Tabla 4-18:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Fácil operación” .....	83
<b>Tabla 4-19:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Fiabilidad” .....	83
<b>Tabla 4-20:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Sumergible” .....	84
<b>Tabla 4-21:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Fácil mantenimiento”.....	84
<b>Tabla 4-22:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Durabilidad” .....	84
<b>Tabla 4-23:</b>	Resumen para selección de alternativa por prioridad .....	86
<b>Tabla 4-24:</b>	Evaluación del peso específico de cada criterio.....	92

<b>Tabla 4-25:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Fácil operación” .....	93
<b>Tabla 4-26:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Fiabilidad” .....	93
<b>Tabla 4-27:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Autocebante” .....	94
<b>Tabla 4-28:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Costo” .....	94
<b>Tabla 4-29:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Durabilidad” .....	94
<b>Tabla 4-30:</b>	Resumen para selección de alternativa por prioridad .....	95
<b>Tabla 4-31:</b>	Evaluación del peso específico de cada criterio.....	99
<b>Tabla 4-32:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Fácil operación” .....	100
<b>Tabla 4-33:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Fiabilidad” .....	100
<b>Tabla 4-34:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Autocebante” .....	100
<b>Tabla 4-35:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Costo” .....	101
<b>Tabla 4-36:</b>	Evaluación de alternativas para el criterio “Durabilidad” .....	101
<b>Tabla 4-37:</b>	Resumen para selección de alternativa por prioridad .....	102
<b>Tabla 4-38:</b>	Resumen de selección de bombas para el funcionamiento del sistema .....	104
<b>Tabla 4-39:</b>	Costos de bombas seleccionadas.....	104
<b>Tabla 4-40:</b>	Costos de mano de obra .....	105
<b>Tabla 4-41:</b>	Costos directos .....	105
<b>Tabla 4-42:</b>	Costos indirectos .....	105
<b>Tabla 4-43:</b>	Costos totales .....	106
<b>Tabla 4-44:</b>	Lista de chequeo de condiciones de trabajo.....	106
<b>Tabla 4-45:</b>	Riesgos laborales en el cuarto de caldera.....	108
<b>Tabla 4-46:</b>	Riesgos laborales en el cuarto de calefones .....	109
<b>Tabla 4-47:</b>	Gestión preventiva .....	110

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b>	Elementos del sistema de bombeo hidráulico básico.....	7
<b>Ilustración 2-2:</b>	Componentes del sistema.....	8
<b>Ilustración 2-3:</b>	Clasificación de las bombas.....	11
<b>Ilustración 2-4:</b>	Ejemplo de bomba de succión axial.....	11
<b>Ilustración 2-5:</b>	Bombas montadas en bastidor y de acoplamiento directo.....	12
<b>Ilustración 2-6:</b>	Ejemplo de bombas de lóbulo rotativo, tubo y tornillo .....	12
<b>Ilustración 2-7:</b>	Metodología NTP 330.....	17
<b>Ilustración 2-8:</b>	Riesgos de golpes, cortes y proyecciones en herramientas manuales .....	18
<b>Ilustración 2-9:</b>	Determinación del nivel de riesgo y de intervención.....	21
<b>Ilustración 2-10:</b>	Figuras geométricas, colores de seguridad y colores de contraste para señales de seguridad .....	22
<b>Ilustración 2-11:</b>	Figura geométrica, colores de fondo y colores de contraste para señales complementarias .....	22
<b>Ilustración 3-1:</b>	Cabeza o columna estática de succión.....	26
<b>Ilustración 3-2:</b>	Elevación estática de succión.....	26
<b>Ilustración 3-3:</b>	Detalles de la línea de succión de la bomba y definición de términos para el cálculo de la NPSH .....	31
<b>Ilustración 3-4:</b>	Localización Complejo Turístico “Los Elenes” .....	36
<b>Ilustración 3-5:</b>	Organigrama estructural del lugar de estudio .....	37
<b>Ilustración 4-1:</b>	Visita de campo.....	38
<b>Ilustración 4-2:</b>	Área de calefones.....	39
<b>Ilustración 4-3:</b>	Hidromasaje .....	39
<b>Ilustración 4-4:</b>	Filtros de hidromasaje y polar.....	40
<b>Ilustración 4-5:</b>	Esquema de alimentación de hidromasaje y polar .....	43
<b>Ilustración 4-6:</b>	Esquema de recirculación de hidromasaje .....	49
<b>Ilustración 4-7:</b>	Esquema de recirculación de polar .....	55
<b>Ilustración 4-8:</b>	Esquema de alimentación de duchas.....	61
<b>Ilustración 4-9:</b>	Nivel cero.....	68
<b>Ilustración 4-10:</b>	Nivel uno.....	69
<b>Ilustración 4-11:</b>	Análisis modular del funcionamiento de las mordazas.....	69
<b>Ilustración 4-12:</b>	Diagrama de bloques para el sistema de alimentación .....	70
<b>Ilustración 4-13:</b>	Bomba centrífuga Pedrollo .....	71
<b>Ilustración 4-14:</b>	Bomba centrífuga Estampinox.....	71
<b>Ilustración 4-15:</b>	Bomba centrífuga 2CP.....	71

<b>Ilustración 4-16:</b>	Bomba centrífuga AL-RED .....	72
<b>Ilustración 4-17:</b>	Curvas características de bomba Centrífuga PEDROLLO .....	78
<b>Ilustración 4-18:</b>	Características de bomba centrífuga NGAm 1A .....	79
<b>Ilustración 4-19:</b>	Bomba Sumergible de pozo EBARA 3WPS .....	79
<b>Ilustración 4-20:</b>	Bomba Pedrollo sumergible de pozo 3RS .....	80
<b>Ilustración 4-21:</b>	Bomba sumergible de pozo SB3.....	80
<b>Ilustración 4-22:</b>	Bomba Pedrollo sumergible de pozo monoblock .....	80
<b>Ilustración 4-23:</b>	Gráfica de selección de bomba PEDROLLO 3RS .....	87
<b>Ilustración 4-24:</b>	Selección del rodete de bomba para familia 3SR2 .....	88
<b>Ilustración 4-25:</b>	Datos de selección de bomba PEDROLLO 3SR 2/5m.....	88
<b>Ilustración 4-26:</b>	Bomba Venus 10.....	89
<b>Ilustración 4-27:</b>	Bomba autoaspirante Ebara AGA-AGC.....	89
<b>Ilustración 4-28:</b>	Bomba centrífuga Pedrollo AL RED .....	90
<b>Ilustración 4-29:</b>	Bomba Pedrollo autocebante magnifica .....	90
<b>Ilustración 4-30:</b>	Gráfica de selección de bomba centrífuga Pedrollo .....	96
<b>Ilustración 4-31:</b>	Características de la bomba centrífuga .....	96
<b>Ilustración 4-32:</b>	Bomba QP Bravia .....	97
<b>Ilustración 4-33:</b>	Bomba autoaspirante Ebara AGA-AGC.....	97
<b>Ilustración 4-34:</b>	Bomba Pedrollo centrífuga .....	97
<b>Ilustración 4-35:</b>	Bomba Kripsol Autoebante.....	98
<b>Ilustración 4-36:</b>	Gráfica de selección de bomba centrífuga pedrollo de acero inoxidable ...	103
<b>Ilustración 4-37:</b>	Características de la bomba centrífuga .....	103

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PLANO DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL ÁREA DE HIDROMASAJE
- ANEXO B:** PLANO DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL ÁREA DE DUCHAS
- ANEXO C:** PLANO GENERAL DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DEL HIDROMASAJE Y POLAR EN 3D
- ANEXO D:** PLANO DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE HIDROMASAJE EN 3D
- ANEXO E:** PLANO DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE POLAR EN 3D
- ANEXO F:** PLANO DEL SKIT DE MUESTREO
- ANEXO G:** PLANO DE CONJUNTO MODIFICADO
- ANEXO H:** HIDROMASAJE MODIFICADO
- ANEXO I:** POLAR MODIFICADO
- ANEXO J:** SKIT DE MUESTREO MODIFICADO
- ANEXO K:** PLANO DE DISEÑO DE SEÑALÉTICA
- ANEXO L:** FOTOGRAFÍAS DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL ÁREA DE HIDROMASAJE Y DUCHAS
- ANEXO M:** CUESTIONARIO DE CHEQUEO CUARTO DE CALDERO
- ANEXO N:** CUESTIONARIO DE CHEQUEO CUARTO DE CALEFONES
- ANEXO O:** BOMBA CENTRÍFUGA NGA PEDROLLO
- ANEXO P:** BOMBA PEDROLLO SUMERGIBLE 3SR
- ANEXO Q:** BOMBA CENTRÍFUGA DE ACERO INOXIDABLE PEDROLLO



## RESUMEN

El complejo turístico “Los Elenes” fue afectado por el aluvión el 11 de diciembre del 2021, el cual ocasionó daños en los sistemas de bombeo de hidromasajes y duchas, por lo tanto, el presente trabajo tuvo como objetivo realizar una evaluación hidráulica del sistema de bombeo del área de hidromasajes y duchas del complejo turístico Los Elenes del Cantón Guano. Utilizando una metodología que se inició evaluando la situación actual de los sistemas de bombeo y los componentes hidráulicos del área de hidromasajes y duchas a través de una visita de campo; se elaboraron planos de la instalación hidráulica utilizando los programas AutoCad e Inventor, posteriormente, se analizaron las especificaciones técnicas de las bombas y demás accesorios con el fin de establecer una propuesta de repotenciación del sistema de bombeo. Finalmente, se diseñó la señalética necesaria para evitar riesgos en la operación del sistema utilizando la norma NTP 330 y NTE INEN-ISO 3864-1:2013. Obteniendo como resultado cuatro bombas para la propuesta de repotenciación, una bomba centrífuga Pedrollo NGA 1A para la alimentación del hidromasaje y polar, una bomba sumergible de pozo Pedrollo 3SR 2/5 para la alimentación de las duchas, y bombas centrífugas Pedrollo AL-RED 620-4 una para la recirculación del hidromasaje y la otra para la recirculación del polar; para la señalética se identificaron los riesgos, los cuales son: riesgo de caída al mismo nivel, riesgo de choque con objetos inmóviles, riesgo de contacto eléctrico, riesgo de exposición a altas temperaturas, riesgo de intoxicación por gases y riesgo de caída a distinto nivel. Concluyendo que las bombas de recirculación del hidromasaje y polar se instalen a 20cm desde el nivel del piso para evitar que sufran daños. Con este análisis se pretende mejorar el servicio enfocado en estas áreas para potenciar el turismo de la zona.

**Palabras clave:** <EVALUACIÓN HIDRÁULICA>, <SISTEMA DE BOMBEO>, <HIDROMASAJE>, <DUCHA>, <RIESGOS>, <SEÑALÉTICA>.

1829-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

"Los Elenes" tourist attraction was affected by a flood on December 11, 2021, which brought about damages to the hydromassage and shower pumping systems; therefore, the objective of this research was to carry out a hydraulic evaluation of the pumping system of the hydromassage and shower area in "Los Elenes" tourist attraction in Guano Canton. Through a methodology that began by evaluating the current situation of the pumping systems and the hydraulic components of the hydromassage and shower area starting with a field visit, plans of the hydraulic installation were drawn up with AutoCad and Inventor programs, then the technical specifications of the pumps and other accessories were analyzed in order to establish a proposal for the repowering of the pumping system. Finally, the necessary signage was designed to avoid risks in the operation of the system using NTP 330 and NTE INEN-ISO 3864-1:2013 standards. Achieving as a result four pumps for the repowering proposal, a Pedrollo NGA 1A centrifugal pump for feeding the hydromassage and polar, a Pedrollo 3SR 2/5 submersible well pump for feeding the showers, and Pedrollo AL-RED 620-4 centrifugal pumps one for recirculation of the hydromassage and the other for recirculation of the polar; for the signage the risks were identified, which are: risk of falling to the same level, risk of collision with immobile objects, risk of electrical contact, risk of exposure to high temperatures, risk of gas intoxication and risk of falling to a different level. It was concluded that the whirlpool and polar recirculation pumps should be installed at 20 cm from the floor level to avoid damage. Based on this analysis, it is expected to improve the service focused on these areas in order to enhance tourism in the area.

**Key words:** <HYDRAULIC EVALUATION>, <PUMPING SYSTEM>, <HIDROMASSAGE>, <SHOWER>, <RISKS>, <SIGNALETICS>.



Mgs. Mónica Paulina Castillo Niama.  
C.I. 060311780-5

## **INTRODUCCIÓN**

El presente estudio tiene como fin la ejecución de la evaluación hidráulica del sistema de bombeo del área de hidromasajes y duchas del complejo turístico “Los Elenes” del cantón Guano, en la provincia de Chimborazo, el cual fue afectado por el aluvión del 11 de diciembre del 2021, ocasionando daños en estas áreas, imposibilitando su funcionamiento. De este modo, se ha realizado una investigación de tipo técnica, que permite evidenciar en cada uno de los apartados de este documento, la situación actual y el aporte experimental. Por ello, el estudio está dividido fundamentalmente en cuatro capítulos principales, y secciones adicionales de suma importancia.

El primer capítulo denominado “Diagnóstico del problema” abarca una revisión de los antecedentes históricos, con respecto a la situación del balneario, así como el planteamiento del problema de estudio y la justificación e importancia de la ejecución del mismo.

El segundo capítulo es el “Marco Teórico”, donde se recopilan y presentan los antecedentes investigativos, nacionales e internacionales, junto a una descripción limitada de ellos. Además, se despliegan las referencias teóricas que sirven como referencia y punto de partida para explicar los fundamentos del problema planteado y las consideraciones que justifican el desarrollo metodológico de la investigación.

El tercer capítulo corresponde al “Marco Metodológico” en el cual se expone y argumenta el tipo de estudio, el cual es descriptivo; el tipo de investigación, el cual es de campo; el enfoque que corresponde a un enfoque mixto, cuali-cuantitativo, la técnica e instrumento de recolección de datos, que primordialmente corresponden a la observación y al uso de un diario de campo, respectivamente. Adicionalmente, se detallan los materiales, las herramientas, las máquinas, las tareas y los procedimientos utilizados para cumplir con los objetivos específicos de la investigación.

El cuarto capítulo “Marco de análisis e interpretación de los resultados” se presenta la evaluación de la situación actual de las instalaciones de los sistemas de bombeo del área de hidromasajes y duchas, los planos de la instalación hidráulica de ambos sistemas, junto a sus especificaciones hidráulicas. También se indica la propuesta desarrollada de repotenciación del sistema, así como la señalética necesaria para su correcto funcionamiento.

Finalmente, el documento contiene las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron durante todo el proceso y finalización del estudio, acompañada de la bibliografía utilizada y los respectivos anexos.

## **CAPÍTULO I**

### **1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Antecedentes**

El complejo turístico “Los Elenes” o también conocido como Parque Acuático “Los Elenes” está localizado en el cantón Guano “Capital artesana del Ecuador” en el valle del Elen, provincia de Chimborazo (Dirección de Turismo GAD Guano 2022).

En la actualidad, el complejo cuenta con las siguientes instalaciones: toboganes, sauna, turco, hidromasaje, duchas, piscina polar, piscina temperada, piscina de olas, piscina con juegos interactivos para niños, y vestidores.

El 11 de diciembre del 2021 el complejo turístico “Los Elenes” fue afectado por un aluvión que ocasionó daños en el área de hidromasaje y duchas especialmente en los sistemas de bombeo que imposibilitan que esta área funcione correctamente y brinde los servicios a la población.

El aluvión fue producto de las fuertes lluvias que se registraron por más de 4 horas en la parte alta de Igualata, lo que ocasionó el desbordamiento del Río Guano y de otras quebradas, afectando no solo al parque acuático, sino al sistema de agua potable, alcantarillado y saneamiento, red eléctrica, transporte público, viviendas, entre otros (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias 2021).

La presente investigación es parte del proyecto de vinculación denominado: "PROGRAMA DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL PARA EL FORTALECIMIENTO DEL LOS SERVICIOS DEL GAD MUNICIPAL DE GUANO" el cual está a cargo de la Unidad de Vinculación de la Carrera de Ingeniería Industrial de la institución educativa.

#### **1.2. Planteamiento del problema**

El aluvión ocasionado en el sector trajo consigo varios problemas en la localidad, debido principalmente a los daños estructurales no solo ocasionados en el complejo turístico sino en infraestructuras cercanas, lo cual afectó indirectamente a la calidad de vida de los pobladores del área, cuya recuperación ha implicado esfuerzos integrados entre el sector público y privado para el bien de toda la comunidad.

Las afectaciones identificadas en el sistema de bombeo del balneario “Los Elenes” representan una pérdida económica para el turismo en el sector, puesto que, al tener varias décadas en funcionamiento, el lugar es un atractivo turístico para nacionales y extranjeros. Las aguas del balneario son muy populares por las atribuciones de propiedades medicinales, ya que se originan en la peña de Langos, lo que representa aguas ricas en minerales y temperadas, con aproximadamente 22° C de temperatura (El Telégrafo, 2015).

Según el estudio de Guijarro (2015) la demanda insatisfecha de turistas en el cantón fue de 27.32 en el año 2014 y para el 2020 se tuvo una proyección de 70.935, lo que significa una afectación importante en el turismo de la zona.

Para el parque acuático, un fallo en el sistema de bombeo puede implicar una inadecuada provisión del caudal y presión del agua en las bañeras de hidromasaje y en las duchas, ocasionando problemas transitorios, de cavitación o inestabilidades; lo que repercute en la calidad del servicio brindado.

### **1.3. Justificación**

Mediante la evaluación hidráulica del sistema de bombeo del área de hidromasajes y duchas del complejo turístico “Los Elenes” del cantón Guano, se ambiciona contribuir al funcionamiento correcto del sistema de bombeo de las áreas de hidromasajes y duchas con la que cuenta el parque acuático que lamentablemente ha sido afectada por un desastre natural. Las contribuciones a su deterioro en parte, han sido por la emergencia sanitaria del COVID-19 y la presencia de desastres naturales como el aluvión, el cual trae consigo diversas afectaciones como agrietamiento de suelos, sepultamiento de infraestructura, pérdida de vidas, erosión intensa, deforestación, entre otras.

Una evaluación oportuna, propuesta y aplicación de solución de un sistema agraviado en un centro turístico, significa una ganancia cuantiosa para la situación social y económica del Cantón Guano. El balneario “Los Elenes”, una atracción turística con años de antigüedad y con popularidad a nivel cantonal y provincial, es un centro público de atracción de masas donde se obtienen ganancias económicas diarias por la visita al lugar y a sus alrededores. Esto representa un beneficio para la matriz productiva de Guano, de Chimborazo y del país.

Además, los estudios de investigación referentes al tema de evaluaciones hidráulicas de los sistemas de bombeo, específicamente en hidromasajes y duchas, son escasos o nulos. De tal

manera, que los hallazgos expuestos en esta investigación representan una contribución técnica y científica a la academia local e internacional.

En base a lo expuesto, se pretende crear soluciones al problema que afecta al complejo turístico aplicando la evaluación hidráulica de los sistemas de bombeo del área de hidromasaje y duchas y presentar una propuesta de repotenciación del sistema de bombeo y el diseño de la señalética para el área de hidromasajes y duchas y con ello la apertura de las instalaciones afectadas las cuales no generan ingresos.

#### **1.4. Objetivos**

##### ***1.4.1. Objetivo general***

Realizar la evaluación hidráulica del sistema de bombeo del área de hidromasajes y duchas del complejo turístico “Los Elenes” del cantón Guano.

##### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Evaluar la situación actual de las instalaciones de los sistemas de bombeo del área de hidromasajes y duchas.
- Elaborar los planos de la instalación hidráulica del sistema de bombeo del área de hidromasaje y duchas.
- Analizar las especificaciones hidráulicas de los sistemas de bombeo del área de hidromasajes y duchas
- Establecer una propuesta de repotenciación del sistema de bombeo del área de hidromasajes y duchas
- Diseñar la señalética necesaria para el sistema de bombeo del área de hidromasajes y duchas del complejo turístico “Los Elenes” del cantón Guano.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de investigación

Son varios los estudios a nivel nacional e internacional que se han realizado con el objetivo de evaluar, proponer o mejorar los sistemas de agua presentes en diversas organizaciones e instituciones de tipo público y privado. Para lo cual se ha trabajado con diversos tipos de bombas, impulsores y software que han permitido una aplicación óptima del trabajo a gestionar. A continuación, se pueden visualizar algunas investigaciones con dicho enfoque:

De acuerdo a la investigación de Román (2004), “Diseño del impulsor de una bomba centrífuga de la estación de bombeo “LA SOTA” en la ciudad de Catamayo”, se estudian los impulsores que tipo de impulsores, que han sufrido daño por materiales abrasivos. Por lo que, el sistema de 3 bombas centrífugas de eje horizontal marca Goulds Pumps, ha estado presentado un bajo rendimiento, con altos costos de operación y mantenimiento. Para ello se calcularon los valores de caudal, régimen de trabajo y cavitación, y principales partes del impulsor, con el fin de realizar una evaluación y ejecución de ingeniería a detalle.

Idrobo (2008) realizó la “Evaluación y diagnóstico de las estaciones de bombeo y depósitos de almacenamiento del sistema de agua potable en la ciudad de Loja”. Realizaron un diagnóstico en base a la norma de calidad del agua vigente en el país, que establezca las recomendaciones para el mejoramiento de la eficiencia de los nudos hidráulicos. Además, se utilizó el software Visual Studio 2005 para presentar los resultados obtenidos.

Terán (2009) en su proyecto “Evaluación, diagnóstico y propuesta para la optimización del sistema de abastecimiento de agua potable del sector Guaremal. Municipio Guaicaipuro-Estado Miranda” establecieron las características y el estado del sistema de bombeo y de la red de distribución, mediante el cálculo de caudales, tuberías, entre otros, para establecer una propuesta de nuevos sistemas de abastecimientos con tuberías, bombas, válvulas, entre otros.

Tandalla (2012) realizó la “Evaluación, diagnóstico y rediseño del sistema de agua segura para el Barrio Santa Rosa de Pichul, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi” donde se plantearon cinco alternativas para la línea de conducción e impulsión, con cumplimiento de criterios técnicos y económicos; además del estudio de impacto ambiental y programación de obra.

Galarza (2013) con su investigación “Estudio de factores hidráulicos en una bomba de ariete y su efecto sobre la eficiencia” modificó el diseño mecánico del Ariete Hidráulico convencional por un ariete multimpulsor para configurar la válvula, de manera idónea, logrando así obtener mayor eficiencia en el sistema. Los softwares utilizados fueron AutoCAD Civil 3D, ANSYS, CFD.

Según González & Méndez (2015) en su proyecto “Estudio y reingeniería del sistema hidráulico de bombeo y filtraje de una piscina e incorporación de un sistema de temperado en base a bombas de calor y colectores solares”, el sistema antiguo estaba generando un consumo eléctrico mucho mayor al normal, por lo que la nueva adecuación permite eliminar todo el déficit ocasionado.

La “Propuesta de rehabilitación de los sistemas hidráulicos de la piscina del Hotel Elguea” de Capita (2016) tuvo como fin diseñar un sistema de recirculación, que brinde mejoras, en base a una modelación hidráulica computacional empleando el WaterCAD y el ANSYS FLUENT con modelos en el plano y el espacio para obtener mayor precisión en los resultados.

Camacho (2016) en su estudio “Evaluación del sistema de bombeo de soluciones cianuradas del PAD LQ8 para la planta columnas de carbón en minera Yanacocha” realizó una evaluación del sistema de bombeo mediante cálculos de tuberías, considerando que la bomba de turbina vertical FLOWSERVE sirve para un rediseño que mejore los costos y beneficios del servicio.

Gualancañay & Jaguaco (2017) en su trabajo “Diseño de un sistema de bombeo para almacenamiento de agua de riego en los sectores de Chan Chico y Tiobamba de la Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi” implementaron un sistema de bombeo que permite el abastecimiento continuo del recurso hídrico al sector, principalmente beneficiando la producción agrícola y ganadera.

Cruz (2018) en su proyecto “Evaluación y mejoramiento del sistema de bombeo de agua en la profundización de la mina Santa Teresa” seleccionó una bomba estacionaria y una línea de impulsión para otorgar funcionalidad al sistema de bombeo y así evacuar eficientemente el agua de la mina. Para ello se optimizó el sistema mediante la implementación de bombas nuevas y pozas de sedimentación de 100m<sup>3</sup> y 60m<sup>3</sup>.

La investigación de Caballero & Zavaleta (2019) fue el “Diseño e implementación de una metodología para la evaluación de sistemas de bombeo en Hospitales Públicos Nacionales”, donde el problema era el sistema de baja presión y pudo ser atendido mediante la implementación del nuevo diseño, para el cual se utilizaron diferentes softwares de computación basados en hojas de datos y tabulaciones.



## 2.2. Referencias teóricas

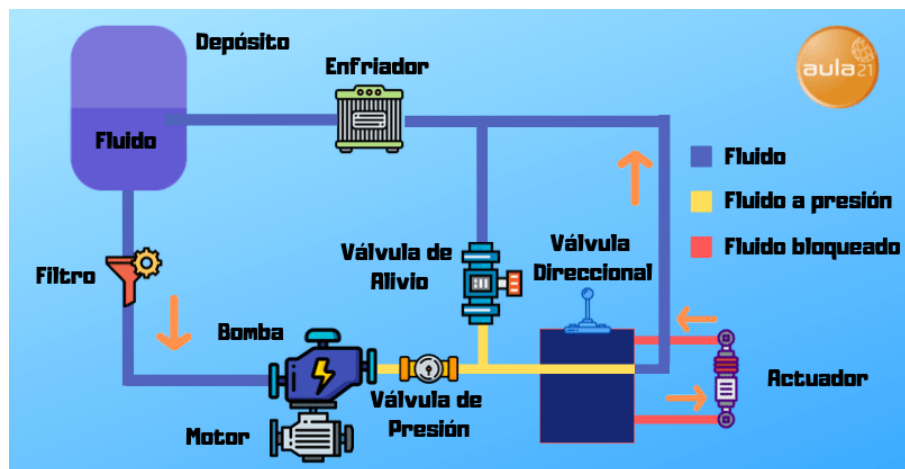
### 2.2.1. Sistema de bombeo hidráulico

#### 2.2.1.1. Definición

Se denomina sistema de bombeo, al conjunto de elementos que permite el transporte de fluidos, temporalmente, por medio de tuberías y almacenamientos temporales que cumplan las especificaciones necesarias de presión y caudal, en diferentes sistemas y procesos (Blanco, Velarde y Fernández 1994).

#### 2.2.1.2. Elementos

El transporte de fluidos depende de la altura de elevación del fluido, de la presión requerida para la descarga del fluido, de la velocidad del fluido, de las propiedades físicas del fluido (densidad y viscosidad, para  $H_{fd}$ ) y de las características de la tubería (diámetro, longitud, y rugosidad relativa) (Domínguez 2016).



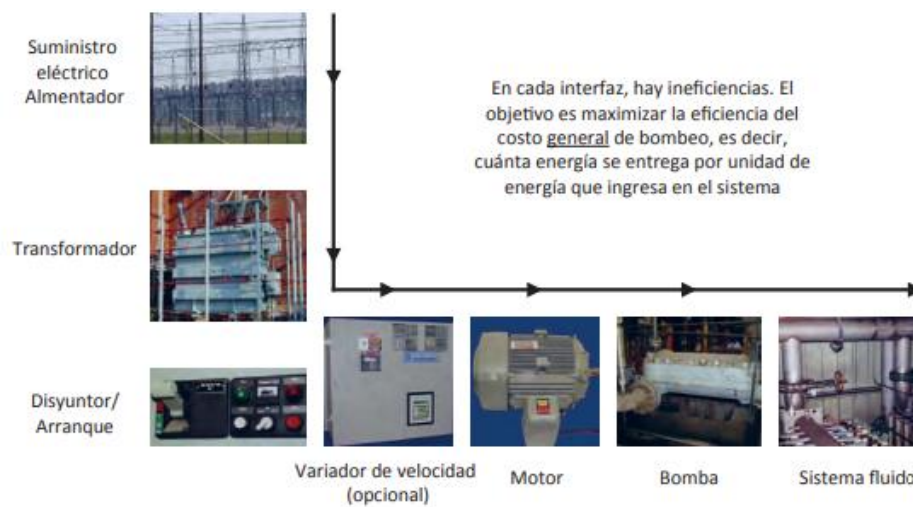
**Ilustración 2-1:** Elementos del sistema de bombeo hidráulico básico

Fuente: Aula21, 2020

#### 2.2.1.3. Componentes

Los componentes de un sistema de bombeo, están conectados entre sí e interactúan con la bomba. Aquí se ubican los dispositivos de accionamiento y control de la bomba, así como las tuberías y el resto de componentes donde el fluido se transfiere, como válvulas e intercambiadores de calor. Es necesario, hacer énfasis que cualquier cambio en algún componente del sistema, implica un impacto sobre otro, es por eso que su manejo no es individual. Para sistemas complejos es

necesario contar con esquemas gráficos, como el que se refleja a continuación (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial 2018).



**Ilustración 2-2:** Componentes del sistema

**Fuente:** Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2018

#### 2.2.1.4. Fundamentación teórica

El funcionamiento de los sistemas de bombeo, está regido por la mecánica de fluidos, que estudia el comportamiento de los fluidos en movimiento y de las fuerzas que lo provocan. Al hablar de concepto de fluido, el enfoque es hacia los estados de la materia líquido y gaseoso, donde la característica principal es la ausencia de resistencia a esfuerzos cortantes, para que pueda fluir. Caballero & Zavaleta (2019)

En un sistema de bombeo, los principios son aplicados para seleccionar la bomba adecuada, según la potencia necesaria para transportar a lo largo de las tuberías desde un punto al otro tomando en consideración las pérdidas por fricción y otros aspectos que intervienen en el diseño, selección y mantenimiento de un sistema de bombeo.

#### 2.2.1.5. Tipos de sistema de bombeo

Existen varios tipos de sistema de bombeo para el trasvase o drenaje de agua y otros fluidos, entre ellos los más comunes son:

- Sistema de bombeo centrífugo

Un sistema de bombeo centrífugo utiliza una bomba hidráulica, la cual se encarga de transformar la energía mecánica de un impulsor, en energía cinética, la cual es necesaria para hacer presión sobre el fluido. Este tipo de sistema de bombeo, es utilizado habitualmente, con el objetivo de

crear corrientes y que el agua fluya. En la industria alimentaria, química, alimentaria y cosmética es habitual el uso de sistemas de bombeo centrífugo.

- Sistema de bombeo sumergible

Este tipo está diseñado para el vaciado de piscinas, depósitos de agua, fuentes, e incluso pozos. Su funcionamiento radica en la sumersión del sistema en el agua o líquido, de tal manera que la bomba que dispone del impulsor sellado a la carcasa pueda evitar filtraciones con ello estropearse. Una vez que la bomba se encuentra sumergida, no depende de la presión de un aire externo, para proporcionar gran fuerza de elevación para evitar la presencia. Al encontrarse sumergida, este tipo de bomba no depende de la presión de aire externa, lo que permite proporcionar una gran fuerza de elevación para enviar el líquido en sentido ascendente. Este tipo de sistemas es utilizado comúnmente para suministrar y extraer aguas subterráneas, irrigación en el sector agrícola, entre otros.

- Sistema de bombeo solar

Son los rayos de sol, los encargados de generar la energía necesaria para que la bomba funcione adecuadamente. Este sistema es de tipo sostenible, ya que es respetuoso con el medio ambiente, por lo que cada vez su popularidad aumenta en tanto en industrias y empresas que se comprometen con la protección del planeta. El sistema de bombeo solar, tiene una serie de paneles solares, los cuales captan la luz del sol y la convierten en energía eléctrica que es suministrada a la bomba para su funcionamiento. Las bombas basadas en energía solar, son muy utilizadas en el regadío de jardines y en ubicaciones donde la red eléctrica llega (Interbenavente 2021).

## ***2.2.2. Diseño de un sistema de bombeo***

### *2.2.2.1. Requisitos del sistema*

Para diseñar un sistema de bombeo o elegir el tipo de bombeo, es necesario conocer los requerimientos funcionales a tener en cuenta, en el sistema donde se implementará la bomba. Para esto, las necesidades principales, son:

- Servicio que presta la bomba
- Sector industrial y normativa de aplicación
- Características del emplazamiento
- Demanda del sistema
- Requisitos medioambientales
- Requisitos del cliente

- Legislación aplicable (Pumps Bombas 2022)

#### 2.2.2.2. *Criterios de diseño*

Las distintas plantas de bombeo, se diferencian por la instalación en la que se encuentre localizada, y de la demanda o consumo de agua potable requerida. En base a esto, se seleccionan los elementos fundamentales de los sistemas de bombeo y se manejan los diversos criterios de diseño, los cuales son:

- Tubería

Una tubería es un elemento que sirve de vía para el transporte de agua u otros fluidos al punto de consumo. En la instalación de un sistema de bombeo, en la representación de las tuberías en el plano hidráulico, se deben seleccionar los tramos más cortos posibles entre el punto de inicio o de toma y el punto de demanda, para reducir pérdidas por fricción en la tubería y reducir los costos de inversión inicial que incurre en la compra de tuberías.

El segundo punto es el más crucial, ya que las pérdidas por fricción representan los gastos energéticos. El cálculo se realiza en base a las pérdidas por dicha fricción y por la pérdida de accesorios.

Las tuberías pueden ser distribuidas a través de su gravedad y bombeo considerado, en un tubo lleno, donde las presiones de los líquidos sean ejercidas de manera uniforme hacia las paredes del tubo. Las pérdidas de energía en las tuberías pueden ser por tres factores (Jiménez et al. 2013):

- Carga de presión
- Carga de velocidad
- Carga de posición

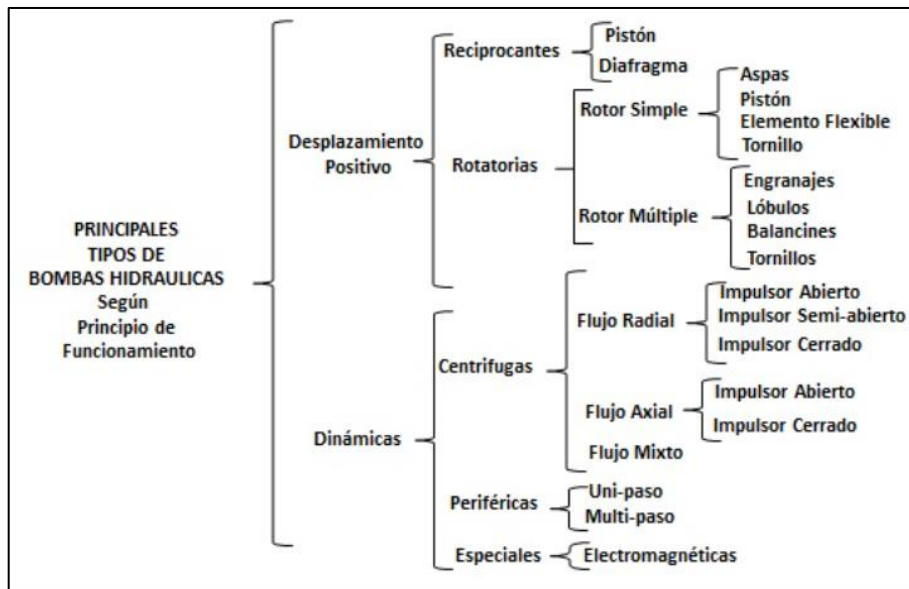
- Bomba hidráulica

La bomba es la encargada de suministrar la energía potencial y cinética al fluido, por lo que principalmente su selección y aplicación depende del caudal entregado por la bomba, potencia de la bomba, carga de la bomba y eficiencia hidráulica.

- Tipos de bombas hidráulicas

Las bombas se clasifican en dos grupos grandes, cuyo nombre se origina en base a la transferencia de energía al medio que se bombea, en el primer caso se tiene, impulsor mediante un rotor

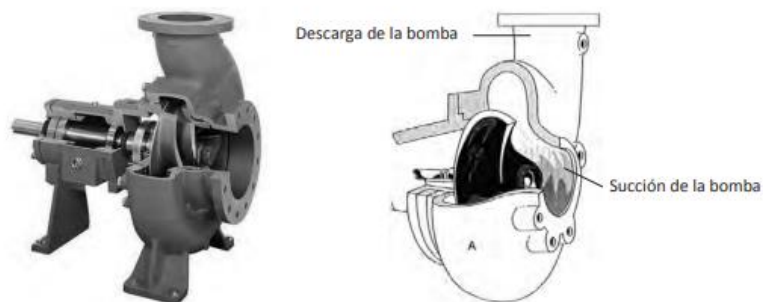
impulsor, el cual transfiere energía por una acción dinámica o moviendo un fluido por desplazamiento (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial 2018).



**Ilustración 2-3:** Clasificación de las bombas

Fuente: Portal Electromecánico, 2017

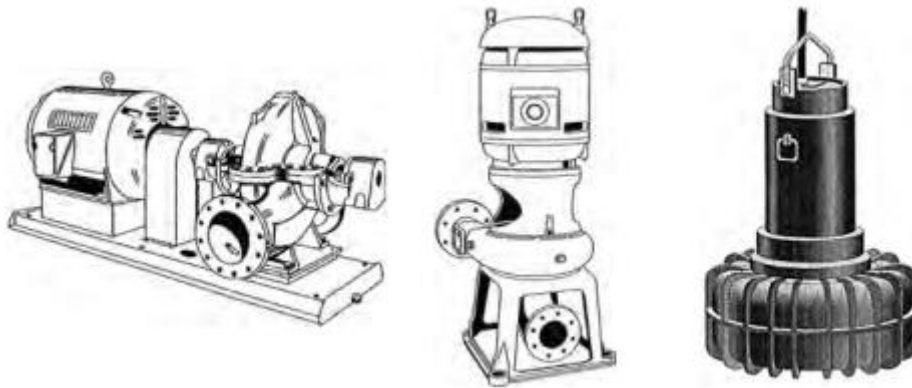
Las bombas rotodinámicas (centrífugas) son aquellas que transfieren energía a un fluido mediante un impulsor o rotor impulsor. De este modo, el líquido ingresa en la succión de la bomba y se dirige al centro del impulsor donde se acelera a gran velocidad, para pasar a través de un difusor cuya función es convertir la carga de velocidad en carga de presión que sale a través de la descarga de la bomba, como se observa en la siguiente ilustración (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial 2018).



**Ilustración 2-4:** Ejemplo de bomba de succión axial

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2018

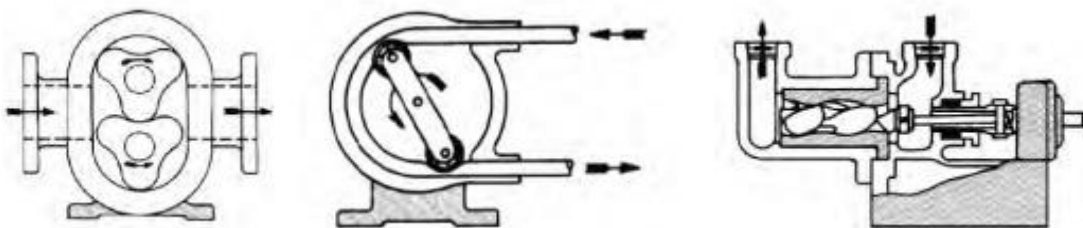
Las bombas centrífugas pueden ser de tipo horizontal o vertical. Además, hay algunas montadas en bastidor o de acoplamiento directo (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial 2018).



**Ilustración 2-5:** Bombas montadas en bastidor y de acoplamiento directo

**Fuente:** Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2018

Las bombas de desplazamiento positivo, son aquellas que tienen en el extremo de la succión, una cavidad que es capaz de expandirse y en el extremo de la descarga una que se acorta. Mientras la cavidad del primer extremo se expande, el líquido fluye dentro de la bomba y sale por el extremo de la descarga cuando la cavidad se contrae poco a poco. Teóricamente, la velocidad o cantidad de rpm a medidas constantes, determina que las bombas produzcan el mismo caudal independientemente de la presión de descarga, la cual se limita por las fugas internas (desplazamiento) y por el par del motor. Este tipo de bombas son “máquinas de flujo constante”, utilizadas para presiones altas y fluidos viscosos, los principales tipos son reciprocantes y rotativos, donde cada una de ellas contienen a diferentes subgrupos, como el ejemplo de la siguiente ilustración (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial 2018).



**Ilustración 2-6:** Ejemplo de bombas de lóbulo rotativo, tubo y tornillo

**Fuente:** Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2018

- Factores que influyen en la selección

Algunas características del sistema que van a influir al momento de seleccionar la bomba, son el caudal y la altura. Además:

- ✓ La posición de la bomba
- ✓ El diámetro de las tuberías, ya que determina las pérdidas de carga y el punto de operación
- ✓ El sistema y rango de regulación
- ✓ El número y disposición (serie o paralelo) de las bombas

Si se bombean líquidos viscosos, se debe considerar que afecta al punto de operación y a la potencia. Con el bombeo de pastas o líquidos con sólidos en suspensión, se necesitan rodets especiales y para el bombeo de líquidos corrosivos o similares se debe tomar en cuenta el uso de materiales o recubrimientos especiales (Blanco, Velarde y Fernández 1994).

