



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE  
MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA PARA LA FACULTAD DE  
MECÁNICA**

**Trabajo de Integración Curricular:**

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar grado académico de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**AUTORES:**

DAVID LEONEL CASTRO ACOSTA

CRISTIAN ANTONIO GUERRERO ALVEAR

Riobamba – Ecuador

2021



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE  
MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA PARA LA FACULTAD DE  
MECÁNICA**

**Trabajo de Integración Curricular:**

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar grado académico de:

**INGENIERO MECÁNICO**

**AUTORES: DAVID LEONEL CASTRO ACOSTA**

**CRISTIAN ANTONIO GUERRERO ALVEAR**

**DIRECTOR: Ing. EDWIN FERNANDO VITERI NÚÑEZ.**

Riobamba – Ecuador

2021

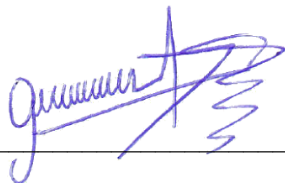
**©2021, Cristian Antonio Guerrero Alvear & David Leonel Castro Acosta.**

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.

Nosotros, CRISTIAN ANTONIO GUERRERO ALVEAR y DAVID LEONEL CASTRO ACOSTA, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de julio del 2021



---

**Cristian Antonio Guerrero Alvear**

**C.I: 0604207241**



---

**David Leonel Castro Acosta**

**C.I: 2100205539**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

El Tribunal del trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto técnico, **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA PARA LA FACULTAD DE MECÁNICA**, realizado por el señor: **CRISTIAN ANTONIO GUERRERO ALVEAR y DAVID LEONEL CASTRO ACOSTA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Sócrates Miguel Aquino Arroba <b>PRESIDENTE DE TRIBUNAL</b>	_____	2021/07/15
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	_____	2021/07/15
Ing. Nelson Santiago Chuquin Vasco <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL.</b>	_____	2021/07/15

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de titulación con todo mi cariño y amor, a mi familia, a mi madre Doris Acosta por todo su amor y apoyo incondicional, que siempre supo darme, sus palabras de aliento que sirvió en mi formación correcta tanto en lo personal como en lo profesional.

A mis hermanos que siempre han estado en los buenos y malos momentos con su apoyo, a mi esposa Diana Guevara que juntos hemos recorrido la vida académica siempre dándonos apoyo mutuo para salir a delante.

A mis amigos y hermanos de toda la vida David Gordón e Hirvin García que siempre compartimos juntos desde la infancia nuestro crecimiento personal y profesional.

***David***

“La magia detrás de cada batalla librada se basa en lo mágico que resulta librarla en equipo”, este trabajo de titulación va dedicado con todo mi amor infinito a mi familia, a mi padre Hugo Guerrero y a mi madre Susana Alvear, ustedes siempre serán los superhéroes de mis cuentos, gracias por regalarme su cariño, por nunca perder la fe en mí, por el apoyo incondicional en mis momentos difíciles, gracias por inculcarme los valores con lo que ahora estoy formado y por último gracias por enseñarme a ser valiente y nunca darme por vencido.

Agradezco a la vida por darme a los mejores hermanos del mundo, la vida no sería la misma si no existieran ustedes, son los mejores amigos que me dio la vida y un recordatorio de que alguien me ama y nunca estaré solo en la vida, gracias por brindarme todo su cariño, sus fuerzas y todo su apoyo.

***Cristian***

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme guiado a lo largo de mi vida.

Agradezco de manera muy sincera a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, a la querida ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA que nos permite formarnos como profesionales con valores y principios.

Agradezco a mi compañero de tesis y nuestros tutores que con su apoyo y esmero logramos cumplir con el objetivo de entregar un trabajo de integración curricular que sirva para el desarrollo de la educación.

Agradezco también a todos mis compañeros de carrera que siempre estuvieron presentes durante este proceso de formación como estudiantes, y personas. En especial al grupo del KARTING de la escuela.

David

Agradezco a Dios por haberme regalado la oportunidad de vivir y tener a mi familia conmigo.

Un agradecimiento muy profundo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, a la respetable ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, la cual a través del tiempo nos enseñó a crecer personal y profesionalmente.

Agradezco de la manera más sincera a mi compañero de tesis, más que ser un compañero es un luchador, agradezco toda su excelente ayuda y apoyo para poder realizar este trabajo de titulación y poder desarrollarlo con el objetivo de aportar con un granito más en el amplio estudio de la carrera.

Agradezco también a mis compañeros de carrera, con los cuales he vivido momentos difíciles, y con los cuales también he vivido momentos de mucha alegría.

Cristian

## TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
SUMMARY.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1	MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1	Antecedentes.....	2
1.2	Formulación de problema.....	2
1.3	Justificación.....	3
1.3.1	<i>Justificación teórica</i> .....	3
1.3.2	<i>Justificación metodológica</i> .....	3
1.3.3	<i>Justificación práctica</i> .....	3
1.3.4	<i>Alcance</i> .....	4
1.4	Objetivos.....	4
1.4.1	<i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

2	MARCO TEÓRICO.....	5
2.1	Propiedades y conceptos básicos de fluidos.....	5
2.1.1	<i>Definición de Fluido</i> .....	5
2.1.2	<i>Densidad</i> .....	6
2.1.3	<i>Peso específico</i> .....	6
2.1.4	<i>Viscosidad cinemática</i> .....	6



2.1.5	<i>Presión</i> .....	7
2.1.6	<i>Influencia del peso específico en la relación entre la presión y la altura de columna del líquido</i> .....	8
2.1.7	<i>Presión absoluta (Pabs)</i> .....	8
2.1.8	<i>Presión atmosférica (P atm)</i> .....	9
2.1.9	<i>Presión manométrica (Pman)</i> .....	9
2.2	<b>Cinemática de los fluidos</b> .....	10
2.3	<b>Método de Euler</b> .....	10
2.4	<b>Tipos de flujo</b> .....	11
2.4.1	<i>Flujo laminar</i> .....	11
2.4.2	<i>Flujo turbulento</i> .....	11
2.5	<b>Número de Reynolds</b> .....	12
2.6	<b>Factores de fricción en tuberías</b> .....	13
2.6.1	<i>Factor de fricción para flujo laminar</i> .....	13
2.6.2	<i>Factor de fricción para flujo turbulento</i> .....	13
2.7	<b>Diagrama de Moody</b> .....	15
2.8	<b>Conservación de la energía</b> .....	16
2.9	<b>Principio de Bernoulli</b> .....	17
2.10	<b>Conservación de la masa “Ecuación de continuidad en fluidos”</b> .....	19
2.11	<b>Pérdidas de energía</b> .....	20
2.11.1	<i>Pérdidas principales de energía (por fricción)</i> .....	20
2.11.2	<i>Pérdidas secundarias de energía (por accesorios)</i> .....	22
2.12	<b>Coefficientes de resistencia para válvulas</b> .....	24
2.13	<b>Método de la longitud equivalente</b> .....	26
2.14	<b>Esquemas típicos de succión</b> .....	29
2.14.1	<i>Succión negativa</i> .....	29
2.15	<b>Energía Hidráulica</b> .....	30
2.16	<b>Potencia eléctrica</b> .....	31
2.17	<b>Eficiencia energética</b> . .....	32

### CAPÍTULO III

3	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	33
3.1	<b>Metodología de la investigación</b> .....	33