- Procedimiento para seleccionar una bomba hidráulica

El procedimiento consiste en prestar atención en los factores que influyen en la selección, aparte de los parámetros que se deben tener en cuenta en el siguiente orden (Serretecno 2022):

- ✓ Tipo de fluido a suministrar
- ✓ Densidad o viscosidad del fluido
- ✓ Cantidad de fluido a suministrar
- ✓ Distancia entre bomba y punto de uso
- ✓ Presión del fluido por tipo de uso

- Parámetros de las bombas centrífugas

- ✓ TDH: Altura Dinámica Total, TDH (en inglés Total Differential Head) corresponde a la suma de la altura geométrica o estática que se pretende vencer y las pérdidas de carga de la instalación. Para ello, se miden los manómetros conectados en las bridas de aspiración e impulsión de la bomba (EDDY Pump 2022).
- ✓ NPSH: Carga neta positiva de aspiración, son las siglas de NPSH (en inglés "Net Positive Suction Head") y abarca dos tipos NPSH requerida (NPSHr) y la NPSH disponible (NPSHdis). En el primer caso, influye el diseño de la bomba y constituye la energía que se necesita para llenar la parte de aspiración de la bomba y no tener pérdidas. Es un valor que depende del diseño de construcción de la bomba y es suministrado por el fabricante. En el segundo caso, constituye la diferencia entre la presión a la entrada de la bomba y la tensión de vapor del fluido a la temperatura de funcionamiento (Universidad de Granada).

- Motores

Este elemento proporciona el impulso de energía mecánico necesario, por lo que su selección depende de diversos criterios. Entre ellos, la potencia requerida para la instalación, la eficiencia del motor y la disposición de la fuente de energía del motor (Caballero y Zavaleta 2019).

### *2.2.2.3. Problemas de diseño y operación*

El sistema de bombeo debe satisfacer el objetivo de transportar un caudal de cierto fluido, de un lugar a otro, y cumplir con los criterios de llegar al lugar de destino con cierta presión, y de que el sistema permita un rango de variación entre el caudal y la presión. En base a esto, el diseño debe cumplir con los aspectos de fiabilidad, seguridad, facilidad de mantenimiento, impacto ambiental y factores humanos, que son imprescindibles en esta etapa. También, la operación de un sistema de bombeo, está determinada por los sistemas de regulación y control que permiten obtener el caudal y la presión deseada, y atender los problemas de cavitación, inestabilidades y transitorios, que puedan producirse (Blanco, Velarde y Fernández 1994).

Según Caballero & Zavaleta (2019) en un sistema de bombeo pueden presentarse diversos inconvenientes, basados en:

- **Demanda insatisfecha**

Hace referencia a los errores de diseño en base al cálculo del valor del caudal, siendo éste, menor a las aplicaciones con su factor de uso. Podría ser por un valor erróneo de pérdidas en las tuberías o por una mala proyección en el incremento de la demanda de aplicaciones del sistema.

- **Cavitación en rodete de la bomba**

Principalmente en debido al cálculo incorrecto del NPSH disponible.

### *2.2.2.4. Eficiencia energética*

Es de suma importancia, realizar el seguimiento del desempeño del sistema de bombeo, para determinar la eficiencia de trabajo sobre la eficiencia óptima. Con esto, se pueden detectar ciertas desviaciones, lo antes posible. Es la energía específica, el indicador clave al momento de evaluar el desempeño, lo cual resulta muy útil para hacer el monitoreo y seguimiento de los sistemas de bombeo (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial 2018).

Uno de los costos más altos en las estaciones de bombeo, es la operación de estas, las cuales incluso son superiores a la inversión inicial. Además, se conoce que los sistemas de bombeo consumen aproximadamente de 20% a 25% de la demanda mundial de energía eléctrica. (Valdés & Huguet Esteve, 2010, citado en Caballero & Zavaleta, 2019). Ciertas organizaciones afirman que las estaciones de bombeo representan hasta el 30% de la demanda mundial energética, siendo responsable de alrededor de 35% de las emisiones de CO<sub>2</sub> (Caballero y Zavaleta 2019).



En un sistema de bombeo, los diferentes factores provocan algunas pérdidas, entre las cuales destacan:

- Pérdidas en instalaciones eléctricas (aproximadamente 6%)
- Pérdidas en motores eléctricos (aproximadamente 10%)
- Pérdidas en el acoplamiento (aproximadamente 1%)
- Pérdidas en la bomba (aproximadamente 32%)
- Pérdidas en la conducción (aproximadamente 12%)
- Pérdidas por fugas (aproximadamente 18%)

Con esto, se tiene alrededor del 21% de trabajo útil aprovechable (Moya, 2016, citado en Caballero & Zavaleta, 2019).

La evaluación de eficiencia energética, se basa en diversos puntos, como:

- Caudal y presión de impulsión
- Altura geodésica
- Potencia consumida
- Diámetro de tuberías
- Niveles de agua en el pozo
- Distancia entre los instrumentos de medición
- Esquema de la instalación
- Manejo de la estación (Caballero y Zavaleta 2019).

### ***2.2.3. Sistema de bombeo en hidromasajes***

#### ***2.2.3.1. Funcionamiento***

En un sistema de hidromasaje el agua pasa a través de la rejilla de aspiración hacia la bomba para que se impulse a través de la tubería de conducción. Una vez allí, se mezcla con el aire inducido mediante un sistema de aspiración, de tipo opcional para luego liberar hacia los jets o boquillas de la tina de hidromasaje. El volumen de agua que es expulsado por los jets o boquillas determina la intensidad del masaje por lo que puede ser regulado mediante diferentes mandos, independientemente del tipo del sistema de hidromasaje (Aqua Pak).

La bomba está equipada con una protección de tipo automático contra sobrecalentamiento. Por lo tanto, la marcha de la bomba se restablece en un lapso de tiempo estimado. El diseño del cuerpo

de la bomba permite eliminar por completo el agua residual después del trabajo realizado, y el líquido a bombear debe ser agua limpia sin sólidos en suspensión (Aqua Pak).

#### **2.2.4. Sistema de bombeo en duchas**

Las bombas en las duchas aumentan drásticamente la cantidad de agua utilizada y la mayoría de los tanques de agua domésticos se adaptan a la demanda. Las bombas de ducha funcionan con dos impulsores. Esto significa que bombean efectivamente dos suministros de agua separados: el agua caliente y la fría, ambos se alimentan del tanque en el desván. La bomba es el control de ducha habitual, que mezcla el agua bombeada a la presión deseada. La mayoría de las bombas de ducha vienen con accesorios de tubería flexibles de ajuste a presión para adaptarse a 15 o 22 mm. Algunas bombas de ducha tienen un solo impulsor, y se instalan en la línea después de la válvula mezcladora y antes de la válvula de flujo (PlumberParts 2022).

#### **2.2.5. Variables de diseño**

##### **2.2.5.1. Caudal**

Es la cantidad de fluido que circula por unidad de tiempo en un elemento o sistema específico (Cerpa 2021).

##### **2.2.5.2. Potencia**

Es la relación entre el trabajo realizado, el cual constituye la fuerza x la distancia, dividido para el tiempo en que el trabajo se demora en ser realizado (HidraOil 2022).

##### **2.2.5.3. Presión**

Es una fuerza de impulso. En una tubería se puede calcular la máxima presión que es el régimen permanente, de la zona o de la red de presión en una sección de la tubería, sin tomar en cuenta el golpe de ariete (Cerpa 2021).

#### **2.2.6. Señalética**

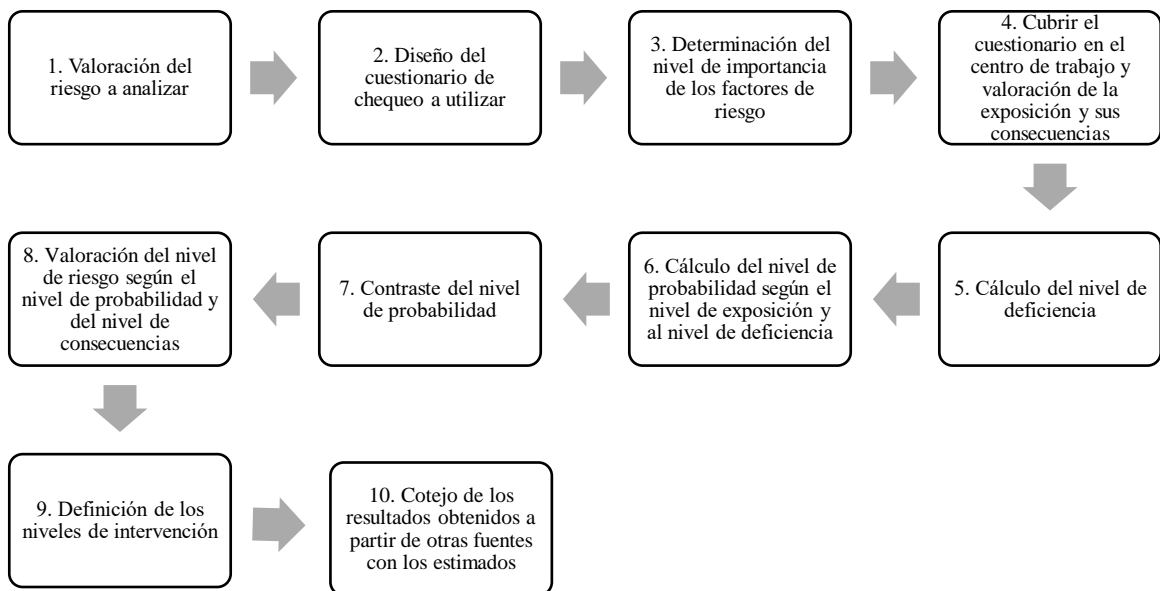
La señalética es una estrategia de comunicación en un territorio. De hecho, la señalética, de espacios y lugares turísticos permite una comprensión instantánea por parte del turista de los

elementos que se presentan, de este modo las personas ahorran tiempo, gracias a la satisfacción y calidad brindada por el manejo gráfico óptimo del lugar (CONGOPE 2013).

### 2.2.6.1. NTP 330

La Nota Técnica de Prevención 330 está enfocada en la evaluación de riesgos por medio de la verificación y control de las deficiencias que se puedan encontrar en los lugares de trabajo a través del cumplimiento de cuestionarios de chequeo. Para ello se identifican y evalúan los niveles de deficiencia, exposición, probabilidad, consecuencias, riesgos e intervención (INSHT 1993).

Se maneja niveles en lugar de valores, en la metodología de la norma, de modo que se tienen niveles de probabilidad, riesgo y consecuencias. El proceso a seguir se observa a continuación:



### Ilustración 2-7: Metodología NTP 330

Fuente: Adaptado de UNIR, 2021

Los niveles que se asocian la NTP 330, con su procedimiento de obtención, son:

- Nivel de deficiencia (ND)

Corresponde a la vinculación que se espera entre la relación causal directa con el posible accidente y los factores considerados riesgosos, teniéndose así cuatro criterios de clasificación. Un cuestionario ideal para su determinación, es el uso de la NTP-324 (INSHT 1993).

**Tabla 2-1:** Determinación del Nivel de Deficiencia ND

Nivel de deficiencia	ND	Significado
<b>Muy deficiente (MD)</b>	10	Se han detectado factores de riesgo significativos que determinan como muy posible la generación de fallos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz.
<b>Deficiente (D)</b>	6	Se ha detectado algún factor de riesgo significativo que precisa ser corregido. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes se ve reducida de forma apreciable.
<b>Mejorable (M)</b>	2	Se han detectado factores de riesgo de menor importancia. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes se ve reducida de forma apreciable.
<b>Aceptable (B)</b>	-	No se ha detectado anomalía destacable alguna. El riesgo está controlado. No se valora.

Fuente: Adaptado de NTP 330: Sistema Simplificado de Evaluación de Riesgos de Accidente, 1993.

Se puede observar enseguida un ejemplo del cuestionario con sus respectivos criterios de valoración.

<b>CUESTIONARIO DE CHEQUEO</b>		
	SÍ	NO
1. Las herramientas están ajustadas al trabajo a realizar .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.1. Las herramientas son de buena calidad.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2. Las herramientas se encuentran en buen estado de limpieza y conservación.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. La cantidad de herramientas disponible es insuficiente en función del proceso productivo y personas.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Existen lugares y/o medios idóneos para la ubicación ordenada de las herramientas (paneles, cajas.....)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Cuando no se utilizan las herramientas cortantes o punzantes, se disponen con los protectores adecuados.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Se observan hábitos correctos de trabajo.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.1. Los trabajos se hacen de manera segura, sin sobreesfuerzos o movimientos bruscos.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.2. Los trabajadores están adiestrados en el manejo de herramientas.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3. Se usan equipos de protección personal cuando se pueden producir riesgos de proyecciones.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>CRITERIOS DE VALORACIÓN</b>		
Se valorará la situación como <b>MUY DEFICIENTE</b> cuando se haya respondido <b>NO</b> a una o más de las cuestiones: 5, 5.2, 5.3.		
Se valorará la situación como <b>DEFICIENTE</b> cuando no siendo muy deficiente, se haya respondido negativamente a la cuestión 1.		
Se valorará la situación como <b>MEJORABLE</b> cuando no siendo muy deficiente ni deficiente se haya respondido negativamente a una o más de las cuestiones: 1.1, 1.2, 2, 3, 5.1.		
Se valorará la situación como <b>ACEPTABLE</b> en los demás casos.		

**Ilustración 2-8:** Riesgos de golpes, cortes y proyecciones en herramientas manuales

Fuente: NTP 330: Sistema Simplificado de Evaluación de Riesgos de Accidente, 1993.

- Nivel de exposición (NE)

Es la medida de la frecuencia de la exposición al riesgo, en donde se valora en función de la permanencia en tiempos y áreas operacionales, con trabajo, máquinas, entre otros (INSHT 1993). A continuación, se puede observar el nivel de exposición con sus diferentes subcategorías y significados.

**Tabla 2-2:** Determinación del Nivel de Exposición NE

Nivel de exposición	NE	Significado
Continuada (EC)	4	Continuamente. Varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado.
Frecuente (EF)	3	Varias veces en su jornada laboral, aunque sea con tiempos cortos.
Ocasional (EO)	2	Alguna vez en su jornada laboral y con período corto de tiempo.
Esporádica (EE)	1	Irregularmente.

Fuente: Adaptado de NTP 330: Sistema Simplificado de Evaluación de Riesgos de Accidente, 1993.

- Nivel de probabilidad (NP)

En base a las insuficiencias de las medidas protectoras (nivel de deficiencia) y también a la exposición al peligro (nivel de exposición), se tiene:

$$NP = ND * NE$$

Se puede observar la categorización entre el nivel de deficiencia y de exposición, denotada por diferentes puntuaciones (INSHT 1993).

**Tabla 2-3:** Determinación del Nivel de Probabilidad NP

		Nivel de exposición (NE)			
		4	3	2	1
Nivel de deficiencia (ND)	10	MA-40	MA-30	A-20	A-10
	6	MA-24	A-18	A-12	M-6
	2	M-8	M-6	B-4	B-2

Fuente: Adaptado de NTP 330: Sistema Simplificado de Evaluación de Riesgos de Accidente, 1993.

A continuación, se expresan los significados de cada nivel de probabilidad: Muy Alta, Alta, Media y Baja; con el fin de establecer los rangos numéricos que rigen la probabilidad.

**Tabla 2-4:** Determinación del Nivel de Probabilidad NP

Nivel de probabilidad	NP	Significado
<b>Muy alta (MA)</b>	Entre 40 y 24	Situación deficiente con exposición continuada o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.
<b>Alta (A)</b>	Entre 20 y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en el ciclo de vida laboral.
<b>Media (M)</b>	Entre 8 y 6	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez.
<b>Baja (B)</b>	Entre 4 y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible.

Fuente: Adaptado de NTP 330: Sistema Simplificado de Evaluación de Riesgos de Accidente, 1993.

- Nivel de consecuencias (NC)

Son cuatro niveles de clasificación, en donde se dividen los daños materiales y físicos, incluyendo sus puntuaciones. Los criterios se consideran de manera independiente, donde los daños personales sobrepasan a los materiales (INSHT 1993).

**Tabla 2-5:** Determinación del Nivel de Consecuencias NC

Nivel de consecuencias	NC	Significado	
		Daños personales	Daños materiales
<b>Mortal o Catastrófico (M)</b>	100	1 muerto o más	Destrucción total del sistema (difícil renovarlo)
<b>Muy Grave (MG)</b>	60	Lesiones graves que pueden ser irreparables	Destrucción parcial del sistema (compleja y costosa la reparación)
<b>Grave (G)</b>	25	Lesiones con incapacidad laboral transitoria (I.L.T.)	Se requiere paro de proceso para efectuar la reparación
<b>Leve (L)</b>	10	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización	Reparable sin necesidad de paro del proceso

Fuente: Adaptado de NTP 330: Sistema Simplificado de Evaluación de Riesgos de Accidente, 1993.

- Nivel de riesgo (NR) y nivel de intervención

Se origina del nivel de consecuencias y nivel de probabilidad, dando lugar a la siguiente ecuación:

$$NR = NP * NC$$

En este sentido, en base a cuatro niveles se originan bloques de priorización de las intervenciones. Los niveles de intervención poseen un valor orientativo hacia la priorización de un programa de mejoras de los problemas de los trabajadores e inversiones (INSHT 1993), lo cual se encuentra en base a la relación entre el nivel de consecuencias y nivel de probabilidad, como se observa a continuación.

**NR = NP x NC**

		Nivel de probabilidad (NP)			
		40-24	20-10	8-6	4-2
Nivel de consecuencias (NC)	100	I 4000-2400	I 2000-1200	I 800-600	II 400-200
	60	I 2400-1440	I 1200-600	II 480-360	II 240 III 120
	25	I 1000-600	II 500-250	II 200-150	III 100-50
	10	II 400-240	II 200 III 100	III 80-60	III 40 IV 20

**Ilustración 2-9:** Determinación del nivel de riesgo y de intervención

**Fuente:** NTP 330: Sistema Simplificado de Evaluación de Riesgos de Accidente, 1993.

De este modo, los niveles de riesgo son agrupados, para dar lugar a los diferentes niveles de intervención con sus respectivas interpretaciones (INSHT 1993), como se puede ver a continuación.

**Tabla 2-6:** Significado del nivel de intervención

Nivel de intervención	NR	Significado
<b>I</b>	400-600	Situación crítica. Corrección urgente.
<b>II</b>	500-150	Corregir y adoptar medidas de control.
<b>III</b>	120-40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intención y su rentabilidad
<b>IV</b>	20	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique.






**Fuente:** Adaptado de NTP 330: Sistema Simplificado de Evaluación de Riesgos de Accidente, 1993.

En base a datos históricos de otras investigaciones, se tiene el contraste de los resultados obtenidos, con el fin de observar la evolución de los mismos y develar si las medidas correctivas han resultado apropiadas (INSHT 1993).

#### 2.2.6.2. NTE- INEN-ISO 3864-1:2013

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN-ISO 3864-1:2013 está diseñada para establecer los colores que permitan identificar los principios de diseño de las señales e indicaciones de seguridad que se deben utilizar en ambientes laborales e inclusive en áreas públicas. Esto con el propósito de evitar accidentes, proteger contra incendios, e informar acerca de los riesgos en la salud y evacuaciones de emergencia. La norma dictamina los principios básicos que deben ser aplicados

al momento de elaborar diferentes señales de seguridad. Cabe recalcar que, para la señalización en carreteras, ferrocarriles, vías marítimas y fluviales, entre otras, se necesita otro tipo de norma (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN 2013). A continuación, se puede observar Significado general de figuras geométricas y colores de seguridad:

FIGURA GEOMÉTRICA	SIGNIFICADO	COLOR DE SEGURIDAD	COLOR DE CONTRASTE AL COLOR DE SEGURIDAD	COLOR DEL SÍMBOLO GRÁFICO	EJEMPLOS DE USO
 CÍRCULO CON UNA BARRA DIAGONAL	PROHIBICIÓN	ROJO	BLANCO*	NEGRO	- NO FUMAR - NO BEBER AGUA - NO TOCAR
 CÍRCULO	ACCIÓN OBLIGATORIA	AZUL	BLANCO*	BLANCO*	- USAR PROTECCIÓN PARA LOS OJOS - USAR ROPA DE PROTECCIÓN - LAVARSE LAS MANOS
 TRIÁNGULO EQUILÁTERO CON ESQUINAS EXTERIORES REDONDEADAS	PRECAUCIÓN	AMARILLO	NEGRO	NEGRO	- PRECAUCIÓN: SUPERFICIE CALIENTE - PRECAUCIÓN: RIESGO BIOLÓGICO - PRECAUCIÓN: ELECTRICIDAD
 CUADRADO	CONDICIÓN SEGURA	VERDE	BLANCO*	BLANCO*	- PRIMEROS AUXILIOS - SALIDA DE EMERGENCIA - PUNTO DE ENCUENTRO DURANTE UNA EVACUACIÓN
 CUADRADO	EQUIPO CONTRA INCENDIOS	ROJO	BLANCO*	BLANCO*	- PUNTO DE LLAMADO PARA ALARMA DE INCENDIO - RECOLECCIÓN DE EQUIPO CONTRA INCENDIOS - EXTINTOR DE INCENDIOS
* El color blanco incluye el color para material fosforescente bajo condiciones de luz del día con propiedades definidas en la norma ISO 3864-4.					

**Ilustración 2-10:** Figuras geométricas, colores de seguridad y colores de contraste para señales de seguridad

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013

FIGURA GEOMÉTRICA	SIGNIFICADO	COLOR DE FONDO	COLOR DE CONTRASTE AL COLOR DE FONDO	COLOR DE LA INFORMACIÓN DE SEGURIDAD COMPLEMENTARIA
 RECTÁNGULO	INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	BLANCO	NEGRO	CUALQUIERA
		COLOR DE SEGURIDAD DE LA SEÑAL DE SEGURIDAD	NEGRO O BLANCO	

**Ilustración 2-11:** Figura geométrica, colores de fondo y colores de contraste para señales complementarias

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013



## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo de estudio

##### 3.1.1. *Descriptivo*

Es aquel que recolecta la información directa, sin cambiar el entorno, es decir no existe manipulación. Algunas veces también son denominados estudios “de observación” o “correlacionales” (ORI).

#### 3.2. Tipo de investigación

##### 3.2.1. *Investigación de campo*

Hace referencia a la aplicación directa de la investigación en entornos o personas, donde ocurren los fenómenos. La finalidad de la investigación es recolectar datos de fuentes primarias, por medio de una observación estructurada y la aplicación de diversos instrumentos previamente diseñados. Este tipo de trabajos funcionan en conjunto con los de tipo documental (Guzmán 2019).

#### 3.3. Enfoque de la investigación

##### 3.3.1. *Cualitativo*

El investigador empieza con la examinación del mundo para realizar un proceso de desarrollo de teorías coherentes con los datos, la cual es denominada como teoría fundamentada. La recolección de datos cualitativos implica detallar eventos, situaciones, interacciones, entre otros (Cruz et al., 2020).

##### 3.3.2. *Cuantitativo*

Se basa en la obtención de conocimientos a partir de la realidad objetiva de estudio, y la recolección de datos “duros”. Para ello se realizan mediciones de indicadores, dimensiones, índices de variables, y los relaciona entre sí. El investigador aborda la realidad de estudio como un contexto independiente y externo, sin presencia de subjetividades de las personas o del investigador (Cruz et al., 2020).

### **3.4. Métodos**

#### ***3.4.1. Evaluación de la situación actual***

La evaluación de la situación actual de las instalaciones de los sistemas de bombeo del área de hidromasajes y duchas se realiza mediante una visita a campo, en donde se procede a tomar información de la situación en la que se encuentran los sistemas de bombeo del área de hidromasajes y duchas después del aluvión y ciertos componentes hidráulicos con las fichas técnicas.

#### ***3.4.2. Elaboración de los planos hidráulicos***

La elaboración de los planos de la instalación hidráulica del sistema de bombeo del área de hidromasaje y duchas se realiza a través de una visita de campo en donde se procedió a tomar las medidas de cada una de las tuberías de los sistemas de bombeo con la ayuda de los instrumentos de medición como es el flexómetro y decámetro para proceder a elaborar los planos en el software AutoCAD 2018.

#### ***3.4.3. Análisis de las especificaciones hidráulicas***

El análisis de las especificaciones hidráulicas de los sistemas de bombeo del área de duchas e hidromasajes se realizó mediante el esquema de funcionamiento en el software AutoCAD.

La metodología para la selección de bombas se describe a continuación:

##### ***3.4.3.1. Dibujo del sistema de bombeo***

En el sistema o esquema de funcionamiento se detallan los datos de altura, longitud y ubicación de la tubería y los componentes hidráulicos del sistema de bombeo por donde recorre el fluido estas mediciones se tomo in situ para realizar los cálculos hidráulicos.

##### ***3.4.3.2. Sistema de bombeo del área de duchas e hidromasajes***

Las variables para realizar los cálculos hidráulicos se mide in situ las cuáles son: diámetro de succión, diámetros de descarga, caudal y presión.

### Capacidad o caudal de diseño

- Para calcular la cantidad de fluido que circula por la tubería de las duchas e hidromasajes se procede a tomar el tiempo en el que se llena un depósito de cierta cantidad de volumen y se calcula el caudal con la Ecuación 1-3.

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

#### Ecuación 1-3: Cálculo del caudal

Donde:

$$Q = \text{Caudal} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$

$$V = \text{Volumen} (\text{m}^3)$$

$$t = \text{Tiempo} (\text{s})$$

### Piscinas o bañeras con recirculación - RD 865/2003

El diseño de las instalaciones del tratamiento del agua debe estar bien dimensionados, lo que implica la compensación, filtración, desinfección y bombas de impulsión. Es necesario, además, tener un sistema de depuración del agua recirculada con filtración y desinfección automática en continuo, preferiblemente usando un prefiltro, y con ello mantener un nivel adecuado de desinfectante residual en el agua, en todo momento. El agua tiene que renovarse de forma continua a razón de 3m<sup>3</sup>/h por cada 20 usuarios durante las horas de uso.

**Tabla 3-1:** Recirculación de piscinas y bañeras

Capacidad (m <sup>3</sup> )	Tiempo máximo recomendado de recirculación	Rugosidad (m)
< 5 m <sup>3</sup>	30 minutos	Dos veces por semana
5 a 10 m <sup>3</sup>	2 horas	Dos veces al mes
> 10 m <sup>3</sup>	4 horas	5% de renovación diaria

Fuente: Lopez, 2013

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

A continuación, se evidencia la Ecuación 2-3 que determina el Tiempo de caudal, el cual se lo utiliza para determinar el tiempo de llenado del hidromasaje con la recirculación en función del volumen (V).

$$T = \frac{V_{max} - V_{fun}}{V_{fun} - V_{min}} = \frac{T_{max} - T_{fun}}{T_{fun} - T_{min}}$$

#### Ecuación 2-3: Tiempo de caudal

### Columna total, altura útil o efectiva conocida como TDH

- Para la columna total TDH se utiliza la Ecuación 3-3:

$$TDH = H_S + H_D$$

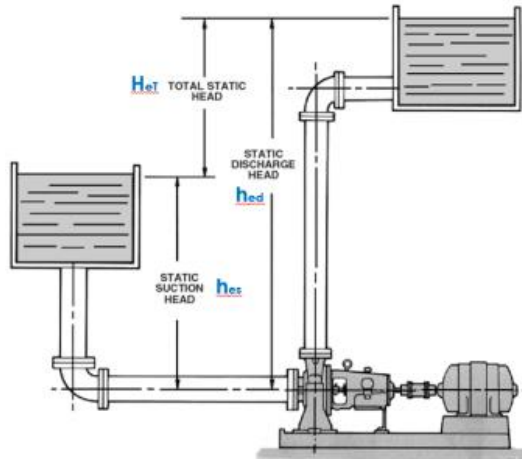
### Ecuación 3-3: Cálculo de la columna total TDH

Dónde:

$H_S$  = Cabeza o columna dinámica de succión (m)

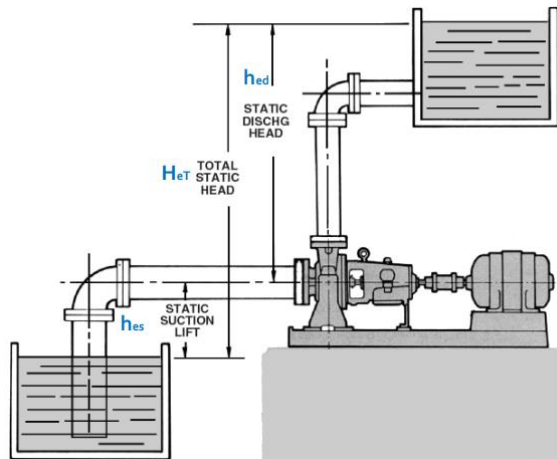
$H_D$  = Cabeza o columna dinámica de descarga (m)

Según la posición de la bomba se utiliza cualquier de los dos casos como se visualiza a continuación:



**Ilustración 3-1:** Cabeza o columna estática de succión

Fuente: ITT/Goulds Pumps.



**Ilustración 3-2:** Elevación estática de succión

Fuente: ITT/Goulds Pumps

Si la bomba se encuentra debajo del depósito para realizar los cálculos en la succión se realiza con la Ecuación 4-3:

$$H_S = H_{es} + H_{vs} + H_{rs} \pm H_{pms}$$

**Ecuación 4-3:** Cálculo de la altura dinámica de succión

Si la bomba se encuentra debajo del depósito para realizar los cálculos en la descarga se realiza con la Ecuación 5-3:

$$H_D = H_{ed} + H_{vd} + H_{rd} \pm H_{pmd}$$

**Ecuación 5-3:** *Cálculo de la altura dinámica de descarga*

Cuando bomba se encuentra sobre el depósito para realizar los cálculos en la succión se realiza con la Ecuación 6-3:

$$H_S = -H_{es} + H_{vs} + H_{rs} \pm H_{pms}$$

**Ecuación 6-3:** *Cálculo de la altura dinámica de succión*

Cuando bomba se encuentra sobre el depósito para realizar los cálculos en la descarga se utiliza la Ecuación 7-3:

$$H_D = H_{ed} + H_{vd} + H_{rd} \pm H_{pmd}$$

**Ecuación 7-3:** *Cálculo de la altura dinámica de descarga*

Donde:

$H_{es}$  = Cabeza o columna estática de succión (m)

$H_{vs}$  = Cabeza o columna de velocidad en la succión (m)

$H_{rs}$  = Pérdidas de energía en la succión (m)

$H_{pms}$  = Cabeza de presión en la succión (m)

Nota:

Si p =atmósfera,  $H_{pms} = 0$

Si p +, resto  $H_{pms}$

Si p -, sumo  $H_{pms}$

$H_{ed}$  = Cabeza estática de descarga (m)

$H_{vd}$  = Cabeza o columna de velocidad en la descarga (m)

$H_{rd}$  = Pérdidas de energía en la descarga (m)

$H_{pmd}$  = Cabeza de presión en la descarga (m)

Si p =atmósfera,  $H_{pmd} = 0$

Si p +, resto  $H_{pmd}$

Si p -, sumo  $H_{pmd}$

### **Área y velocidad de succión y descarga**

- El área de la succión y descarga de la tubería se calcula con la Ecuación 8-3:

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

**Ecuación 8-3:** *Cálculo del área*

Donde:

$A$  = Área ( $m^2$ )

$D$  = Diámetro(m)

- Para el calcular la velocidad de succión y descarga se utiliza la Ecuación 9-3:

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

**Ecuación 9-3: Cálculo de la velocidad**

Donde:

$$v = \text{Velocidad} \left( \frac{m}{s} \right)$$

$$Q = \text{Caudal} \left( \frac{m^3}{s} \right)$$

$$A = \text{Área} (m^2)$$

**Cabeza o columna estática de succión  $H_{es}$**

El valor se obtiene del esquema de funcionamiento.

**Cabeza o columna estática de descarga  $H_{ed}$**

La medida se toma del esquema de funcionamiento.

**Cabeza o columna de velocidad en la succión**

La cabeza de velocidad en la succión se calcula con la Ecuación 10-3:

$$H_{vs} = \frac{v_s^2}{2g}$$

**Ecuación 10-3: Cálculo de la cabeza de la velocidad en la succión**

Donde

$$H_{vs} = \text{Cabeza de velocidad en la succión} (m)$$

$$v_s = \text{Velocidad de succión} \left( \frac{m}{s} \right)$$

$$g = \text{Gravedad} \left( \frac{m}{s^2} \right)$$

**Cabeza o columna de velocidad en la descarga**

La columna de velocidad en la descarga se calcula con la Ecuación 11-3:

$$H_{vd} = \frac{v_d^2}{2g}$$

**Ecuación 11-3: Cálculo de la cabeza de la velocidad en la descarga**

Donde

$$H_{vd} = \text{Cabeza de velocidad en la descarga} (m)$$

$$v_d = \text{Velocidad de descarga} \left( \frac{m}{s} \right)$$

$$g = \text{Gravedad} \left( \frac{m}{s^2} \right)$$

**Pérdidas de energía en la succión**

- Para las pérdidas de energía en la descarga se utilizó la Ecuación 12-3:

$$H_{rs} = \left( \lambda \frac{L_s}{D_i} + \sum k_m \right) H_{vs}$$

**Ecuación 12-3:** Cálculo de las pérdidas de energía en la succión

Donde:

$H_{rs}$  = Pérdidas de energía en la succión (m)

$\lambda$  = Coeficiente de fricción de Darcy (adimensional)

$L_s$  = Longitud de la succión (m)

$D_i$  = Diámetro de la succión (m)

$k_m$  = Pérdidas en los accesorios de la succión (m)

$H_{vs}$  = Cabeza de velocidad en la succión (m)

### **Pérdidas de energía en la descarga**

- Para las pérdidas de energía en la descarga se utilizó la Ecuación 13-3:

$$H_{rd} = \left( \lambda \frac{L_d}{D_i} + \sum k_m \right) H_{vd}$$

**Ecuación 13-3:** Cálculo de las pérdidas de energía en la descarga

Donde:

$H_{rd}$  = Pérdidas de energía en la descarga (m)

$\lambda$  = Coeficiente de fricción de Darcy (adimensional)

$L_d$  = Longitud de la descarga (m)

$D_i$  = Diámetro de la descarga (m)

$k_m$  = Pérdidas en los accesorios de la descarga (m)

$H_{vd}$  = Cabeza de velocidad en la descarga (m)

Para calcular el coeficiente de fricción de Darcy se debe calcular el número de Reynolds se calcula con la Ecuación 14-3:

$$Re = \frac{v * D * \rho}{\mu}$$

**Ecuación 14-3:** Cálculo del número de Reynolds

Donde:

Re = Número de Reynolds (adimensional)

$v$  = Velocidad en la descarga  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$D$  = Diámetro (m)

$\rho$  = Densidad del agua  $\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$

$\mu$  = viscosidad dinámica del agua  $\left(\frac{N \cdot s}{m^2}\right)$

La densidad del agua es:

- Temperatura: 20°C
- Densidad:  $998 \frac{Kg}{m^3}$

La viscosidad dinámica del agua es:

- Fluido: Agua

- Temperatura: 20°C
- Densidad:  $1.02 \times 10^{-3} \frac{N \cdot s}{m^2}$  o  $Pa \cdot s$

De acuerdo al número de Reynolds se determina las condiciones del flujo.

$$N_R < 2000 \text{ Flujo Laminar}$$

$$N_R > 4000 \text{ Flujo Turbulento}$$

Los factores de fricción de acuerdo a las ecuaciones de Darcy son:

Para el flujo laminar se emplea la Ecuación 15-3:

$$\lambda = \frac{64}{N_R}$$

**Ecuación 15-3:** Cálculo del coeficiente de Darcy si el flujo es laminar

$\lambda$  = Coeficiente de fricción de Darcy (adimensional)

$N_R$  = Número de Reynolds (adimensional)

Para el flujo turbulento la Ecuación 16-3:

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

**Ecuación 16-3:** Cálculo del coeficiente de Darcy si el flujo es turbulento

Donde:

$\lambda$  = Coeficiente de fricción de Darcy (adimensional)

$D$  = Diámetro (m)

$\varepsilon$  = Rugosidad (m)

La rugosidad de algunos materiales se describe a continuación:

**Tabla 3-2:** Rugosidad de los materiales

Material	Rugosidad (m)
Vidrio	Liso
Plástico	$1.5 \times 10^{-6}$
Acero, comercial o soldado	$4.6 \times 10^{-5}$
Hierro galvanizado	$1.5 \times 10^{-4}$

Fuente: Mott, 2006

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Al obtener el coeficiente de fricción de Darcy se procede a calcular las pérdidas secundarias por accesorios con la Ecuación 17-3:

$$k = \lambda \left( \frac{Le}{D} \right)$$

**Ecuación 17-3:** Cálculo de las pérdidas de los accesorios.



Donde:

$k = \text{Pérdidas por accesorios}$

$\lambda = \text{Coeficiente de fricción de Darcy}$

$\left(\frac{Le}{D}\right) = \text{Longitud equivalente}$

En la siguiente tabla se presenta la longitud equivalente para válvulas y acoplamientos:

**Tabla 3-3:** Longitud equivalente para válvulas y acoplamientos

Accesorio	Longitud equivalente
Válvula check 1''	20
Válvula esférica 1''	8
Codo 90° 1'' roscado	30
Codo 90° 1/2'' roscado	30
Reducción de 1' a 1/2''	10
Te 1'' roscado	20
Te 1/2'' roscado	20
Codo 90° 1 1/2'' roscado	50
Válvula esférica 1 1/2''	150

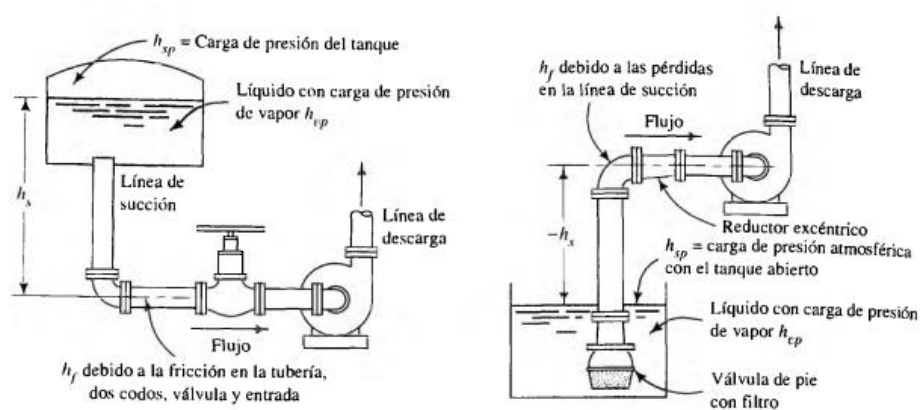
Fuente: Mott, 2006

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Al determinar la cabeza dinámica y estática de succión se suma los valores y se obtiene el TDH

### Cálculo de la NPSH<sub>A</sub>

El NPSH<sub>A</sub> es la carga de succión neta positiva disponible y se calcula con las condiciones reales de la aplicación teniendo en cuenta la ubicación de la bomba.



**Ilustración 3-3:** Detalles de la línea de succión de la bomba y definición de términos para el cálculo de la NPSH

Fuente: Mott, 2006

El  $NPSH_A$  se calcula con la Ecuación 18-3:

$$NPSH_A = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp}$$

**Ecuación 18-3** Cálculo del  $NPSH$

Donde

$NPSH_A$  = Carga de succión neta positiva disponible (m)

$h_{sp}$  = Carga de presión estática (absoluta) sobre el fluido en el almacenamiento (m)

$h_s$  = Diferencia de elevación desde el nivel del fluido en el depósito a la línea central de la entrada de succión de la bomba. (m)

- Si la bomba está abajo del depósito,  $h_s$  es positiva.
- Si la bomba está arriba del depósito,  $h_s$  es negativa.

$h_f$  = Pérdida de carga en la tubería de succión por fricción y pérdidas menores (m)

$h_{vp}$  = Carga de presión de vapor de líquido a la temperatura de bombeo (m)

Para la carga de presión estática absoluta  $h_{sp}$  se calcula la presión absoluta con la Ecuación 19-3:

$$P_{abs} = P_{atm} + P_m$$

**Ecuación 19-3:** Cálculo de la presión absoluta

Donde:

$P_{abs}$  = Presión absoluta

$P_{atm}$  = Presión atmosférica

$P_m$  = Presión manométrica

La presión atmosférica de la Provincia de Chimborazo es igual a  $1.02 \times 10^5$  Pa

La presión manométrica se calcula con la ecuación:

$$P_m = \rho gh$$

**Ecuación 20-3:** Cálculo de la presión manométrica

Donde:

$P_m$  = Presión manométrica

$\rho$  = Densidad del fluido

$g$  = Gravedad

$h$  = Altura

Entonces el  $h_{sp}$  es:

$$h_{sp} = \frac{P_{abs}}{\gamma}$$

**Ecuación 21-3:** Cálculo de la carga de presión estática

Donde:

$h_{sp}$  = Carga de presión estática (absoluta) sobre el fluido en el almacenamiento

$P_{abs}$  = Presión absoluta

$\gamma$  = Peso específico del agua

El peso específico del agua  $\gamma$  y la carga de presión de vapor de líquido a la temperatura de bombeo

$h_{vp}$  se obtiene de la siguiente tabla.

**Tabla 3-4:** Peso específico y carga de presión de vapor de líquido

Temperatura °C	Peso específico (KN/m <sup>3</sup> )	Carga de presión de vapor (m)
0	9.806	0.06226
5	9.807	0.08894
10	9.804	0.1253
20	9.789	0.2388
30	9.765	0.4345
40	9.731	0.7580
50	9.690	1.272
60	9.642	2.066
70	9.589	3.250
80	9.530	4.967
90	9.46	7.405
100	9.399	10.78

Fuente: Mott, 2006

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

### Potencia

La potencia es la rapidez con la que se transmite la energía y se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_T = Q * \gamma * TDH$$

**Ecuación 22-3:** Cálculo de la potencia

Donde:

$P_T$  = Potencia Teórica

$TDH$  = Columna total

$Q$  = Flujo volumétrico del fluido

$\gamma$  = Peso específico del fluido

#### 3.4.4. Propuesta de repotenciación del sistema de bombeo

La propuesta de repotenciación del sistema del sistema de bombeo del área de hidromasajes y duchas, se realizó en base a las variables de diseño, diseño conceptual del sistema de bombeo, selección de la bomba, análisis de las alternativas, evaluación de la selección de la bomba y análisis de costos.

Se realizó una visita para comprobar el estado inicial de las instalaciones hidrosanitarias de la instalación tanto del hidromasaje como de las duchas, además, se realizó el levantamiento de las fichas técnicas de los elementos del sistema hidrosanitario. Del mismo modo, los planos fueron realizados en AutoCAD y Autodesk Inventor, a partir de los sistemas y accesorios identificados, así como de las medidas registradas.

### **Variables de diseño**

Las variables de diseño son aquellas que se identifican a través de la voz del técnico que en base a su experiencia al trabajar con los sistemas de bombeo del lugar da a conocer lo fundamental que debe tener una bomba para adquirir. Así mismo se plantea variables de diseño de las bombas en base al conocimiento de la persona que está realizando el estudio.

El diseño conceptual se realiza a través de un diagrama de bloques en donde se presenta el funcionamiento del sistema de bombeo del área de hidromasajes y duchas.

### **Análisis y evaluación de la mejor alternativa**

Para el análisis de las alternativas se utilizó el método ordinal corregido de criterios ponderados, donde se evaluaron diversos criterios: Fácil operación, Fiabilidad, Fácil mantenimiento, Durabilidad, Velocidad variable, Bajo consumo eléctrico, etc., en base a puntuaciones variables entre 0, 0.5 y 1.

1 – Si el criterio de las filas es mejor que el de las columnas,

0.5 - Si los criterios entre columna y fila sean iguales,

0 – Si el criterio de la columna supera al de la fila (Guano and Rocha 2013).

### **Selección de la bomba**

Al priorizar las alternativas se elige la que tenga mayor puntuación, se procede a revisar la ficha técnica de la bomba en donde se encuentra la gráfica para la selección de la bomba y se ingresa con los datos de caudal y TDH al obtener la bomba correcta en la misma ficha técnica se encuentra una tabla en donde se establece las características técnicas con las cuales funciona la bomba, la selección se realiza para el área de hidromasaje, recirculación de polar e hidromasaje y duchas

#### ***3.4.5. Diseño de la señalética***

El diseño de la señalética necesaria para el sistema de bombeo del área de hidromasajes y duchas del complejo turístico “Los Elenes” del cantón Guano, se realizó en base a los riesgos que se logran identificar con la NTP 330, mediante un recorrido e inspección de los cuartos de máquinas del área de hidromasajes y duchas, identificando así la deficiencia, exposición, probabilidad, consecuencia y nivel de riesgo del cuarto de caldera, y cuarto de calefones.

### **3.5. Técnica de recolección de datos**

#### **3.5.1. Observación**

La observación como técnica para recolectar datos, permite recoger diversos tipos de datos e información a través de los sentidos, con el propósito de analizar las realidades, los hechos y personas en un contexto real (Guzmán 2019).

### **3.6. Instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Diario de campo**

Es un instrumento ordenatorio, donde se registran los datos obtenidos de la investigación, en este caso la observación (Cajal 2020).

### **3.7. Planificación de la construcción**

#### **3.7.1. Materiales**

- ✓ Cámara de fotos
- ✓ Cuaderno y lápiz de anotaciones

#### **3.7.2. Herramientas y máquinas**

- ✓ Flexómetro
- ✓ Decámetro
- ✓ Software AutoCAD
- ✓ Software Autodesk Inventor

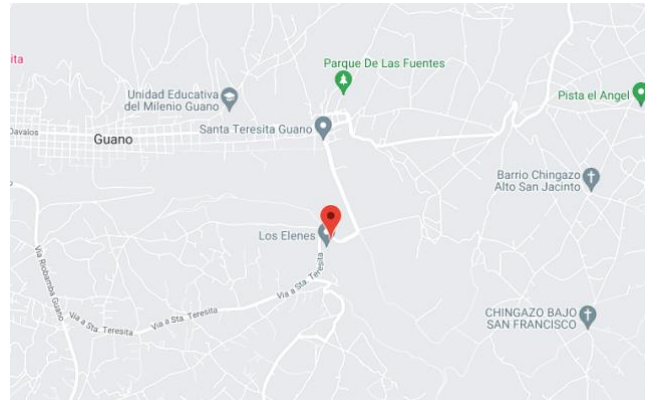
#### **3.7.3. Tareas**

- ✓ Identificación del estado actual de las instalaciones hidrosanitarias de interés
- ✓ Toma de medidas, datos y fotografías
- ✓ Procesamiento de datos
- ✓ Diseño de planos
- ✓ Reporte de resultados cualitativos y cuantitativos

### 3.8. Análisis del lugar de estudio

#### 3.8.1. Localización

El complejo turístico “Los Elenes” se ubica a 2.608 m s.n.m. y para visitarlo, es necesario cruzar el centro urbano y el sector Santa Teresita, para recorrer un último tramo y llegar al lugar (Dirección de Turismo GAD Guano 2022).



**Ilustración 3-4:** Localización Complejo Turístico “Los Elenes”

**Fuente:** Google Maps, 2022

#### 3.8.2. Misión

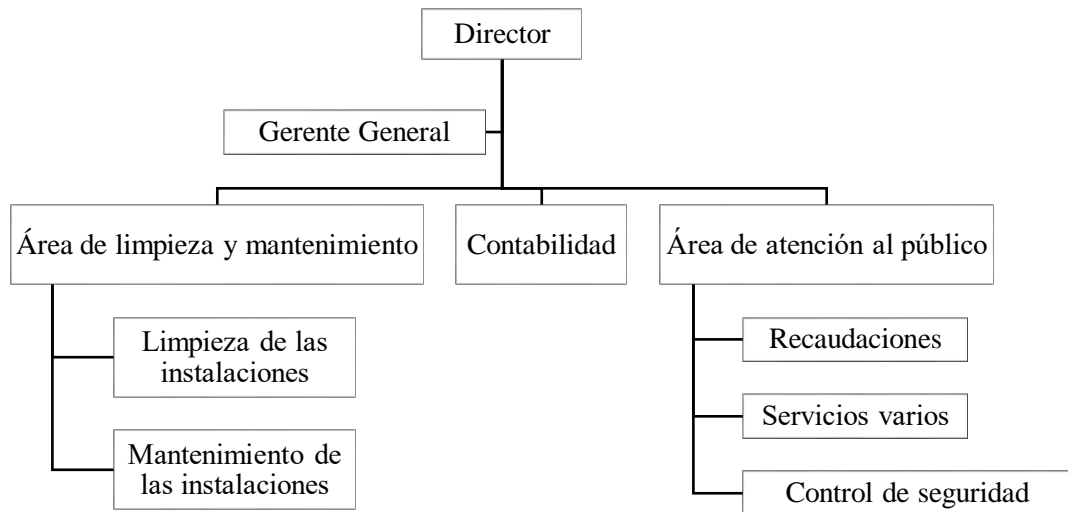
La misión del complejo turístico es: “Somos un parque acuático dedicado a la prestación de servicios de esparcimiento y relajación al turista local, nacional y extranjero procurando cumplir las expectativas del cliente interno y externo, contribuyendo al desarrollo socioeconómico del sector.” (Guijarro 2015).

#### 3.8.3. Visión

La visión del complejo turístico es: “Ser el parque acuático líder en el sector, brindando un servicio de calidad, una excelente atención al cliente y con las mejores instalaciones.” (Guijarro 2015).

#### 3.8.4. Organigrama estructural

El complejo constituido como una empresa, presenta la siguiente estructura en su organización:



**Ilustración 3-5:** Organigrama estructural del lugar de estudio

Fuente: Guijarro, 2015.

## CAPÍTULO IV

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

#### 4.1. Situación actual de las instalaciones de los sistemas de bombeo del área de hidromasajes y duchas

En este apartado se describen las actividades realizadas en el complejo turístico Los Elenes, en el cantón Guano, al cual se le realizó una visita para comprobar el estado inicial de las instalaciones hidrosanitarias de la instalación tanto del hidromasaje como de las duchas, además, se realizó el levantamiento de las fichas técnicas de los elementos del sistema hidrosanitario.

Para realizar el levantamiento de los planos hidro-sanitarios ingresamos al complejo donde nos guiaron hacia las instalaciones mecánicas, pudimos constatar la ubicación de 3 calefones de marca “Instamatic” de los cuales estaban funcionando 2 mismos que correspondían a la instalación de las 12 duchas del complejo, el otro calefón que no estaba funcionando, junto con los calefones en el lugar se encontraron una bomba sumergible de uso industrial y otra bomba del sistema de hidromasaje y polar , junto con un regulador de presión neumático que funciona a 16 Psi.



**Ilustración 4-1:** Visita de campo

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Luego de realizada la visita al área de los calefones procedemos en la siguiente área donde se encuentra una caldera de marca GM, la cual ha sido sometida a mantenimiento por Mecánica y Electricidad Industrial Gilberto Narváez junto con la caldera pirotubular se encuentra un sistema de 2 bombas de recirculación para agua caliente que están conectadas con dos filtros de arena todo esto operado mediante una caja lógica conectada a una caja térmica que no tenía cubierta.





**Ilustración 4-2:** Área de calefones

**Realizado por:** Aulla, Marcia, 2023.

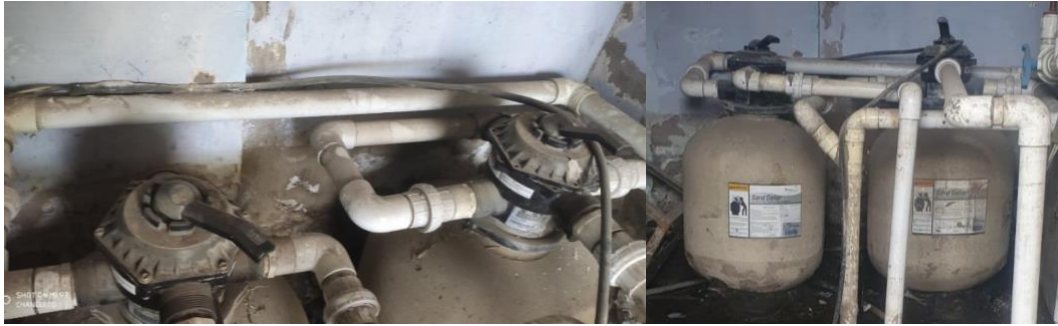
La tercera parte de la visita se le realizó a la salida del sistema donde se comprobó que la caldera corresponde al sistema de funcionamiento de un sauna y una sala de turco y los calefones son únicamente para la ducha y el hidromasaje; en la habitación continua se encuentra las nuevas duchas, un hidromasaje y una piscina polar que no se encuentran en funcionamiento.



**Ilustración 4-3:** Hidromasaje

**Realizado por:** Aulla, Marcia, 2023.

Los filtros del hidromasaje y de la piscina polar se presume que no tienen obstrucciones. La piscina polar en la escalera de descenso no cuenta con el soporte sumergible del lado izquierdo, los drenajes tanto del hidromasaje como de la piscina polar no tienen obstrucciones, pero tenían acumulación de sedimentos por el tiempo que no se encontraban en funcionamiento.



**Ilustración 4-4:** Filtros de hidromasaje y polar

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

#### 4.1.1. Características técnicas de los elementos

- Calefón

**Tabla 4-1:** Características del calefón

Marca	Instamatic
Modelo	GO-179
Tipo	LGP
Potencia	18.2 kw
Gasto Nominal	22.4 kw
Caudal Mínimo	7 l/min
Caudal Máximo	26.3 l/min
Medidas	73.7x42.5x26.7 cm

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

- Bombas

**Tabla 4-2:** Características de las bombas

Tipo de Bomba	Sumergible	De Alta Presión
Marca	PEDROLLO	CENTURY
Modelo	“BLOCKX”	Q3302V1
Conexión	-	Trifásica
Potencia	11 kw	3 Hp
Frecuencia	60 Hz	60 Hz
Voltaje	-	20 voltios
Caudal Máximo	5.6 m3/h	-
H Máx.	112 m	-
Diámetro de Conexión	1' 1/4	-
Diámetro de Entrada	-	1' ½
Diámetro de Salida	-	1' ½
Presión	0.96 Bar	0.96 Bar
Velocidad de Motor	3450 RPM	3450 RPM

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

- Caldera

**Tabla 4-3:** Características de la caldera

<b>Marca</b>	<b>GM</b>
<b>Modelo</b>	1010-LTJ
<b>Tipo</b>	Pirotubular
<b>Presión de funcionamiento</b>	2.7579 Bar
<b>Presión Máxima</b>	7.5842 Bar
<b>Superficie de Transferencia de Calor</b>	6.6 m <sup>2</sup>
<b>Voltaje</b>	110 V~
<b>Frecuencia</b>	60 Hz

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

#### **4.1.2. Condiciones identificadas**

- El sistema de duchas y servicios higiénicos se encuentran en funcionamiento a una presión de 0.8 bar, pero el tanque hidroneumático de compensación presenta fisuras en la cimentación.
- El sistema de alta presión para recirculación de hidromasaje y polar no se encuentra habilitado por que las bombas se deben sustituir debido al desastre natural al que fueron sometidas.
- Las tuberías y accesorios del sistema presentan daños debido al mismo desastre natural.
- La caldera vertical del sistema de sauna y turco presenta corrosión.

#### **4.2. Planos de la instalación hidráulica del sistema de bombeo del área de hidromasaje y duchas**

##### **4.2.1. Sistema de bombeo del área de hidromasaje**

El plano correspondiente al área de hidromasaje con su respectivo sistema de bombeo se puede visualizar en el Anexo A.

##### **4.2.2. Sistema de bombeo de duchas**

El plano correspondiente al área de duchas con su respectivo sistema de bombeo se puede visualizar en el Anexo B.

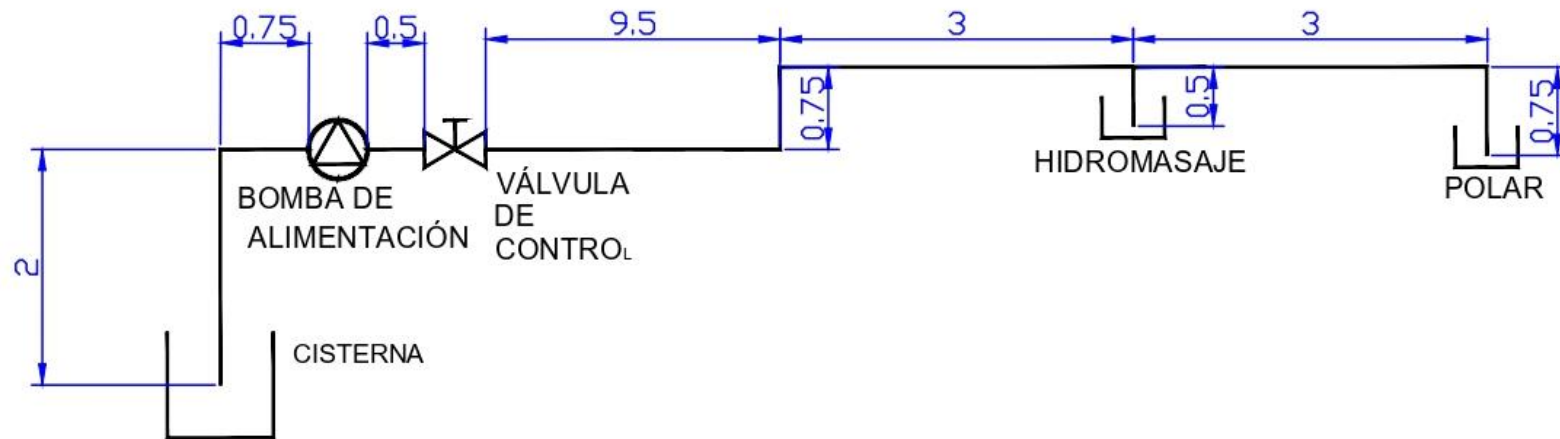
#### ***4.2.3. Sistema de recirculación de hidromasaje y polar***

El plano en 3D general correspondiente al sistema de recirculación de hidromasaje y polar se puede visualizar en el Anexo C, el plano del sistema de bombeo de recirculación del hidromasaje en el Anexo D, el plano del sistema de bombeo de recirculación en el Anexo E y plano del skit de prueba en el Anexo F

### **4.3. Especificaciones hidráulicas de los sistemas de bombeo del área de hidromasajes y duchas**

#### ***4.3.1. Sistema de bombeo del área de hidromasaje***

## ESQUEMA DE ALIMENTACIÓN DE HIDROMASAJE Y POLAR



**Ilustración 4-5:** Esquema de alimentación de hidromasaje y polar

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

### Datos de selección

Diámetro de succión

$$\phi_{succion} = 2 \text{ in} = 0.0508\text{m}$$

Diámetro de descarga

$$\phi_{descarga} = 1 \frac{1}{2} \text{ in} = 0.0381\text{m}$$

Caudal de funcionamiento

$$Q_{funcionamiento} = 0.252 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 4.2 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Área de succión

$$A_s = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$
$$A_s = \pi \cdot \frac{(0.0508\text{m})^2}{4}$$
$$A_s = 2.03 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Velocidad de succión

$$v_s = \frac{Q}{A_s}$$
$$v_s = \frac{4.2 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{2.03 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$
$$v_s = 2.06 \text{ m/s}$$

Área de descarga

$$A_s = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$
$$A_s = \pi \cdot \frac{(0.0381\text{m})^2}{4}$$
$$A_s = 1.14 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Velocidad de descarga

$$v_D = \frac{Q}{A_D}$$
$$v_D = \frac{4.20 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{1.14 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$
$$v_D = 3.68 \text{ m/s}$$

Cálculo del TDH

$$TDH = H_S + H_D$$

Cabeza dinámica de succión

$$H_S = H_{es} + H_{vs} + H_{rs} - H_{pms}$$

Elevación estática de succión

$$H_S = 1.5 \text{ m} + \frac{v_s^2}{2g} + H_{rs} - H_{pms}$$

Pérdidas por cabeza de velocidad en succión

$$H_{vs} = \frac{v_s^2}{2g} = \frac{2.06^2}{2(9.81)} = 0.22 \text{ m}$$

$$H_S = 1.5 \text{ m} + 0.22 \text{ m} + H_{rs} - H_{pms}$$

Pérdidas por fricción en la succión

$$H_{rs} = \left( \lambda \frac{L_s}{D_i} + \sum k_m \right) H_{vs}$$

Antes de calcular el coeficiente de fricción de Darcy debemos determinar qué tipo de flujo se encuentra en la tubería mediante el número de Reynolds y la viscosidad dinámica.

La viscosidad dinámica del agua es:  $\mu = 1.02 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$

$$\text{Re} = \frac{v * D * \rho}{\mu} = \frac{2.06 * 0.0508 * 998}{1.02 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 102390.89$$

Por el número de Reynolds mayor a 4000 se determina que el flujo es turbulento para lo cual se procede a aplicar la siguiente fórmula.

La rugosidad del material es  $\varepsilon = 1,5 \times 10^{-6} \text{ m}$

$$\lambda = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 * (D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$
$$\lambda = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 * (0.0508/1,5 \times 10^{-6})} + \frac{5.74}{111337^{0.9}} \right) \right]^2}$$
$$\lambda = 0.018$$

Una vez encontrado el valor del coeficiente de fricción se calcula el coeficiente k que corresponde a las pérdidas secundarias por accesorios

$$k = \lambda \left( \frac{Le}{D} \right)$$

Válvula check 2''

$$k = 0.018(75) = 1.35$$

Codo 90° 2'' roscado

$$k = 0.018(50) = 0.90$$

$$H_{rs} = \left( 0.018 \frac{2.75}{0.0508} + 2.25 \right) 0.22 = 0.71 \text{ m}$$

$$H_S = 1.5 \text{ m} + 0.22 \text{ m} + 0.71 \text{ m} - 0 = 2.433 \text{ m}$$

Cabeza dinámica de descarga

$$H_D = H_{ed} + H_{vd} + H_{rd} - H_{pmd}$$

$$H_D = 1 \text{ m} + \frac{v_D^2}{2g} + H_{rd} - H_{pmd}$$

Pérdidas por cabeza de velocidad en descarga

$$H_{vd} = \frac{v_D^2}{2g} = \frac{3.68^2}{2(9.81)} = 0.70 \text{ m}$$

$$H_D = 1 \text{ m} + 0.81 \text{ m} + H_{rs} - H_{pms}$$

Pérdidas por fricción en la succión

$$H_{rd} = \left( \lambda \frac{L_d}{D_i} + \sum k_m \right) H_{vd}$$

Antes de calcular el coeficiente de fricción de Darcy debemos determinar qué tipo de flujo se encuentra en la tubería mediante el número de Reynolds y la viscosidad dinámica.

$$\mu = 1.02 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$$

$$\text{Re} = \frac{v * D * \rho}{\mu} = \frac{3.68 * 0.0381 * 998}{1.02 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}} = 137183.91$$

Por el número de Reynolds mayor a 4000 se determina que el flujo es turbulento para lo cual se procede a aplicar la siguiente fórmula.

$$\varepsilon = 1,5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 * (D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{\text{Re}^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$\lambda = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 * (0.0381/1,5 \times 10^{-6})} + \frac{5.74}{148367^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$\lambda = 0.017$$

Una vez encontrado el valor del coeficiente de fricción se calcula el coeficiente k que corresponde a las pérdidas secundarias por accesorios

$$k = \lambda \left( \frac{Le}{D} \right)$$

Codo 90° 1 1/2'' roscado

$$k = 0.017(50) = 0.85$$



$$K_T = No_{acc} * k = 4 * 0.835 = 3.40$$

Válvula esférica 1 ½ ”

$$k = 0.017(150) = 2.55$$

Te 1” roscado

$$k = 0.017(20) = 0.34$$

$$K_T = No_{acc} * k = 3 * 0.34 = 1.02 m$$

$$H_{rd} = \left( \lambda \frac{L_d}{D_i} + \sum k_m \right) H_{vd}$$

$$H_{rd} = \left( 0.017 \frac{17.5}{0.0381} + 3.40 + 2.55 + 1.02 \right) 0.70 = 10.35 m$$

$$H_D = 1 m + 0.70 m + 10.35 - 0 = 12.05 m$$

$$TDH = 2.43 m + 11.55 m = 14.48 m$$

### NPSH disponible

El cálculo del NPSH disponible se calcula con las condiciones reales de la aplicación teniendo en cuenta la ubicación de la bomba y la ubicación de los accesorios.

$$NPSH_d = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp}$$

La presión atmosférica se aplica para la ubicación real del proyecto en este caso es la presión atmosférica en el cantón Guano.

$$h_{sp} = 0.71 atm = 7.33 m$$

Para el gradiente de altura la formula nos propone un suma o resta, esta dependerá de la ubicación de la bomba con respecto al depósito de alimentación, en nuestro caso la bomba está sobre el depósito, por lo cual, el gradiente se restará de la formula

$$h_s = 0.5 m$$

Para la presión de perdida por accesorios tenemos en cuenta la longitud de tubería y accesorios presentes únicamente en la succión.

$$h_f = \left( 0.018 \frac{2.75}{0.0508} + 2.25 \right) 0.22 = 0.71 m$$

La presión de vaporización se encuentra tabulada dependiendo de la presión atmosférica y la temperatura del fluido de funcionamiento de la bomba. (YAMADA, 2002)

$$h_{vp}(20^{\circ}C)(75.2^{\circ}F) = 0.36 m$$

Por último, calculamos el NPSH disponible

$$NPSH_d = (7.33 - 0.5 - 0.36 - 0.71)m = 5.76m$$

**Potencia**

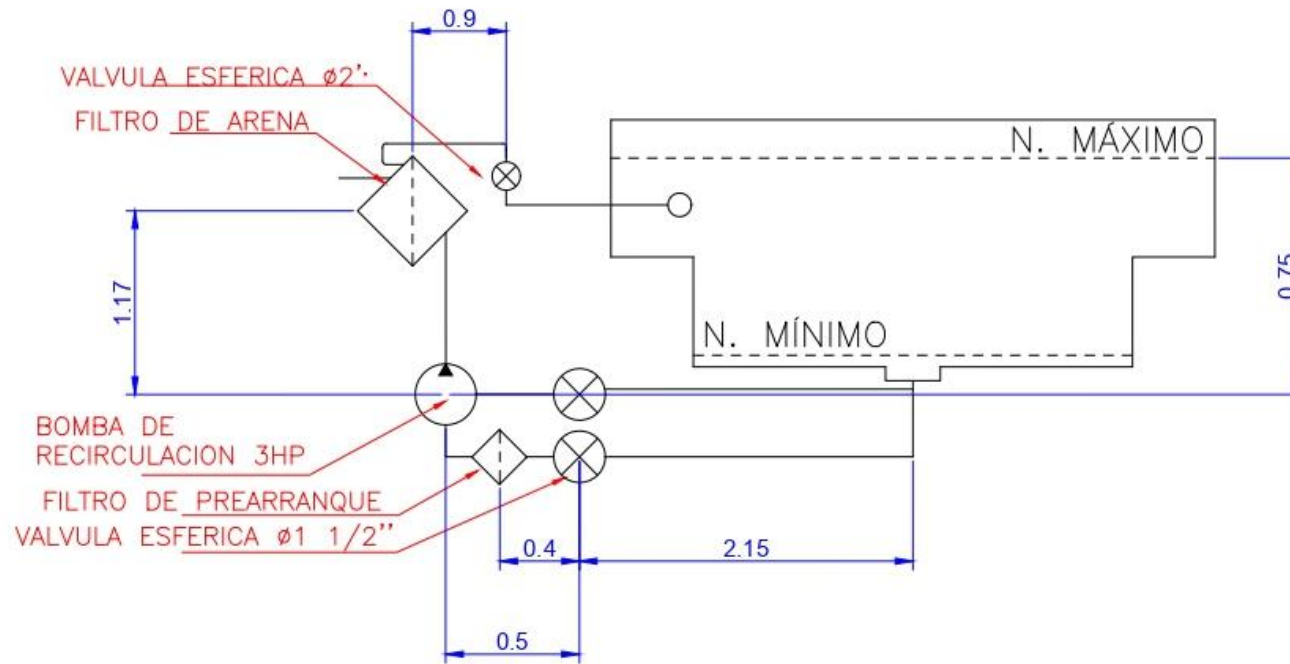
$$P_T = TDH * \gamma * Q$$

$$P_T = 14.48 m * 9.79 \frac{KN}{m^3} * 4,2 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

$$P_T = 0.60 KW \approx 0.80 HP$$

4.3.2. Sistema de recirculación de hidromasaje

### ESQUEMA DE RECIRCULACIÓN DE HIDROMASAJE



**Ilustración 4-6:** Esquema de recirculación de hidromasaje

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

### Datos de selección

Diámetro de succión

$$\phi_{succion} = 2 \text{ in} = 0.0508\text{m}$$

Diámetro de descarga

$$\phi_{descarga} = 1\frac{1}{2} \text{ in} = 0.0381\text{m}$$

Caudal de funcionamiento

$$T_{funcionamiento} = \frac{V_{max} - V_{fun}}{V_{fun} - V_{min}} = \frac{T_{max} - T_{fun}}{T_{fun} - T_{min}}$$

$$T_{funcionamiento} = \frac{10 - 5.41}{5.41 - 5} = \frac{120 - T}{T - 30}$$

$$11.20(T - 30) = 120 - T$$

$$11.20T - 336 = 120 - T$$

$$11.20T + T = 120 + 336$$

$$12.20T = 456$$

$$T = 37.38 \text{ min} \approx 38 \text{ min}$$

$$Q_{funcionamiento} = \frac{5.41\text{m}^3}{38 \text{ min}} = 0.1424 \text{ m}^3/\text{min} = 2.37 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Área de succión

$$A_s = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

$$A_s = \pi \cdot \frac{(0.0508\text{m})^2}{4}$$

$$A_s = 2.03 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Área de descarga

$$A_d = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

$$A_d = \pi \cdot \frac{(0.0381\text{m})^2}{4}$$

$$A_d = 1.14 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Velocidad de succión

$$v_s = \frac{Q}{A_s} = \frac{2.37 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{2.03 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 1.17 \text{ m/s}$$

Velocidad de descarga

$$v_D = \frac{Q}{A_D} = \frac{2.37 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{1.14 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 2.08 \text{ m/s}$$

### Cálculo del TDH

$$TDH = H_s + H_D$$

Cabeza dinámica de succión

$$H_S = H_{vs} + H_{rs}$$

Elevación estática de succión

$$H_S = \frac{v_s^2}{2g} + H_{rs}$$

Pérdidas por cabeza de velocidad en succión

$$H_{vs} = \frac{v_s^2}{2g} = \frac{(1.17m/s)^2}{2(9,81m/s^2)} = 0.07m$$

$$H_S = 0.07 m + H_{rs}$$

Pérdidas por fricción en la succión

$$H_{rs} = \left( \lambda \frac{L_s}{D_i} + \sum k_m \right) H_{vs}$$

Antes de calcular el coeficiente de fricción de Darcy debemos determinar qué tipo de flujo se encuentra en la tubería mediante el número de Reynolds y la viscosidad dinámica.

$$\mu = 1.02 \times 10^{-3} Pa \cdot s$$

$$Re = \frac{v * D * \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{1.17m/s * 0.0508m * 998kg/m^3}{1.02 \times 10^{-3} Pa \cdot s} = 58154$$

Por el número de Reynolds mayor a 4000 se determina que el flujo es turbulento para lo cual se procede a aplicar la siguiente fórmula.

$$\varepsilon = 1,5 \times 10^{-6} m$$

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

$$\lambda = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 * (0.0508/1,5 \times 10^{-6})} + \frac{5,74}{58154^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$\lambda = 0.0202$$

Una vez encontrado el valor del coeficiente de fricción se calcula el coeficiente k que corresponde a las pérdidas secundarias por accesorios.

$$k = \lambda \left( \frac{Le}{D} \right)$$

Válvula esférica 2''

$$k = 0.0202(8) = 0.162$$

Codo 90° 2''

$$k = 0.0202(30) = 0.606$$

Codo 45° 2''

$$k = 0.0202(16) = 0.3232$$

Te 2''

$$k = 0.0202(20) = 0.404$$

Filtro de arranque

En el foro estadounidense de selección de accesorios para piscinas resaltan que los fabricantes no facilitan la información de pérdidas de carga para este tipo de filtros de impulso ya que la pérdida es pequeña y en realidad ayuda a reducir la probabilidad de cavitación en los equipos de recirculación y que para mayor recaudo del sistema se debe sumar 2 a 3 metros en el TDH final del sistema.

**Tabla 4-4:** Lista de accesorios del sistema

Accesorio	K	Cantidad	K total
Válvula esférica	0.162	2	0.324
Codo 90°	0.606	14	8.484
Codo 45°	0.323	1	0.323
Te	0.404	2	0.808
Boquillas	0.19	6	1.14
		Total	11.079

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

$$H_{rs} = \left( 0.0202 \frac{11.079}{0.0508} + 11.079 \right) 0.07 = 1 \text{ m}$$

$$H_S = 3 \text{ m} + 0.07 \text{ m} + 1 \text{ m} = 4.07 \text{ m}$$

Cabeza dinámica de descarga

$$H_D = H_{vd} + H_{rd}$$

$$H_D = \frac{v_D^2}{2g} + H_{rd}$$

Pérdidas por cabeza de velocidad en descarga

$$H_{vd} = \frac{v_D^2}{2g} = \frac{2.08^2}{2(9.81)} = 0.221 \text{ m}$$

$$H_D = 0.22 \text{ m} + H_{rd}$$

Pérdidas por fricción en la descarga

$$H_{rd} = \left( \lambda \frac{L_d}{D_i} + \sum k_m \right) H_{vd}$$

Antes de calcular el coeficiente de fricción de Darcy debemos determinar qué tipo de flujo se encuentra en la tubería mediante el número de Reynolds y la viscosidad dinámica.

$$\mu = 1.02 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$$

$$Re = \frac{v * D * \rho}{\mu} =$$

$$Re = \frac{2.08m/s * 0.0381m * 998kg/m^3}{1.02x10^{-3}Pa.s} = 77538$$

Por el número de Reynolds mayor a 4000 se determina que el flujo es turbulento para lo cual se procede a aplicar la siguiente fórmula.

$$\varepsilon = 1,5x10^{-6}m$$

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

$$\lambda = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 * (0.0381/1,5x10^{-6})} + \frac{5,74}{77538^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$\lambda = 0.019$$

Una vez encontrado el valor del coeficiente de fricción se calcula el coeficiente k que corresponde a las pérdidas secundarias por accesorios

$$k = \lambda \left( \frac{Le}{D} \right)$$

Válvula esférica

$$k = 0.019(8) = 0.152$$

Codo 90°

$$k = 0.019(30) = 0.57$$

Te

$$k = 0.019(20) = 0.38$$

Codo 45°

$$k = 0.019(16) = 0.304$$

Reducción 2" a 1 1/2"

$$k = 0.019(10) = 0.19$$

Filtro de arena

Al igual que en el caso anterior el fabricante no detalla entre el datasheet del equipo una pérdida significativa en este equipo por lo cual los panelistas del foro de selección de piscinas estadounidense señalan que se puede utilizar entre siete metros en el TDH por cada equipo instalado en el sistema.

**Tabla 4-5:** Lista de accesorios del sistema

Accesorio	K	Cantidad	K total
Válvula esférica	0.152	1	0.152
Codo 90°	0.57	12	6.84
Te	0.38	11	4.18
Codo 45°	0.304	9	2.736
Reducción 2 a 1 1/2	0.19	2	0.38
		Total	14.288

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

$$H_{rd} = \left( 0.019 \frac{13.37}{0.0381} + 14.288 \right) 0.221 = 4.63 \text{ m}$$

$$H_D = 0.22 \text{ m} + 4.63 = 4.85 \text{ m}$$

$$TDH = 4.07 \text{ m} + 4.85 \text{ m} + 7\text{m} = 15.92\text{m}$$

**NPSH disponible**

$$NPSH_d = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp}$$

Carga de presión estática

$$P_{atm} = 0.71 \text{ atm}$$

$$h_{sp} = 7.33 \text{ m}$$

Gradiente de altura

$$h_s = 2 \text{ m}$$

Perdidas de por fricción a la succión

$$h_f = \left( 0.0202 \frac{9.93}{0.0508} + 9.939 \right) 0.07 = 0.97 \text{ m}$$

Presión se perdidas por vaporización

$$h_{vp}(37^\circ\text{C})(98.6^\circ\text{F}) = 0.64 \text{ m}$$

Por último, calculamos el NPSH disponible

$$NPSH_d = (7.33 + 2 - 3.97 - 0.64)\text{m} = 4.72\text{m}$$

**Potencia**

$$P_T = TDH * \gamma * Q$$

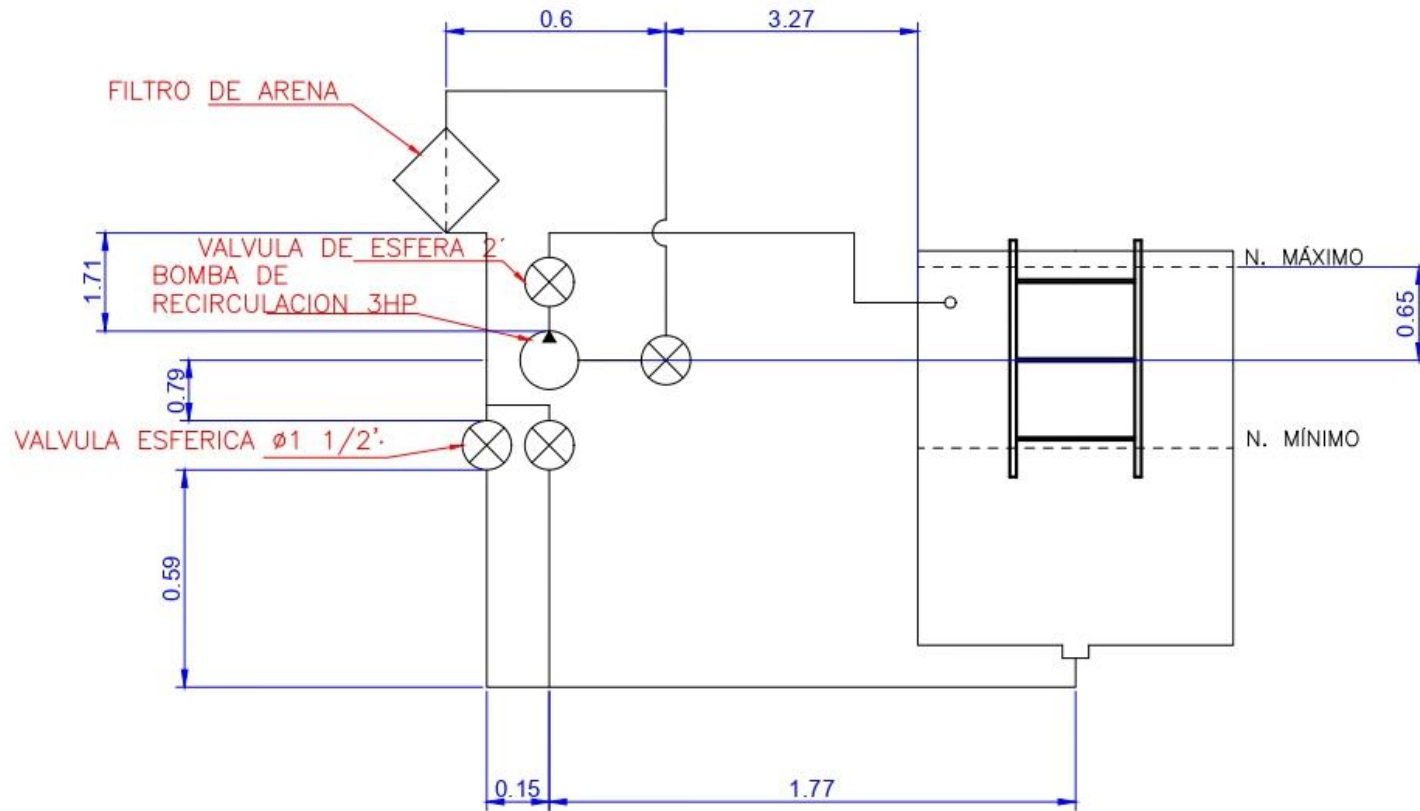
$$P_T = 15.92 \text{ m} * 9.79 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 2.373 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$P_T = 0.37 \text{ KW} \approx 0.50\text{HP}$$



4.3.3. Sistema de recirculación de polar

ESQUEMA DE RECIRCULACIÓN DE POLAR



**Ilustración 4-7:** Esquema de recirculación de polar

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

### Datos de selección

Diámetro de succión

$$\Phi_{succion} = 2 \text{ in} = 0.0508\text{m}$$

Diámetro de descarga

$$\Phi_{descarga} = 1 \frac{1}{2} \text{ in} = 0.0381\text{m}$$

Volumen de funcionamiento

$$V_{fun} = a * l * p$$

$$V_{fun} = 1.2\text{m} * 1.2\text{m} * 1.5\text{m}$$

$$V_{fun} = 2.16\text{m}^3$$

Las piscinas con recirculación con un volumen de  $5\text{m}^3$  la recirculación tarda  $30\text{min}$

Caudal de funcionamiento

Para determinar el tiempo de recirculación del polar en base al volumen se procede a realizar una regla de tres.

$$5\text{m}^3 \rightarrow 30\text{min}$$

$$2.16\text{m}^3 \rightarrow t_{fun}$$

$$t_{fun} = \frac{2.16\text{m}^3 * 30\text{min}}{5\text{m}^3} = 12.96\text{min} = 777.6\text{s}$$

$$Q_{funcionamiento} = \frac{2.16\text{m}^3}{777.6\text{s}} = 2.77 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 42.79 \text{ GPM US}$$

Área de succión

$$A_s = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

$$A_s = \pi \cdot \frac{(0.0508\text{m})^2}{4}$$

$$A_s = 2.03 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Área de descarga

$$A_d = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

$$A_d = \pi \cdot \frac{(0.0381\text{m})^2}{4}$$

$$A_d = 1.14 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Velocidad de succión

$$v_s = \frac{Q}{A_s} = \frac{2.77 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{2.03 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 1.36 \text{ m/s}$$

Velocidad de descarga

$$v_D = \frac{Q}{A_D} = \frac{2.77 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{1.14 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 2.42 \text{ m/s}$$

Cálculo del TDH

$$TDH = H_S + H_D$$

Cabeza dinámica de succión

$$H_S = H_{vs} + H_{rs}$$

Elevación estática de succión

$$H_S = \frac{v_s^2}{2g} + H_{rs}$$

Pérdidas por cabeza de velocidad en succión

$$H_{vs} = \frac{v_s^2}{2g} = \frac{(1.36 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} = 0.09 \text{ m}$$

$$H_S = 0.09 \text{ m} + H_{rs}$$

Pérdidas por fricción en la succión

$$H_{rs} = \left( \lambda \frac{L_s}{D_i} + \sum k_m \right) H_{vs}$$

Antes de calcular el coeficiente de fricción de Darcy debemos determinar qué tipo de flujo se encuentra en la tubería mediante el número de Reynolds y la viscosidad dinámica.

$$\mu = 1.02 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$\text{Re} = \frac{v * D * \rho}{\mu}$$

$$\text{Re} = \frac{1.36 \text{ m/s} * 0.0508 \text{ m} * 998 \text{ kg/m}^3}{1.02 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 67597.87$$

Por el número de Reynolds mayor a 4000 se determina que el flujo es turbulento para lo cual se procede a aplicar la siguiente fórmula.

$$\varepsilon = 1,5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

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

$$\lambda = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 * (0,0508/1,5 \times 10^{-6})} + \frac{5,74}{67597,87^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$\lambda = 0.020$$

Una vez encontrado el valor del coeficiente de fricción se calcula el coeficiente k que corresponde a las pérdidas secundarias por accesorios

$$k = \lambda \left( \frac{Le}{D} \right)$$

Válvula esférica 2''

$$k = 0.020(8) = 0.16$$

Válvula esférica 1 ½ "

$$k = 0.020(8) = 0.16$$

Codo 90° 2''

$$k = 0.020(30) = 0.60$$

Codo 90° 1 ½ "

$$k = 0.020(30) = 0.60$$

Codo 45° 1 ½ "

$$k = 0.020(16) = 0.32$$

Reducción 2 a 1 ½

$$k = 0.020(10) = 0.20$$

Te 1 ½ "

$$k = 0.020(20) = 0.40$$

**Tabla 4-6:** Lista de accesorios del sistema

Accesorio	K	Cantidad	K total
Válvula esférica 2''	0.16	1	0.16
Válvula esférica 1 ½ "	0.16	2	0.32
Codo 90° 2''	0.60	5	3
Codo 90° 1 ½ "	0.60	26	15.6
Codo 45° 1 ½ "	0.32	1	0.32
Te 1 ½ "	0.40	2	0.80
Reducción 2 a 1 ½	0.20	1	0.20
		<b>Total</b>	20.4

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

$$H_{rs} = \left( 0.020 \frac{23.83}{0.0508} + 20.4 \right) 0.09 = 2.68$$

$$H_S = 0.09m + 2.68 = 2.77m$$

Cabeza dinámica de descarga

$$H_D = H_{vd} + H_{rd}$$

$$H_D = \frac{v_D^2}{2g} + H_{rd}$$

Pérdidas por cabeza de velocidad en descarga

$$H_{vd} = \frac{v_D^2}{2g} = \frac{2.42^2}{2(9.81)} = 0.30 \text{ m}$$

$$H_D = 0.30 \text{ m} + H_{rd}$$

Pérdidas por fricción en la descarga

$$Re = \frac{v * D * \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{2.42m/s * 0.0381m * 998kg/m^3}{1.02 \times 10^{-3} Pa \cdot s} = 90213.33$$

Por el número de Reynolds mayor a 4000 se determina que el flujo es turbulento para lo cual se procede a aplicar la siguiente fórmula.

$$\varepsilon = 1,5 \times 10^{-6} m$$

$$\lambda = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 * (D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$\lambda = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 * (0.0381/1,5 \times 10^{-6})} + \frac{5.74}{90213.33^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$\lambda_2 = 0.018$$

Una vez encontrado el valor del coeficiente de fricción se calcula el coeficiente k que corresponde a las pérdidas secundarias por accesorios.

$$k = \lambda \left( \frac{Le}{D} \right)$$

Válvula esférica 1 ½ “

$$k = 0.018(8) = 0.14$$

Codo 90°

$$k = 0.018(30) = 0.54$$

Codo 45°

$$k = 0.018(16) = 0.29$$

Filtro de arena

Para el filtro de arena se considera una pérdida de carga de siete metros de columna de agua al final del cálculo del TDH según el foro internacional de instalación de piscinas estadounidense.