<b>3.1.1</b>	<b><i>Tipo de enfoque</i></b> .....	<b>33</b>
3.1.1.1	<i>Enfoque Cuantitativo</i> .....	33
<b>3.1.2</b>	<b><i>Concepción o elección del diseño</i></b> .....	<b>34</b>
<b>3.1.3</b>	<b><i>Alcance de la investigación</i></b> .....	<b>36</b>
3.1.3.1	<i>Estudio Correlacional</i> .....	36
<b>3.1.4</b>	<b><i>Población</i></b> .....	<b>37</b>
<b>3.1.5</b>	<b><i>Muestra</i></b> .....	<b>37</b>
<b>3.1.6</b>	<b><i>Métodos de recolección de datos</i></b> .....	<b>38</b>
3.1.6.1	<i>Técnica documental</i> .....	38
3.1.6.2	<i>Técnica empírica</i> .....	38
<b>3.2</b>	<b><i>Diseño conceptual</i></b> .....	<b>39</b>
<b>3.2.1</b>	<b><i>Lista de Exigencias</i></b> .....	<b>41</b>
<b>3.2.2</b>	<b><i>Descripción del proceso</i></b> .....	<b>43</b>
<b>3.2.3</b>	<b><i>Secuencia y Principios Tecnológicos</i></b> .....	<b>44</b>
<b>3.2.4</b>	<b><i>Determinación de la Estructura de Funciones</i></b> .....	<b>44</b>
<b>3.2.5</b>	<b><i>Fijación de procesos Técnicos</i></b> .....	<b>45</b>
<b>3.2.6</b>	<b><i>Estructura de funciones</i></b> .....	<b>46</b>
3.2.6.1	<i>Matriz Morfológica</i> .....	49
<b>3.2.7</b>	<b><i>Conceptos de solución</i></b> .....	<b>53</b>
3.2.7.1	<i>Concepto de solución 1</i> .....	53
3.2.7.2	<i>Concepto de solución 2</i> .....	54
3.2.7.3	<i>Concepto de solución 3</i> .....	56
<b>3.2.8</b>	<b><i>Evaluación del proyecto Preliminar Óptimo</i></b> .....	<b>57</b>
<b>3.2.9</b>	<b><i>Determinación del proyecto preliminar</i></b> .....	<b>61</b>
<b>3.3</b>	<b><i>Planificación de la construcción</i></b> .....	<b>62</b>
<b>3.4</b>	<b><i>Materiales utilizados</i></b> .....	<b>63</b>
<b>3.4.1</b>	<b><i>Plancha lisa de aluminio</i></b> .....	<b>63</b>
<b>3.4.2</b>	<b><i>Perfil cuadrado estructural</i></b> .....	<b>64</b>
<b>3.4.3</b>	<b><i>Pintura poliuretano</i></b> .....	<b>64</b>
<b>3.4.4</b>	<b><i>Tubería Plastigama de termofusión</i></b> .....	<b>65</b>
<b>3.4.5</b>	<b><i>Micro generador hidráulico</i></b> .....	<b>66</b>
<b>3.4.6</b>	<b><i>Bomba centrífuga</i></b> .....	<b>67</b>
<b>3.4.7</b>	<b><i>Perdidas principales de energía (longitud de tubería) y pérdidas secundarias de energía en la descarga (accesorios) en el tramo de descarga</i></b> .....	<b>72</b>
<b>3.4.8</b>	<b><i>Válvula de compuerta</i></b> .....	<b>78</b>

3.4.9	<i>Válvula de esfera</i> .....	79
3.4.10	<i>Válvula anti-retorno</i> .....	79
3.4.11	<i>Tanque hidroneumático</i> .....	80
3.4.12	<i>Perno U-bolt</i> .....	82
3.4.13	<i>Codo a 90° de termofusión</i> .....	82
3.4.14	<i>Unión universal</i> .....	83
3.4.15	<i>Tee con inserto central</i> .....	83
3.4.16	<i>Adaptador macho</i> .....	84
3.4.17	<i>Adaptador hembra</i> .....	84
3.4.18	<i>Canaleta lisa</i> .....	85
3.4.19	<i>Accesorios para canaletas</i> .....	85
3.4.20	<i>Remaches</i> .....	86
3.4.21	<i>Caja de control</i> .....	86
3.4.22	<i>Voltímetro led digital</i> .....	87
3.4.23	<i>Amperímetro led digital</i> .....	87
3.4.24	<i>Medidor indicador de flujo transversal</i> .....	88
3.4.25	<i>Pantalla LCD indicadora</i> .....	88
3.4.26	<i>Bornera para regleta</i> .....	89
3.4.27	<i>Sensor de caudal</i> .....	89
3.4.28	<i>Manómetro</i> .....	90
3.4.29	<i>Sonda de Temperatura</i> .....	90
3.5	<b>Herramientas y máquinas</b> .....	91
3.5.1	<b>Herramientas</b> .....	91
3.5.1.1	<i>Cortadora de tubo PVC INGCO</i> .....	91
3.5.1.2	<i>Juego de llaves combinadas STANLEY</i> .....	91
3.5.1.3	<i>Juego de brocas STANLEY</i> .....	92
3.5.1.4	<i>Cautín tipo lápiz</i> .....	92
3.5.1.5	<i>Grata circular de alambre trenzado TRUPER</i> .....	93
3.5.1.6	<i>Cepillo con cerdas de acero al carbono</i> .....	93
3.5.1.7	<i>Pistola para pintar TRUPER</i> .....	94
3.5.1.8	<i>Remachadora de acordeón fuelle INGCO</i> .....	94
3.5.1.9	<i>Escuadra magnética para soldar INGCO</i> .....	95
3.5.1.10	<i>Flexómetro STANLEY</i> .....	95
3.5.1.11	<i>Escuadra de acero</i> .....	96
3.5.1.12	<i>Tornillo de banco INGCO</i> .....	96

3.5.1.13	<i>Combo de hule.</i>	97
3.5.1.14	<i>Pelacables.</i>	97
3.5.1.15	<i>Cortafrío.</i>	98
<b>3.5.2</b>	<b><i>Maquinas.</i></b>	<b>98</b>
3.5.2.1	<i>Soldadora Lincoln.</i>	98
3.5.2.2	<i>Tronzadora DEWALT.</i>	99
3.5.2.3	<i>Amoladora angular INGCO.</i>	99
<b>3.5.3</b>	<b><i>Taladro atornillador DEWALT.</i></b>	<b>100</b>
<b>3.5.4</b>	<b><i>Compresor BP.</i></b>	<b>100</b>
<b>3.5.5</b>	<b><i>Máquina de termofusión CENTURY.</i></b>	<b>101</b>
<b>3.6</b>	<b>PASOS SEGUIDOS EN LA CONSTRUCCION.</b>	<b>102</b>
3.6.1	<i>Cronograma de actividades realizadas en la construcción del banco.</i>	102
<b>3.7</b>	<b>Evaluación de funcionamiento.</b>	<b>104</b>
3.7.1	<i>Inspección visual.</i>	104
3.7.1.1	<i>Inspección directa.</i>	104
3.7.2	<i>Inspección visual en el banco de micro generación hidráulica.</i>	104
<b>3.8</b>	<b>Análisis de costos.</b>	<b>109</b>
<b>3.9</b>	<b>Costos directos.</b>	<b>110</b>
3.9.1	<i>Materiales Mecánicos.</i>	110
3.9.2	<i>Materiales eléctricos y electrónicos.</i>	112
<b>3.10</b>	<b>Costos totales directos.</b>	<b>112</b>
<b>3.11</b>	<b>Costos indirectos.</b>	<b>113</b>
<b>3.12</b>	<b>Costos totales del proyecto.</b>	<b>113</b>