**Tabla 4-7:** Lista de accesorios del sistema

Accesorio	K	Cantidad	K total
Válvula esférica	0.14	1	0.14
Codo 90°	0.54	3	1.62
Codo 45°	0.29	1	0.29
		Total	2.05

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

$$H_{rd} = \left( \lambda \frac{L_d}{D_d} + \sum k_m \right) H_{vd}$$

$$H_{rd} = \left( 0.018 \frac{3.15}{0.0381} + 2.05 \right) 0.30 = 1.06m$$

$$H_D = 0.30 + 1.06 = 1.36 m$$

$$TDH = 2.77 + 1.36 + 7 = 11.13m$$

### NPSH disponible

$$NPSH_d = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp}$$

Carga de presión estática

$$P_{atm} = 0.71 atm$$

$$h_{sp} = 7.33 m$$

Gradiente de altura

$$h_s = 2 m$$

Perdidas de por fricción a la succión

$$h_f = \left( 0.020 \frac{23.83}{0.0508} + 20.4 \right) 0.09$$

$$h_f = 2.68m$$

Presión se perdidas por vaporización

$$h_{vp}(20^\circ C)(50^\circ F) = 0.23 m$$

Por último, calculamos el NPSH disponible

$$NPSH_d = (7.33 + 2 - 2.68 - 0.23)m = 6.32m$$

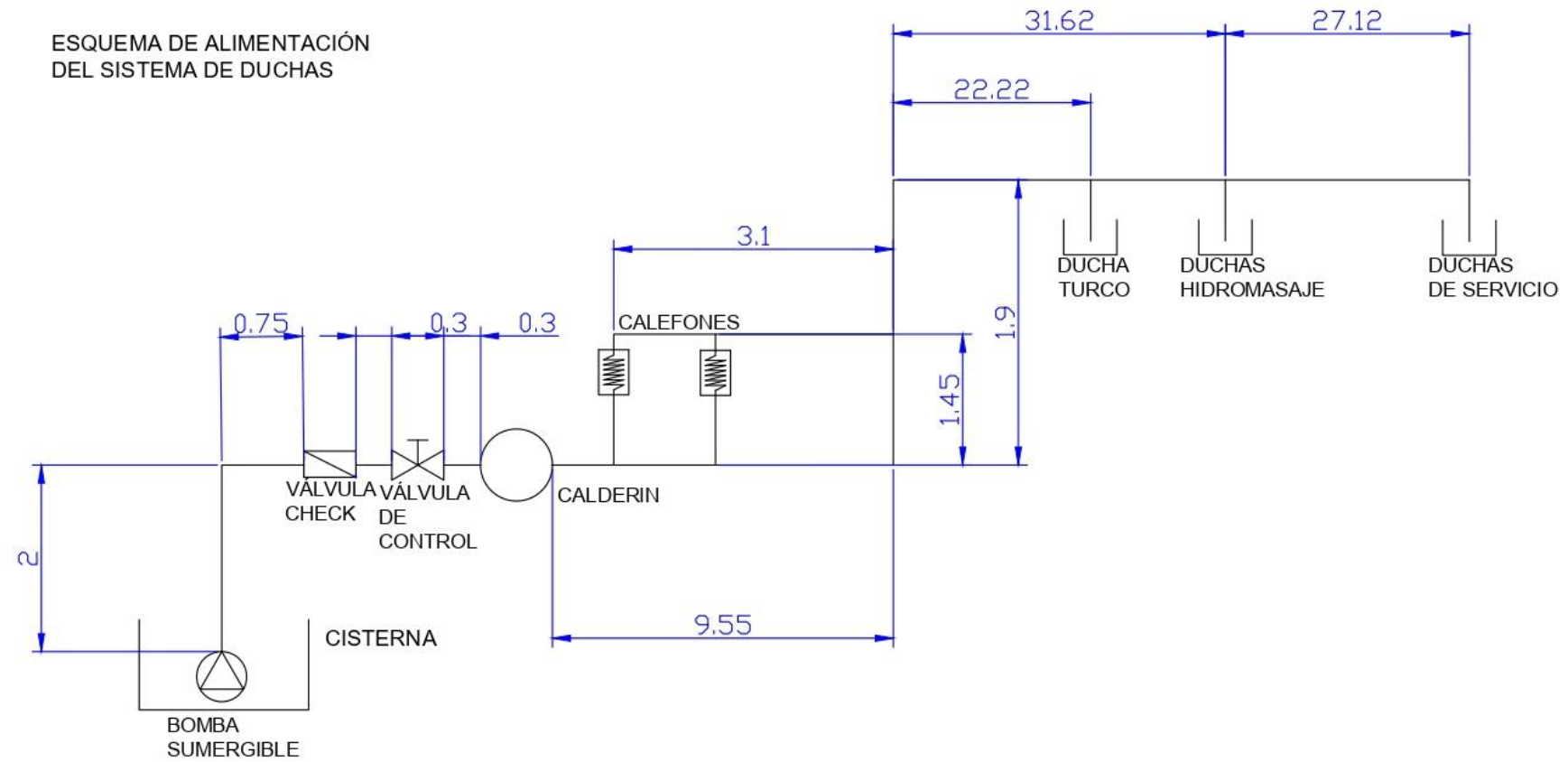
### Potencia

$$P_T = TDH * \gamma * Q$$

$$P_T = 11.13 m * 9.79 \frac{KN}{m^3} * 2.77 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

$$P_T = 0.30KW \approx 0.40HP$$

#### 4.3.4. Sistema de bombeo de duchas



**Ilustración 4-8:** Esquema de alimentación de duchas

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

### Variables de diseño

Las variables medidas para el cálculo de las pérdidas en el sistema de duchas se midieron in situ fueron las siguientes:

Diámetro de succión

$$\phi_{succión} = 1 \frac{1}{4} \text{ in} = 0.0318 \text{ m}$$

Diámetro de descarga

$$\phi_{descarga 1} = 1 \text{ in} = 0.0254 \text{ m}$$

$$\phi_{descarga 2} = \frac{1}{2} \text{ in} = 0.0127 \text{ m}$$

Para el caudal de funcionamiento se procede a llenar un balde de 20 litros y tomar el tiempo en el cual se llena el balde que fue de 5.95 minutos en donde se obtuvo.

$$V = 20 \text{ l} = 0,02 \text{ m}^3$$

$$t = 5.95 \text{ min} = 0.099 \text{ h}$$

$$Q_{funcionamiento} = \frac{V}{t}$$

$$Q_{funcionamiento} = \frac{0.02 \text{ m}^3}{0.099 \text{ h}}$$

$$Q_{funcionamiento} = 0.2016 \text{ m}^3/\text{h}$$

Caudal de funcionamiento para una ducha

$$Q_{funcionamiento} = 0.2016 \text{ m}^3/\text{h} = 5,6 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

El sistema cuenta con doce duchas por lo que se debe calcular el caudal de funcionamiento para las duchas que brindan el servicio.

$$Q_{funcionamiento} = 5,6 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \times 12 = 6.72 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Área de succión

$$A_s = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

$$A_s = \pi \cdot \frac{(0.0318 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_s = 7.94 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Velocidad de succión

$$v_s = \frac{Q}{A_s}$$

$$v_s = \frac{6.72 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{7.94 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$v_s = 0.86 \text{ m/s}$$

Área de descarga



$$A_s = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

$$A_s = \pi \cdot \frac{(0.0254) m^2}{4}$$

$$A_s = 5.07 \times 10^{-4} m^2$$

Velocidad de descarga

$$v_D = \frac{Q}{A_D}$$

$$v_D = \frac{6.72 \times 10^{-4} m^3/s}{5.07 \times 10^{-4} m^2}$$

$$v_D = 1.32 m/s$$

**Cálculo del TDH**

$$TDH = H_S + H_D$$

Cabeza dinámica de succión

$$H_S = -H_{es} + H_{vs} + H_{rs} - H_{pms}$$

Elevación estática de succión

$$H_S = 0 m + \frac{v_s^2}{2g} + H_{rs} - H_{pms}$$

Cabeza o columna estática de succión  $H_{es}$ , para el caso de alimentación de servicio de duchas la bomba que se encuentra en funcionamiento es sumergible porque no hay longitud de succión por lo cual se colocó el valor de cero.

Para la cabeza de la velocidad en la succión  $H_{vs}$  en base a la velocidad, se utilizó la siguiente ecuación:

Pérdidas por cabeza de velocidad en succión

$$H_{vs} = \frac{v_s^2}{2g} = \frac{(0.86)^2 \left(\frac{m^2}{s^2}\right)}{2(9.81) \left(\frac{m}{s^2}\right)} = 0.04m$$

$$H_S = 0 m + 0.04 m + H_{rs} - H_{pms}$$

Para calcular las pérdidas de energía en la succión  $H_{rs}$  debe existir accesorios en la succión y longitud de tubería, pero al ser una bomba sumergible esa variable es cero porque no existen pérdidas en la succión.

Pérdidas por fricción en la succión

$$H_{rs} = \left( \lambda \frac{L_s}{D_i} + \sum k_m \right) H_{vs} = 0$$

Una vez observada la ecuación para que exista pérdidas por fricción deben existir accesorios en la succión y longitud de tubería, pero al ser una bomba sumergible eliminados ese factor por lo tanto no existen pérdidas por fricción en la succión se procede a calcular la descarga.

$$H_S = 0 \text{ m} + 0.04 \text{ m} + 0 \text{ m} - 0 = 0.04 \text{ m}$$

Cabeza dinámica de descarga

$$H_D = H_{ed} + H_{vd} + H_{rd} - H_{pmd}$$

La cabeza o columna estática de descarga  $H_{ed}$ , se encuentra dentro del esquema de funcionamiento y es la longitud medida desde donde se encuentra la bomba hasta donde se encuentra la válvula check.

$$H_D = 2 \text{ m} + \frac{v_D^2}{2g} + H_{rd} - H_{pmd}$$

Pérdidas por cabeza de velocidad en descarga

$$H_{vd} = \frac{v_D^2}{2g} = \frac{(1.32)^2 \left(\frac{m^2}{s^2}\right)}{2(9.81) \left(\frac{m}{s^2}\right)} = 0.09 \text{ m}$$

$$H_D = 2 \text{ m} + 0.09 \text{ m} + H_{rd} - H_{pmd}$$

Pérdidas por fricción en la descarga

$$H_{rd} = \left( \lambda \frac{L_d}{D_i} + \sum k_m \right) H_{vd}$$

Antes de calcular el coeficiente de fricción de Darcy debemos determinar qué tipo de flujo se encuentra en la tubería mediante el número de Reynolds y la viscosidad dinámica.

Se utiliza la viscosidad dinámica del agua que es:

$$\mu = 1.02 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$\text{Re} = \frac{v * D * \rho}{\mu}$$

$$\text{Re} = \frac{1.32 \text{ m/s} * 0.03175 \text{ m} * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1.02 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 41006$$

Por el número de Reynolds nosotros podemos concluir que el agua del sistema tiene un flujo turbulento para lo cual se aplica la siguiente fórmula para el cálculo de  $\lambda$ .

$$\varepsilon = 1,5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

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

$$\lambda = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3,7 * (0.03175 / 1,5 \times 10^{-6})} + \frac{5.74}{41006^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$\lambda = 0.0218$$

Una vez encontrado el valor del coeficiente de fricción se calcula el coeficiente k que corresponde a las pérdidas secundarias por accesorios

$$k = \lambda \left( \frac{Le}{D} \right)$$

### **Pérdidas por accesorios**

Longitud equivalente para el método de longitud equivalente utilizaremos las ecuaciones relacionadas con el coeficiente de Darcy aplicados a los accesorios de PVC roscados encontrados en el sistema.

Válvula check 1''

$$k = 0.0218(20) = 0.572$$

Válvula esférica 1''

$$k = 0.0218(8) = 0.229$$

Codo 90° 1'' roscado

$$k = 0.0218(30) = 0.858$$

Codo 90° 1/2'' roscado

$$k = 0.0218(30) = 0.858$$

Reducción de 1' a 1/2''

$$k = 0.0218(10) = 0.286$$

Te 1'' roscado

$$k = 0.0218(20) = 0.572$$

Te 1/2'' roscado

$$k = 0.0218(20) = 0.572$$

**Tabla 4-8:** Lista de accesorios del sistema

Accesorio	Cantidad	Longitud Equivalente
Válvula check 1''	2	1.14 m
Válvula esférica 1''	2	0.46 m
Codo 90° 1'' roscado	10	8.58 m
Codo 90° 1/2'' roscado	22	18.88 m
Reducción 1' a 1/2' roscado	4	1.14 m
Te 1' roscado	2	1.14 m
Te 1/2' roscado	20	11.44 m
<b>Total</b>		<b>42.78 m</b>

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

$$H_{rd} = \left( \lambda \frac{L_d}{D_i} + \sum k_m \right) H_{vd}$$

$$H_{rd} = \left( 0.0218 \frac{12.89}{0.0254} + 0.0218 \frac{87.41}{0.0127} + 42.78 \right) 0.09 \text{ m}$$

$$H_{rd} = 18.35 \text{ m}$$

$$H_D = 2 \text{ m} + 0.09 \text{ m} + 18.34 \text{ m} - 0 \text{ m}$$

$$H_D = 20.43 \text{ m}$$

$$TDH = H_S + H_D$$

$$TDH = 0.04 + 20.43 \text{ m}$$

$$TDH = 20.47 \text{ m}$$

Para esta aplicación el fabricante del calefón expone que la pérdida de carga es de 2 a 5 metros de columna de agua siendo 2 cuando el calefón se encuentra nuevo y en optimas condiciones por lo que nosotros tomaremos el valor de tres metros de columna de agua, ya que se encuentra funcionando normalmente pero no es nuevo así que debe presentar rozamiento en el serpentín del mismo.

Dándonos así un valor de TDH de:

$$TDH = 23.47 \text{ m}$$

Otro accesorio que se encuentra en el sistema de duchas es el tanque hidroneumático mismo que el fabricante indica que se debe aumentar de 10 % a 15% de carga al total del sistema.

$$TDH = 1.15 * 23.47 \text{ m} = 26.99 \text{ m}$$

### Potencia

$$P_T = TDH * \gamma * Q$$

$$P_T = 26.99 \text{ m} * 9.79 \frac{KN}{m^3} * 6.72 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

$$P_T = 0.18 \text{ KW} \approx 0.24 \text{ HP}$$

#### **4.4. Propuesta de repotenciación del sistema del sistema de bombeo del área de hidromasajes**

##### **4.4.1. Variables de diseño**

Fluido. \_ El fluido que recorrerá todo el sistema es agua a temperatura ambiente. En el caso de la ciudad de Guano la temperatura del agua ronda entre los 15 y 20 °C.

Caudal. - El caudal de funcionamiento para un sistema de trasvase de una cisterna de 32 m<sup>3</sup> al sistema de hidromasaje de 5.41m<sup>3</sup> y polar de 2.16m<sup>3</sup>.

Presión. – La presión se pueden medir en varias magnitudes, como bares, mca, psi, etc. En metros de columna de agua se necesita para el cálculo de TDH y NPSH requerido como disponibles, valores que ayudarán a seleccionar una bomba apropiada que cumpla con los requerimientos técnicos y satisfagan las necesidades de los usuarios del balneario.

##### **4.4.2. Identificación de las necesidades**

Se requiere una bomba que alimente una piscina de hidromasaje y polar debido a la necesidad del complejo “Los Elenes” para mantener en funcionamiento todos sus servicios, para el disfrute y bienestar de los turistas nacionales e internacionales.

##### **Voz del usuario**

- Fácil operación
- Fácil mantenimiento
- Variedad de velocidades
- Bajo consumo eléctrico
- Fiabilidad
- Durabilidad
- Resistente al lodo

##### **Voz del ingeniero**

- Norma de selección
- Dimensiones del cuarto
- Caudal máximo
- Potencia del motor
- Presión de funcionamiento

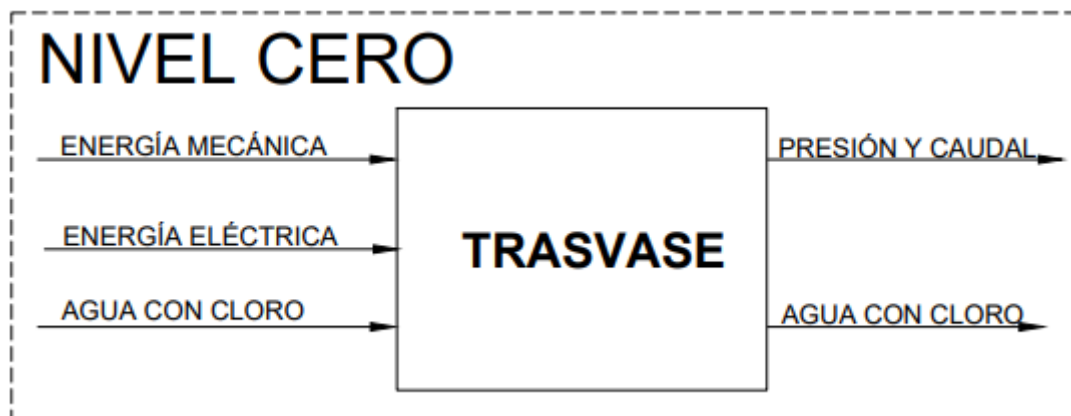
- Sello mecánico
- Diámetro de tubería
- Vida útil

#### 4.4.3. *Diseño conceptual*

Luego de determinar las características que cumplan en mayor medida los requerimientos de caudal, altura de bombeo, potencia se procede a generar el análisis modular donde se desglosa el funcionamiento del sistema de alimentación seleccionado.

##### ✓ Nivel cero

En el nivel cero se tiene el principio básico de funcionamiento del sistema de alimentación que es el trasvase, además que debemos tomar en cuenta que la presión a la que funciona el sistema no sobrepase los límites de la tubería existente en el complejo en la actualidad.

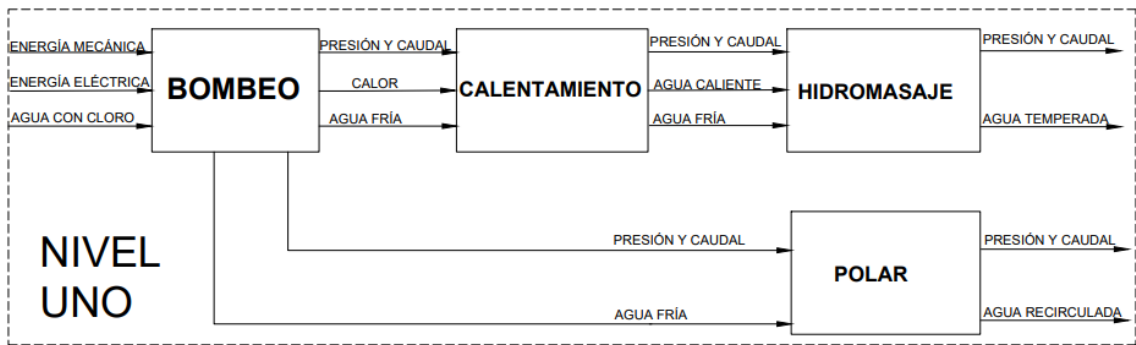


**Ilustración 4-9:** Nivel cero

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

##### ✓ Nivel uno

En este nivel se detalla los pasos necesarios para que se realice el trasvase correctamente donde se identifican el módulo de succión, el módulo de calentamiento, y el módulo de homogeneización, ya que para para alimentar las dos piscinas la bomba debe cumplir con el caudal.



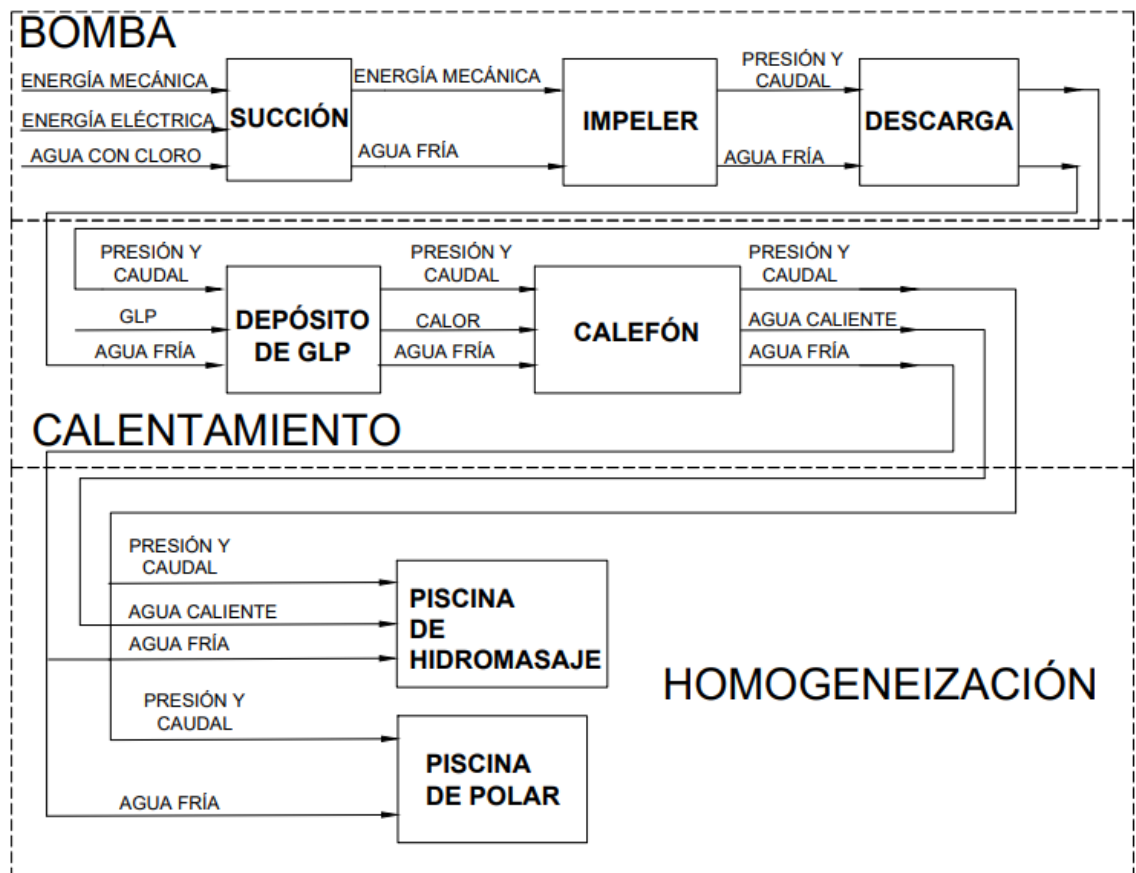
**Ilustración 4-10:** Nivel uno

**Realizado por:** Aulla, Marcia, 2023.

✓ **Nivel dos**

En este nivel se detalla cada módulo desglosando cada paso en cada uno mostrado en el anterior nivel, se determinaron tres módulos:

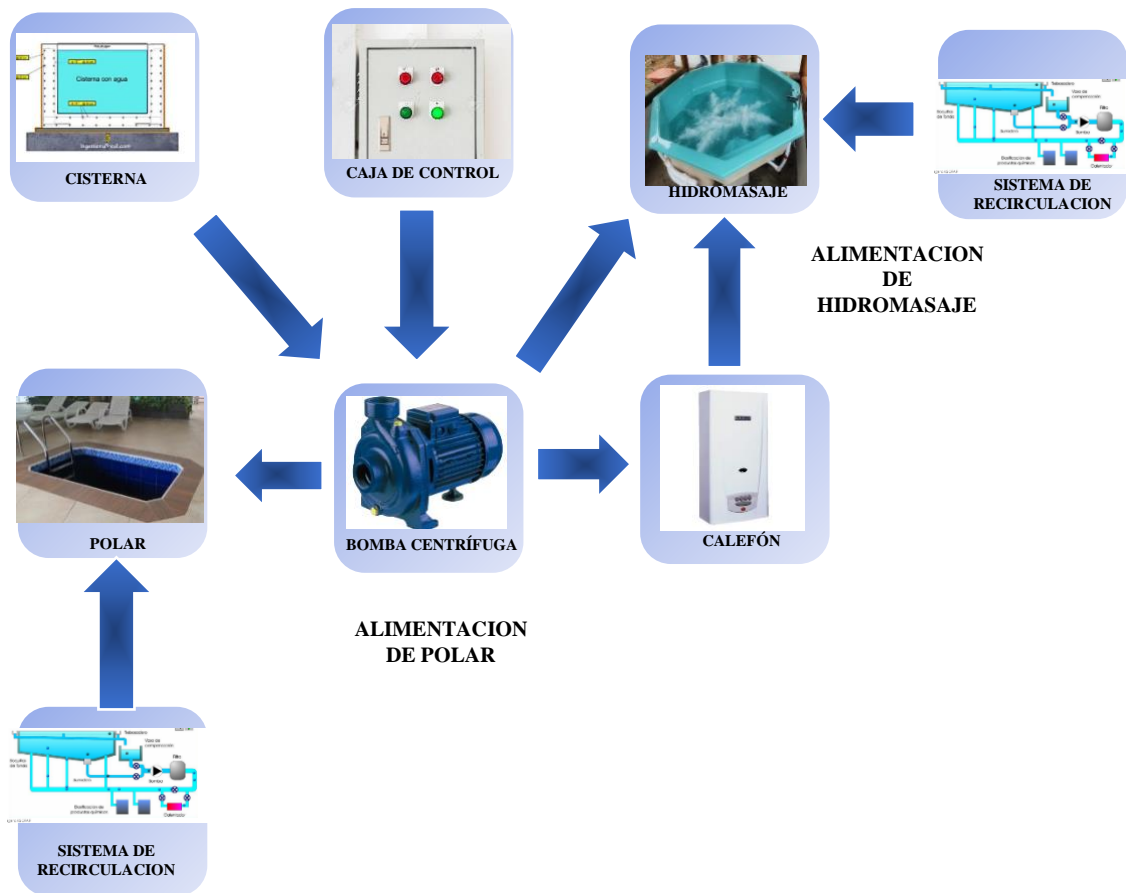
- 1) Módulo de bombeo
- 2) Módulo de calentamiento
- 3) Módulo de homogeneización



**Ilustración 4-11:** Análisis modular del funcionamiento de las mordazas

**Realizado por:** Aulla, Marcia, 2023.

El sistema de alimentación de hidromasaje y polar, se puede observar a continuación:



**Ilustración 4-12:** Diagrama de bloques para el sistema de alimentación

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

#### 4.4.4. Selección de la bomba

##### 4.4.4.1. Bomba de alimentación para el sistema de bombeo de hidromasaje y polar

✓ **Alternativa 1:** Bomba centrífuga PEDROLLO





**Ilustración 4-13:** Bomba centrífuga Pedrollo

Fuente: Pedrollo, 2022

✓ **Alternativa 2:** Bomba INOXPA ESTAMPINOX



**Ilustración 4-14:** Bomba centrífuga Estampinox

Fuente: Inoxpa, 2022

✓ **Alternativa 3:** Bomba centrífuga PEDROLLO de doble rodete



**Ilustración 4-15:** Bomba centrífuga 2CP

Fuente: PEDROLLO, 2022

✓ **Alternativa 4:** Bomba centrífuga inox Pedrollo



**Ilustración 4-16:** Bomba centrífuga AL-RED

Fuente: PEDROLLO, 2022

**a) Análisis y evaluación de la mejor alternativa**

Utilizando el método ordinal corregido de criterios ponderados, se evaluaron las soluciones/alternativas, para obtener de forma objetiva la mejor opción.

Este método consiste en un análisis tabulado que permite encontrar el orden de preferencia de una evaluación global, sin la necesidad de evaluar parámetros individuales de cada propiedad y sin estimar pesos. Para ello cada uno de los criterios se confronta con los demás para asignar los siguientes valores:

1 – Si el criterio de las filas es mejor que el de las columnas,

0.5 - Si los criterios entre columna y fila sean iguales,

0 – Si el criterio de la columna supera al de la fila (Guano and Rocha 2013).

***Evaluación de pesos específicos de cada criterio***

Los criterios de diseño se evaluaron en el siguiente orden: Fácil operación > Fiabilidad = Fácil mantenimiento > Durabilidad > Velocidad variable = Bajo consumo eléctrico.

**Tabla 4-9:** Evaluación del peso específico de cada criterio

	Fácil operación	Fiabilidad	Fácil mantenimiento	Durabilidad	Velocidad variable	Bajo consumo eléctrico	Σ+1	% ponderación
Fácil operación	-	1	1	1	1	1	6	28.59
Fiabilidad	0	-	0.5	1	1	1	4.5	21.42
Fácil mantenimiento	0	0.5	-	1	1	1	4.5	21.42
Durabilidad	0	0	0	-	1	1	3	14.29
Velocidad variable	0	0	0	0	-	0.5	1.5	7.14
Bajo consumo eléctrico	0	0	0	0	0.5	-	1.5	7.14

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Como se observa el criterio principal de evaluación es “fácil operación” acompañado de la “fiabilidad” ya que, además, de ser fácil de operar para el usuario se debe garantizar que la presión y caudal sean las especificadas para la aplicación.

### *Evaluación de las alternativas*

Para la siguiente evaluación se procede a realizar según cada criterio como cumplen las alternativas el criterio designado ya que todas deben cumplir con los criterios de diseño de alguna manera.

**Tabla 4-10:** Evaluación de alternativas para el criterio “Fácil Operación”

<b>Fácil Operación</b>	<b>Alter. 1</b>	<b>Alter. 2</b>	<b>Alter. 3</b>	<b>Alter. 4</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alternativa 1</b>	-	0.5	0.5	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 2</b>	0.5	-	0.5	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 3</b>	0.5	0.5	-	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 4</b>	0.5	0.5	0.5	-	2.5	25%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Para el criterio de fácil operación las alternativas están empatadas en ponderación debido a que todos los fabricantes dan opciones de operación digitales y analógicas que se pueden aplicar para todas las alternativas presentadas.

**Tabla 4-11:** Evaluación de alternativas para el criterio “Fiabilidad”

<b>Fiabilidad</b>	<b>Alter. 1</b>	<b>Alter. 2</b>	<b>Alter. 3</b>	<b>Alter. 4</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alternativa 1</b>	-	1	1	0.5	3.5	35%
<b>Alternativa 2</b>	0	-	0.5	1	2.5	25%
<b>Alternativa 3</b>	0	0.5	-	0	1.5	15%
<b>Alternativa 4</b>	0.5	0	1	-	2.5	25%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

El criterio fiabilidad es uno de los más importantes dentro de la evaluación de diseño y la primera alternativa presenta mayor distancia con respecto a las demás debido a que el fabricante alemán entrega una opción de garantía extendida para esta línea de productos.

**Tabla 4-12:** Evaluación de alternativas para el criterio “Fácil Mantenimiento”

Fácil Mantenimiento	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	0	1	1	3	30%
Alternativa 2	1	-	1	1	4	40%
Alternativa 3	0	0	-	0.5	1.5	15%
Alternativa 4	0	0	0.5	-	1.5	15%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

La segunda alternativa presenta ventaja con respecto a las demás debido a que el fabricante cuenta con mayor representación en el mercado local, además, para esta línea de diseño ofrece gran variedad de repuestos normados y de calidad.

**Tabla 4-13:** Evaluación de alternativas para el criterio “Durabilidad”

Durabilidad	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	1	1	0.5	3.5	35%
Alternativa 2	0	-	1	1	3	30%
Alternativa 3	0	0	-	0.5	1.5	15%
Alternativa 4	0.5	0	0.5	-	2	20%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

En el criterio de durabilidad la distancia entre la primera y segunda alternativa es muy pequeña debido a que el fabricante al ser bombas de acero inoxidable ofrece garantía extendida con respecto a la corrosión de los elemento y sellos mecánicos.

**Tabla 4-14:** Evaluación de alternativas para el criterio “Velocidad Variable”

Velocidad Variable	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	0.5	0	0.5	2	20%
Alternativa 2	0.5	-	0	1	2.5	25%
Alternativa 3	1	1	-	1	4	40%
Alternativa 4	0.5	0	0	-	1.5	15%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Para el criterio de velocidad variable la tercera alternativa presenta ventaja con respecto a las demás porque el fabricante facilita un manual de instalación donde se detalla variadores de

frecuencia con protección contra picos de tensión y debido a esto la variabilidad de velocidades en el rotor del motor sería más confiable.

**Tabla 4-15:** Evaluación de alternativas para el criterio “Bajo Consumo Eléctrico”

<b>Bajo Consumo Eléctrico</b>	<b>Alter. 1</b>	<b>Alter. 2</b>	<b>Alter. 3</b>	<b>Alter. 4</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alternativa 1</b>	-	0.5	0.5	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 2</b>	0.5	-	0.5	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 3</b>	0.5	0.5	-	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 4</b>	0.5	0.5	0.5	-	2.5	25%
<b>Suma</b>					10	100%

**Realizado por:** Aulla, Marcia, 2023.

En este criterio todas las alternativas se encuentran igualadas debido a que todas están normadas a 60Hz y con conexión monofásica por ende el consumo eléctrico sería prácticamente el mismo. Luego de analizar cada una de las alternativas se realiza la tabla de resumen que nos ayudara a elegir cuál de todas las alternativas presentadas es la primordial para la aplicación de alimentación de los dos sistemas antes nombrados.

**Tabla 4-16:** Resumen para selección de alternativa por prioridad

<b>Conclusión</b>	<b>Fácil operación</b>	<b>Fiabilidad</b>	<b>Fácil mantenimiento</b>	<b>Durabilidad</b>	<b>Velocidad variable</b>	<b>Bajo consumo eléctrico</b>	<b>Σ</b>	<b>Prioridad</b>
<b>Alternativa 1</b>	0.286*0.25	0.214*0.35	0.214*0.30	0.143*0.35	0.071*0.20	0.071*0.25	0.293	1
<b>Alternativa 2</b>	0.286*0.25	0.214*0.25	0.214*0.40	0.143*0.30	0.071*0.25	0.071*0.25	0.289	2
<b>Alternativa 3</b>	0.286*0.25	0.214*0.15	0.214*0.15	0.143*0.15	0.071*0.40	0.071*0.25	0.204	4
<b>Alternativa 4</b>	0.286*0.25	0.214*0.25	0.214*0.15	0.143*0.20	0.071*0.15	0.071*0.25	0.214	3

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Todas las alternativas son buenas entre la alternativa 1 y 2 hay una diferencia de 0.4% entre la aunque todas pueden entregar resultados satisfactorios debemos tomar en cuenta que, de todos los criterios, “Fácil mantenimiento” y “Fiabilidad” son diferenciadores entre las alternativas presentadas, por lo cual, la selección se efectuara en contraste con los cálculos de TDH Y NPSH para que cumpla de manera satisfactoria con todos los criterios de funcionamiento tanto para la voz del ingeniero como para la voz del usuario.

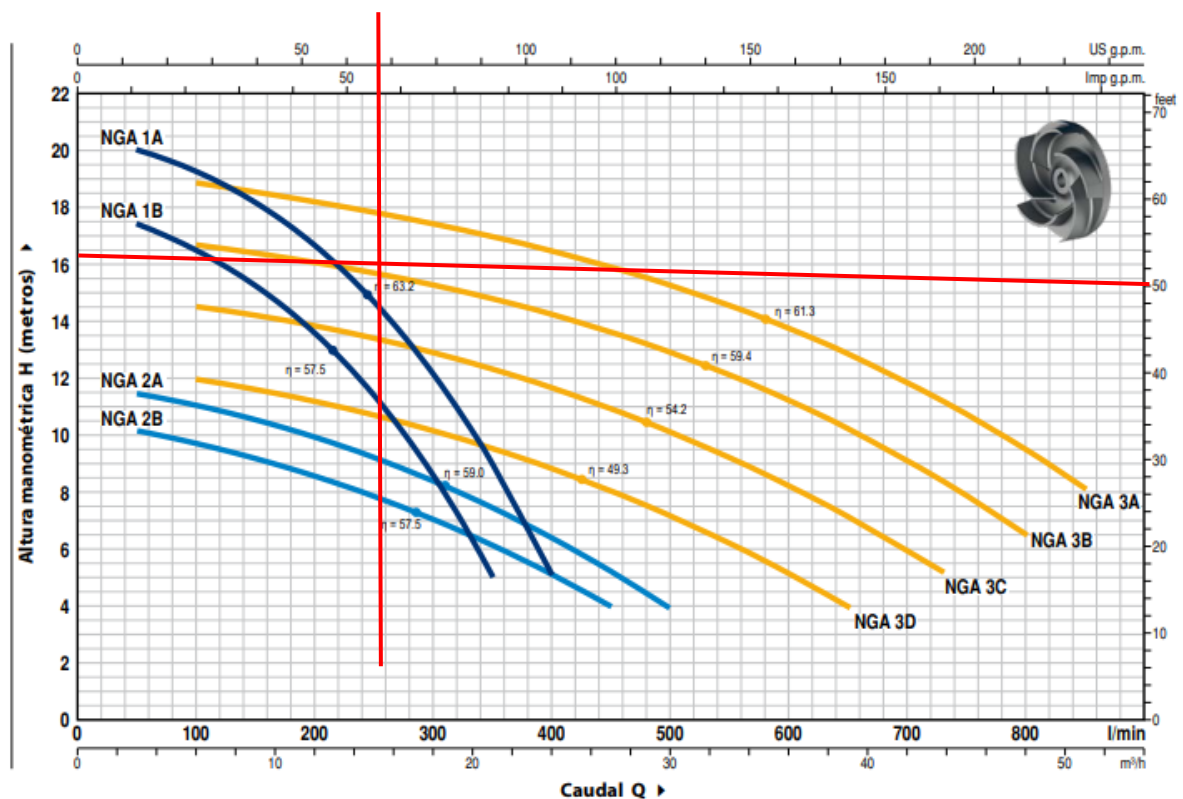
#### 4.4.4.2. Bomba de alimentación de polar e hidromasaje

Una vez encontrado el TDH y con el caudal de funcionamiento se procede a seleccionar la bomba en el catálogo de PEDROLLO porque esta marca tiene distribuidor directo en el país y el catálogo completo a disposición.

$$Q_{\text{funcionamiento}} = 255 \text{ l/min}$$

$$TDH = 14.48 \text{ m}$$

#### ✓ Alternativa 1 Bomba centrífuga PEDROLLO



**Ilustración 4-17:** Curvas características de bomba Centrífuga PEDROLLO

Fuente: Pedrollo, 2022



MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )			Q	H metros											
Monofásica	Trifásica	kW	HP	▲		0	3	6	9	12	15	18	21	24			
NGAm 1B	NGA 1B	0.55	0.75		0	50	100	150	200	250	300	350	400				
NGAm 1A	NGA 1A	0.75	1		20.5	20	19.3	18.1	16.6	14.7	12.1	9	5				

MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )			Q	H metros														
Monofásica	Trifásica	kW	HP	▲		0	3	6	12	18	24	27	30	39	43,8	48	51			
NGAm 2B	NGA 2B	0.55	0.75		10.5	10.1	9.6	8.5	7	5.1	4									
NGAm 2A	NGA 2A	0.75	1		11.8	11.4	11	9.9	8.4	6.4	5.2	4								
NGAm 3D	NGA 3D	1.1	1.5		12.5	-	12	11.2	10.1	8.8	8	7.1	4							
NGAm 3C	NGA 3C	1.5	2		15	-	14.5	13.8	12.8	11.6	10.9	10.1	7.1	5.2						
NGAm 3B	NGA 3B	1.8	2.5		17.2	-	16.7	16	15.2	14.2	13.6	12.9	10.2	8.4	6.5					
NGAm 3A	NGA 3A	2.2	3		19.5	-	18.8	18.1	17.4	16.4	15.8	15.2	12.8	11.1	9.4	8				

**Ilustración 4-18:** Características de bomba centrífuga NGAm 1A

Fuente: Pedrollo, 2022

#### 4.4.4.3. Bomba de alimentación sistema de duchas

### Evaluación de alternativas para el sistema de alimentación de duchas

- ✓ **Alternativa 1: Bomba sumergible de pozo 3WPS**



**Ilustración 4-19:** Bomba Sumergible de pozo EBARA 3WPS

Fuente: EBARA, 2022

- ✓ **Alternativa 2: Bomba sumergible de pozo PEDROLLO 3RS**



**Ilustración 4-20:** Bomba Pedrollo sumergible de pozo 3RS

Fuente: PEDROLLO, 2022

✓ **Alternativa 3: Bomba sumergible de pozo Ebara SB3**



**Ilustración 4-21:** Bomba sumergible de pozo SB3

Fuente: EBARA, 2022

✓ **Alternativa 4: Bomba sumergible de pozo PEDROLLO monoblock**



**Ilustración 4-22:** Bomba Pedrollo sumergible de pozo monoblock

Fuente: PEDROLLO, 2022

### **a) Análisis y evaluación de la mejor alternativa**

Utilizando el *método ordinal corregido de criterios ponderados*, se evaluaron las soluciones/alternativas, para obtener de forma objetiva la mejor opción.

Este método consiste en un análisis tabulado que permite encontrar el orden de preferencia de una evaluación global, sin la necesidad de evaluar parámetros individuales de cada propiedad y sin estimar pesos. Para ello cada uno de los criterios se confronta con los demás para asignar los siguientes valores:

1 – Si el criterio de las filas es mejor que el de las columnas,

0.5 - Si los criterios entre columna y fila sean iguales,

0 – Si el criterio de la columna supera al de la fila (Guano and Rocha 2013).

### ***Evaluación de pesos específicos de cada criterio***

Los criterios de diseño se evaluaron en el siguiente orden: Fácil operación > Fiabilidad = Sumergible =Fácil mantenimiento > Durabilidad.

**Tabla 4-17:** Evaluación del peso específico de cada criterio

	<b>Fácil operación</b>	<b>Fiabilidad</b>	<b>Sumergible</b>	<b>Fácil mantenimiento</b>	<b>Durabilidad</b>	<b>Σ+1</b>	<b>% ponderación</b>
<b>Fácil operación</b>	-	1	1	1	1	5	33.33
<b>Fiabilidad</b>	0	-	0.5	0.5	1	3	20
<b>Sumergible</b>	0	0.5	-	0.5	1	3	20
<b>Fácil mantenimiento</b>	0	0.5	0.5	-	1	3	20
<b>Durabilidad</b>	0	0	0	0	-	1	6.67

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Como se observa el criterio de mayor importancia es el criterio de “fácil operación” con una tercera parte de la ponderación total sobre la quinta parte de la ponderación que tienen los tres criterios siguientes, que siguen siendo limitantes de diseño y en el caso de sumergible con “fácil mantenimiento” se contradicen en cierta manera, pero son importantes.

### *Evaluación de las alternativas*

Para la siguiente evaluación se procede a realizar según cada criterio como cumplen las alternativas el criterio designado ya que todas deben cumplir con los criterios de diseño de alguna manera.

**Tabla 4-18:** Evaluación de alternativas para el criterio “Fácil operación”

<b>Fácil operación</b>	<b>Alter. 1</b>	<b>Alter. 2</b>	<b>Alter. 3</b>	<b>Alter. 4</b>	<b>Σ+1</b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alternativa 1</b>	-	0.5	0.5	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 2</b>	0.5	-	0.5	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 3</b>	0.5	0.5	-	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 4</b>	0.5	0.5	0.5	-	2.5	25%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

En este caso el criterio de fácil operación esta igualado entre todas las alternativas debido a que en todos los casos la operatividad se desarrolla de la misma manera debido a que todas las alternativas son bombas sumergibles.

La operatividad de las alternativas se maneja de manera distante ya que el panel de control de las bombas se lo maneja alejado de las bombas, debido a que son sumergibles y todo control operativo de las mismas se lo desarrollará desde el cuarto de caldera.

**Tabla 4-19:** Evaluación de alternativas para el criterio “Fiabilidad”

<b>Fiabilidad</b>	<b>Alter. 1</b>	<b>Alter. 2</b>	<b>Alter. 3</b>	<b>Alter. 4</b>	<b>Σ+1</b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alternativa 1</b>	-	0	0.5	0.5	2	20%
<b>Alternativa 2</b>	1	-	1	1	4	40%
<b>Alternativa 3</b>	0.5	0	-	0	1.5	15%
<b>Alternativa 4</b>	0.5	0	1	-	2.5	25%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Para este criterio de evaluación la alternativa dos es la que presenta mejor fiabilidad debido a que el fabricante añade la opción de agregar sellos mecánicos de mayor calidad en esta variante de bomba por lo cual aumentaría la fiabilidad del producto.

**Tabla 4-20:** Evaluación de alternativas para el criterio “Sumergible”

Sumergible	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa 1</b>	-	0.5	0.5	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 2</b>	0.5	-	0.5	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 3</b>	0.5	0.5	-	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 4</b>	0.5	0.5	0.5	-	2.5	25%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Para el criterio de sumergible debido a que todas las alternativas seleccionadas son de la variedad sumergible de pozo cumplen con este criterio de la misma manera debido a que la altura de la cisterna no es significativa con respecto a los límites de cada una de las alternativas presentadas por los fabricantes.

**Tabla 4-21:** Evaluación de alternativas para el criterio “Fácil mantenimiento”

Fácil mantenimiento	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa 1</b>	-	0.5	0.5	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 2</b>	0.5	-	0.5	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 3</b>	0.5	0.5	-	1	3	30%
<b>Alternativa 4</b>	0.5	0.5	0	-	2	20%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Para el criterio fácil mantenimiento existe una ligera ventaja en de la alternativa 3 con respecto a las demás debido a que las bombas Pedrollo de esta línea de diseño se caracterizan por tener accesorios de fáciles de encontrar en el mercado local, por ende, el mantenimiento preventivo es más fácil de programar y en el mantenimiento correctivo ahorrará tiempo.

**Tabla 4-22:** Evaluación de alternativas para el criterio “Durabilidad”

Durabilidad	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa 1</b>	-	0	1	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 2</b>	1	-	1	0.5	3.5	35%
<b>Alternativa 3</b>	0	0	-	0.5	1.5	15%
<b>Alternativa 4</b>	0.5	0.5	0.5	-	2.5	25%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

En el criterio de durabilidad la alternativa dos es la que saca ventaja con respecto a las demás debido a la opción de presenta el fabricante en sellos mecánicos de mejor calidad y variedad.

Luego de analizar cada una de las alternativas se realiza la tabla de resumen que ayudará a elegir cuál de todas las alternativas presentadas es la primordial para la aplicación de alimentación de los dos sistemas antes nombrados.

**Tabla 4-23:** Resumen para selección de alternativa por prioridad

<b>Conclusión</b>	<b>Fácil operación</b>	<b>Fiabilidad</b>	<b>Fácil mantenimiento</b>	<b>Durabilidad</b>	<b>Σ</b>	<b>Prioridad</b>
<b>Alternativa 1</b>	0.333*0.25	0.20*0.20	0.20*0.25	0.20*0.25	0.24	2
<b>Alternativa 2</b>	0.333*0.25	0.20*0.40	0.20*0.25	0.20*0.25	0.29	1
<b>Alternativa 3</b>	0.333*0.25	0.20*0.15	0.20*0.25	0.20*0.30	0.23	3
<b>Alternativa 4</b>	0.333*0.25	0.20*0.25	0.20*0.25	0.20*0.20	0.24	2

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

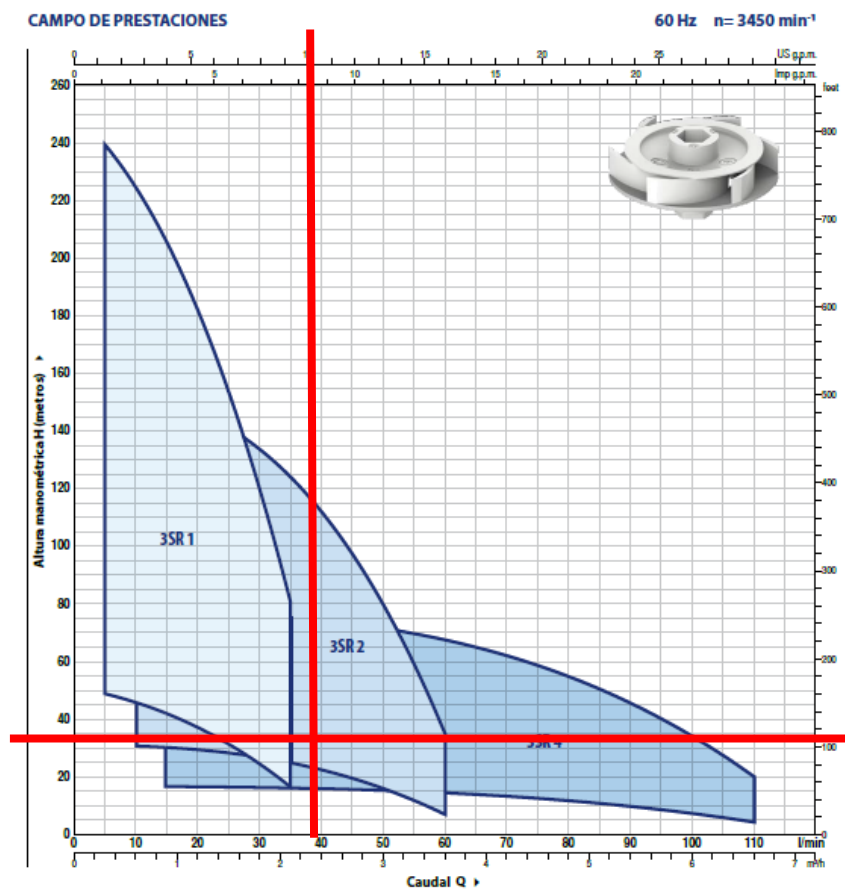


Todas las alternativas son buenas, dando una diferencia de 5% entre la alternativa primordial y la alternativa secundaria, aunque todas nos pueden entregar resultados satisfactorios se debe tomar en cuenta que, de todos los criterios, “Durabilidad” y “Fácil mantenimiento” son diferenciadores entre las alternativas presentadas, por lo cual, la selección se efectuará en contraste con los cálculos de TDH para que cumpla de manera satisfactoria con todos los criterios de funcionamiento.

$$TDH = 26.99 \text{ m}$$

$$Q_{funcionamiento} = 6.72 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 2.41 \text{ m}^3/\text{h}$$

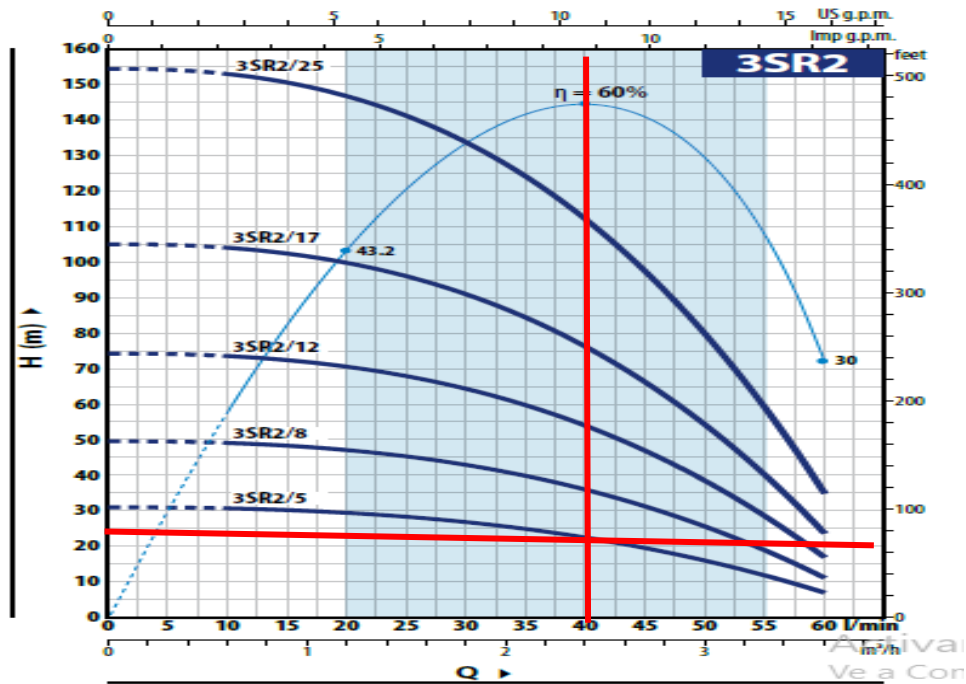
Una vez conocido el TDH necesario se procede a las tablas de bombas sumergibles, cabe recalcar que para este tipo de aplicación como la bomba es sumergible no existe calculo del NPSH debido a que la succión se encuentra directamente en la bomba.



**Ilustración 4-23:** Gráfica de selección de bomba PEDROLLO 3RS

Fuente: PEDROLLO, 2022

La familia de bombas que sirven para nuestra aplicación son las pertenecientes a la familia 3SR 2 a continuación se procede a elegir el tamaño del rodete para la aplicación.



**Ilustración 4-24:** Selección del rodete de bomba para familia 3SR2

Fuente: PEDROLLO, 2022

3SR2		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	Q								
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m <sup>3</sup> /h	0	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3	3.6
3SRm 2/5	3SR 2/5	0.25	0.33	Q l/min	0	10	15	20	30	40	50	60	
3SRm 2/8	3SR 2/8	0.37	0.50	H metros		31	30.5	30	29.5	26.7	22.4	15.9	7
3SRm 2/12	3SR 2/12	0.55	0.75			49.5	49	48	47	42.5	36	25.4	11
3SRm 2/17	3SR 2/17	0.75	1			74	73	72	70	64	53.5	38	16.5
3SRm 2/25	3SR 2/25	1.1	1.5			105	104	102	100	91	76	54	23.5
						154	153	150	147	134	112	80	34.5

Q = Caudal H = Altura manométrica total

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

**Ilustración 4-25:** Datos de selección de bomba PEDROLLO 3SR 2/5m

Fuente: PEDROLLO, 2022

#### 4.4.4.4. Bombas para recirculación de hidromasaje

##### a) Datos de selección de sistema de hidromasaje

Fluido. \_ El fluido que recorrerá todo el sistema es agua a temperatura ambiente. En el caso de polar, que en la ciudad de Guano ronda los 15 °C y agua a 32 °C para el hidromasaje.

Caudal. - El caudal de funcionamiento para un sistema de trasvase de una cisterna de 32 m<sup>3</sup> al sistema de hidromasaje de 5.41m<sup>3</sup>, se calcula con un tiempo estimado desde los 30 min a las 2 horas mismo tiempo que interpolaremos y para el sistema polar de 2.16 m<sup>3</sup> se estima un tiempo de 30 minutos.

Presión. - La presión se pueden medir en varias magnitudes bares, mca, psi, etc. En metros de columna de agua vamos a necesitarlo para el cálculo de TDH y NPSH requerido como disponibles, valores que se utilizan para la selección de bombas, pero en el caso de estos sistemas que están sujetos fiscalización de obra por parte de la aseguradora quienes se encargarán de evaluar los parámetros reales de funcionamiento de estos sistemas.

#### **Evaluación de las alternativas para el sistema de recirculación de hidromasaje**

✓ **Alternativa 1: Bomba VENUS10**



**Ilustración 4-26:** Bomba Venus 10

Fuente: Thermobombas SAS, 2022

✓ **Alternativa 2: Bomba autoaspirante Ebara AGA-AGC**



**Ilustración 4-27:** Bomba autoaspirante Ebara AGA-AGC

Fuente: EBARA, 2022

✓ **Alternativa 3: Bomba centrífuga de acero inoxidable Pedrollo**



**Ilustración 4-28:** Bomba centrífuga Pedrollo AL RED

Fuente: Pedrollo, 2022

✓ **Alternativa 4: Bomba sumergible de pozo PEDROLLO autocebante magnifica**



**Ilustración 4-29:** Bomba Pedrollo autocebante magnifica

Fuente: PEDROLLO, 2022

**b) Análisis y evaluación de la mejor alternativa**

Utilizando el *método ordinal corregido de criterios ponderados*, se evaluaron las soluciones/alternativas, para obtener de forma objetiva la mejor opción.

Este método consiste en un análisis tabulado que permite encontrar el orden de preferencia de una evaluación global, sin la necesidad de evaluar parámetros individuales de cada propiedad y sin estimar pesos. Para ello cada uno de los criterios se confronta con los demás para asignar los siguientes valores:

1 – Si el criterio de las filas es mejor que el de las columnas,

0.5 - Si los criterios entre columna y fila sean iguales,

0 – Si el criterio de la columna supera al de la fila (Guano and Rocha 2013).

***Evaluación de pesos específicos de cada criterio***

Los criterios de diseño se evaluaron en el siguiente orden: Fácil operación > Fiabilidad = Autocebante > Costo > Durabilidad.

**Tabla 4-24:** Evaluación del peso específico de cada criterio

	<b>Fácil operación</b>	<b>Fiabilidad</b>	<b>Autocebante</b>	<b>Costo</b>	<b>Durabilidad</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>% ponderación</b>
<b>Fácil operación</b>	-	1	1	1	1	5	33.33
<b>Fiabilidad</b>	0	-	0.5	1	1	3.5	23.33
<b>Autocebante</b>	0	0.5	-	1	1	3.5	23.33
<b>Costo</b>	0	0	0	-	1	2	13.33
<b>Durabilidad</b>	0	0	0	0	-	1	6.67

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Como se observa el criterio de mayor importancia es el criterio de “fácil operación” con una tercera parte de la ponderación total mientras que las dos terceras partes de la ponderación total se reparten entre los otros criterios.

### *Evaluación de las alternativas*

Para la siguiente evaluación se procede a realizar según cada criterio como cumplen las alternativas el criterio designado ya que todas deben cumplir con los criterios de diseño de alguna manera.

**Tabla 4-25:** Evaluación de alternativas para el criterio “Fácil operación”

Fácil operación	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	0.5	0.5	0.5	2.5	25%
Alternativa 2	0.5	-	0.5	0.5	2.5	25%
Alternativa 3	0.5	0.5	-	0.5	2.5	25%
Alternativa 4	0.5	0.5	0.5	-	2.5	25%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

En este caso el criterio de fácil operación esta igualado entre todas las alternativas debido a que en todos los casos la operatividad tanto de encendido, apagado y stand by se los realiza de la misma manera para cualquiera de las alternativas usadas.

**Tabla 4-26:** Evaluación de alternativas para el criterio “Fiabilidad”

Fiabilidad	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	0	0	0	1	10%
Alternativa 2	1	-	0.5	0	2.5	25%
Alternativa 3	1	0.5	-	0	2.5	25%
Alternativa 4	1	1	1	-	4	40%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Para este criterio de evaluación la alternativa cuatro es la que presenta mayor fiabilidad, ya que tiene mayor representación en el mercado local, además, que ofrece un paquete de garantía extendida en sus equipos.

**Tabla 4-27:** Evaluación de alternativas para el criterio “Autocebante”

Autocebante	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	0	0	0	1	10%
Alternativa 2	1	-	0.5	0.5	3	30%
Alternativa 3	1	0.5	-	0.5	3	30%
Alternativa 4	1	0.5	0.5	-	3	30%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Para el criterio de diseño autocebante es necesario recalcar que la primera alternativa es la única que no presenta este mecanismo incorporado a su sistema por lo que cuenta con una desventaja con respecto a las demás alternativas.

**Tabla 4-28:** Evaluación de alternativas para el criterio “Costo”

Costo	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	1	1	1	4	50%
Alternativa 2	0	-	0.5	1	2.5	25%
Alternativa 3	0	0.5	-	1	2.5	25%
Alternativa 4	0	0	0	-	1	10%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Para el criterio costo la primera alternativa tiene una clara ventaja con respecto a las demás debido a que no cuenta con ciertos mecanismos anti-cavitación en su funcionamiento por lo cual se deberían añadir a los costos finales del proyecto en el caso de que se elija esta opción.

**Tabla 4-29:** Evaluación de alternativas para el criterio “Durabilidad”

Durabilidad	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1	-	1	0	0	2	20%
Alternativa 2	0	-	0	0	1	10%
Alternativa 3	1	1	-	0.5	3.5	35%
Alternativa 4	1	1	0.5	-	3.5	35%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

En el criterio de durabilidad la alternativa tres y cuatro son las que sacan ventaja con respecto a las demás debido a la mayor representación en el mercado que tienen y por su opción de garantía extendida que da a entender que el producto puede mantenerse en funcionamiento mucho más tiempo.

Luego de analizar cada una de las alternativas se realiza la tabla de resumen que nos ayudara a elegir cuál de todas las alternativas presentadas es la primordial para la aplicación de alimentación de los dos sistemas antes nombrados.



**Tabla 4-30:** Resumen para selección de alternativa por prioridad

Conclusión	Fácil operación	Fiabilidad	Autocebante	Costo	Durabilidad	$\Sigma$	Prioridad
Alternativa 1	0.333*0.25	0.233*0.10	0.233*0.10	0.233*0.50	0.133*0.20	0.27	3
Alternativa 2	0.333*0.25	0.233*0.25	0.233*0.30	0.233*0.25	0.133*0.10	0.28	2
Alternativa 3	0.333*0.25	0.233*0.25	0.233*0.30	0.233*0.25	0.133*0.35	0.32	1
Alternativa 4	0.333*0.25	0.233*0.40	0.233*0.30	0.233*0.10	0.133*0.35	0.32	1

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Después de evaluar cada alternativa se toma en cuenta que todas tienen alto rango de prioridad al punto de empatar en la primera posición la tercera y la cuarta, mismas que serán evaluadas con datos técnicos para ver si podrán cumplir con nuestra aplicación.

$$TDH = 15.92$$

$$Q_{funcionamiento} = 142 \text{ l/min}$$

Una vez conocido el TDH se procede a ver las tablas de selección de bombas centrífugas de recirculación al caudal tomado como referencia de recirculación para mantener un estado óptimo de salubridad del agua.

### Alternativa 3: Bomba Pedrollo centrífuga de acero inoxidable

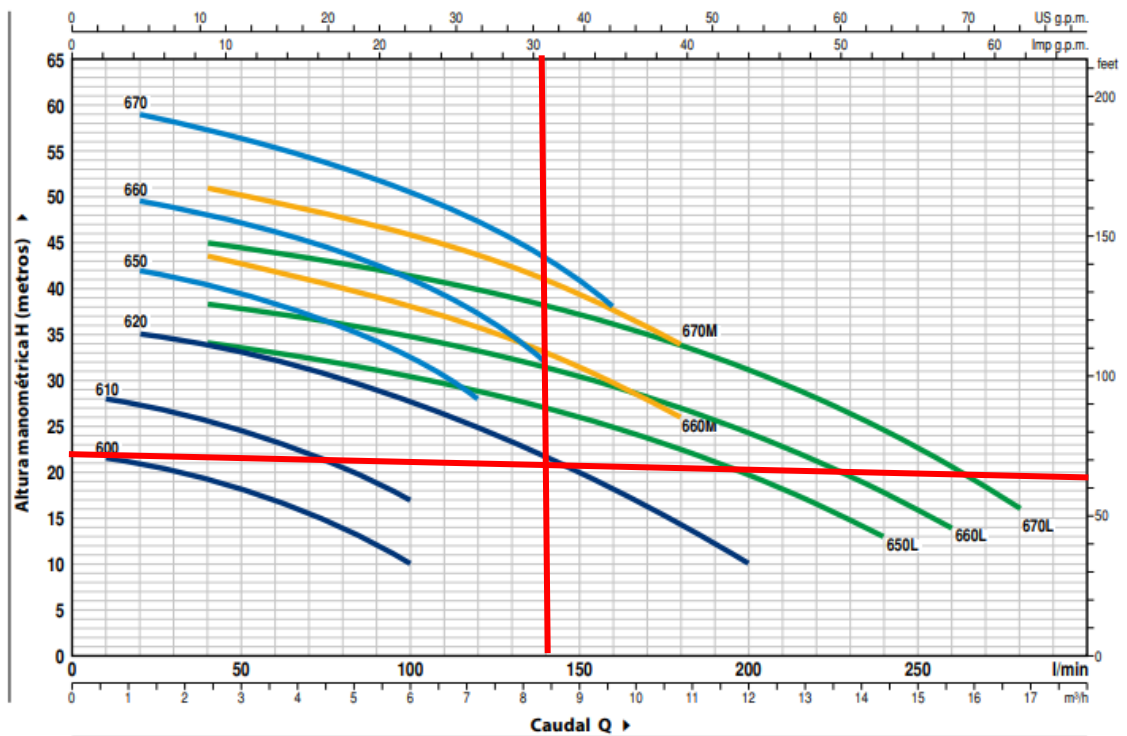


Ilustración 4-30: Gráfica de selección de bomba centrífuga Pedrollo

Fuente: Pedrollo, 2022

MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	H metros															
Monofásica	Trifásica	kW	HP		▲	0	0.6	1.2	2.4	3.6	4.8	6	7.2	8.4	9.6	10.8	12.0	14.4	15.6	16.8
					0	10	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	240	260	280	
AL-REDm 600-4	AL-RED 600-4	0.37	0.50	IE3	22	21.5	21	19.5	17	14	10									
AL-REDm 600-6	AL-RED 600-6																			
AL-REDm 610-4	AL-RED 610-4	0.60	0.85	IE3	28.5	28	27.5	25.5	23.5	20.5	17									
AL-REDm 610-6	AL-RED 610-6																			
AL-REDm 620-4	AL-RED 620-4	0.75	1	IE3	35	-	35	33.5	32	30	27.5	24.5	21.5	18	14	10				
AL-REDm 620-6	AL-RED 620-6																			
AL-REDm 650-4	AL-RED 650-4	1.1	1.5	IE3	43.5	-	42	40.5	38.5	36	32.5	28								
AL-REDm 650-6	AL-RED 650-6																			
AL-REDm 660-4	AL-RED 660-4	1.5	2	IE3	51	-	49.5	48	46	44	41	37	32							
AL-REDm 660-6	AL-RED 660-6																			
AL-REDm 670-4	AL-RED 670-4	2.2	3	IE3	60	-	59	57	55	53	50.5	47	43	38						
AL-REDm 670-6	AL-RED 670-6																			
AL-REDm 660M-4	AL-RED 660M-4	1.5	2	IE3	46	-	-	43.5	42	40	38	36	33	30	26					
AL-REDm 660M-6	AL-RED 660M-6																			
AL-REDm 670M-4	AL-RED 670M-4	2.2	3	IE3	53	-	-	51	49.5	48	46	43.5	41	37.5	34					
AL-REDm 670M-6	AL-RED 670M-6																			
AL-REDm 650L-4	AL-RED 650L-4	1.1	1.5	IE3	36	-	-	34	33	31.5	30.5	29	27	25	22.5	19.5	13			
AL-REDm 650L-6	AL-RED 650L-6																			
AL-REDm 660L-4	AL-RED 660L-4	1.5	2	IE3	40	-	-	38.5	37.5	36	35	33	31.5	29.5	27	24.5	18	14		
AL-REDm 660L-6	AL-RED 660L-6																			
AL-REDm 670L-4	AL-RED 670L-4	2.2	3	IE3	47	-	-	45	44	42.5	41.5	40	38	36	34	31	24.5	20.5	16	
AL-REDm 670L-6	AL-RED 670L-6																			

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)

Ilustración 4-31: Características de la bomba centrífuga

Fuente: Pedrollo, 2022

#### 4.4.4.5. Bomba para recirculación del polar

- ✓ **Alternativa 1: Bomba QP Bravia**



**Ilustración 4-32:** Bomba QP Bravia

Fuente: PUMPSTOP, 2022

- ✓ **Alternativa 2: Bomba autoaspirante Ebara AGA-AGC**



**Ilustración 4-33:** Bomba autoaspirante Ebara AGA-AGC

Fuente: EBARA, 2022

- ✓ **Alternativa 3: Bomba centrífuga de acero inoxidable Pedrollo**



**Ilustración 4-34:** Bomba Pedrollo centrífuga

Fuente: Pedrollo, 2022

✓ **Alternativa 4: Bomba autocebante Kripsol Classic**



**Ilustración 4-35:** Bomba Kripsol Autoebante

Fuente: KRIPSOL, 2022

**a) Análisis y evaluación de la mejor alternativa**

Utilizando el *método ordinal corregido de criterios ponderados*, se evaluaron las soluciones/alternativas, para obtener de forma objetiva la mejor opción.

Este método consiste en un análisis tabulado que permite encontrar el orden de preferencia de una evaluación global, sin la necesidad de evaluar parámetros individuales de cada propiedad y sin estimar pesos. Para ello cada uno de los criterios se confronta con los demás para asignar los siguientes valores:

1 – Si el criterio de las filas es mejor que el de las columnas,

0.5 - Si los criterios entre columna y fila sean iguales,

0 – Si el criterio de la columna supera al de la fila (Guano and Rocha 2013).

***Evaluación de pesos específicos de cada criterio***

Los criterios de diseño se evaluaron en el siguiente orden: Fácil operación > Fiabilidad = Autocebante > Costo > Durabilidad.

**Tabla 4-31:** Evaluación del peso específico de cada criterio

	<b>Fácil operación</b>	<b>Fiabilidad</b>	<b>Autocebante</b>	<b>Costo</b>	<b>Durabilidad</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>% ponderación</b>
<b>Fácil operación</b>	-	1	1	1	1	5	33.33
<b>Fiabilidad</b>	0	-	0.5	1	1	3.5	23.33
<b>Autocebante</b>	0	0.5	-	1	1	3.5	23.33
<b>Costo</b>	0	0	0	-	1	2	13.33
<b>Durabilidad</b>	0	0	0	0	-	1	6.67

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Como se observa el criterio de mayor importancia es el criterio de “fácil operación” con una tercera parte de la ponderación total mientras que las dos terceras partes de la ponderación total se reparten entre los otros criterios.

### *Evaluación de las alternativas*

Para la siguiente evaluación se procede a realizar según cada criterio como cumplen las alternativas el criterio designado ya que todas deben cumplir con los criterios de diseño de alguna manera.

**Tabla 4-32:** Evaluación de alternativas para el criterio “Fácil operación”

<b>Fácil operación</b>	<b>Alter. 1</b>	<b>Alter. 2</b>	<b>Alter. 3</b>	<b>Alter. 4</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alternativa 1</b>	-	0.5	0.5	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 2</b>	0.5	-	0.5	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 3</b>	0.5	0.5	-	0.5	2.5	25%
<b>Alternativa 4</b>	0.5	0.5	0.5	-	2.5	25%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

En este caso el criterio de fácil operación esta igualado entre todas las alternativas debido a que en todos los casos la operatividad tanto de encendido, apagado y stand by se los realiza de la misma manera para cualquiera de las alternativas usadas.

**Tabla 4-33:** Evaluación de alternativas para el criterio “Fiabilidad”

<b>Fiabilidad</b>	<b>Alter. 1</b>	<b>Alter. 2</b>	<b>Alter. 3</b>	<b>Alter. 4</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alternativa 1</b>	-	0	0	0	1	10%
<b>Alternativa 2</b>	1	-	0.5	0	2.5	25%
<b>Alternativa 3</b>	1	0.5	-	0	2.5	25%
<b>Alternativa 4</b>	1	1	1	-	4	40%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Para este criterio de evaluación la alternativa cuatro es la que presenta mayor fiabilidad, ya que tiene mayor representación en el mercado local, además, que ofrece un paquete de garantía extendida en sus equipos.

**Tabla 4-34:** Evaluación de alternativas para el criterio “Autocebante”

<b>Autocebante</b>	<b>Alter. 1</b>	<b>Alter. 2</b>	<b>Alter. 3</b>	<b>Alter. 4</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alternativa 1</b>	-	0	0	0	1	10%
<b>Alternativa 2</b>	1	-	0.5	0.5	3	30%
<b>Alternativa 3</b>	1	0.5	-	0.5	3	30%
<b>Alternativa 4</b>	1	0.5	0.5	-	3	30%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Para el criterio de diseño autocebante es necesario recalcar que la primera alternativa es la única que no presenta este mecanismo incorporado a su sistema por lo que cuenta con una desventaja con respecto a las demás alternativas.

**Tabla 4-35:** Evaluación de alternativas para el criterio “Costo”

Costo	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa 1</b>	-	1	1	1	4	50%
<b>Alternativa 2</b>	0	-	0.5	1	2.5	25%
<b>Alternativa 3</b>	0	0.5	-	1	2.5	25%
<b>Alternativa 4</b>	0	0	0	-	1	10%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

Para el criterio costo la primera alternativa tiene una clara ventaja con respecto a las demás debido a que no cuenta con ciertos mecanismos anti-cavitación en su funcionamiento por lo cual se deberían añadir a los costos finales del proyecto en el caso de que se elija esta opción.

**Tabla 4-36:** Evaluación de alternativas para el criterio “Durabilidad”

Durabilidad	Alter. 1	Alter. 2	Alter. 3	Alter. 4	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Alternativa 1</b>	-	1	0	0	2	20%
<b>Alternativa 2</b>	0	-	0	0	1	10%
<b>Alternativa 3</b>	1	1	-	0.5	3.5	35%
<b>Alternativa 4</b>	1	1	0.5	-	3.5	35%
<b>Suma</b>					10	100%

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

En el criterio de durabilidad la alternativa tres y cuatro son las que sacan ventaja con respecto a las demás debido a la mayor representación en el mercado que tienen y por su opción de garantía extendida que da a entender que el producto puede mantenerse en funcionamiento mucho más tiempo.

Luego de analizar cada una de las alternativas se realiza la tabla de resumen que ayudará a elegir cuál de todas las alternativas presentadas es la primordial para la aplicación de alimentación de los dos sistemas antes nombrados.

**Tabla 4-37:** Resumen para selección de alternativa por prioridad

Conclusión	Fácil operación	Fiabilidad	Autocebante	Costo	Durabilidad	$\Sigma$	Prioridad
Alternativa 1	0.333*0.25	0.233*0.10	0.233*0.10	0.233*0.50	0.133*0.20	0.27	3
Alternativa 2	0.333*0.25	0.233*0.25	0.233*0.30	0.233*0.25	0.133*0.10	0.28	2
Alternativa 3	0.333*0.25	0.233*0.25	0.233*0.30	0.233*0.25	0.133*0.35	0.32	1
Alternativa 4	0.333*0.25	0.233*0.40	0.233*0.30	0.233*0.10	0.133*0.35	0.32	1

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

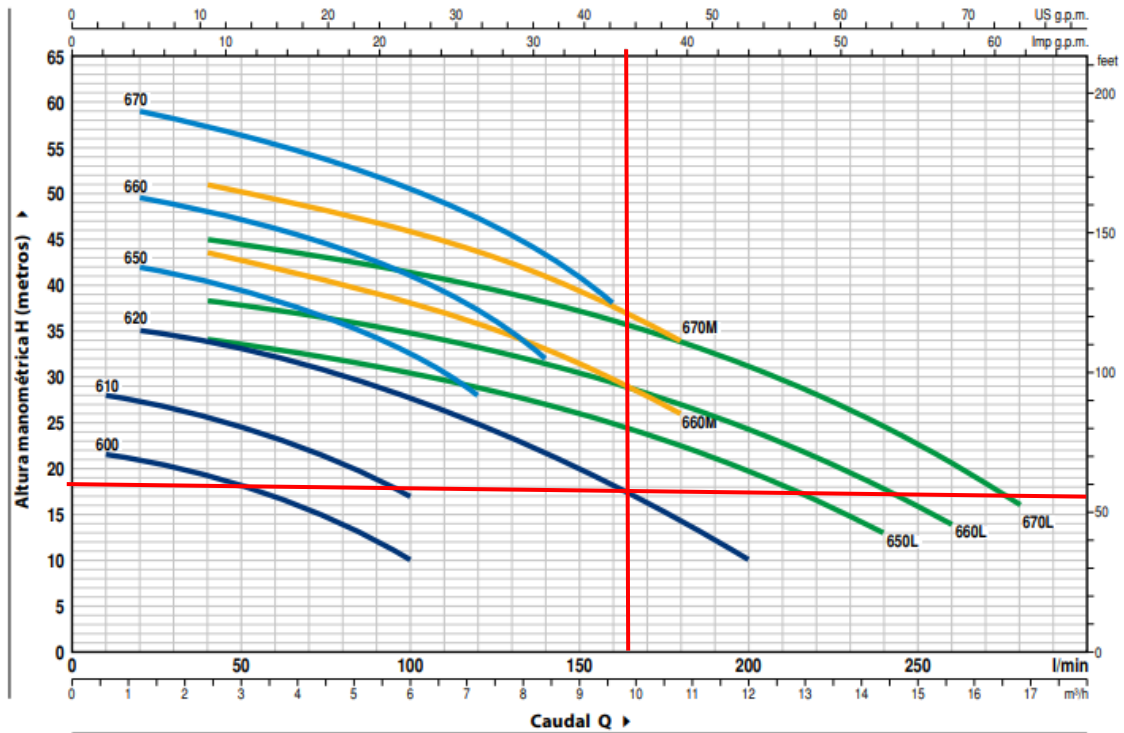
Después de evaluar cada alternativa se toma en cuenta que todas tienen alto rango de prioridad al punto de empatar en la primera posición la tercera y la cuarta, mismas que serán evaluadas con datos técnicos para ver si podrán cumplir con la aplicación.

$$TDH = 11.13 \text{ m}$$

$$Q_{\text{funcionamiento}} = 167 \text{ l/min}$$



### Alternativa 3: Bomba centrífuga Pedrollo



**Ilustración 4-36:** Gráfica de selección de bomba centrífuga pedrollo de acero inoxidable

Fuente: Pedrollo, 2022

MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	Q																	
Monofásica	Trifásica	kW	HP		▲	m <sup>3</sup> /h	0	0.6	1.2	2.4	3.6	4.8	6	7.2	8.4	9.6	10.8	12.0	14.4	15.6	16.8	
					l/min	0	10	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	240	260	280		
AL-REDm 600-4	AL-RED 600-4	0.37	0.50	IE3		22	21.5	21	19.5	17	14	10										
AL-REDm 600-6	AL-RED 600-6																					
AL-REDm 610-4	AL-RED 610-4	0.60	0.85	IE3		28.5	28	27.5	25.5	23.5	20.5	17										
AL-REDm 610-6	AL-RED 610-6																					
AL-REDm 620-4	AL-RED 620-4	0.75	1	IE3		35	-	35	33.5	32	30	27.5	24.5	21.5	18	14	10					
AL-REDm 620-6	AL-RED 620-6																					
AL-REDm 650-4	AL-RED 650-4	1.1	1.5	IE3	H metros	43.5	-	42	40.5	38.5	36	32.5	28									
AL-REDm 650-6	AL-RED 650-6																					
AL-REDm 660-4	AL-RED 660-4	1.5	2	IE3	H metros	51	-	49.5	48	46	44	41	37	32								
AL-REDm 660-6	AL-RED 660-6																					
AL-REDm 670-4	AL-RED 670-4	2.2	3	IE3	H metros	60	-	59	57	55	53	50.5	47	43	38							
AL-REDm 670-6	AL-RED 670-6																					
AL-REDm 660M-4	AL-RED 660M-4	1.5	2	IE3	H metros	46	-	-	43.5	42	40	38	36	33	30	26						
AL-REDm 660M-6	AL-RED 660M-6																					
AL-REDm 670M-4	AL-RED 670M-4	2.2	3	IE3	H metros	53	-	-	51	49.5	48	46	43.5	41	37.5	34						
AL-REDm 670M-6	AL-RED 670M-6																					
AL-REDm 650L-4	AL-RED 650L-4	1.1	1.5	IE3	H metros	36	-	-	34	33	31.5	30.5	29	27	25	22.5	19.5	13				
AL-REDm 650L-6	AL-RED 650L-6																					
AL-REDm 660L-4	AL-RED 660L-4	1.5	2	IE3	H metros	40	-	-	38.5	37.5	36	35	33	31.5	29.5	27	24.5	18	14			
AL-REDm 660L-6	AL-RED 660L-6																					
AL-REDm 670L-4	AL-RED 670L-4	2.2	3	IE3	H metros	47	-	-	45	44	42.5	41.5	40	38	36	34	31	24.5	20.5	16		
AL-REDm 670L-6	AL-RED 670L-6																					

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)

**Ilustración 4-37:** Características de la bomba centrífuga

Fuente: Pedrollo, 2022

**Tabla 4-38:** Resumen de selección de bombas para el funcionamiento del sistema

SISTEMA	BOMBA	FABRICANTE	MODELO	POTENCIA
Alimentación de hidromasaje y polar	Centrífuga	PEDROLLO	NGAm 1A	1 HP
Alimentación de duchas	Sumergible de pozo	PEDROLLO	3SRm 2/5	0.33 HP
Recirculación de hidromasaje	Centrífuga de acero inoxidable	PEDROLLO	AL-REDm620-4	1 HP
Recirculación de polar	Centrífuga de acero inoxidable	PEDROLLO	AL-REDm620-4	1 HP

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

#### 4.4.5. Análisis de costos

A continuación, se detallan los costos que se podrían asumir en el caso de que se acepte el diseño y se lo quiera construir.