## CAPITULO IV

<b>4</b>	<b>RESULTADOS.</b>	<b>114</b>
4.1	<b>Pruebas de funcionamiento.</b>	<b>114</b>
4.2	<b>Comprobación de los medidores de caudal</b>	<b>118</b>
4.3	<b>Análisis de los datos obtenidos de los ensayos.</b>	<b>123</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>131</b>
	<b>RECOMENDACIONES.</b>	<b>132</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Clasificación de las centrales eléctricas .....	5
<b>Tabla 2-2:</b>	Propiedades del agua, unidades en el sistema SI .....	7
<b>Tabla 3-2:</b>	Condiciones de flujo según el número de Reynolds .....	12
<b>Tabla 4-2:</b>	Rugosidad de conducto: valores de diseño .....	14
<b>Tabla 5-2:</b>	Valores recomendados de rugosidad para conductos comerciales .....	15
<b>Tabla 6-2:</b>	Resistencia de válvulas, expresado como longitud equivalente de tubería .....	25
<b>Tabla 7-2:</b>	Factor de fricción para tubería de acero comercial, nueva y limpia .....	26
<b>Tabla 1-3:</b>	Lista de exigencias de diseño .....	41
<b>Tabla 2-3:</b>	Matriz morfológica .....	49
<b>Tabla 3-3:</b>	Evaluación técnica del proyecto preliminar .....	58
<b>Tabla 4-3:</b>	Evaluación económica del proyecto preliminar .....	59
<b>Tabla 5-3:</b>	Valores Xi, Yi .....	60
<b>Tabla 6-3:</b>	Datos del fluido .....	68
<b>Tabla 7-3:</b>	Datos de la tubería de 1 in en la aspiración .....	69
<b>Tabla 8-3:</b>	Longitud de tubería en el tramo de aspiración .....	70
<b>Tabla 9-3:</b>	Coefficiente de pérdidas K en el tramo de aspiración .....	71
<b>Tabla 10-3:</b>	Coefficiente de pérdidas como longitud equivalente Le/D .....	71
<b>Tabla 11-3:</b>	Datos de la tubería de ½ in en la descarga .....	72
<b>Tabla 12-3:</b>	Longitud de tubería en el tramo de descarga. ....	74
<b>Tabla 13-3:</b>	Coefficientes de pérdidas en accesorios K en el tramo de descarga .....	75
<b>Tabla 14-3:</b>	Coefficiente de pérdidas como longitud equivalente Le/D .....	75
<b>Tabla 15-3:</b>	Pérdidas totales del sistema .....	76
<b>Tabla 16-3:</b>	Cronograma de actividades realizadas en la construcción del banco de pruebas de micro generación hidráulica .....	102
<b>Tabla 17-3:</b>	Formato de inspección directa .....	105
<b>Tabla 18-3:</b>	Clasificación de los costos del proyecto .....	110
<b>Tabla 19-3:</b>	Lista de costos de materiales mecánicos .....	110
<b>Tabla 20-3:</b>	Lista de materiales eléctricos y electrónicos .....	113
<b>Tabla 21-3:</b>	Costos totales directos .....	112
<b>Tabla 22-3:</b>	Lista de costos indirectos .....	113
<b>Tabla 23-3:</b>	Gastos totales del proyecto. ....	113
<b>Tabla 1-4:</b>	Resultados de las pruebas de funcionamiento de Caudal vs Tiempo. ....	114

<b>Tabla 2-4:</b>	Resultados de las pruebas de funcionamiento de Voltajes vs Tiempo. ....	115
<b>Tabla 3-4:</b>	Resultados de las pruebas de funcionamiento de Amperaje vs Tiempo .....	116
<b>Tabla 4-4:</b>	Resultados de las pruebas de funcionamiento de Presión vs Tiempo.....	117
<b>Tabla 5-4:</b>	Error absoluto porcentual en la toma de datos para el caudal.....	119
<b>Tabla 6-4:</b>	Caudal (l/min) – Voltaje (Volts) .....	123
<b>Tabla 7-4:</b>	Caudal (l/min) – Amperaje (A).....	124
<b>Tabla 8-4:</b>	Caudal (l/min) - Presión (psi) .....	125
<b>Tabla 9-4:</b>	Presión (psi) – Voltaje (volts) .....	126
<b>Tabla 10-4:</b>	Caudal (l/min) – Potencia (watts) .....	128
<b>Tabla 11-4:</b>	Potencia hidráulica del banco de pruebas .....	129
<b>Tabla 12-4:</b>	Eficiencia del sistema de micro generación.....	130

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2.</b>	Misma altura de fluido para diferentes fluidos .....	8
<b>Figura 2-2.</b>	Misma presión y diferentes alturas de líquido .....	8
<b>Figura 3-2.</b>	Escalas de referencia para medidas de presión .....	10
<b>Figura 4-2.</b>	Método de Euler.....	11
<b>Figura 5-2.</b>	Flujo laminar .....	11
<b>Figura 6-2.</b>	Flujo turbulento.....	12
<b>Figura 7-2.</b>	Diagrama de Moody para el coeficiente de fricción. ....	16
<b>Figura 8-2.</b>	Balance de energía entre dos puntos .....	18
<b>Figura 9-2.</b>	Principio de continuidad. ....	19
<b>Figura 10-2.</b>	Tramos de tubería .....	22
<b>Figura 11-2.</b>	Pérdidas por longitud equivalente.....	27
<b>Figura 12-2.</b>	Cargas localizadas expresadas en (metros de tubería recta) .....	28
<b>Figura 13-2.</b>	Largo equivalente para pérdidas de carga localizadas .....	29
<b>Figura 14-2.</b>	Esquema de succión negativa .....	30
<b>Figura 15-2.</b>	Proceso de transformación de la energía hidráulica .....	31
<b>Figura 1-3.</b>	Métodos cuantitativos para el diseño metodológico .....	34
<b>Figura 2-3.</b>	Diseño de investigación experimental .....	34
<b>Figura 3-3.</b>	Variable Dependiente – Variable Independiente .....	35
<b>Figura 4-3.</b>	Proceso generalizado de desarrollo y diseño VDI 2221 .....	40
<b>Figura 5-3.</b>	Principio de funcionamiento de la caja negra .....	44
<b>Figura 6-3.</b>	Representación del banco de pruebas como caja negra .....	45
<b>Figura 7-3.</b>	Estructura de funciones parciales.....	48
<b>Figura 8-3.</b>	Estructura de unciones parciales óptimas .....	48
<b>Figura 9-3.</b>	Concepto de solución 1 .....	53
<b>Figura 10-3.</b>	Concepto de solución 2 .....	54
<b>Figura 11-3.</b>	Concepto de solución 3 .....	56
<b>Figura 12-3.</b>	Vista frontal (S2).....	61
<b>Figura 13-3.</b>	Vista superior (S2) .....	62
<b>Figura 14-3.</b>	Vista lateral (S2) .....	62
<b>Figura 15-3.</b>	Pasos para la implementación del banco de pruebas. ....	63
<b>Figura 16-3.</b>	Plancha de aluminio liso. ....	63
<b>Figura 17-3.</b>	Perfil estructural cuadrado. ....	64

<b>Figura 18-3.</b>	Pintura Poliuretano CARALZ.....	64
<b>Figura 19-3.</b>	Tubería y accesorios Plastigama de termofusión.....	65
<b>Figura 20-3.</b>	Especificaciones técnicas de las tuberías Termomax. ....	65
<b>Figura 21-3.</b>	Micro generador Hidráulico.....	66
<b>Figura 22-3.</b>	Curvas de funcionamiento Caudal Vs Presión.....	66
<b>Figura 23-3.</b>	Bomba centrífuga autocebante Pedrollo. ....	67
<b>Figura 24-3.</b>	Curvas de funcionamiento de las bombas serie JSW Pedrollo. ....	68
<b>Figura 25-3.</b>	Curva de funcionamiento de la bomba centrífuga .....	78
<b>Figura 26-3.</b>	Válvula de compuerta Genebre de ½ pulgada. ....	78
<b>Figura 27-3.</b>	Válvula de esfera Genebre. ....	79
<b>Figura 28-3.</b>	Válvula antirretorno Genebre de 1 pulgada. ....	79
<b>Figura 29-3.</b>	Tanque Hidroneumático de 30 Gl.....	80
<b>Figura 30-3.</b>	Perno U-bolt Prosource.....	82
<b>Figura 31-3.</b>	Codo a 90° k20.....	82
<b>Figura 32-3.</b>	Unión universal k16.....	83
<b>Figura 33-3.</b>	Tee k33.....	83
<b>Figura 34-3.</b>	Adaptador Macho k11.....	84
<b>Figura 35-3.</b>	Adaptador hembra k13.....	84
<b>Figura 36-3.</b>	Canaleta Dexon.....	85
<b>Figura 37-3.</b>	Accesorios Dexon para canaletas lisas. ....	85
<b>Figura 38-3.</b>	Remache de Ala ancha.....	86
<b>Figura 39-3.</b>	Gabinete tipo Caja Telefónica AOSSLINE. ....	86
<b>Figura 40-3.</b>	Voltímetro led digital ALISI.....	87
<b>Figura 41-3.</b>	Amperímetro led digital RD. ....	87
<b>Figura 42-3.</b>	Medidor indicador de Flujo DF- 45015 .....	88
<b>Figura 43-3.</b>	Pantalla LCD indicadora.....	88
<b>Figura 44-3.</b>	Bornera Bipolar Temper .....	89
<b>Figura 45-3.</b>	Sensor de flujo efecto Hall Sea .....	89
<b>Figura 46-3.</b>	Manómetro Winters .....	90
<b>Figura 47-3.</b>	Sonda de temperatura de 50K ohms .....	90
<b>Figura 48-3.</b>	Cortadora de Tubo PVC INGCO.....	91
<b>Figura 49-3.</b>	Juego de llaves combinadas .....	91
<b>Figura 50-3.</b>	Juego de brocas STANLEY .....	92
<b>Figura 51-3.</b>	Cautín tipo lápiz.....	92
<b>Figura 52-3.</b>	Grata circular de alambre trenzado TRUPER.....	93