##### a) Costos directos

Son los valores que intervienen de forma directa en el diseño y construcción del sistema de alimentación de hidromasaje y polar, entre estos costos consideraremos el costo de la bomba seleccionada y preparación del lugar de instalación, con esto se engloba mano de obra, uso de equipos, máquinas y herramientas y transporte.

**Tabla 4-39:** Costos de bombas seleccionadas

Cantidad	Descripción	Peso (Kg)	Valor Unitario (\$)
1	Bomba centrífuga Pedrollo NGAm 1A	12.7	350
1	Bomba sumergible de pozo Pedrollo 3SRm 2/5	9.3	110
1	Bomba centrífuga de acero inoxidable Pedrollo AL-REDm620-4	7.2	350
1	Bomba centrífuga de acero inoxidable Pedrollo AL-REDm620-4	7.2	350
4	Codo 90° PVC 2"	-	6.00
4	Codo 90° PVC 1 ½"	-	6.00
2	Tubo PVC 2" 3m	-	12.26
2	Tubo PVC 1 ½" 3 m	-	12.26
<b>Total</b>			<b>1196.52</b>

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

**Tabla 4-40:** Costos de mano de obra

Cantidad	Descripción	Días – Hombre	\$/Día	Valor total
2	Jornalero	4	25	200
1	Técnico Electrónico	2	30	60
<b>Subtotal</b>				260

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

El costo total directo, es la suma de cada uno de los ítems ya mencionados y se los puede resumir en la siguiente tabla.

**Tabla 4-41:** Costos directos

Descripción	Costo Bombas
Subtotal bombas	1196.52
Subtotal mano de obra	260.00
<b>Total, Costos Directos</b>	1416.52

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

#### b) Costos indirectos

Es un conjunto de valores que afectan al costo final de instalación, pero que no son considerados como costos directos, estos valores se deben considerar en el presupuesto inicial, dado que suman un valor importante en el costo final del producto a ser fabricado. Estos costos van desde el 10 al 15% del valor total del proyecto. Es importante también considerar el trabajo ingenieril que se realizó para la selección de las alternativas más óptimas.

**Tabla 4-42:** Costos indirectos

Descripción	%	Valor total
Investigación	5	70.83
Selección	5	70.83
Otros	5	70.83
<b>Total, costos indirectos</b>		212.49

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

#### c) Costos totales

Los costos totales no es más que un resumen de todos los gastos directos e indirectos que han sido considerados en el proceso de selección e instalación de las bombas tomando en cuenta que se desarrollan cuatro propuestas dos para cada tipo de bomba que cumple con los requerimientos del proyecto.

**Tabla 4-43:** Costos totales

Descripción	Valor total
Costos directos	1416.52
Costos indirectos	212.49
<b>Total, costo proyecto</b>	<b>1629.01</b>

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

#### 4.5. Señalética necesaria para el sistema de bombeo del área de hidromasajes y duchas del complejo turístico “Los Elenes” del cantón Guano

##### 4.5.1. Análisis de las condiciones de trabajo de acuerdo a la normativa

De acuerdo al Decreto Ejecutivo 2393, se realizó la lista de chequeo para determinar el cumplimiento de las condiciones de trabajo seguras, establecidas en la normativa

**Tabla 4-44:** Lista de chequeo de condiciones de trabajo

NORMATIVA	CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIÓN
<b>TÍTULO II. CONDICIONES GENERALES DE LOS CENTROS DE TRABAJO</b>			
<b>Capítulo II. EDIFICIOS Y LOCALES</b>			
Art. 21.- SEGURIDAD ESTRUCTURAL.	✓		
Art. 23.- SUELOS, TECHOS Y PAREDES.		X	El suelo es una superficie resbalosa constante, debido a la presencia de lodo y sedimentos del río aledaño
Art. 24.- PASILLOS.		X	El espacio disponible entre los operarios y las tuberías son menores a 1.5 m
Art. 26.- ESCALERAS FIJAS Y DESERVICIO.	✓		
Art. 30.- ABERTURAS EN EL PISO		X	No existe señalización ni barandillas que protejas a los operarios de una caída a diferente nivel.
Art. 33.- PUERTAS Y SALIDAS.		X	La puerta del cuarto de calefones esta atrancada y no se abre con facilidad.
Art. 34.- LIMPIEZA DE LOCALES.		X	Los cuartos se encuentran repletos de humedad y suciedad en las paredes y piso
<b>Capítulo III. SERVICIOS PERMANENTES</b>			
Art. 39.- ABASTECIMIENTO DE AGUA.	✓		
Art. 41.- SERVICIOS HIGIÉNICOS	✓		
Art. 42. EXCUSADOS Y URINARIOS.	✓		
Art. 44. LAVABOS.	✓		
Art. 46. SERVICIOS DE PRIMERSAUXILIOS	✓		

<b>Capítulo IV. MEDIO AMBIENTE Y RIESGOS LABORALES POR FACTORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS</b>			
Art. 53.- CONDICIONES GENERALES AMBIENTALES: VENTILACIÓN, TEMPERATURA Y HUMEDAD.	✓		
Art. 54.- CALOR.		X	La caldera emite calor al brindar servicio al sauna y turco
Art. 55.- RUIDOS Y VIBRACIONES	✓		
<b>TITULO III APARATOS, MAQUINAS Y HERRAMIENTAS</b>			
Art. 74.- SEPARACIÓN DE LAS MAQUINAS.	✓		
<b>Capítulo III ÓRGANOS DE MANDO</b>			
Art. 92.- MANTENIMIENTO		X	No se ha realizado este tipo de mantenimiento después del aluvión, por lo cual las máquinas se encuentran paradas.

**Realizado por:** Aulla, Marcia, 2023.

**Tabla 4-45:** Riesgos laborales en el cuarto de caldera

FACTOR DE RIESGO	#EXP	RIESGO	DESCRIPCIÓN IN SITU	DEFICIENCIA	EXPOSICIÓN	PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	NIVEL DE RIESGO	REFERENCIA LEGAL	MEDIDAS DE CONTROL	
RIESGO MECÁNICO	1	Caída de personas a distinto nivel	Las bombas de recirculación se encuentran en una excavación de 50 cm de profundidad	10	2	20	10	200	Corregir		Ver Gestión Preventiva
	1	Choque contra objetos inmóviles	El operario al ingresar al cuarto del caldero puede chocar con la tubería hidrosanitaria o con la caldera.	10	2	20	10	200	Corregir	Decreto Ejecutivo 2393. Art. 24, Inciso 2. Pasillos.	Ver Gestión Preventiva
	1	Contactos eléctricos directos	Cuando el operario ingresa al cuarto del caldero puede tener contacto con los cables que alimentan los motores de las bombas debido a que las ultimas instalaciones fueron improvisadas y las conexiones se encuentran sueltas en el piso del cuarto.	6	2	12	10	120	Corregir	Decreto Ejecutivo 2393. Art. 181. Protección de las extremidades superiores. Art. 182. Protección de las extremidades inferiores	Ver Gestión Preventiva
RIESGO FÍSICO	1	Exposición a altas temperaturas	El trabajador desarrolla sus actividades en el cuarto de caldero y las tuberías y recipientes están a temperaturas muy altas.	10	3	30	10	300	Corregir	NTP 524: Primeros auxilios: quemaduras	Ver Gestión Preventiva
RIESGO QUÍMICO	1	Exposición a químicos	El operario está expuesto a las emisiones de CO de la combustión de la caldera	10	3	30	25	750	Situación crítica	NTP 583: Evaluación de la exposición laboral a agentes químicos	Ver Gestión Preventiva

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

#### 4.5.2. Cuarto de calefones

**Tabla 4-46:** Riesgos laborales en el cuarto de calefones

EMPRESA/ENTIDAD		COMPLEJO TURÍSTICO "LOS ELENES"		Responsable del lugar							Ing. Paul Arias
PROCESO		OPERATIVO		Responsable de evaluación							Aulla Marcia
SUBPROCESO		DIRECCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS		Empresa responsable de evaluación							Complejo "Los Elenes"
PUESTO DE TRABAJO		OPERADOR DE CUARTO DE CALEFONES		Fecha de evaluación							26/07/2022
FACTOR DE RIESGO	#EXP	RIESGO	DESCRIPCIÓN IN SITU	DEFICIENCIA	EXPOSICIÓN	PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	NIVEL DE RIESGO		REFERENCIA LEGAL	MEDIDAS DE CONTROL
RIESGO MECÁNICO	1	Atrapamiento en instalaciones	La puerta de ingreso al cuarto de calefones esta obstruida por tierra que están en el lugar a partir de aluvión.	6	2	12	10	120	Mejorar si es posible	Decreto Ejecutivo 2393. Art. 33, Inciso 3. Puertas y Salidas.	Ver Gestión Preventiva
	1	Caída de personas al mismo nivel	La superficie del suelo es resbaladiza.	10	2	20	10	200	Corregir	Decreto Ejecutivo 2393. Art. 23, Inciso 1. Suelos, techos y paredes.	Ver Gestión Preventiva

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

#### 4.5.3. Gestión Preventiva

**Tabla 4-47:** Gestión preventiva

RIESGO	DESCRIPCIÓN IN SITU	MEDIDAS DE CONTROL
Caída de personas a distinto nivel	El trabajador al ingresar en el cuarto de caldera puede caer en la excavación donde se encuentran las bombas de recirculación.	Utilizar zapatos de suela antideslizante, en lo posible que cubran hasta los tobillos. Señalizar el agujero e instalar barandillas.
Choque contra objetos inmóviles	Existen objetos en los pasillos, que reducen el área de tránsito.	Reubicar los elementos del sistema de bombeo, de manera que la caldera sea colocada en otro lugar para prevenir riesgos.
Contactos eléctricos directos	Al ingresar al cuarto de calderas el trabajador puede tener contacto con instalaciones eléctricas expuestas que fueron improvisadas para ponerlas en funcionamiento después del aluvión	Instalar las protecciones eléctricas en los contactores. Y cableado. Señalizar el riesgo eléctrico presente en el lugar en el ingreso del cuarto.
Exposición a altas temperaturas	La caldera al funcionar tiene una temperatura de 60°C	Para ingresar al cuarto de caldero utilizar guantes contra riesgo térmico que deben cumplir con la norma 420+A1
Exposición a químicos	Al realizar la combustión la caldera emite CO en estado gaseoso y hollín en estado sólido.	Utilizar elementos de protección personal como mascarilla de media cara.
Atrapamiento en instalaciones	La puerta de ingreso al cuarto de calefones esta obstruida por tierra que están en el lugar a partir de aluvión.	Limpiar el cuarto y cimentar para que la puerta se abra y cierre con facilidad para evitar el riesgo en el trabajador.
Caída de personas al mismo nivel	El trabajador debe ingresar a los cuartos a encender y maniobrar los equipos y válvulas del sistema en cuartos con la presencia de lodo.	Utilizar zapatos con suelas antideslizantes. Colocar señalética de advertencia desuelo resbaladizo.

Realizado por: Aulla, Marcia, 2023.

#### 4.5.4. Equipo de protección personal (EPP)

Los EPP la última línea de defensa para proteger a los operarios expuestos a un riesgo y que son elementos mitigantes en caso de incidentes o accidentes por lo cual para trabajar en los cuartos se debe utilizar los siguientes elementos.

**Protección de cabeza.** - para ingresar a cualquier de los cuartos existe el riesgo de chocar con alguna tubería o máquina que está funcionando tanto en el cuarto de caldera como en el cuarto de calefones, por lo tanto, es necesario proteger la cabeza para que no existan ningún tipo de lesiones,



por lo cual para ingresar el operario deberá utilizar casco de visera o de topo que cumpla con la norma ANSI Z89.1

**Protección de manos.** - para ingresar a dar mantenimiento a alguna máquina, conexión o tubería presente en estos cuartos se deberán usar herramientas adecuadas, por ende, es necesario que los operarios utilicen guantes antideslizantes para realizar el trabajo para evitar lesiones que cumplan con la norma ANSI 105.

**Protección Visual.** - para dar mantenimiento a los equipos presentes en estos cuartos los operarios deberán usar gafas de protección con pantallas laterales que cumplan con la norma ANSI Z87.1 debido a que puede existir desprendimiento de partículas metálicas o minerales.

## CONCLUSIONES

- Se evaluó la situación actual de los sistemas de bombeo del área de hidromasajes y duchas en donde se evidenció que por el desastre natural como es el aluvión que sufrió el complejo turístico el sistema de bombeo más afectado fue el de la recirculación del hidromasaje y polar debido a que las bombas que se encuentran en el cuarto del caldero están colocadas a 75 cm bajo el nivel del piso y con la presencia del aluvión las bombas quedaron cubiertas de lodo imposibilitando que las bombas funcionen, así también fue afectado el sistema de alimentación para el hidromasaje y polar lo que dejó sin servicio a los turistas de estos atractivos con los que cuenta el parque acuático.
- Se realizó los planos hidráulicos del sistema de bombeo de las áreas de hidromasajes y duchas se realizaron en AutoCAD en donde se detalla los componentes hidráulicos que se encuentra en cada sistema de bombeo y las tuberías con sus respectivas medidas.
- Se establece los cálculos hidráulicos en donde se obtiene principalmente la columna total, altura útil o efectiva conocida como TDH, una vez calculado el TDH y el caudal que la bomba debe de mover se selecciona la bomba con la potencia adecuada con la ayuda de las tablas que cada fabricante incluye en los catálogos.
- Se realizó la propuesta de repotenciación en donde las bombas de recirculación del hidromasaje y polar se colocan a 20 centímetros desde el nivel del piso para evitar que sufran daños si se presenta un desastre natural el diseño en 3D del sistema se realizó en el software Inventor. Además, las bombas seleccionadas de acuerdo a los cálculos realizados corresponden a cuatro: Bomba Inoxpa Hyginox SE 28 para el sistema de alimentación de hidromasaje y polar, bomba sumergible de pozo Pedrollo 3SR 2/8 para el sistema de bombeo de duchas, bomba autocebante AstralPool dBa1 para la recirculación del polar y bomba Autocebante Espa SILENTPLUS 1/3 para la recirculación del hidromasaje
- Se diseñó la señalética necesaria para las áreas de los sistemas de bombeo de hidromasajes y duchas teniendo presente los estándares actuales de la norma NTE INEN-ISO 3864-1:2013.

## **RECOMENDACIONES**

- Es recomendable un levantamiento del archivo y fichas técnicas de diseño para facilitar el control, monitoreo y seguimiento de los sistemas de bombas y de sus modificaciones para su funcionamiento.
- Realizar la construcción de un muro de contención junto a la cisterna con el fin de prevenir desbordamiento del material respectivo.
- Diseñar y ejecutar una valorización de la cimentación del cuarto de calefones, así como de la cimentación de la caldera, para que pueda resistir las cargas y garantizar la ausencia de daños a corto o largo plazo.
- Colocar las bombas de recirculación a 20 centímetros desde el nivel del piso para evitar daños en el sistema de bombeo.
- Implementar la señalética que se realizó en el estudio y la señalética con la que ya cuenta actualizarla y mantener en buen estado de acuerdo a las normas vigentes.

## GLOSARIO

**Accesorio:** Utensilio que sirve como auxiliar para el funcionamiento de una máquina o para determinado trabajo (Real Academia Española, 2022: p 1).

**Acoplar:** Ajustar una pieza en el sitio correcto, para que se ajusten exactamente (Real Academia Española, 2022: p 1).

**Corrosión:** Es el deterioro de un material, lo cual convierte a un material refinado de forma natural en una forma más estable, como su estado de óxido, hidróxido o sulfuro (TWI, 2022: p 1).

**Esfuerzo:** Uso enérgico de la fuerza física ante alguna resistencia o impulso (Real Academia Española, 2022: p 1).

**Espesor:** Se denomina espesor a la cualidad o el estado de ser grueso, y constituye la menor de las tres dimensiones: longitud, anchura y grosor (Merriam-Webster ,2022: p 1).

**Hidráulico:** Relativo a la hidráulica, que corresponde a una rama de la física que se encarga de estudiar el movimiento y el equilibrio de los fluidos (Real Academia Española, 2022: p 1).

**Implementación:** Acto de hacer algo activo o efectivo, es decir, dar efecto práctico y asegurar el cumplimiento real con medidas concretas (Merriam-Webster ,2022: p 1).

**Normalización:** Es el proceso de hacer que algo se reduzca o ajuste a una norma o estándar (Merriam-Webster ,2022: p 1).

**Potencia:** Es la rapidez con la que se realiza un trabajo (Fernández, 2022: p.1).

**Resistencia:** Fuerza que se opone a la acción de otra fuerza (Real Academia Española, 2022: p 1).

**Sección:** Uno de varios componentes que pueden ser ensamblados o reensamblados (Merriam-Webster ,2022: p 1).

**Software:** Es el conjunto de programas, procedimientos y documentación que se asocia a un sistema electrónico o mecánico y especialmente a un sistema de informática (Merriam-Webster ,2022: p 1).

## BIBLIOGRAFÍA

**AQUA PAK**, *Bombas para hidromasaje Venus*. [en línea]. México: [Consulta: 8 mayo 2022]. Disponible en: [https://hidroshop.mx/folletos/manual\\_Venus.pdf](https://hidroshop.mx/folletos/manual_Venus.pdf)

**AULA21**, Qué es un Sistema Hidráulico y cómo funciona. *Curso Aula 21* [en línea]. [Consulta: 8 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-hidraulico/>.

**BLANCO, E., VELARDE, S. & FERNÁNDEZ, J.**, sistemas de bombeo. [en línea]. Gijón: [Consulta: 8 mayo 2022]. Disponible en: [https://agasca.net/wp-content/uploads/2018/08/PDF\\_SistemasdeBombeo2.pdf](https://agasca.net/wp-content/uploads/2018/08/PDF_SistemasdeBombeo2.pdf).

**CABALLERO, C. & ZAVALA, M.**, Diseño e implementación de una metodología para la evaluación de sistemas de bombeo en hospitales públicos nacionales. San Salvador: Universidad De El Salvador.

**CAJAL, A.**, Investigación de campo: características, diseño, técnicas, ejemplos. *lifeder* [en línea]. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/investigacion-de-campo/>.

**CAMACHO, D.**, Evaluación del sistema de bombeo de soluciones cianuradas del pad lq8 para la planta columnas de carbón en minera Yanacocha. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero mecánico. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.

**CAPITA, J.**, *Propuesta de rehabilitación de los sistemas hidráulicos de la piscina del Hotel Elguea* [en línea]. S.l.: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/8640/tesis%20wilson%20completo%20rev1.3-Full.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**CERPA, M.**, ¿Qué es caudal y presión? *Aleph* [en línea]. [Consulta: 9 agosto 2022]. Disponible en: <https://aleph.org.mx/que-es-caudal-y-presion>.

**CONGOPE**, Caja de Herramientas de apoyo a la gestión territorial del turismo Señalética turística en áreas rurales. [en línea]. Quito: [Consulta: 9 agosto 2022]. Disponible en:

<http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2014/08/Se%C3%B1al%C3%A9ticaTuristica-en-areas-rurales-17-07-2013.pdf>.

**CRUZ, E., VELÁSQUEZ, J. & BRIONES, A.,** Formas, Enfoques y Tipos de Investigación. [en línea]. Hidalgo: [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/icea/asignatura/turismo/2020/formas-tipos-investigacion.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/icea/asignatura/turismo/2020/formas-tipos-investigacion.pdf)

**CRUZ, H.,** Evaluación Y Mejoramiento Del Sistema De Bombeo De Agua En La Profundización De La Mina Santa Teresa [en línea]. Puno: Universidad Nacional Del Altiplano [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12219/Cruz\\_Casilla\\_Hamilton.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12219/Cruz_Casilla_Hamilton.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**DÍAZ, A.,** *Estadística aplicada a la administración y la economía* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 9 agosto 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books/about/Estad%C3%ADstica\\_aplicada\\_a\\_la\\_administraci.htm?id=A0i-DAEACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Estad%C3%ADstica_aplicada_a_la_administraci.htm?id=A0i-DAEACAAJ&redir_esc=y).

**DIRECCIÓN DE TURISMO GAD GUANO,** Complejo turístico Los Elenes. *Visita Guano* [en línea]. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en: <https://visitaguano.com/es-ec/chimborazo/guano/complejos-turisticos/complejo-turistico-elenes-ac7shf49o>.

**DOMÍNGUEZ, G.,** *Especificación de Sistemas de Bombeo*. México, D.F.: Instituto Politécnico Nacional.

**EBARA,** *Ebara tarifa - Catálogo 2022*. Ebara tarifa - Catálogo 2022. España 2022.

**EDDY PUMP,** ¿Qué es una curva de la bomba y cómo leer la curva característica de una bomba? *EDDY Pump* [en línea]. [Consulta: 9 agosto 2022]. Disponible en: <https://eddyump.com/es/educacion/que-es-una-curva-de-la-bomba-y-como-leer-la-curva-caracteristica-de-una-bomba/>.

**EL TELÉGRAFO,** Los Elenes es el nuevo parque acuático del cantón Guano. *El Telégrafo* [en línea]. [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en:

<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/los-elenes-es-el-nuevo-parque-acuatico-del-canton-guano>.

**FAO**, Costos de producción. *FAO* [en línea]. [Consulta: 9 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/v8490s/v8490s06.htm>.

**FERNÁNDEZ, J.**, Potencia. *Fiscalab* [en línea]. [Consulta: 8 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.fiscalab.com/apartado/potencia-fisica>.

**GALARZA, R.**, *Estudio De Factores Hidráulicos En Una Bomba De Ariete Y Su Efecto Sobre La Eficiencia*. Ambato: Universidad Técnica De Ambato.

**GONZÁLEZ, M. & MÉNDEZ, P.**, “*Estudio y reingeniería del sistema hidráulico de bombeo y filtraje de una piscina e incorporación de un sistema de temperado en base a bombas de calor y colectores solares*” [en línea]. Concepción: Universidad del Bío Bío. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/3309/1/Gonz%C3%A1lez%20Fuentes%20Misael%20Andr%C3%A9s.pdf>.

**GUALANCAÑAY, D. & JAGUACO, H.**, Diseño de un sistema de bombeo para almacenamiento de agua de riego en los sectores de chan chico y tiobamba de la parroquia eloy alfaro, cantón latacunga, provincia de Cotopaxi. Latacunga: Universidad Técnica De Cotopaxi.

**GUANO, V. & ROCHA, A.**, *Diseño de una máquina secadora vertical para maíz con una capacidad de 2000 kg* [en línea]. Quito: Escuela Politécnica Nacional. [Consulta: 26 julio 2022]. Disponible en: <https://1library.co/document/q7w7vooz-diseno-maquina-secadora-vertical-maiz-capacidad-kg.html>.

**GUIJARRO, P.**, *Estudio de factibilidad para la creación de la empresa pública parque acuático “los elenes” para el gad municipal del cantón guano de la provincia de Chimborazo*. Tesis De Grado. Riobamba: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

**GUZMÁN, J.**, Técnicas de Investigación de Campo. *Unidades de Apoyo para el Aprendizaje. CUAED/Facultad de Contaduría y Administración* [en línea]. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <https://uapa.cuaieed.unam.mx/sites/default/files/minisite/static/0fec888-6a3f-4b31-b704-a2d94e3eed72/U000308176506/index.html#introduccion>.

**HIDRAOIL**, La potencia hidráulica. *Hidráulica Hidraoil* [en línea]. [Consulta: 9 agosto 2022]. Disponible en: <https://hidraulicahidrooil.es/articulos/la-potencia-hidraulica/>.

**IDROBO, F.**, *Evaluación y diagnóstico de bombeo y depósitos de almacenamiento del sistema de agua potable de Loja* [en línea]. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/14926>.

**INSHT**, *NTP 330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente* [en línea]. 1993. España: s.n. [Consulta: 16 octubre 2022]. NIPO: 211-94-008-1. Disponible en: [https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp\\_330.pdf/e0ba3d17-b43d-4521-905d-863fc7cb800b](https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_330.pdf/e0ba3d17-b43d-4521-905d-863fc7cb800b).

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN INEN**, *NTE INEN-ISO 3864-1:2013. Símbolos, gráficos, colores de seguridad y señales de seguridad* [en línea]. 2013. Ecuador: s.n. [Consulta: 25 enero 2023]. NTE INEN-ISO 3864-1:2013. Disponible en: [https://gestionambiental.pastaza.gob.ec/biblioteca/legislacion-ambiental/calidad\\_ambiental/inen\\_iso\\_3864\\_1.pdf](https://gestionambiental.pastaza.gob.ec/biblioteca/legislacion-ambiental/calidad_ambiental/inen_iso_3864_1.pdf).

**INTERBENAVENTE**, Tipos y funciones de sistemas de bombeo. *Interbenavente* [en línea]. [Consulta: 8 mayo 2022]. Disponible en: <https://interbenavente.es/art/44641/tipos-y-funciones-de-sistemas-de-bombeo>.

**ITT/GOULDS PUMPS**, Section TECH-A Centrifugal Pump Fundamentals. [en línea]. S.I.: [Consulta: 9 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.rfmacdonald.com/documents/Goulds-Centrifugal%20Pump%20Fundamentals.pdf>.

**JIMÉNEZ, J., GARCÍA, V., LOZANO, D., et. al.** Manual de Apuntes de la Experiencia Educativa de Tuberías y Canales. [en línea]. México: [Consulta: 9 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Hidraulica-de-Tuberias-y-Canales.pdf>.

**LOPEZ, A.**, Plan de seguridad del agua (PSA) Legionella .Bañeras de hidromasaje. . Catalunya: **MERRIAM-WEBSTER**, Dictionary. *Merriam-Webster, Incorporated* [en línea]. [Consulta: 8 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.merriam-webster.com/>.



**MOTT, R.,** *Mecánica de fluidos*. 6. México: Pearson Educación.

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL,** Manual de optimización de sistemas de bombeo. [en línea]. Colombia: [Consulta: 8 mayo 2022]. Disponible en: [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Manual\\_sistemas\\_bombeo.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Manual_sistemas_bombeo.pdf).

**ORI,** Estudios descriptivos. *ORI The Office of Research Integrity* [en línea]. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: [https://ori.hhs.gov/education/products/sdsu/espanol/res\\_des1.htm](https://ori.hhs.gov/education/products/sdsu/espanol/res_des1.htm).

**PADILLA, M.C.,** *Formulación y evaluación de proyectos*. S.l.: Ecoe Ediciones.

**PLUMBERPARTS,** How Shower Pumps Work. *PlumberParts* [en línea]. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <https://www.plumberparts.co.uk/advice/bathroom/shower-pumps/how-shower-pumps-work>.

**PORTAL ELECTROMECAÁNICO,** Tipos de Bombas Hidráulicas. *Mantenimiento y Montajes* [en línea]. [Consulta: 8 agosto 2022]. Disponible en: [https://portalelectromecanico.com/CURSOS/MaquinasMecanicas/tipos\\_de\\_bombas\\_hidraulicas.html](https://portalelectromecanico.com/CURSOS/MaquinasMecanicas/tipos_de_bombas_hidraulicas.html).

**PUMPS BOMBAS,** Requisitos del sistema de bombeo. *Pumps Bombas* [en línea]. [Consulta: 8 mayo 2022]. Disponible en: <https://pumpsbombas.com/curso/curso-seleccion-de-bombas-centrifugas/leccion/requisitos-sistema-bombeo/>.

**REAL ACADEMIA ESPAÑOLA,** Diccionario de la lengua española. *Real Academia Española* [en línea]. [Consulta: 23 junio 2022]. Disponible en: <https://www.rae.es/>.

**ROMÁN, K.,** “Diseño del impulsor de una bombacentrífuga de la estación de bombeo “Lasota” en la ciudad de Catamayo [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Loja. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/16464/1/Roman%20Balcazar%2C%20Kevin%20Javier.pdf>.

**SERRETECNO,** Como seleccionar la bomba adecuada. *Serretecno* [en línea]. [Consulta: 9 agosto 2022]. Disponible en: <https://serretecno.com/como-seleccionar-la-bomba-adecuada/>.

**SERVICIO NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y EMERGENCIAS**, Informe de Situación No. 01– Aluvión Chimborazo – Ciudad de Guano. [en línea]. S.l.: [Consulta: 26 abril 2022]. Disponible en: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/informes-de-situacion-aluvion-chimborazo-ciudad-de-guano-desde-el-11-de-diciembre-de-2021/>.

**TANDALLA, B.**, Evaluación, diagnóstico y rediseño del sistema de agua segura para el barrio santa rosa de pichul, parroquia eloy alfaro, cantón Latacunga, *Provincia DE Cotopaxi* [en línea]. Quito: Universidad Central Del Ecuador. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/392/1/T-UCE-0011-18.pdf>.

**TERÁN, M.**, Evaluación, diagnóstico y propuesta para la optimización del sistema de abastecimiento de agua potable del sector guaremal. Municipio guaicaipuro-estado miranda [en línea]. Caracas: Universidad Central de Venezuela. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/19300/1/TESIS%20FINAL.pdf>.

**TWI**, What is Corrosion? - Definition and Prevention .*TWI* [en línea]. [Consulta: 8 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-corrosion>.

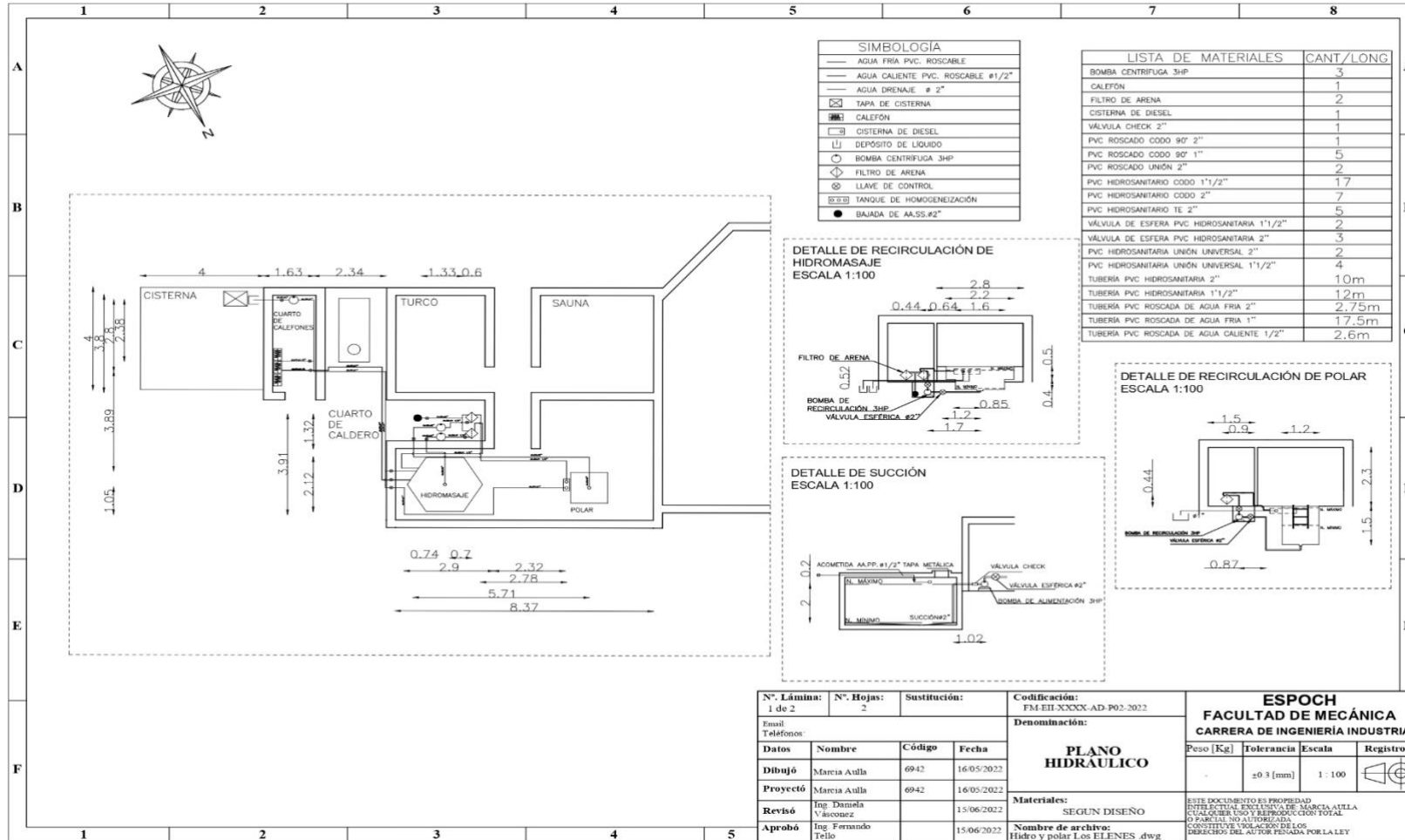
**UNIR**, NTP 330, metodología de evaluación de riesgos de accidente. *UNIR REVISTA* [en línea], [Consulta: 16 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.unir.net/ingenieria/revista/ntp-330/>.

**UNIVERSIDAD DE GRANADA**, Cálculo de Bombas y Tuberías. *Diseño del Sistema de Tuberías y Cálculo de las Bombas en la sección [Documentos]* [en línea]. [Consulta: 9 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.ugr.es/~aulavirtualpfcicq/Bbombasytuberias.html>.

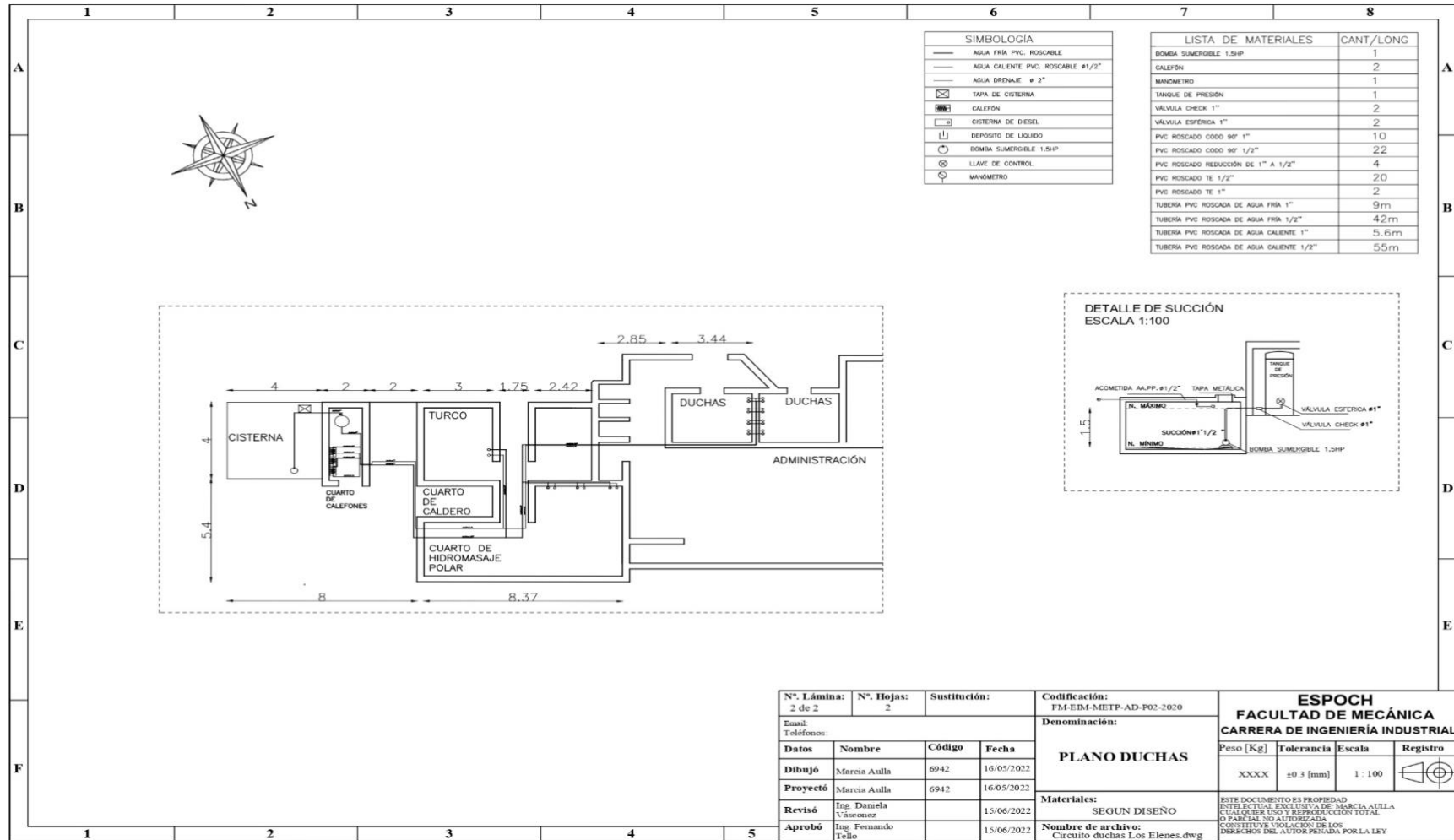
**UNIVERSIDAD ECOTEC**, Depreciación y amortización de activos depreciación por el método lineal. [en línea]. Guayas: [Consulta: 9 agosto 2022]. Disponible en: [https://www.ecotec.edu.ec/material/material\\_2020A2\\_CON120\\_01\\_136254.pdf](https://www.ecotec.edu.ec/material/material_2020A2_CON120_01_136254.pdf).

# ANEXOS

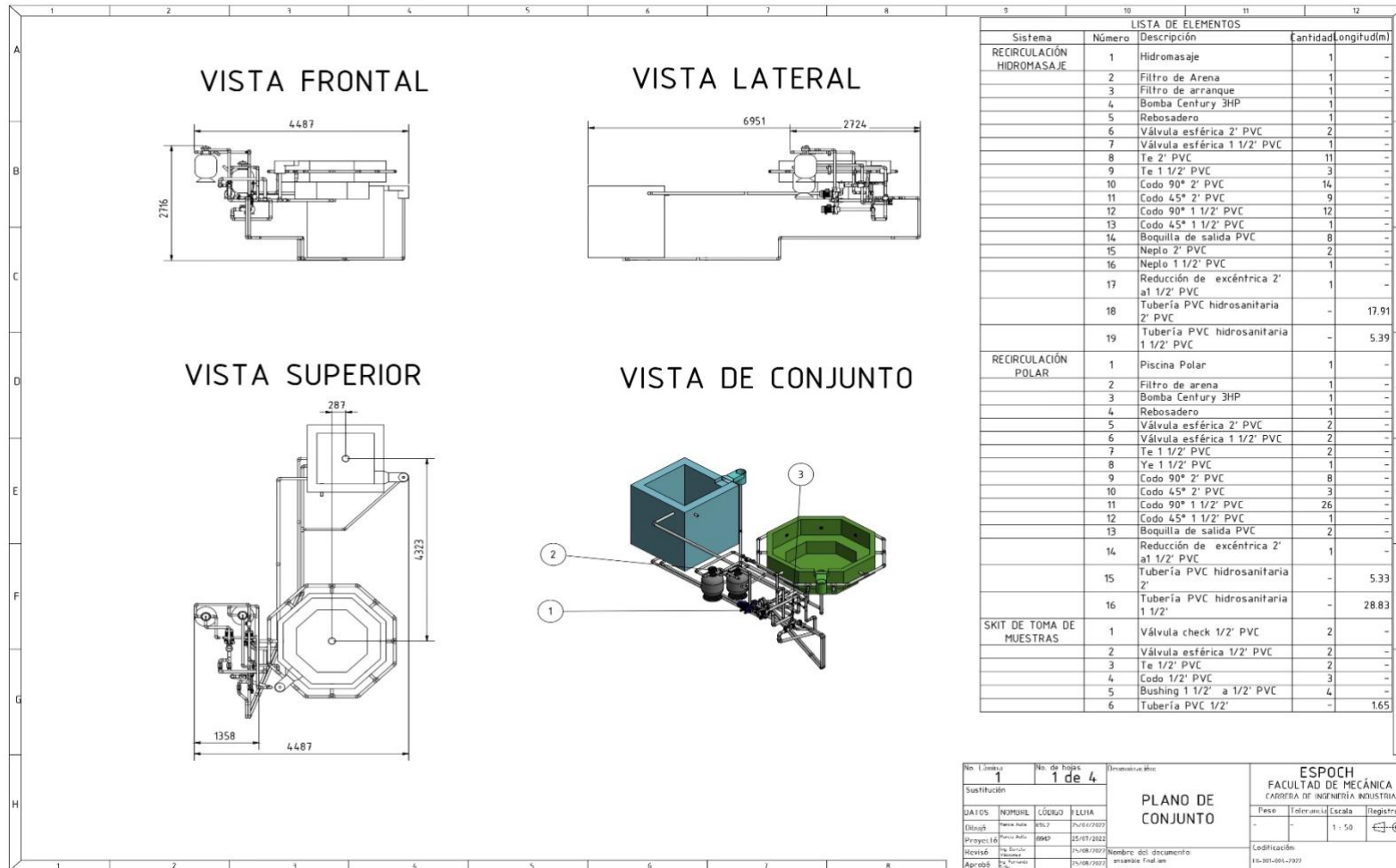
## ANEXO A.: PLANO DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL ÁREA DE HIDROMASAJE



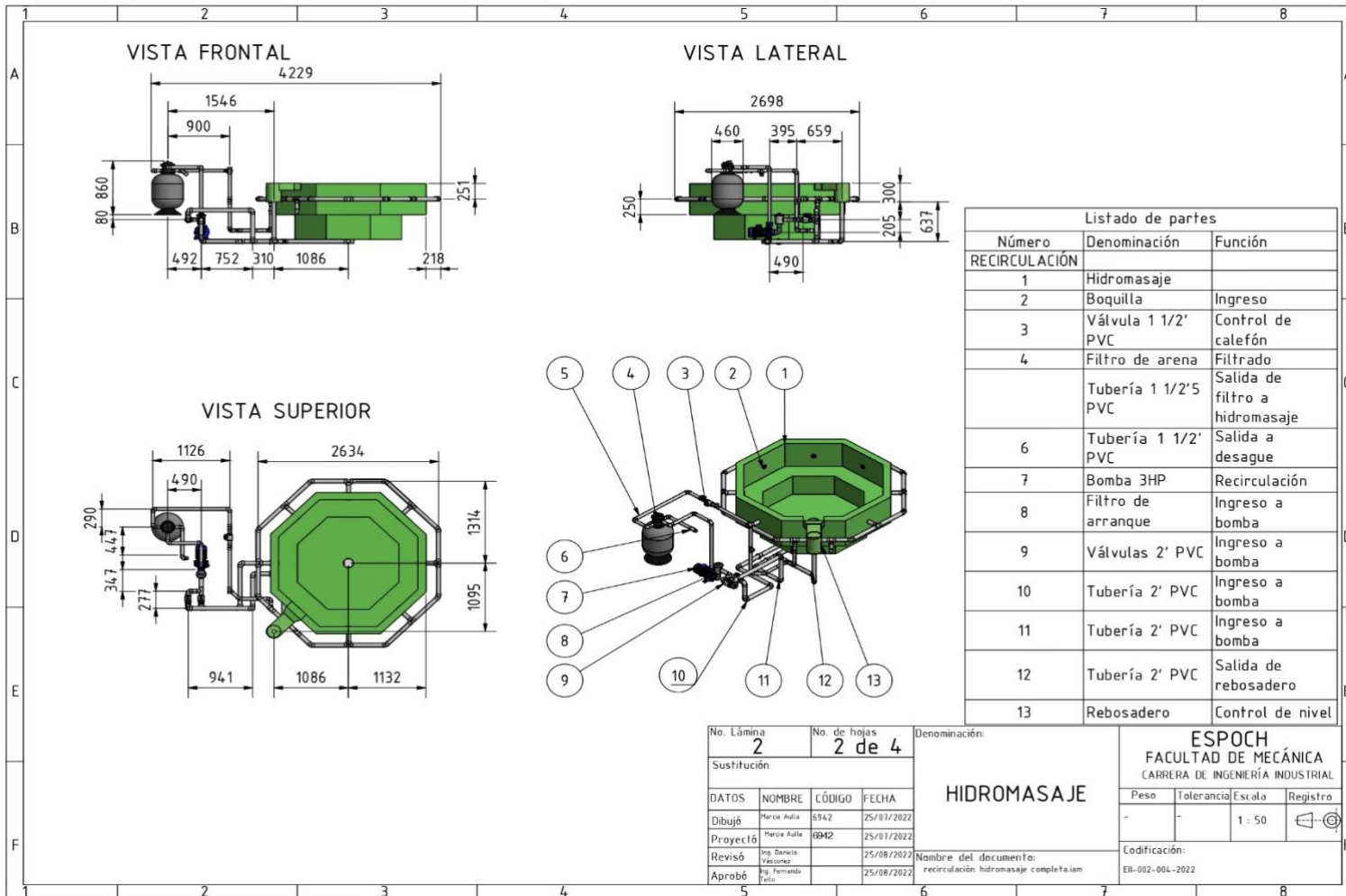
## ANEXO B. PLANO DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL ÁREA DE DUCHAS



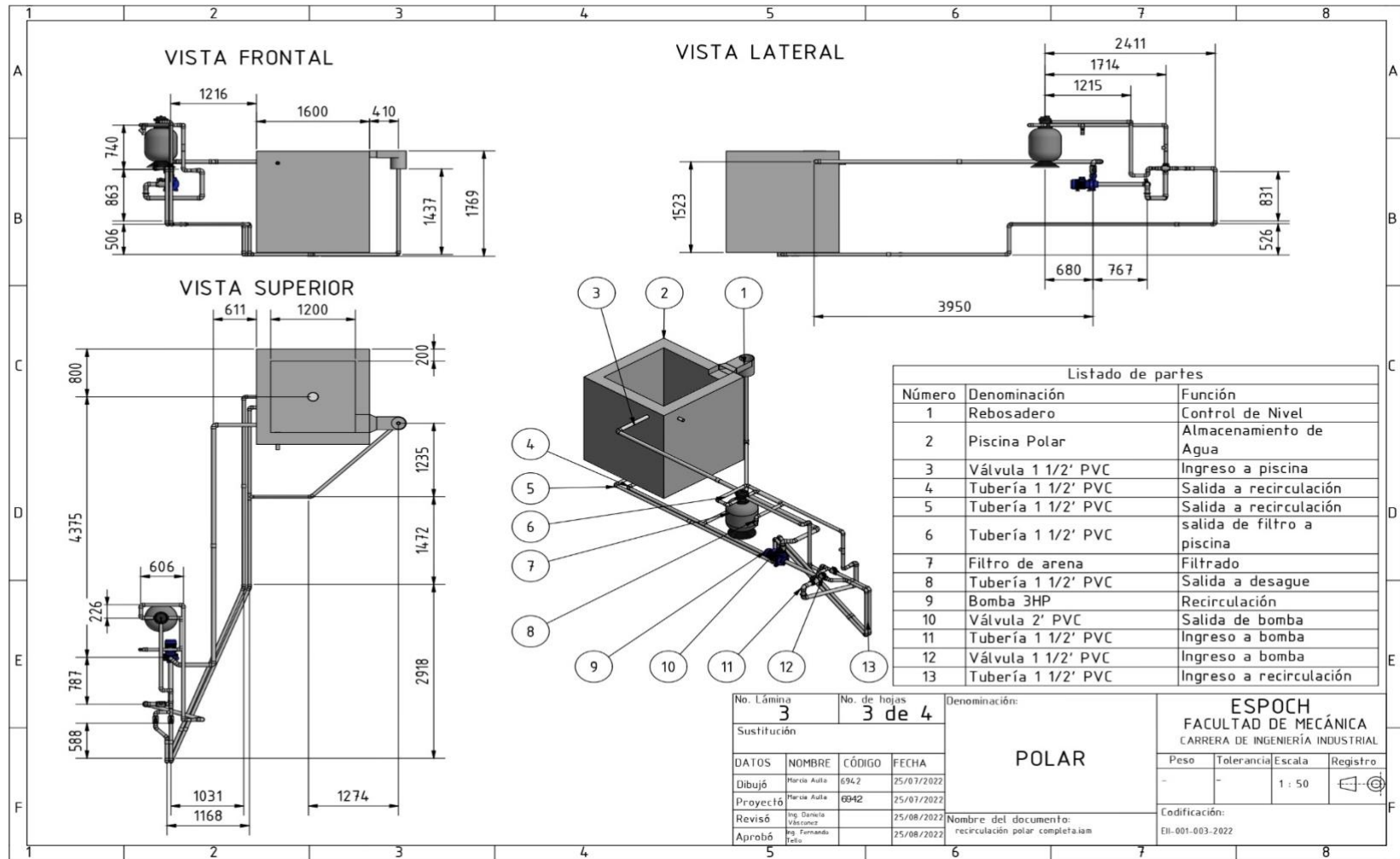
## ANEXO C: PLANO GENERAL DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DEL HIDROMASAJE Y POLAR EN 3D



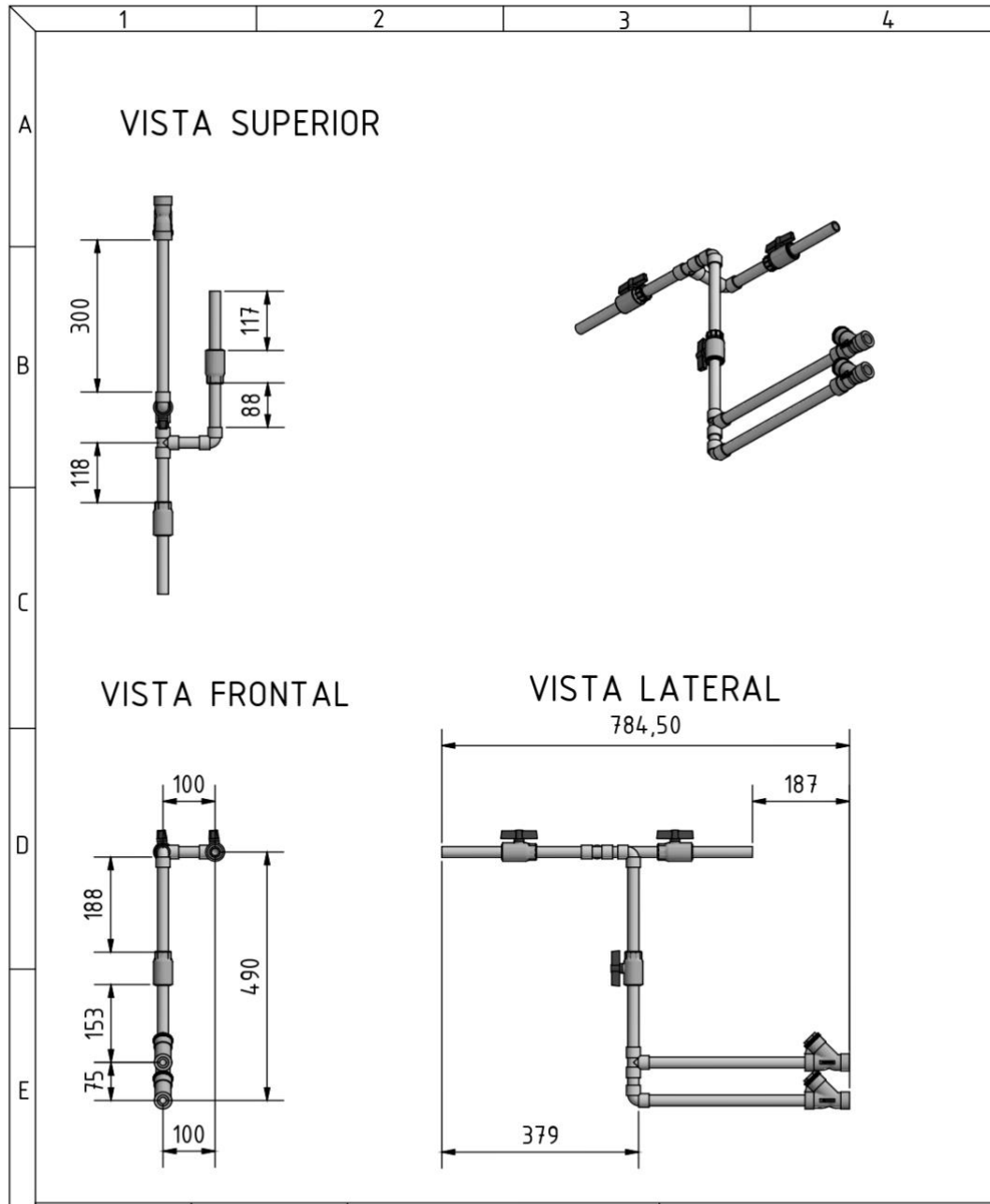
## ANEXO D: PLANO DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE HIDROMASAJE EN 3D



## ANEXO E: PLANO DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE POLAR EN 3D



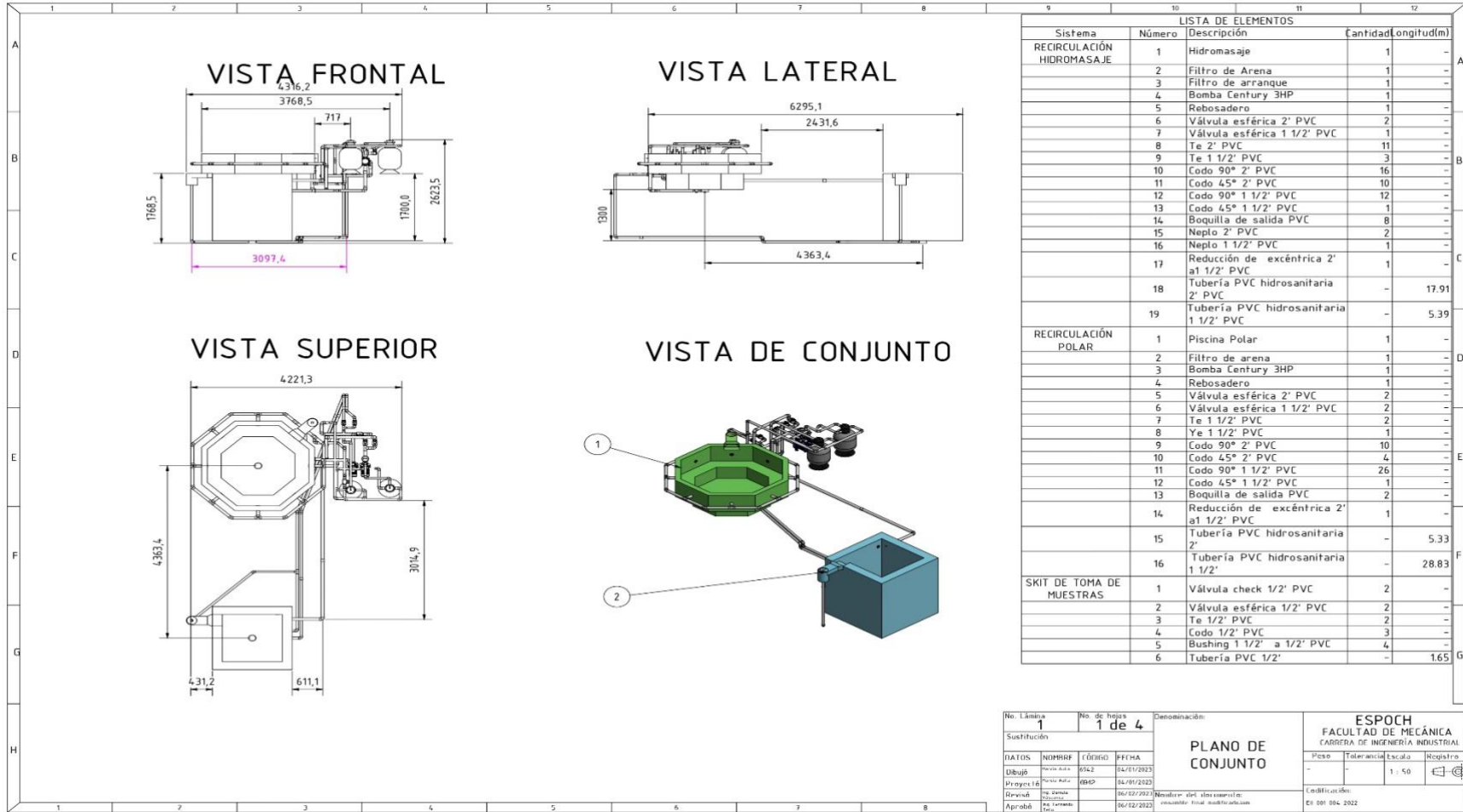
**ANEXO F: PLANO DEL SKIT DE MUESTREO**



No. Lámina <b>4</b>		No. de hojas <b>4 de 4</b>		Denominación:								
Sustitución				<b>SKIT DE MUESTREO</b>								
ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL												
DATOS		NOMBRE	CÓDIGO					FECHA	Peso	Tolerancia	Escala	Registro
Dibujó		Marcia Aulla	6942					04/01/2023	-	-	1 : 10	
Proyectó		Marcia Aulla	6942					04/01/2023	Codificación:			
Revisó		Ing. Daniela Vázquez		06/02/2023	EII-004-004-2022							
Aprobó		Ing. Fernando Tello		06/02/2023	Nombre del documento: kit de toma de muestras.iam							



# ANEXO G: PLANO DE CONJUNTO MODIFICADO



No. Lámina	1	No. de hojas	1 de 4	Denominación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL							
Sustitución												
<b>PLANO DE CONJUNTO</b>					Piso	Tolerancia	Escala	Registro				
					-	-	1 : 50					
					Datos	NOMBRE	CÓDIGO	FECHA				
					Dibujó	652	04/01/2023					
					Proyectó	0840	04/01/2023					
Revisó	06/02/2023	Revisó	06/02/2023									
Aprobó	06/02/2023	Aprobó	06/02/2023									
					Coordenado							
					Elaborado							
					Revisado							
					Aprobado							
					ESPOCH							
					08 001 004 2022							

# ANEXO H: HIDROMASAJE MODIFICADO

**VISTA FRONTAL**

**VISTA LATERAL**

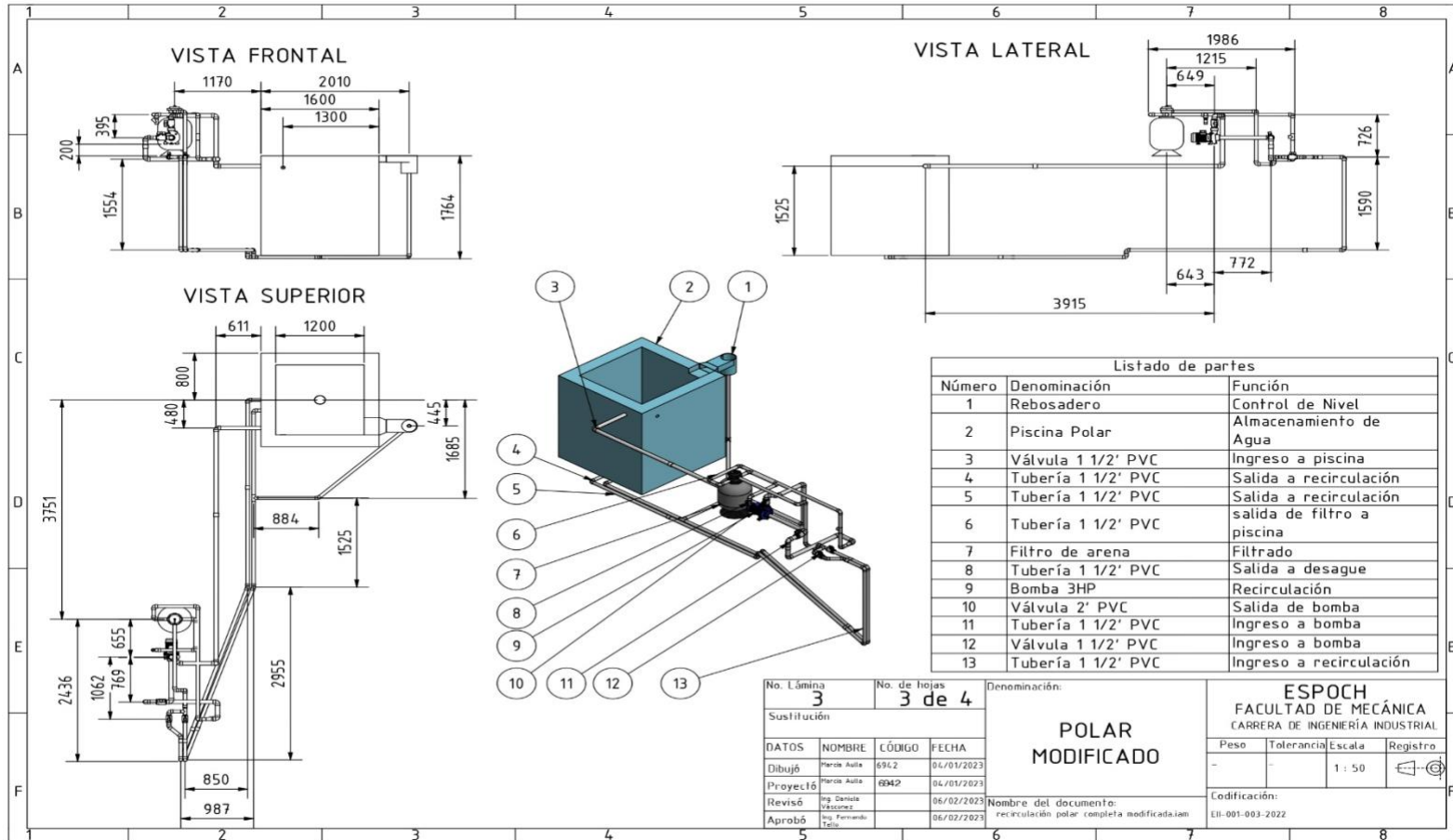
**Listado de partes**

Número	Denominación	Función
<b>RECIRCULACIÓN</b>		
1	Hidromasaje	
2	Boquilla	Ingreso
3	Válvula 1 1/2' PVC	Control de calefón
4	Filtro de arena	Filtrado
5	Tubería 1 1/2' PVC	Salida de filtro a hidromasaje
6	Tubería 1 1/2' PVC	Salida a desague
7	Bomba 3HP	Recirculación
8	Filtro de arranque	Ingreso a bomba
9	Válvulas 2' PVC	Ingreso a bomba
10	Tubería 2' PVC	Ingreso a bomba
11	Tubería 2' PVC	Ingreso a bomba
12	Tubería 2' PVC	Salida de rebosadero
13	Rebosadero	Control de nivel

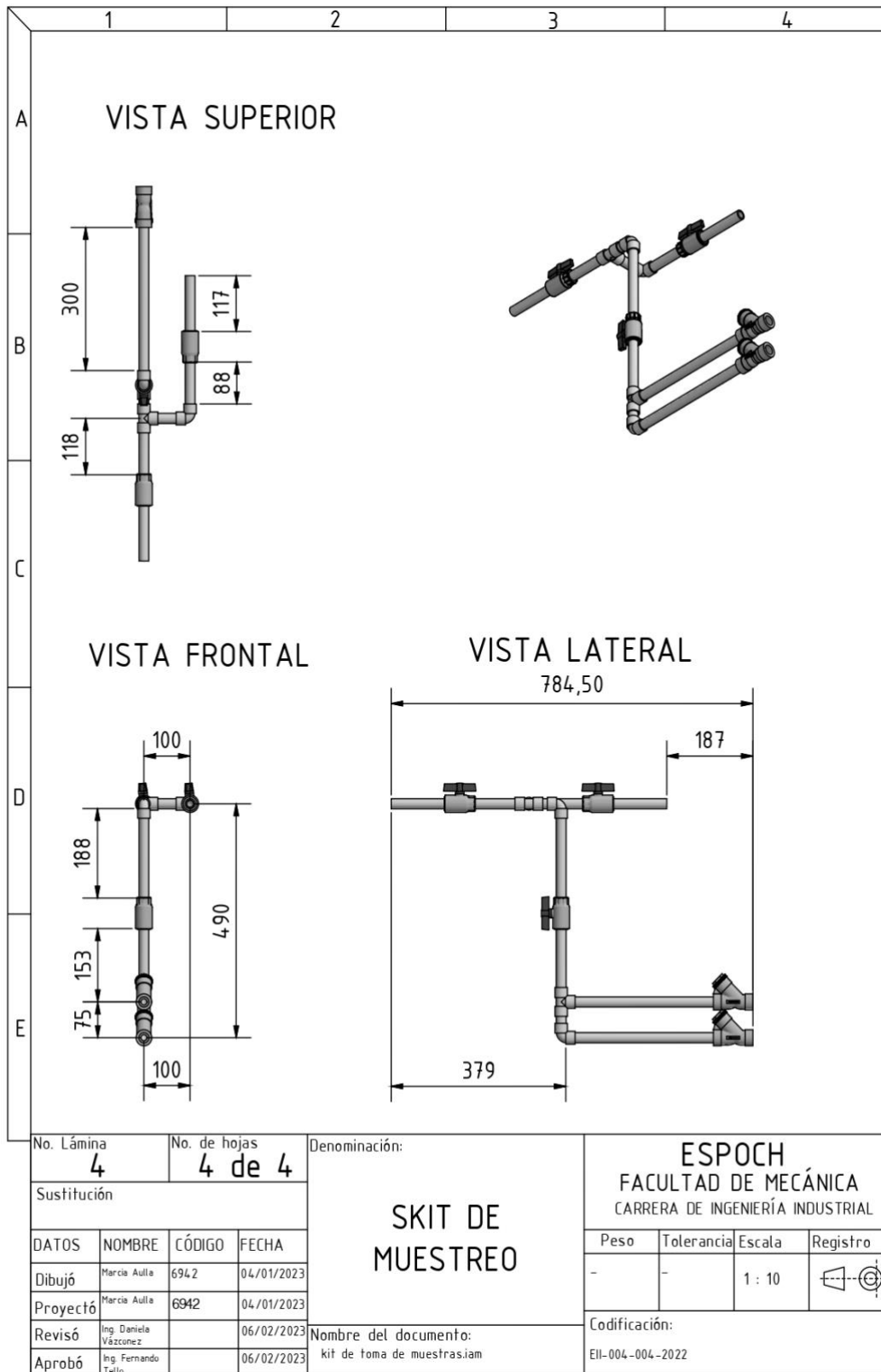
**VISTA SUPERIOR**

No. Lámina	2	No. de hojas	2 de 4	Denominación:	<b>HIDROMASAJE MODIFICADO</b>	<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL			
Sustitución						Peso	Tolerancia	Escala	Registro
DATOS	NOMBRE	CÓDIGO	FECHA	Nombre del documento: recirculacion hidromasaje completa modificada.iam		Codificación: EII-002-004-2022			
Dibujó	Marcia Aulla	6942	04/01/2023						
Proyectó	Marcia Aulla	GM12	04/01/2023						
Revisó	Ing. Denise Vissonez		06/02/2023						
Aprobó	Ing. Fernando Zulu		06/02/2023						

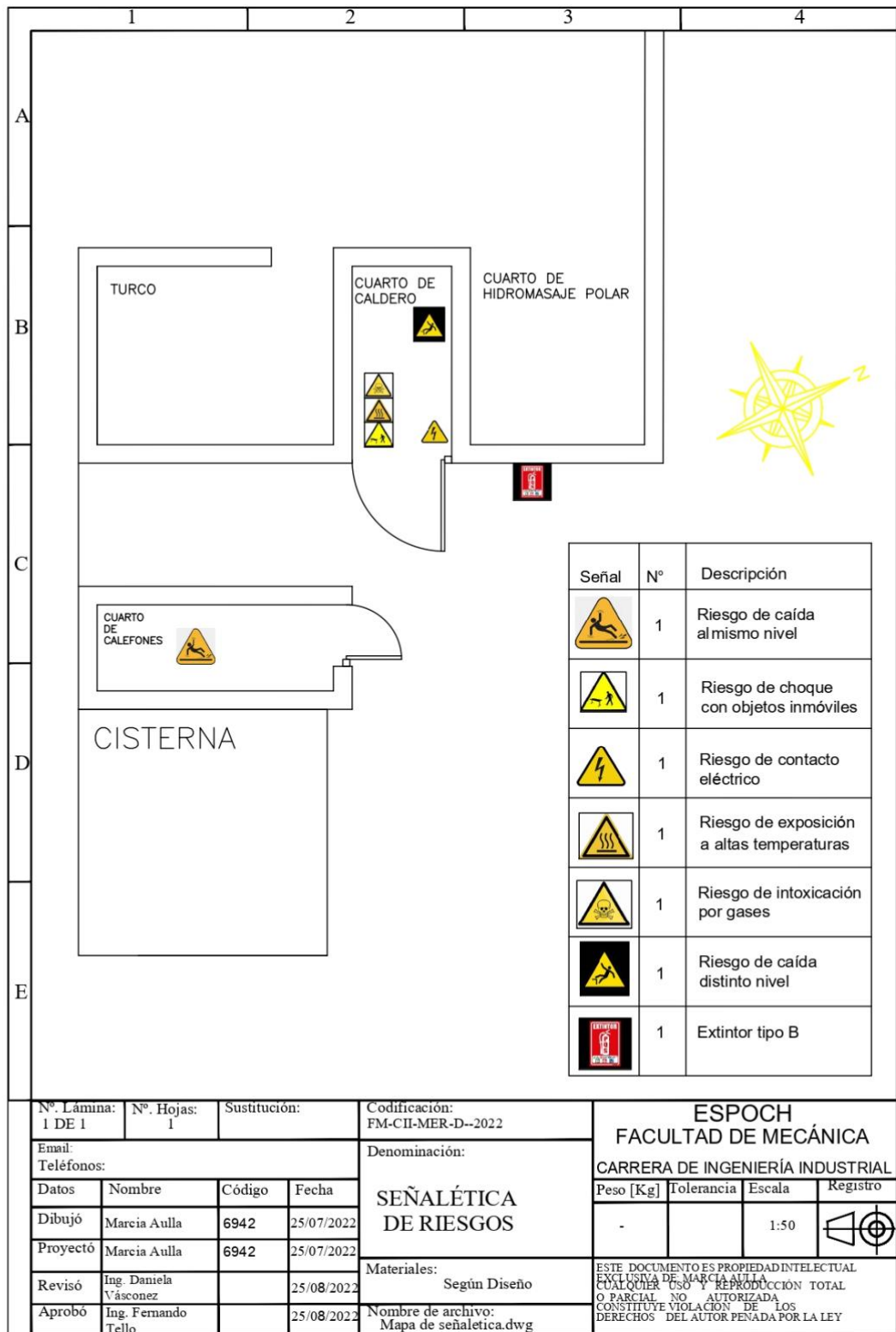
# ANEXO I: POLAR MODIFICADO



**ANEXO J: SKIT DE MUESTREO MODIFICADO**



## ANEXO K: PLANO DE DISEÑO DE SEÑALÉTICA



N°. Lámina: 1 DE 1	N°. Hojas: 1	Sustitución:	Codificación: FM-CII-MER-D--2022
Email:		Denominación:	
Teléfonos:		SEÑALÉTICA DE RIESGOS	
Datos	Nombre	Código	Fecha
Dibujó	Marcia Aulla	6942	25/07/2022
Proyectó	Marcia Aulla	6942	25/07/2022
Revisó	Ing. Daniela Vásquez		25/08/2022
Aprobó	Ing. Fernando Tello		25/08/2022

Materiales: Según Diseño		Nombre de archivo: Mapa de señalética.dwg	
-----------------------------	--	--	--

**ESPOCH**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
-		1:50	

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE MARCIA AULLA. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, NO AUTORIZADA, CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY

**ANEXO L: FOTOGRAFÍAS DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL ÁREA DE HIDROMASAJE Y DUCHAS**









**ANEXO M: CUESTIONARIO DE CHEQUEO CUARTO DE CALDERO**

Caída a diferente nivel					
<b>Centro de trabajo</b>	Complejo turístico Los Elenes	<b>Fecha</b>		2022/07/26	
<b>Puesto de trabajo</b>	Cuarto de Caldero	<b>Técnico</b>		NN	
Factores de riesgo		NP	SI	NO	NDp
1.	El suelo es regular, uniforme y se encuentra en buen estado			X	6
2.	Las aberturas en el lugar están señalizadas			X	6
3.	La puerta está en buen estado			X	-
4.	Existe espacio suficiente para moverse junto a las aberturas en el suelo		X		10
5.	Hay tránsito de personas en el lugar			X	2
6.	El nivel de iluminación es suficiente		X		2
7.	Las zonas de paso están delimitadas		X		6
8.	Otras deficiencias (Especificar)				
<b>Observaciones:</b>					

<b>NIVEL DE DEFICIENCIA: ND</b>	<b>NDT = 10</b>
<b>NIVEL DE EXPOSICIÓN: NE</b>	<b>NE = 2</b>
<b>NIVEL DE CONSECUENCIAS: NC</b>	<b>NC = 10</b>
<b>NIVEL DE RIESGO: NR = ND x NC x NE</b>	<b>NR = 200</b>

Choque contra objetos inmóviles					
<b>Centro de trabajo</b>	Complejo turístico Los Elenes	<b>Fecha</b>		2022/07/26	
<b>Puesto de trabajo</b>	Cuarto de Caldero	<b>Técnico</b>		NN	
Factores de riesgo		NP	SI	NO	NDp
1.	El suelo es regular, uniforme y se encuentra en buen estado			X	6
2.	Las zonas de máquinas están delimitadas			X	6
3.	Existe suficiente espacio para moverse.		X		10
4.	las instalaciones tienen en cuenta factores ergonómicos.			X	2
5.	Hay tránsito de personas en el lugar			X	2
6.	El nivel de iluminación es suficiente		X		2
7.	Las zonas de tránsito están delimitadas		X		6
8.	Otras deficiencias (Especificar)				
<b>Observaciones:</b>					

<b>NIVEL DE DEFICIENCIA: ND</b>	<b>ND = 10</b>
<b>NIVEL DE EXPOSICIÓN: NE</b>	<b>NE = 2</b>

<b>NIVEL DE CONSECUENCIAS: NC</b>	<b>NC = 10</b>
<b>NIVEL DE RIESGO: NR = ND x NC x NE</b>	<b>NR =200</b>

Contacto eléctrico					
Centro de trabajo	Complejo turístico Los Elenes	Fecha		2022/07/26	
Puesto de trabajo	Cuarto de Caldero	Técnico		NN	
Factores de riesgo		NP	SI	NO	NDp
1.	Los equipos eléctricos son adecuados para las características de la instalación y del lugar de trabajo.		X		6
2.	Los equipos eléctricos utilizados cuentan con el marcado CE o están adaptados a los requisitos del Anexo Iap.1 del Reglamento de Equipos de Trabajo (RD 1215/1997)			X	2
3.	Los trabajos con riesgo eléctrico no se realizan en tensión cuando pueden realizarse sin ella.		X		6
4.	En los trabajos sin tensión, la supresión de la tensión y la reposición de la misma se hace por trabajadores autorizado, siguiendo los procesos descritos en el anexo II del RD 614/2001		X		10
5.	Los trabajos en tensión se realizan solo por trabajadores cualificados, siguiendo un procedimiento de trabajo escrito y adecuado.		X		10
6.	Los equipos y materiales usados para los trabajos en tensión son especialmente concebidos para ello y se utilizan, mantienen y revisan siguiendo las instrucciones del fabricante.		X		6
7.	Durante los trabajos en tensión, se realiza y delimita la zona de trabajo cuando existe la posibilidad de que penetren en ella otros trabajadores.			X	2
8.	Otras deficiencias (Especificar)				
<b>Observaciones:</b>					

	Caldera	Recirculación de hidromasaje	Recirculación de polar
<b>Encendido de bomba de combustible</b>	5 min	0 min	0 min
<b>Encendido de recirculación de hidromasaje</b>	0 min	5 min	0 min

<b>Encendido de recirculación de polar</b>	0 min	0 min	5 min
<b>Control de válvulas de los sistemas</b>	10 min	20 min	20 min
<b>Total</b>	15 min	25 min	25 min
<b>Número de veces al día</b>	<b>Horas a la semana</b>	<b>Horas al mes</b>	
2	10.5 h	43.2 h	

<b>NIVEL DE DEFICIENCIA: ND</b>	<b>NDT = 6</b>
<b>NIVEL DE EXPOSICIÓN: NE</b>	<b>NE = 2</b>
<b>NIVEL DE CONSECUENCIAS: NC</b>	<b>NC = 10</b>
<b>NIVEL DE RIESGO: NR = ND x NC x NE</b>	<b>NR = 120</b>

**ANEXO N: CUESTIONARIO DE CHEQUEO CUARTO DE CALEFONES**

Caída al mismo nivel					
Centro de trabajo	Complejo turístico Los Elenes	Fecha		2022/07/26	
Puesto de trabajo	Cuarto de Calefones	Técnico		NN	
Factores de riesgo		NP	SI	NO	NDp
1.	El suelo es regular, uniforme y se encuentra en buen estado			X	6
2.	Los accesos no están obstruidos			X	6
3.	La puerta está en buen estado		X		10
4.	Es posible abrir la puerta desde adentro como afuera		X		10
5.	Hay tránsito de personas en el lugar			X	2
6.	El nivel de iluminación es suficiente		X		2
7.	Las zonas de paso están delimitadas			X	6
8.	Otras deficiencias (Especificar)				
OBSERVACIONES:					

<b>NIVEL DE DEFICIENCIA: ND</b>	<b>ND = 10</b>
<b>NIVEL DE EXPOSICIÓN: NE</b>	<b>NE = 2</b>
<b>NIVEL DE CONSECUENCIAS: NC</b>	<b>NC = 10</b>
<b>NIVEL DE RIESGO: NR = ND x NC x NE</b>	<b>NR =200</b>

Atrapamiento en las instalaciones					
Centro de trabajo	Complejo turístico Los Elenes	Fecha		2022/07/26	
Puesto de trabajo	Cuarto de Calefones	Técnico		NN	
Factores de riesgo		NP	SI	NO	NDp
1.	El suelo es regular, uniforme y se encuentra en buen estado			X	6
2.	Los desniveles se corrigen con rampas con inclinaciones menores a 10°			X	6
3.	Existen hábitos físicos de ubicación de materiales que no obstaculizan el paso		X		10
4.	Las aberturas en el suelo y pasos elevados se encuentran protegidos			X	2
5.	El piso se mantiene limpio exento de sustancias resbaladizas			X	2
6.	El nivel de iluminación es suficiente		X		2
7.	Las zonas de paso están delimitadas			X	6
8.	Otras deficiencias (Especificar)				
OBSERVACIONES:					

<b>NIVEL DE DEFICIENCIA: ND</b>	<b>NDT = 10</b>
<b>NIVEL DE EXPOSICIÓN: NE</b>	<b>NE = 2</b>
<b>NIVEL DE CONSECUENCIAS: NC</b>	<b>NC = 10</b>
<b>NIVEL DE RIESGO: NR = ND x NC x NE</b>	<b>NR =200</b>

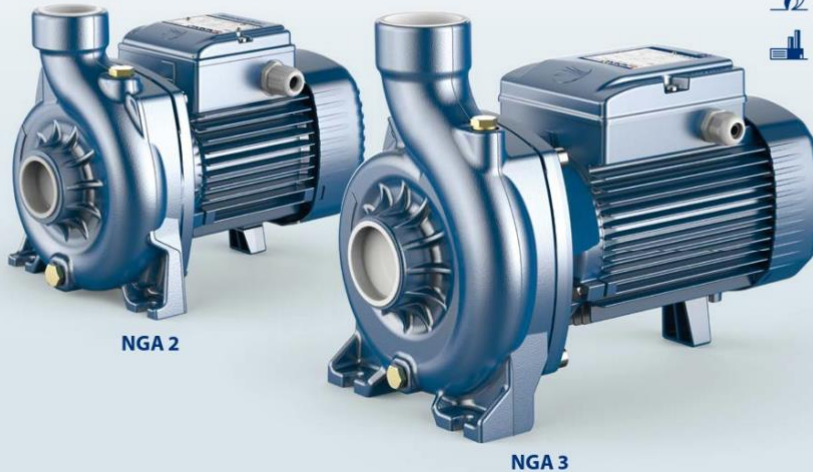
## ANEXO O: BOMBA CENTRÍFUGA NGA PEDROLLO

# NGA

### Electrobombas centrífugas con rodete abierto

CON CUERPO BOMBA DE HIERRO FUNDIDO

-  Agua limpia
-  Utilizo doméstico
-  Utilizo civil
-  Utilizo agrícola
-  Utilizo industrial



#### CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **850 l/min** (51 m<sup>3</sup>/h)
- Altura manométrica hasta **20.5 m**

#### LÍMITES DE UTILIZO

- Altura de aspiración manométrica hasta **7 m**
- Temperatura del líquido de **-10 °C** hasta **+90 °C**
- Temperatura ambiente de **-10 °C** hasta **+40 °C**
- Presión máxima en el cuerpo de la bomba:
  - **6 bar** para NGA1 e NGA2
  - **10 bar** para NGA3
- Pasaje de cuerpos sólidos en suspensión hasta:
  - **Ø 12 mm** para NGA1 e NGA2
  - **Ø 20 mm** para NGA3
- Funcionamiento continuo **S1**

#### EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

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

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



REGLAMENTO (UE) N. 547/2012

#### CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión certificado DNV  
ISO 9001: CALIDAD

#### UTILIZOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para bombear agua y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba. La característica de construcción del rodete abierto permite el bombeo de **líquidos relativamente cargados de impurezas** sin el riesgo del bloqueo del rodete.