<b>Figura 53-3.</b>	Cepillo con cerdas de acero al carbono TRUPER.....	93
<b>Figura 54-3.</b>	Pistola para pintar TRUPER.....	94
<b>Figura 55-3.</b>	Remachadora de acordeón fuelle INGCO.....	94
<b>Figura 56-3.</b>	Escuadra magnética para soldar INGCO.....	95
<b>Figura 57-3.</b>	Flexómetro STANLEY.....	95
<b>Figura 58-3.</b>	Escuadra de acero.....	96
<b>Figura 59-3.</b>	Tornillo de banco.....	96
<b>Figura 60-3.</b>	Combo de hule.....	97
<b>Figura 61-3.</b>	Pelacables.....	97
<b>Figura 62-3.</b>	Cortafrió.....	98
<b>Figura 63-3.</b>	Soldadora Lincoln 200i.....	98
<b>Figura 64-3.</b>	Tronzadora DEWALT modelo D28720.....	99
<b>Figura 65-3.</b>	Amoladora Angular INGCO de 4”.....	99
<b>Figura 66-3.</b>	Taladro atornillador DEWALT.....	100
<b>Figura 67-3.</b>	Compresor BP.....	100
<b>Figura 68-3.</b>	Máquina de termofusión Century.....	101
<b>Figura 69-3.</b>	Nomenclatura del sistema de conducción (Vista Frontal).....	108
<b>Figura 70-3.</b>	Nomenclatura del sistema de conducción (Vista Superior).....	109
<b>Figura 71-3.</b>	Nomenclatura del sistema de conducción (Vista Lateral Izquierda).....	109
<b>Figura 1-4.</b>	Características técnicas del sensor de flujo.....	122

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Evaluación técnico – económica según VDI 2225 .....	61
<b>Gráfico 1-4:</b>	Caudal vs tiempo de la prueba de funcionamiento.....	116
<b>Gráfico 2-4:</b>	Voltaje vs tiempo de la prueba de funcionamiento .....	117
<b>Gráfico 3-4:</b>	Amperaje vs tiempo de de la prueba de funcionamiento.....	118
<b>Gráfico 4-4:</b>	Presión vs tiempo de de la prueba de funcionamiento .....	118
<b>Gráfico 5-4:</b>	Caudal (l/min) – Voltaje (Volts).....	124
<b>Gráfico 6-4:</b>	Caudal (l/min) – Amperaje (A) .....	125
<b>Gráfico 7-4:</b>	Caudal (l/min) – Presión (psi) .....	126
<b>Gráfico 8-4:</b>	Voltaje (Volts) – Presión (psi).....	127
<b>Gráfico 9-4:</b>	Caudal (l/min) – Potencia (watts).....	128

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** GUÍA DE LABORATORIO PARA EL ENSAYO DE MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA.
- ANEXO B:** MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA.
- ANEXO C:** PLANOS DEL BANCO DE PRUEBAS DE MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA.

## RESUMEN

El actual trabajo asumió por objeto la implementación de un banco de pruebas para generar micro energía hidráulica para el laboratorio de Turbo maquinaria de la Facultad de Mecánica en la ESPOCH, con la meta de estudiar los parámetros necesarios para este tipo de generación eléctrica en escala micro, y de esta forma aportar el desarrollo de aprendizaje epistémico y práctico de los estudiantes. Para lo cual se realizó el diseño del sistema de conducción de agua, selección y adquisición de los componentes para la posterior construcción y ensamble, donde como principal componente para poder generar micro energía se instaló un micro generador hidráulico, una vez culminada la fase de implementación se ha determinado el estado de funcionamiento del banco, donde el principal objetivo fue evaluar los parámetros de funcionamiento y compararlos con los parámetros establecidos por los fabricantes de los componentes que constituyen el banco de pruebas, así como una comprobación visual de fugas de fluidos y estado de cada componente. Una vez concluida todas las etapas que involucran el diseño, implementación y pruebas de funcionamiento se realizó las pruebas determinantes para encontrar las curvas de funcionamiento, adicionalmente, el aporte de la investigación bibliográfica y los conocimientos tanto prácticos como teóricos adquiridos fueron herramientas que nos permitieron desarrollar un banco de pruebas que permite el desarrollo de prácticas de laboratorio de forma segura, eficaz y de calidad, para lo cual se desarrolló una guía de laboratorio y una guía de mantenimiento del equipo. Por último, para mejorar la obtención de resultados de las prácticas de laboratorio se recomienda instalar un sistema de adquisición de datos, también se recomienda instalar un sistema que permita observar y analizar el comportamiento del fluido de forma visual en el interior del micro generador y de otros tipos de micro generadores.

**Palabras clave:** <MICRO GENERACIÓN>, <CAUDAL>, <POTENCIA>, < VOLTAJE>, <AMPERAJE>

## SUMMARY

The purpose of this work was to implement a test bench to generate micro hydraulic energy for the Turbo machinery laboratory of the Faculty of Mechanics at ESPOCH, with the goal of studying the parameters necessary for this type of electricity generation on a micro scale. In this way, contribute to the development of epistemic and practical learning for students. For this, the design of the water conduction system was carried out, selection and acquisition of components for subsequent construction and assembly. The main component to generate energy was a hydraulic micro generator. Once the implementation phase was completed, the state of bench functioning was determined to evaluate the operating parameters and compare them with the limitations established by the manufacturers of the components that make up the test bench, as well as a visual check of fluid leaks and status of each component. Once all the stages that involve the design, implementation and performance tests were completed, the decisive tests were carried out to find the operating curves. Additionally, the contribution of bibliographic research and the practical and theoretical knowledge acquired were tools that allowed to develop a test bench that permitted the development of laboratory practices in a safe, efficient, and quality way. For that, a laboratory guide and an equipment maintenance guide were created. It is recommended to install a data acquisition system and a system that allows observing and analyzing the behavior of the fluid visually inside the microgenerator and other types of microgenerators.

**Keywords:** <ELECTRICAL POWER GENERATION> <HYDRAULIC GENERATOR>  
<WATER CONDUCTION SYSTEM> <VOLTAGE> <AMPERAGE>

## INTRODUCCIÓN

La Facultad de Mecánica de la ESPOCH, tiene a disposición varios laboratorios, los cuales cuentan con varios bancos de pruebas dependiendo de la materia en estudio, estos bancos de pruebas permiten una vinculación directa entre la teoría impartida en clases y la práctica. La Facultad de Mecánica a su disposición cuenta con laboratorios de Mecánica de Fluidos, Turbo maquinaria, Resistencia de Materiales, entre otros, adicionalmente los laboratorios ofrecen ayuda a los grupos de investigación con los que cuenta la Facultad.

El laboratorio de Turbo maquinaria Hidráulica con el que cuenta la Facultad de Mecánica de la ESPOCH y otras universidades a nivel del todo el país, mediante el uso de los bancos de pruebas, permiten el desarrollo de actividades prácticas de los alumnos en temas y aplicaciones generales, pero en lo que se refiere al estudio de la Micro generación Hidráulica a partir de micro generadores pocas son las universidades que cuentan con un banco de pruebas adecuados con los que se puede obtener datos referentes para comprobar las aplicaciones de la micro generación hidráulica. En la ESPOCH no se cuenta con un banco de pruebas para micro generación hidráulica con el que se pueda determinar los parámetros de los micro generadores para un mayor entendimiento de las ventajas que posee este sistema de micro generación de energía.

Contar con un banco de pruebas sería una herramienta muy útil, pues ayudaría de manera conjunta tanto a estudiantes como docentes a entender la importancia que tiene el estudio y aplicación de micro generadores hidráulicos utilizando recursos hídricos limitados. Con el fin de dar solución a este problema, se ha visto la necesidad de diseñar e implementar un banco de pruebas de micro generación hidráulica para condiciones de operación de caudal y cabeza específicos, además de seleccionar e instalar los diversos componentes, hasta lograr efectuar su respectivo montaje. Por lo tanto, la factibilidad del proyecto enmarcado, ante la incertidumbre de variables hidrodinámicas que determinan el óptimo desempeño de microturbinas experimentales, permitiendo realizar pruebas en el laboratorio, teniendo así, datos, ideas e información para la implementación de dichas tecnologías en lugares potencialmente adecuados en cuanto a la disponibilidad del recurso hídrico en baja potencia para el uso de energías limpias. La elaboración de una guía de pruebas permitirá obtener una base de datos técnicos obtenidos mediante pruebas experimentales, con el fin de tener acceso a la información tomada del banco de pruebas de micro generación hidráulica.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1 Antecedentes.

Un primer trabajo corresponde a (Macias & López, 2018: p.12), quien realizó “Análisis de un banco de pruebas para micro generación hidráulica”. Este trabajo se basó en detallar cada uno de los pasos a seguir para el análisis de un sistema de micro generación específico para una turbina tipo Michael Banki, en el cual se especifican modelos matemáticos utilizados para obtener las curvas de comportamiento específicos del caudal y el tiempo disponible para la evaluación de las turbinas, así mismo presenta gráficos que se deben considerar en la simulación de un sistema de micro generación que se usará como base para proponer uno propio.

Un segundo trabajo corresponde a (Sierra & Guerrero, 2011: p.3), quien realizó: “Pequeñas y micro centrales hidroeléctricas: alternativa real de generación eléctrica”. En este trabajo se desarrolló investigaciones en micro generación, donde se pudo determinar un nuevo panorama en la generación de energía eléctrica aprovechando las condiciones topográficas y riqueza hídrica en Colombia. Dentro del proceso experimental de este estudio se evidenció la viabilidad de la pequeña generación a partir de micro turbinas hidráulicas, para dar una solución a pequeñas demandas de energía eléctrica como por ejemplo la carga de baterías o el uso en hogares de zonas aisladas, llegando finalmente a la conclusión de que el desarrollo de bancos de ensayos de pruebas implica el avance en el conocimiento del funcionamiento de sistemas de generación eléctrica, lo que permitirá propuestas de mejoramiento en su eficiencia y sus costos.

Un tercer trabajo corresponde a (Rodríguez, 2019: p.6), quien realizó la: “Instalación de banco de ensayos para turbinas axiales”. En este documento se describe la metodología de trabajo aplicada para la construcción de un banco de ensayos en modelo de turbinas mini y micro generación hidráulica, teniendo como principal objetivo llevar a cabo la construcción del banco de ensayos y realizar la descripción física del banco que incluye la de la instalación hidráulica, la instalación eléctrica y los instrumentos de medición que se utilizará en el funcionamiento de este. Al final del trabajo se concluyó que el banco de ensayos de turbinas axiales servirá para continuar el estudio de la factibilidad de las centrales de micro generación, adicionalmente, el banco de ensayos podrá ser utilizado con fines académicos y de enseñanza.

### 1.2 Formulación de problema

Poco se conoce sobre experiencias de diseño y fabricación de micro generadores hidráulicos o bancos de pruebas hidráulicas para el aprovechamiento de un recurso hídrico específico. Actualmente a nivel del país son pocas las universidades que cuentan con banco de pruebas adecuados para obtener datos referentes para comprobar las aplicaciones de la micro generación

hidráulica, todas poseen laboratorios de fluidos, pero para aplicaciones generales y no específicamente para trabajar con micro generación hidráulica. En las universidades a nivel de las provincias del Ecuador no se dispone de adecuados laboratorios que permitan a los alumnos desarrollarse en el ámbito de la micro generación hidráulica por medio de microturbinas. En la ESPOCH no se cuenta con un banco de ensayos para micro generación hidráulica; que ayuden a determinar los parámetros de las microturbinas para un mayor entendimiento de las ventajas que posee este sistema de micro generación de energía.

### **1.3 Justificación**

#### ***1.3.1 Justificación teórica***

Para el trabajo de titulación propuesto se fundamentará con los conocimientos adquiridos en la materia de Fluidos, Turbo maquinaria, Diseño de elementos de máquinas, e instrumentación industrial. Esto permitirá realizar el cálculo de los sistemas que se necesitan tanto de control como de transporte y transformación de la energía contenida en las tuberías para poder generar micro energía eléctrica.

#### ***1.3.2 Justificación metodológica***

El proceso metodológico para realizar este trabajo será constituido en la generación de energía eléctrica a escala micro, usando como fuente de energía la hidráulica que permitirá transformarla en eléctrica usando una microturbina para lograr este objetivo y varios elementos de control como válvulas de control de caudal, válvulas de apertura y cierre del flujo. Así como también instrumentos indicadores de los parámetros de funcionamiento como manómetros, caudalímetros, voltímetros, otros, que nos permitan realizar los ensayos de forma eficiente y precisa.

#### ***1.3.3 Justificación práctica.***

Esta propuesta se realiza con la finalidad de que los estudiantes de la Facultad de Mecánica en laboratorio de Turbo maquinaria Hidráulica, puedan generar energía alternativa y renovables, para esto se requieren de equipos de laboratorio que les permitan interactuar con los principios y fenómenos involucrados, brindando así la posibilidad de comprender y evaluar los aspectos básicos para soportar los conceptos teóricos sobre la micro generación hidráulica, además de las ventajas y beneficios que este tipo de generación de energía posee sobre los demás sistemas de generación.

La Implementación de este banco de ensayos beneficiará a la formación de los estudiantes, ya que les proporcionará un enfoque proactivo relacionado con la micro generación hidráulica, ya que el tipo de funcionamiento de este equipo parte del mismo principio de generación eléctrica de las



grandes hidroeléctricas de nuestro país, generando un conocimiento que aporta con la mejora constante del aprendizaje en nuestra facultad.

#### ***1.3.4 Alcance***

Implementar un banco de pruebas de micro generación hidráulica que permita analizar los datos durante el ensayo para realizar las gráficas de las curvas, caudal vs presión, caudal vs voltaje, caudal vs amperaje, presión vs voltaje, caudal vs potencia eléctrico para el Laboratorio de Turbo maquinaria Hidráulica de la Facultad de Mecánica en la ESPOCH.

### **1.4 Objetivos**

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

- Diseñar e implementar un banco de pruebas de micro generación hidráulica para la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

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

- Realizar una investigación bibliográfica sobre la hidráulica y micro generación hidráulica.
- Dimensionar y seleccionar los componentes del banco de micro generación hidráulica.
- Implementar el banco de pruebas de micro generación hidráulica.
- Analizar los datos obtenidos del banco propuesto.
- Efectuar la guía de laboratorio y efectuar un manual de mantenimiento.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

La micro generación se denomina a la generación de energía eléctrica hasta determinada potencia para que sea micro generación se tiene un rango de 0 – 100 KW de capacidad de generación (Areyuna & Velastegui, 2016: pp.7-8).

La micro generación es un muy importante para ayudar a que todos tengan acceso a este servicio, o a reducir el consumo de energía eléctrica y aportar con el medio ambiente, la energía hidráulica es una energía de muy bajo impacto ambiental en especial la micro generación ya que no se necesita alterar ni modificar grandes áreas de ecosistemas para poder producirla, hay nace la interrogante de como poder estudiarla y comprender las formas de canalizar este tipo de conocimiento en los estudiantes y futuros profesionales (Areyuna & Velastegui, 2016: pp.7-8).

**Tabla 1-2:** Clasificación de las centrales eléctricas

<b>Tipo</b>	<b>Rango (Kw)</b>
Micro centrales	<100
Pequeñas centrales	100<P<1000
Medianas centrales	10000<P<100000
Grandes centrales	Mayores 10000

**Fuente:** (Morales & Corredor, 2011: p.9).

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### 2.1 Propiedades y conceptos básicos de fluidos

#### 2.1.1 Definición de Fluido

Como lo dice la misma palabra, un fluido posee la capacidad de fluir y tomar la forma de los recipientes que lo contienen, se dividen en líquidos y gases. Los fluidos no pueden soportar fuerzas tangenciales o cortantes cuando se encuentran en equilibrio, además todos son compresibles en ciertos grados y generalmente ofrecen poca resistencia a los cambios de forma (Domingo, 2011, p.5).