Los **NGA** son especialmente adecuados para el bombeo de líquidos que no están completamente limpios, garantizando el paso útil de piezas sólidas de hasta 20 mm, y por tanto aplicaciones como el traslado de aguas de canales, lagos, tanques, cisternas, etc... La instalación se debe realizar en lugares cerrados, bien aireados y protegidos de la intemperie.

#### EJECUCION BAJO PEDIDO

- Sello mecánico especial
- Cuerpo bomba con bocas roscadas NPT ANSI B 1.20.1
- Bajo pedido hasta **110 °C**
- Protección **IP X5** para **NGA 3**
- Otros voltajes
- Suministro de bridas ISO 228/1 en acero inoxidable AISI 316 para bocas de aspiración e impulsión

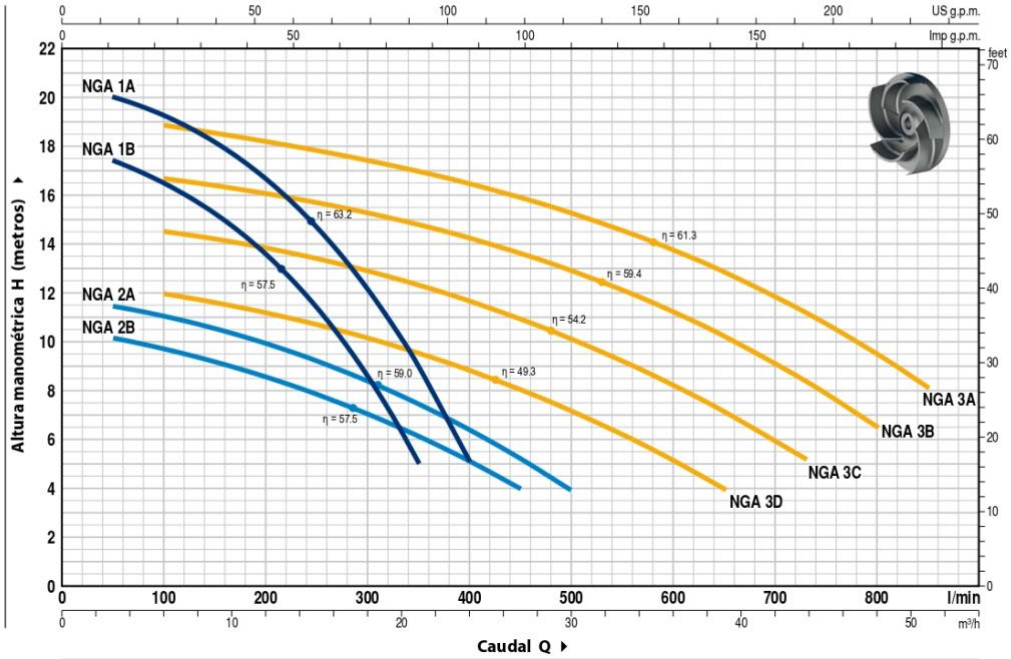


#### GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

**CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES**

60 Hz n = 3450 min<sup>-1</sup> HS = 0 m



MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )			Q										
Monofásica	Trifásica	kW	HP	▲		m <sup>3</sup> /h	0	3	6	9	12	15	18	21	24
NGAm 1B	NGA 1B	0.55	0.75	IE3	l/min	0	50	100	150	200	250	300	350	400	
NGAm 1A	NGA 1A	0.75	1		H metros	18	17.4	16.4	15.2	13.5	11.3	8.7	5		
						20.5	20	19.3	18.1	16.6	14.7	12.1	9	5	

MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )			Q															
Monofásica	Trifásica	kW	HP	▲		m <sup>3</sup> /h	0	3	6	12	18	24	27	30	39	43,8	48	51		
NGAm 2B	NGA 2B	0.55	0.75	IE3	H metros	10.5	10.1	9.6	8.5	7	5.1	4								
NGAm 2A	NGA 2A	0.75	1			11.8	11.4	11	9.9	8.4	6.4	5.2	4							
NGAm 3D	NGA 3D	1.1	1.5			12.5	-	12	11.2	10.1	8.8	8	7.1	4						
NGAm 3C	NGA 3C	1.5	2			15	-	14.5	13.8	12.8	11.6	10.9	10.1	7.1	5.2					
NGAm 3B	NGA 3B	1.8	2.5			17.2	-	16.7	16	15.2	14.2	13.6	12.9	10.2	8.4	6.5				
NGAm 3A	NGA 3A	2.2	3			19.5	-	18.8	18.1	17.4	16.4	15.8	15.2	12.8	11.1	9.4	8			

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

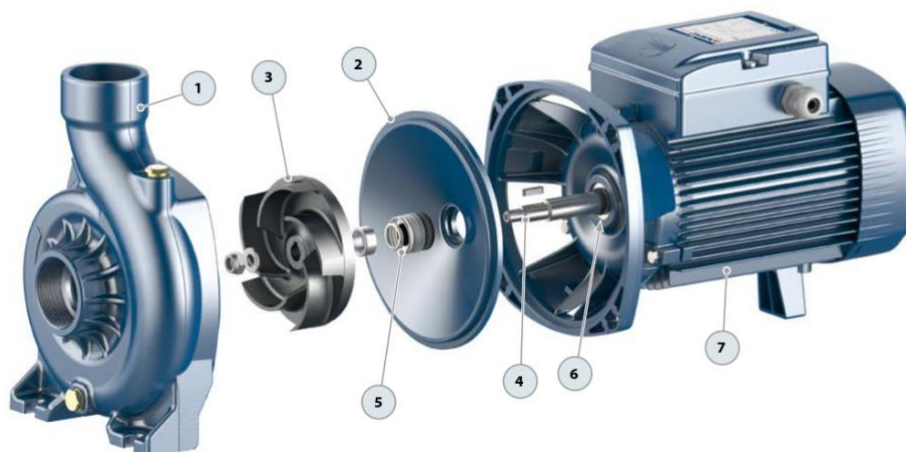
Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO 9906 Grado 3B.

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

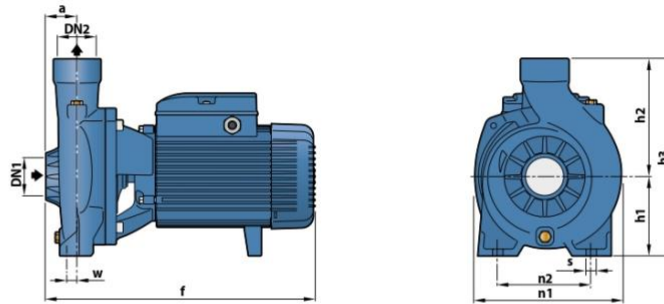
# NGA

## POS. COMPONENTE CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

1	<b>CUERPO BOMBA</b>	Hierro fundido JL 250 con tratamiento de cataforesis, con bocas roscadas ISO 228/1						
2	<b>TAPA</b>	Hierro fundido JL 200 para <b>NGA3</b> Acero inoxidable AISI 304 para <b>NGA1</b> e <b>NGA2</b>						
3	<b>RODETE</b>	Rodete abierto en hierro fundido JL 250 con tratamiento de cataforesis						
4	<b>EJE MOTOR</b>	Acero inoxidable AISI 431						
5	<b>SELLO MECANICO</b>	<b>Electrobomba</b>	<b>Sello</b>	<b>Eje</b>	<b>Materiales</b>			
		<i>Modelo</i>	<i>Modelo</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Anillo fijo</i>	<i>Anillo móvil</i>	<i>Elastómero</i>	<i>Resorte</i>
		<b>NGA1</b>	<b>AR-14</b>	<b>Ø 14 mm</b>	Cerámica	Grafito	NBR	AISI 304
		<b>NGA2</b>						
		<b>NGA3</b>						
6	<b>RODAMIENTOS</b>	<b>Electrobomba</b>	<b>Modelo</b>					
		<b>NGA1</b>	<b>6203 ZZ / 6203 ZZ</b>					
		<b>NGA2</b>	<b>6204 ZZ / 6204 ZZ</b>					
		<b>NGA3</b>	<b>6204 ZZ / 6204 ZZ</b>					
7	<b>MOTOR ELECTRICO</b>	<p><b>NGAm:</b> monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado.</p> <p><b>NGA:</b> trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz.</p> <p>➔ <b>Las electrobombas trifásicas están equipadas con motores de alto rendimiento en clase IE3 (IEC 60034-30-1)</b></p> <p>- Aislamiento: clase F</p> <p>- Protección: IP X4</p>						



## DIMENSIONES Y PESOS

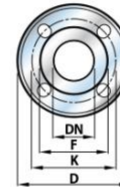
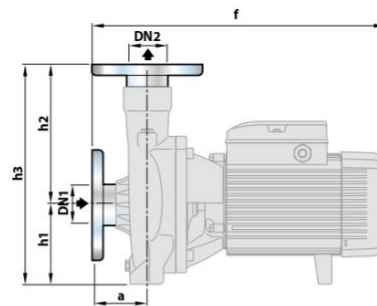


### CON BOCAS ROSCADAS

MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm								kg		
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h1	h2	h3	n1	n2	w	s	1~	3~
NGAm 1B	NGA 1B	1½"	1½"	40	299	92	135	227	190	160	6	11	12.5	12.5
NGAm 1A	NGA 1A			32									12.7	12.7
NGAm 2B	NGA 2B			32									12.9	12.9
NGAm 2A	NGA 2A			32									13.1	13.1
NGAm 3D	NGA 3D	2"	2"	387	120	178	298	217	140	18	11.5	21.4	22.2	
NGAm 3C	NGA 3C			407								23.1	23.1	
NGAm 3B	NGA 3B			407								25.7	25.7	
NGAm 3A	NGA 3A			407								25.7	25.7	

### CON BOCAS BRIDADAS

MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm				
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h1	h2	h3
NGAm 1B	NGA 1B	40	40	60	334	92	156	248
NGAm 1A	NGA 1A			52	342			
NGAm 2B	NGA 2B			52	342			
NGAm 2A	NGA 2A			52	342			
NGAm 3D	NGA 3D	50	50	408	120	200	320	428
NGAm 3C	NGA 3C			428				
NGAm 3B	NGA 3B			428				
NGAm 3A	NGA 3A			428				



BRIDAS	D	K	F	ORIFICIOS	
DN	mm	mm	mm	Nº	Ø (mm)
40	150	110	78	4	18
50	165	125	99	4	18

## CONSUMO EN AMPERIOS Y CONDENSADORES

MODELO	TENSIÓN		CAPACIDAD	
	220 V	110 V	220 V	110 V
NGAm 1B	5.3 A	10.6 A	20 µF - 450 VL	60 µF - 250 VL
NGAm 1A	6.2 A	12.4 A	20 µF - 450 VL	60 µF - 250 VL
NGAm 2B	4.3 A	8.6 A	20 µF - 450 VL	60 µF - 250 VL
NGAm 2A	4.7 A	9.4 A	20 µF - 450 VL	60 µF - 250 VL
NGAm 3D	7.0 A	14.0 A	31.5 µF - 450 VL	60 µF - 250 VL
NGAm 3C	9.5 A	19.0 A	45 µF - 450 VL	80 µF - 250 VL
NGAm 3B	11.0 A	-	50 µF - 450 VL	-
NGAm 3A	13.0 A	-	50 µF - 450 VL	-

MODELO	TENSIÓN			
	220 V	380 V	220 V	440 V
Trifásica				
NGA 1B	3.4 A	2.0 A	2.9 A	1.7 A
NGA 1A	3.9 A	2.3 A	3.4 A	1.9 A
NGA 2B	2.7 A	1.6 A	2.3 A	1.3 A
NGA 2A	3.0 A	1.7 A	2.6 A	1.5 A
NGA 3D	4.8 A	2.8 A	4.1 A	2.4 A
NGA 3C	6.0 A	3.5 A	5.2 A	3.0 A
NGA 3B	7.2 A	4.2 A	6.2 A	3.6 A
NGA 3A	8.4 A	4.9 A	7.3 A	4.2 A



## ANEXO P: BOMBA PEDROLLO SUMERGIBLE 3SR

# BSR

**RODETES FLOTANTES  
(PATENTADO)**



60 Hz | 3SR

### Electrobombas sumergidas de 3"



#### CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **110 l/min (6.6 m<sup>3</sup>/h)**
- Altura manométrica hasta **251 m**

#### LÍMITES DE USO

- Temperatura máxima del fluido hasta **+35 °C**
- Contenido de arena máximo **150 g/m<sup>3</sup>**
- Profundidad de uso hasta **60 m** bajo el nivel del agua (con cable de alimentación de longitud adecuada)
- Funcionamiento:
  - en vertical
  - en horizontal hasta 0.37 kW
- Arranques/hora: **20** a intervalos regulares
- Flujo de enfriamiento motor mínimo **8 cm/s**
- Funcionamiento continuo **S1**

#### USOS E INSTALACIONES

Electrobombas sumergibles de 3" indicadas para el bombeo de agua limpia, para diversas aplicaciones como, por ejemplo, el suministro doméstico, riego, instalaciones de bombeo de pequeñas comunidades.

#### MOTOR ELÉCTRICO

- Motores sumergidos en baño de aceite **rebobinables** (aceite atóxico para uso alimenticio)
- Tensión:
  - Monofásica **220 V - 60 Hz**
  - Trifásica **380 V - 60 Hz**
- Aislamiento: **clase F**
- Protección: **IP 68**
- Eje motor y camisa: acero inox **AISI 304**
- Dimensiones de acople bridas según estandar **NEMA**
- Cable de alimentación de **1.5 metros**

#### PATENTES

- Patent n° **EP3123031, EP2419642**

#### EJECUCIÓN Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1      EN 60034-1  
IEC 60335-1      IEC 60034-1  
CEI 61-150      CEI 2-3



#### EJECUCIÓN BAJO PEDIDO

- Cuerpo bomba con bocas roscadas ISO 228/1
- Otros voltajes

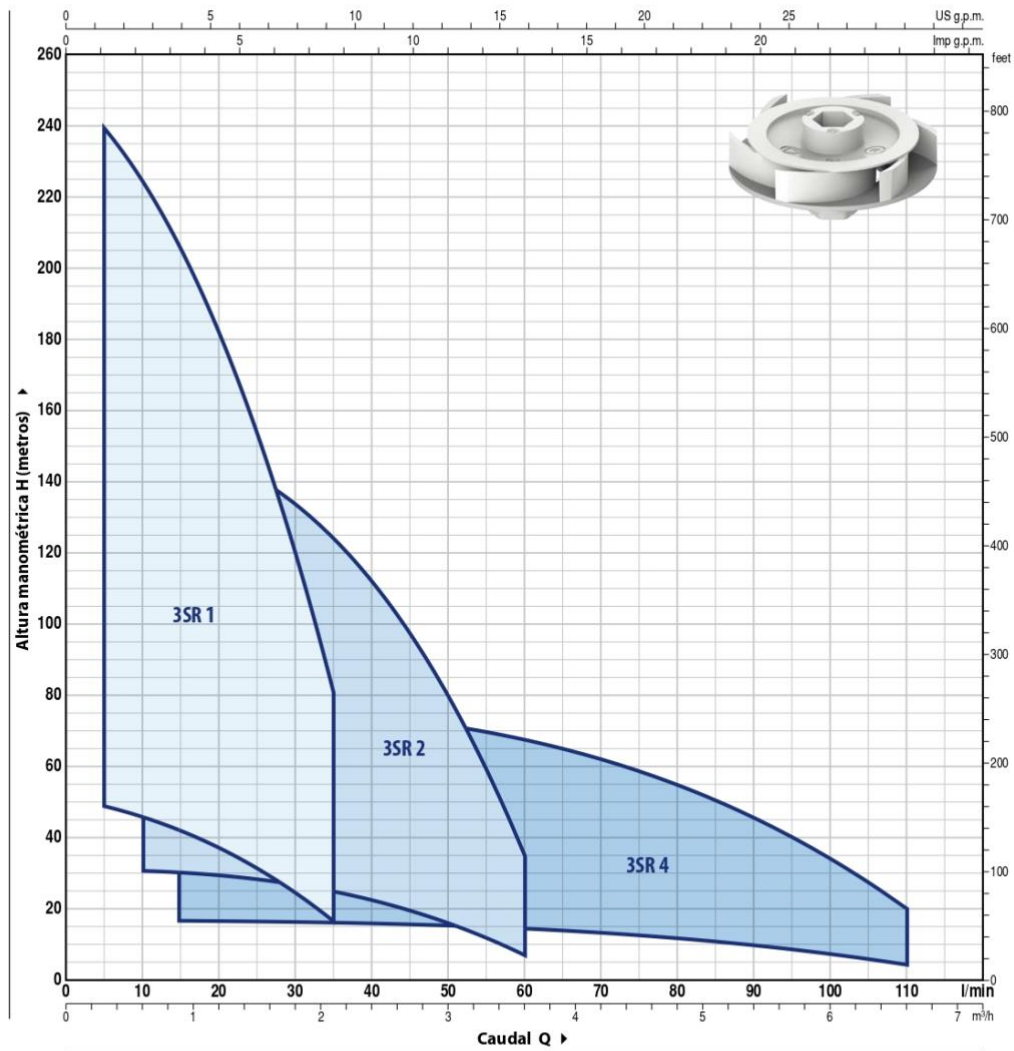
#### GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta



**CAMPO DE PRESTACIONES**

60 Hz n= 3450 min<sup>-1</sup>



● **VENTAJAS PARA EL UTILIZADOR**

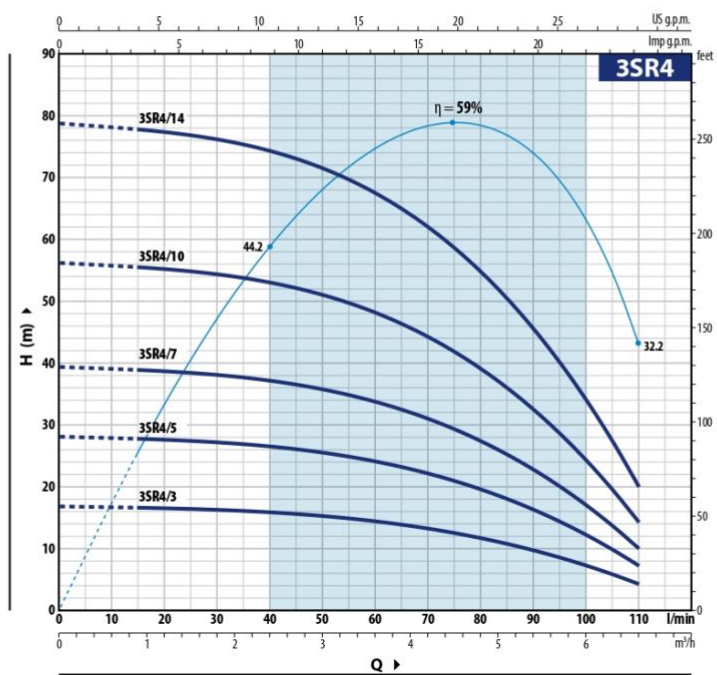
Ahorro económico en el uso del agua gracias al elevado rendimiento y al consiguiente reducido consumo eléctrico. Con un diámetro de solo 3", los costes de la perforación de un pozo nuevo, y los costes de la instalación, se reducen de forma importante. En el caso de un pozo ya existente, la bomba 3SR es la solución ideal para el reemplazo, sobre todo cuando se trata de pozos viejos y con incrustaciones. La construcción con impulsores flotantes permite el bombeo de agua con un contenido de arena hasta los **150 g/m³**.

● **ELEVADAS PRESTACIONES**

Los componentes hidráulicos, acoplados a un motor eléctrico de alto rendimiento, hacen que la electrobomba 3SR sea una de las más eficientes en la categoría 3"

**CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES**

**60 Hz n= 3450 min<sup>-1</sup>**



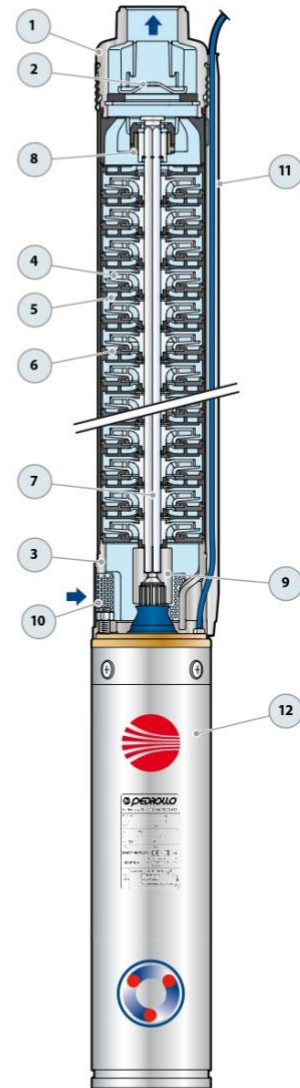
**3SR4**

MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	H metros							
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	0.9	1.8	2.4	3	4.2	5.4	6.6
3SRm 4/3	3SR 4/3	0.25	0.33	0	17	16.5	16.3	15.9	15.3	13.3	9.7	4.5
3SRm 4/5	3SR 4/5	0.37	0.50	15	28	28	27	26.5	25.5	22.1	16.2	7
3SRm 4/7	3SR 4/7	0.55	0.75	30	39.5	39	38	37	35.5	31	22.7	10
3SRm 4/10	3SR 4/10	0.75	1	40	56.5	55.5	54.5	53	51	44.5	32.5	14
3SRm 4/14	3SR 4/14	1.1	1.5	50	79	78	76	74	71	62	45.5	20

Q = Caudal H = Altura manométrica total

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

POS. COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS
<b>1 CUERPO DE IMPULSION</b>	Acero inoxidable micro fundido AISI 304 con boca de impulsión roscada ISO 228/1
<b>2 VÁLVULA DE RETENCIÓN</b>	Acero inoxidable AISI 304
<b>3 SOPORTE</b>	Acero inoxidable microfuso AISI 304, dimensiones según norma NEMA
<b>4 RODETES</b>	Delrin
<b>5 DIFUSOR</b>	Noryl - Acero inoxidable AISI 304
<b>6 TAPA DIFUSOR</b>	Noryl - Acero inoxidable AISI 304
<b>7 EJE BOMBA</b>	Acero inoxidable AISI 304
<b>8 RODAMIENTOS BOMBA</b>	Parte fija en tecnopolímero especial. Parte rotante en acero inox AISI 316L Recubierta de óxido de cromo, para una mayor vida útil incluso con presencia de arena.
<b>9 CASQUILLO</b>	Acero inoxidable AISI 316L
<b>10 FILTRO</b>	Acero inoxidable AISI 304
<b>11 PROTECTOR CABLE</b>	Acero inoxidable AISI 304
<b>12 MOTOR 3"</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Motores sumergidos en baño de aceite rebobinables (aceite atóxico para uso alimenticio)</li> <li>- 2 polos, 60 Hz (n ~ 3450 min<sup>-1</sup>)</li> <li>- Tensión: monofásica 220 V trifásica 380 V ó 220 V</li> <li>- Aislamiento: clase F</li> <li>- Protección: IP 68</li> <li>- Eje motor y camisa: acero inox AISI 304</li> <li>- Dimensiones de acople bridas según estandar NEMA</li> <li>- Cable de alimentación de 1.5 metros</li> </ul>



### DIMENSIONES Y PESOS

MODELO	BOCA DN	Ø	DIMENSIONES mm			kg
			h1	h2	h3	
3SRm 1/8	1" NPT	76	303	378	681	9.5
3SRm 1/13			397	378	775	10.0
3SRm 1/19			510	398	908	11.2
3SRm 1/26			642	438	1080	13.1
3SRm 1/39			917	478	1395	15.7
3SRm 2/5			264	378	642	9.3
3SRm 2/8		76	332	378	710	9.7
3SRm 2/12			422	398	820	10.8
3SRm 2/17			534	438	972	12.5
3SRm 2/25			714	478	1192	14.6
3SRm 4/3			248	378	626	9.2
3SRm 4/5			76	311	378	689
3SRm 4/7		375		398	773	10.4
3SRm 4/10		471		438	909	12.0
3SRm 4/14		598		478	1076	13.8

Trifásica	DN	Ø	h1	h2	h3	3~
3SR 1/13	397	378	775	10.1		
3SR 1/19	510	398	908	11.4		
3SR 1/26	642	438	1080	13.2		
3SR 1/39	917	438	1355	14.9		
3SR 2/5	264	378	642	9.4		
3SR 2/8	76	332	378	710	9.7	
3SR 2/12		422	398	820	10.9	
3SR 2/17		534	438	972	12.6	
3SR 2/25		714	438	1152	13.9	
3SR 4/3		248	378	626	9.3	
3SR 4/5		76	311	378	689	9.5
3SR 4/7	375		398	773	10.6	
3SR 4/10	471		438	909	12.1	
3SR 4/14	598		438	1036	13.1	



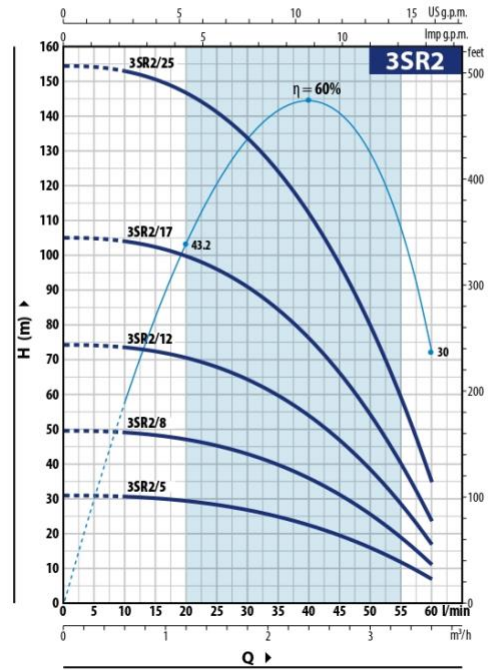
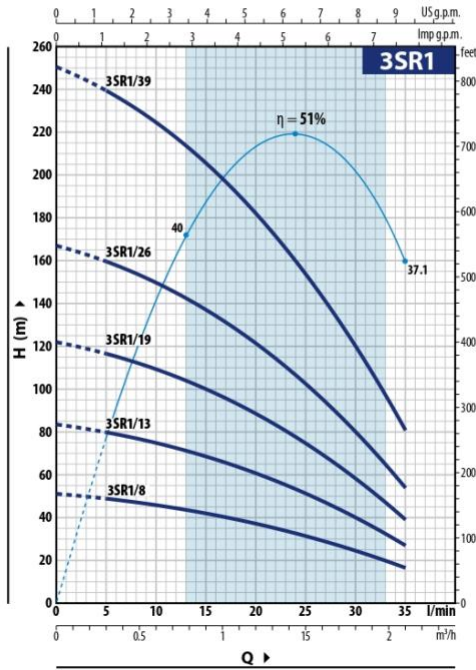
### CONSUMO EN AMPERIOS

Versiones monofásicas 220 V - 60Hz					
MODELO	Potencia nominal P2		Carga axial N	Condensador (VL=450V) µF	CONSUMO EN AMPERIOS 220V
	kW	HP			
3SRm 1/8	0.25	0.33	800	12.5	2.4 A
3SRm 1/13	0.37	0.50		12.5	3.1 A
3SRm 1/19	0.55	0.75		16	4.2 A
3SRm 1/26	0.75	1		20	5.5 A
3SRm 1/39	1.1	1.5		30	8.0 A
3SRm 2/5	0.25	0.33		800	12.5
3SRm 2/8	0.37	0.50	12.5		3.1 A
3SRm 2/12	0.55	0.75	16		4.2 A
3SRm 2/17	0.75	1	20		5.5 A
3SRm 2/25	1.1	1.5	30		8.0 A
3SRm 4/3	0.25	0.33	800		12.5
3SRm 4/5	0.37	0.50		12.5	3.1 A
3SRm 4/7	0.55	0.75		16	4.2 A
3SRm 4/10	0.75	1		20	5.5 A
3SRm 4/14	1.1	1.5		30	8.0 A

Versiones trifásicas 220 V ó 380 V - 60Hz						
MODELO	Potencia nominal P2		Carga axial N	CONSUMO EN AMPERIOS		
	kW	HP		220 V	380 V	
3SR 1/8	0.25	0.33	800	2.6 A	1.5 A	
3SR 1/13	0.37	0.50		2.9 A	1.7 A	
3SR 1/19	0.55	0.75		3.6 A	2.1 A	
3SR 1/26	0.75	1		4.5 A	2.6 A	
3SR 1/39	1.1	1.5		6.1 A	3.5 A	
3SR 2/5	0.25	0.33		800	2.6 A	1.5 A
3SR 2/8	0.37	0.50	2.9 A		1.7 A	
3SR 2/12	0.55	0.75	3.6 A		2.1 A	
3SR 2/17	0.75	1	4.5 A		2.6 A	
3SR 2/25	1.1	1.5	6.1 A		3.5 A	
3SR 4/3	0.25	0.33	800		2.6 A	1.5 A
3SR 4/5	0.37	0.50		2.9 A	1.7 A	
3SR 4/7	0.55	0.75		3.6 A	2.1 A	
3SR 4/10	0.75	1		4.5 A	2.6 A	
3SR 4/14	1.1	1.5		6.1 A	3.5 A	

## CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 min<sup>-1</sup>



### 3SR1

MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	H metros								
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m <sup>3</sup> /h	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
				l/min	0	5	10	15	20	25	30	35	
3SRm 1/8	3SR 1/8	0.25	0.33		51.5	49	46	42	37.5	31.5	24.7	16.5	
3SRm 1/13	3SR 1/13	0.37	0.50		84	80	75	68.5	61	51.5	40	27	
3SRm 1/19	3SR1/19	0.55	0.75		122	117	110	100	89	75	58.5	39.5	
3SRm 1/26	3SR 1/26	0.75	1		167	160	150	137	122	103	80	54	
3SRm 1/39	3SR 1/39	1.1	1.5		251	240	225	206	182	154	120	81	

### 3SR2

MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	H metros								
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m <sup>3</sup> /h	0	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3	3.6
				l/min	0	10	15	20	30	40	50	60	
3SRm 2/5	3SR 2/5	0.25	0.33		31	30.5	30	29.5	26.7	22.4	15.9	7	
3SRm 2/8	3SR 2/8	0.37	0.50		49.5	49	48	47	42.5	36	25.4	11	
3SRm 2/12	3SR 2/12	0.55	0.75		74	73	72	70	64	53.5	38	16.5	
3SRm 2/17	3SR 2/17	0.75	1		105	104	102	100	91	76	54	23.5	
3SRm 2/25	3SR 2/25	1.1	1.5		154	153	150	147	134	112	80	34.5	

Q = Caudal H = Altura manométrica total

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

## ANEXO Q: BOMBA CENTRÍFUGA DE ACERO INOXIDABLE PEDROLLO

# AL-RED

### Electrobombas centrífugas en acero inoxidable

#### AL-RED -4

Cuerpo bomba: **acero inoxidable AISI 304**  
Rodete: **acero inoxidable AISI 304**  
Eje: **acero inoxidable AISI 431**

#### AL-RED -6

Cuerpo bomba: **acero inoxidable AISI 316L**  
Rodete: **acero inoxidable AISI 316L**  
Eje: **acero inoxidable AISI 316L**

-  Agua limpia
-  Uso doméstico
-  Uso agrícola
-  Uso industrial



#### CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal máximo **280 l/min** (16.8 m<sup>3</sup>/h)
- Máxima altura manométrica **60 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 AL-RED 600-610-620
  - **8 bar** para AL-RED 650-660-670-650M-660M-670M
  - AL-RED 650L-660L-670L
- 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 bombear agua limpia y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba. Por sus características constructivas, éstas bombas centrífugas son aconsejadas para el uso en el sector doméstico, agrícola e industrial. Todos los componentes en contacto con el líquido bombeado son en acero inox AISI 304 o AISI 316L para garantizar una higiene total y una alta resistencia a la corrosión.

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

#### PATENTES - MARCAS - MODELOS

- AL-RED® Marca registrada n. 0001575587

#### EJECUCIÓN BAJO PEDIDO

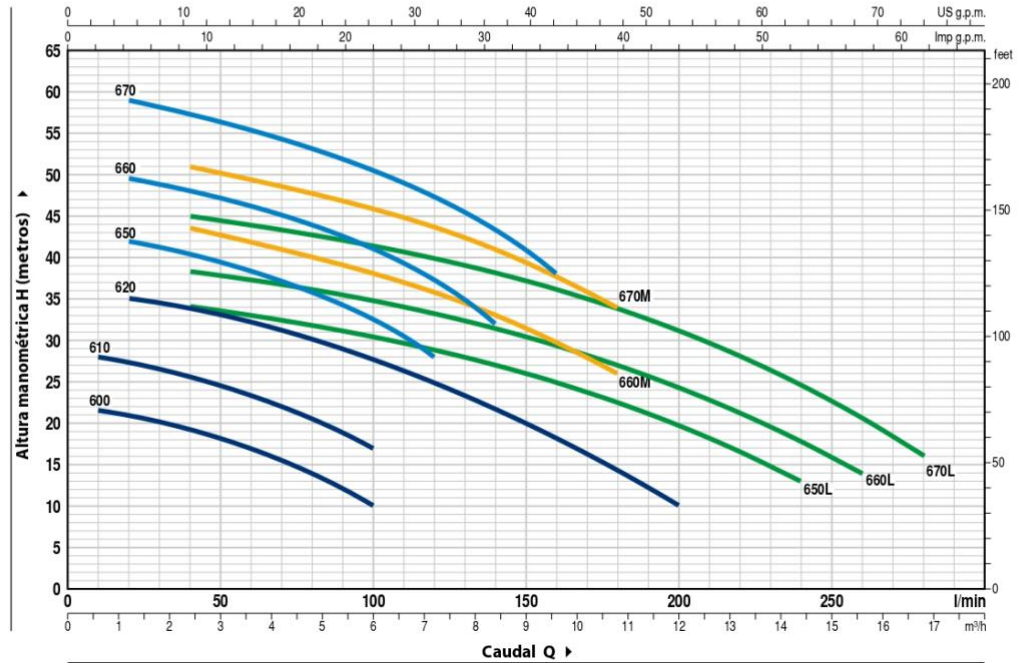
- Cuerpo bomba con bocas roscadas NPT ANSI B 1.20.1
- Sello mecánico especial
- Otros voltajes
- Protección IP X5 para  
AL-RED 650-660-670-650M-660M-670M  
AL-RED 650L-660L-670L

#### GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

**CAMPO DE PRESTACIONES**

60 Hz n= 3450 min<sup>-1</sup> HS= 0 m



MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	H metros																
Monofásica	Trifásica	kW	HP ▲		0	0.6	1.2	2.4	3.6	4.8	6	7.2	8.4	9.6	10.8	12.0	14.4	15.6	16.8		
				l/min	0	10	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	240	260	280		
AL-REDm 600-4	AL-RED 600-4	0.37	0.50	IE3	22	21.5	21	19.5	17	14	10										
AL-REDm 600-6	AL-RED 600-6				28.5	28	27.5	25.5	23.5	20.5	17										
AL-REDm 610-4	AL-RED 610-4	0.60	0.85		35	-	35	33.5	32	30	27.5	24.5	21.5	18	14	10					
AL-REDm 610-6	AL-RED 610-6																				
AL-REDm 620-4	AL-RED 620-4	0.75	1		43.5	-	42	40.5	38.5	36	32.5	28									
AL-REDm 620-6	AL-RED 620-6																				
AL-REDm 650-4	AL-RED 650-4	1.1	1.5		51	-	49.5	48	46	44	41	37	32								
AL-REDm 650-6	AL-RED 650-6																				
AL-REDm 660-4	AL-RED 660-4	1.5	2		60	-	59	57	55	53	50.5	47	43	38							
AL-REDm 660-6	AL-RED 660-6																				
AL-REDm 670-4	AL-RED 670-4	2.2	3		46	-	-	43.5	42	40	38	36	33	30	26						
AL-REDm 670-6	AL-RED 670-6																				
AL-REDm 660M-4	AL-RED 660M-4	1.5	2	53	-	-	51	49.5	48	46	43.5	41	37.5	34							
AL-REDm 660M-6	AL-RED 660M-6																				
AL-REDm 670M-4	AL-RED 670M-4	2.2	3	36	-	-	34	33	31.5	30.5	29	27	25	22.5	19.5	13					
AL-REDm 670M-6	AL-RED 670M-6																				
AL-REDm 650L-4	AL-RED 650L-4	1.1	1.5	40	-	-	38.5	37.5	36	35	33	31.5	29.5	27	24.5	18	14				
AL-REDm 650L-6	AL-RED 650L-6																				
AL-REDm 660L-4	AL-RED 660L-4	1.5	2	47	-	-	45	44	42.5	41.5	40	38	36	34	31	24.5	20.5	16			
AL-REDm 660L-6	AL-RED 660L-6																				
AL-REDm 670L-4	AL-RED 670L-4	2.2	3																		
AL-REDm 670L-6	AL-RED 670L-6																				

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)

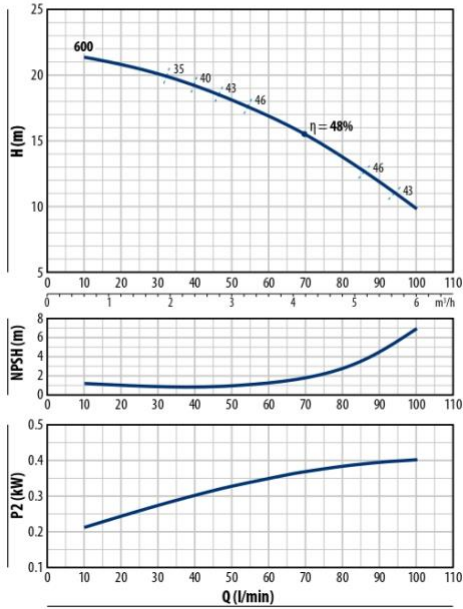


# AL-RED

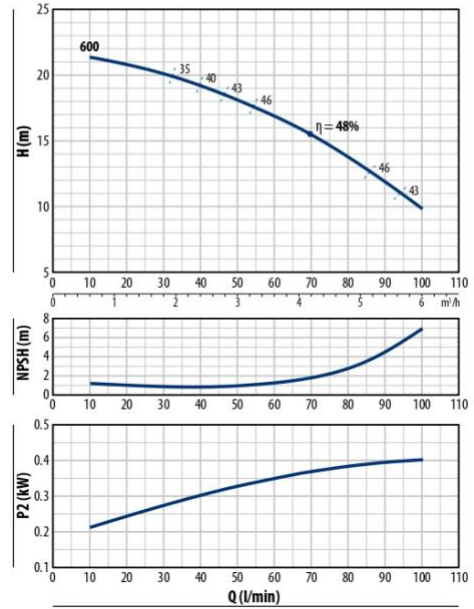
CURVAS DE PRESTACIONES

60 Hz  $n = 3450 \text{ min}^{-1}$  HS= 0 m

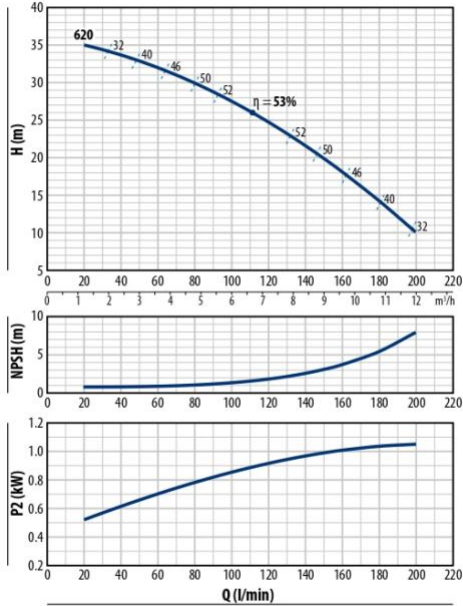
## AL RED 600



## AL RED 610



## AL RED 620





esPOCH

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 24 / 11 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Marcia Elizabeth Aulla Vargas
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Mecánica
<b>Carrera:</b> Ingeniería Industrial
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Industrial
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1829-DBRA-UPT-2023