### 2.1.2 Densidad

Se define como la masa por unidad de volumen, en otras palabras, se denomina a la cantidad de materia por unidad de volumen de una sustancia y su ecuación es la siguiente (Domingo, 2011, p.5).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Donde:

$m = \text{masa (kg)}$

$\rho = \text{densidad del fluido } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$

$V = \text{volumen del fluido (m}^3\text{)}$

En el sistema internacional de unidades, la densidad del agua es  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  y el sistema cgs la densidad del agua es  $\frac{1\text{g}}{\text{cm}^3}$ .

### 2.1.3 Peso específico

El peso específico se define como el cociente entre su peso por unidad de volumen, como se indica en la ecuación 2.

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (2)$$

Donde:

$\gamma = \text{peso específico del fluido } \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^3}\right)$

$\rho = \text{densidad del fluido } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$

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

### 2.1.4 Viscosidad cinemática

Es un fluido que tenga la temperatura constante, la viscosidad cinemática relaciona la viscosidad dinámica con la densidad del líquido y se puede calcular con la ecuación 3 (Domingo, 2011, p.8).

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (3)$$

Para el sistema SI  $\nu = \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}}\right]$

Para el sistema INGLÉS  $u = \left[ \frac{ft^2}{s} \right]$

Cuando la temperatura de los líquidos varía, también tienden a cambiar la viscosidad, por ejemplo, cuando la temperatura aumenta la viscosidad también aumenta y viceversa, esto sucede solo para los cambios de temperatura, el efecto de la presión sobre la viscosidad de los líquidos queda despreciada, ya que sus efectos tan pequeños se los pasa por desapercibidos, en la tabla 2-1 se muestra estos valores (Domingo, 2011, p.8).

**Tabla 2-1:** Propiedades del agua, unidades en el sistema SI.

Temperatura (°C)	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad $u$ (N - s/m <sup>2</sup> )	Viscosidad cinemática $\nu$ ( $\frac{m^2}{s}$ )
0	999.9	1.792x10-3	1.792x10-6
5	1000.0	1.519	1.519
10	999.7	1.308	1.308
15	999.1	1.140	1.141
20	998.2	1.005	1.007
30	995.7	0.801	0.804
40	992.2	0.656	0.661
50	988.1	0.549	0.556
60	983.2	0.469	0.477
70	977.8	0.406	0.415
80	971.8	0.357	0.367
90	965.3	0.317	0.328

Fuente: (UNC, 2020).

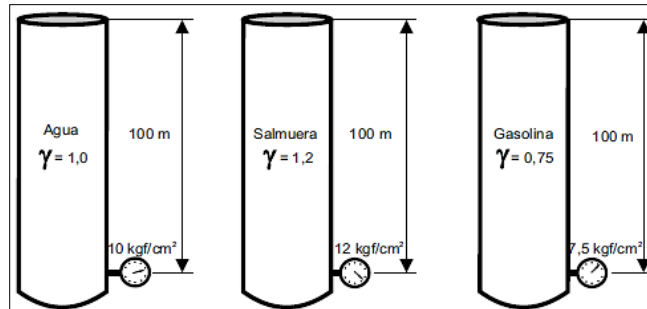
Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### 2.1.5 Presión

La definición de presión se considera como la fuerza ejercida por un fluido sobre un área definida, en otras palabras, se define como la fuerza normal ejercida por un fluido por unidad de área y tiene la unidad de newtons por metro cuadrado  $\frac{N}{m^2}$ , también llamado como pascal (Pa) (KSB, 2002, p.17).

### 2.1.6 Influencia del peso específico en la relación entre la presión y la altura de columna del líquido

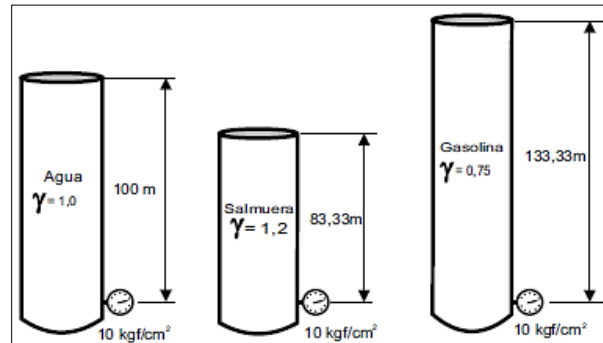
Cuando tenemos una misma altura de columna de líquido y líquidos de pesos específicos diferentes, tenemos presiones diferentes, a continuación, se muestra un en la figura 1-2 (KSB, 2002, p.18).



**Figura 1-2.** Misma altura de fluido para diferentes fluidos.

Fuente: (KSB, 2002, p.18).

Cuando tenemos una misma presión, pero tenemos diferentes pesos específicos de los líquidos, las columnas de líquido son diferentes, como se ve en la figura 2-2 (KSB, 2002, p.18).



**Figura 2-2.** Misma presión y diferentes alturas de líquido.

Fuente: (KSB, 2002, p.18).

### 2.1.7 Presión absoluta (Pabs)

Es la presión que está referida al vacío absoluto. Este valor indica la presión total a la que está sometido un cuerpo o un sistema, en otras palabras, esta presión considera el total de las presiones que actúan sobre el cuerpo o sistema y todos los valores de esta presión se expresan con valores positivos (KSB, 2002, p.19).

### 2.1.8 Presión atmosférica ( $P_{atm}$ )

Es la presión que ejerce el peso de la atmosfera sobre un cuerpo o un sistema, esta presión normalmente es medida con un instrumento llamado barómetro y es por esto por lo que se la define también como presión barométrica. (KSB, 2002, p.19).

Este tipo de presión varía según varié la altura y depende directamente de las condiciones meteorológicas, teniendo el nivel del mar como referencia en condiciones estandarizadas, y tiene un valor de (KSB, 2002, p.19).

$$P_{atm} = \frac{1,033kgf}{cm^2} = 760 mmH = 1,033 \times 10^5 \frac{N}{m^2} = \frac{2,1116 \times 10^3 lb}{pie^3}$$

Para simplificar los problemas en algunos cálculos, se ha establecido a la presión atmosférica como una presión atmosférica técnica que tiene un valor de 10 m de columna de líquido o también corresponde a  $1 \frac{kgf}{cm^2}$  (KSB, 2002, p.19).

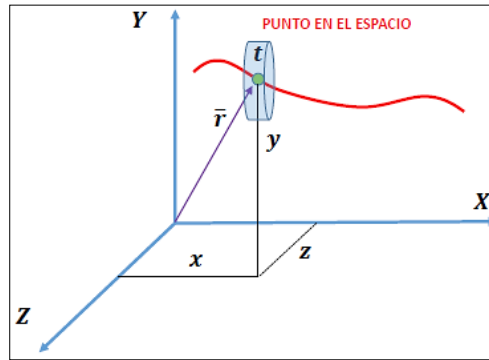
### 2.1.9 Presión manométrica ( $P_{man}$ )

Es la presión que está medida tomando como referencia la presión atmosférica, este tipo de presión se mide con un manómetro, lo que da origen al nombre de la presión manométrica, se la conoce también como presión efectiva o también presión relativa, ver figura 3-2 (KSB, 2002, p.19).

Cuando tenemos una presión menor que la presión atmosférica, tenemos una presión manométrica negativa, llamada también como vacío (depresión).

El instrumento de medida llamado manómetro mide solo presiones manométricas positivas, en cambio para medir presiones manométricas negativas se utiliza el vacuómetro. Estos instrumentos registran siempre el valor de cero cuando están abiertos a la atmósfera, de esta manera se tiene como referencia siempre la presión atmosférica en cualquier lugar donde estemos haciendo la medición (KSB, 2002, p.20).





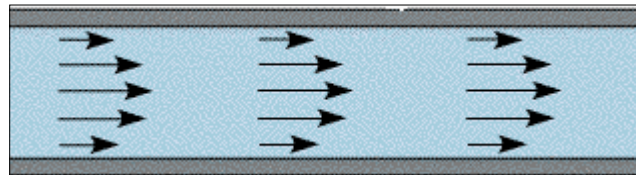
**Figura 4-2.** Método de Euler.

Fuente: (Chuquin, 2018).

## 2.4 Tipos de flujo

### 2.4.1 Flujo laminar

Su nombre se debe al tipo de movimiento de un fluido cuando éste está perfectamente ordenado de manera suave, de manera que el fluido tiende a moverse en láminas paralelas sin tocarse entre sí y sin entremezclarse. Las capas que adyacentes del fluido se desliza suavemente entre sí, como se ve en la figura 5-2 (Cengel & Ghajar, 2011, p.11).



**Figura 5-2.** Flujo laminar.

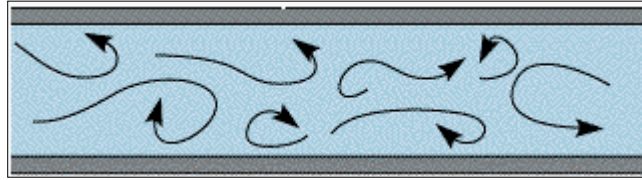
Fuente: (FISINDUSTRIAL, 2021).

### 2.4.2 Flujo turbulento

Se llama flujo turbulento debido a que el movimiento del fluido se vuelve más irregular, como se ve en la figura 6-2.

Estos son impredecibles y caóticos, las partículas tienden a desordenarse y esto lleva a un comportamiento de las partículas en forma de remolinos aperiódicos, aparecen a velocidades altas y también cuando existen obstáculos abruptos durante el movimiento del fluido (Cengel & Ghajar, 2011, p.12).





**Figura 6-2.** Flujo turbulento.

Fuente: (FISINDUSTRIAL, 2020).

## 2.5 Número de Reynolds

Según (Domingo, 2011, p.56) es un número adimensional de gran interés, ya que permite conocer la influencia relativa de las fuerzas de inercia y fuerzas viscosas en el movimiento de un fluido. En otras palabras, el flujo dentro de una tubería depende de la velocidad del líquido, el diámetro de la tubería, así como también de su viscosidad cinemática, se puede apreciar algunos tipos de flujo en a tabla 3-2, y en la ecuación 5 se representa el número de Reynolds en función de los parámetros ya mencionados.

$$Re \approx \frac{\vec{v} \cdot D}{\nu} \quad (5)$$

Donde:

**Re** = número de Reynolds

$\vec{v}$  = velocidad del fluido  $\left(\frac{m}{s}\right)$

**D** = diametro interior de la tuberia (m)

$\nu$  = viscosidad cinemática  $\left(\frac{m^2}{s}\right)$

**Tabla 3-2:** Condiciones de flujo según el número de Reynolds.

Tipo de Flujo	Re
Laminar	$Re < 2000$
Zona Crítica	$2000 \leq Re \leq 4000$
Transición	$4000 \leq Re \leq 10000$
Turbulento	$Re \geq 10000$

Fuente: (Domingo, 2011, p.26).

Para valores de  $Re \leq 2000$ , el flujo se mantiene estacionario, para ser más exacto se comporta como un flujo laminar. (Domingo, 2011, p.26)

Para valores de  $2000 \leq Re \leq 4000$ , el flujo se mantiene estable con pequeñas ondulaciones variables en el tiempo, este régimen se denomina de transición.

Para valores de  $Re \geq 10000$ , el flujo al principio se mantiene con oscilaciones variables, este régimen se denomina turbulento.

## 2.6 Factores de fricción en tuberías

### 2.6.1 Factor de fricción para flujo laminar

El factor de fricción para un flujo laminar totalmente desarrollado en una tubería circular, es solo función del número de Reynolds y también es independiente de la rugosidad de la superficie de la tubería por donde atraviesa el fluido y se denota de la siguiente manera (Domingo, 2011, p.57).

$$f \approx \frac{64}{Re} \quad (6)$$

Donde:

$f$  = factor de fricción

$Re$  = número de Reynolds

### 2.6.2 Factor de fricción para flujo turbulento

La mayor parte de fluidos utilizados en la ingeniería son de tipo turbulento, la ciencia del flujo laminar aún no se conocen totalmente a profundidad, por lo que es necesario apoyarse en experimentos y en correlaciones empíricas o semi empíricas ideadas para diferentes situaciones (Cengel & Ghajar, 2011, p.327)

El factor de fricción para un flujo turbulento totalmente desarrollado depende del número de Reynolds y la rugosidad relativa, la rugosidad relativa se la denomina así:

$$\text{rugosidad relativa} = \frac{\varepsilon}{D} \quad (7)$$

Donde:

$\varepsilon$  = altura media de rugosidad de la tubería

$D = \text{diametro de la tubería}$

En la ecuación de Colebrook se encuentra implícita  $f$ , y para determinar el factor de fricción se necesita realizar varias iteraciones a menos que se utiliza un software que permita resolver las ecuaciones, uno muy utilizado es el software EES (Cengel & Ghajar, 2011, p. 341).

En el intervalo de rugosidades relativas  $10^{-6} \leq \frac{\epsilon}{D} \leq 10^{-2}$  y valores del número de Reynolds  $5000 \leq Re \leq 10^8$  se puede obtener una aproximación explícita (Cengel & Ghajar, 2011, p.341).

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log_{10} \left( \frac{\epsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (8)$$

Donde:

$f = \text{factor de fricción}$

$\epsilon = \text{altura media de rugosidad de la tubería}$

$D = \text{diametro de la tubería}$

$Re = \text{número de Reynolds}$

Los valores obtenidos con esta ecuación explícita son valores aproximados de la ecuación de Colebrook en buena parte del rango de interés ( $\pm 1\%$ ), y fue desarrollada por P. K. Swamee y A. K. Jain, algunos de estos valores de rugosidad se pueden ver en la tabla 4-2 (Domingo, 2011, p.59).

**Tabla 4-2:** Rugosidad de conducto: valores de diseño.

Material	Rugosidad (m)	Rugosidad (ft)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	$3,0 \times 10^{-7}$	$9,8 \times 10^{-7}$
Tubo extruido, cobre, latón y acero	$1,5 \times 10^{-6}$	$4,9 \times 10^{-6}$
Acero comercial o soldado	$4,6 \times 10^{-5}$	$1,5 \times 10^{-4}$
Hierro galvanizado	$1,5 \times 10^{-4}$	$4,9 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil recubierto	$1,2 \times 10^{-4}$	$3,9 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil no recubierto	$2,4 \times 10^{-4}$	$7,9 \times 10^{-4}$
Concreto, bien fabricado	$1,2 \times 10^{-4}$	$3,9 \times 10^{-4}$
Acero remachado	$1,8 \times 10^{-4}$	$5,9 \times 10^{-4}$

Fuente: (Mott, 2006, p.235).

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

## 2.7 Diagrama de Moody

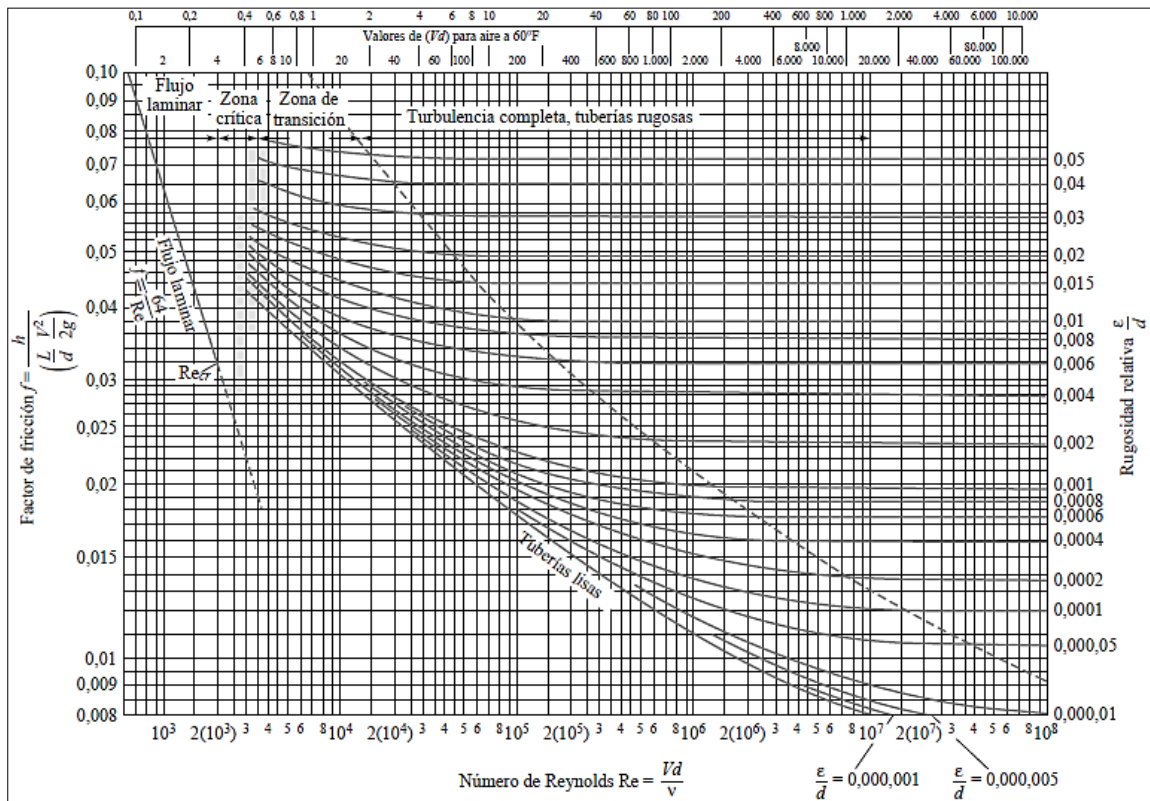
El uso del diagrama de Moody es el método más utilizado para evaluar el factor de fricción, este diagrama representa el número de Reynolds y el factor de fricción en forma de curvas paramétricas relacionadas con la rugosidad relativa, este diagrama se obtiene a partir de la ecuación de Colebrook, como se ve en la figura 7-2, así como se puede apreciar de forma directa algunos de los valores de rugosidad para conductos comerciales en la tabla 5-2 (White, 2003, p.358).

**Tabla 5-2:** Valores recomendados de rugosidad para conductos comerciales.

$\epsilon$				
Material	Condición	ft	mm	Incertidumbre %
Acero	Lámina metálica, nueva	0,00016	0,05	60
	Inoxidable	0,000007	0,02	50
	Comercial, nuevo	0,00015	0,046	30
	Estriado	0,01	3	70
	Oxidado	0,007	2	50
Hierro	Fundido, nuevo	0,00085	0,26	50
	Forjado, nuevo	0,00015	0,046	20
	Galvanizado, nuevo	0,0005	0,15	40
	Fundido, asfáltico	0,0004	0,12	50
Latón	Laminado	0,000007	0,002	50
Plástico	Tubo laminado	0,000005	0,0015	60
Vidrio	-	Liso	Liso	
Hormigón	Liso	0,00013	0,04	60
	Rugoso	0,007	2	50
Caucho	Liso	0,000033	0,01	60
Madera	En duelas	0,0016	0,5	40

Fuente: (White, 2003, p.358).

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.



**Figura 7-2.** Diagrama de Moody para el coeficiente de fricción.

Fuente: (White, 2003, p.358).

## 2.8 Conservación de la energía

La energía que se transfiere a un sistema o la energía que es extraída del sistema durante un proceso tiene que ser igual al cambio en el contenido de energía de ese sistema, al principio de conservación de energía también se le conoce como “balance de energía” y se expresa como (Cengel & Ghajar, 2011, p.172).

$$E_{entra} = E_{sale} \quad (9)$$

Donde:

$E_{entra}$  = energía que entra al sistema

$E_{sale}$  = energía que sale del sistema

Para los sistemas de generación de energía donde se ocupan los fluidos que van de un punto a otro, con un gasto, una velocidad y una diferencia de elevación especificados generan trabajo mecánico en una turbina o puede consumir este tipo de trabajo en una bomba.

A la energía mecánica se la define como la energía que se puede convertir directamente en trabajo mecánico por medio de un dispositivo mecánico ideal, como lo es el caso de la turbina. Las formas más comunes de la energía mecánica son: la energía potencial y la energía cinética. Una energía que no debemos pasar por alto y es importante en el estudio de la conservación de energía es la energía de la bomba, la cual transfiere energía mecánica a un fluido cuando aumenta su presión, y una turbina es la que se encarga de extraer la energía que produce la bomba. Por lo tanto, debemos considerar y asociar a la presión del fluido con energía mecánica.

Una fuerza de presión que esta ejercida sobre un fluido a lo largo de un tramo produce trabajo, esta definición se la conoce mejor como trabajo de flujo. El trabajo de flujo está definido en función de las propiedades del fluido de trabajo, por lo tanto, debemos verlo como parte de la energía y llamarlo energía de flujo. Entonces, ahora la energía mecánica del fluido la expresamos como se muestra a continuación (Cengel & Ghajar, 2011, p.172).

$$e_{mec} = \frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gz \quad (10)$$

Donde:

$$\frac{P}{\rho} = \text{energía de flujo}$$

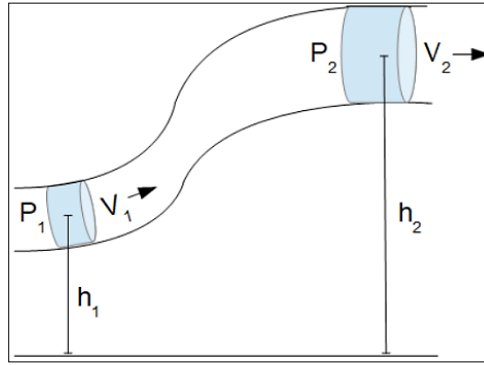
$$\frac{v^2}{2} = \text{energía cinética}$$

$$gz = \text{energía potencial del fluido}$$

## 2.9 Principio de Bernoulli

Se define como la energía que se transfiere a un sistema o la energía que es extraída del sistema durante un proceso tiene que ser igual al cambio en el contenido de energía de ese sistema, al principio de conservación de energía también se le conoce como “balance de energía”, ver figura 8-2, ver ecuación 9 (Cengel & Ghajar, 2011, p.185)

$$E_{entra} = E_{sale}$$



**Figura 8-2.** Balance de energía entre dos puntos.

**Fuente:** (Principio de, 2020).

Ahora entre los dos puntos de análisis se realizó un balance de energías mecánicas de un fluido en el curso de que se trate de un flujo incompresible. (Cengel & Ghajar, 2011, p.206)

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2 \quad (11)$$

Para facilitar la visualización y entendimiento de la ecuación de Bernoulli, y por conveniencia de representar de manera gráfica el nivel de la energía mecánica, usando alturas, cada término de la ecuación se divide para  $g$ , teniendo la siguiente ecuación (Cengel & Ghajar, 2011, p.207).

$$\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z = H = \text{constante} \quad (12)$$

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 = H \quad (13)$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 = H \quad (14)$$

La ecuación anterior si la interpretamos bien, nos quiere decir que el valor de la constante puede evaluarse en cualquier punto por donde circula el flujo en donde se conocen la presión, densidad, velocidad y elevación, cada término de esta ecuación tiene unidades de presión y, por lo tanto, cada uno representa una clase de presión (Cengel & Ghajar, 2011, p.207).

$\frac{P}{\gamma} =$  *Presión estática (carga de presión)*: representa la altura de una columna de fluido

$\frac{V^2}{2g} =$  *Presión dinámica (carga de velocidad)*: representa la elevación necesaria para que un fluido alcance la velocidad durante una caída libre sin fricción

$z =$  *Presión hidrostática (carga de elevación)*: representa la energía potencial del fluido.

## 2.10 Conservación de la masa “Ecuación de continuidad en fluidos”

La conservación de la masa de un fluido enuncia que al tomar un tramo de un sistema de conducción de un fluido a la entrada de este se va a tener una masa inicial  $\Delta m_1$  que es la misma masa a la salida de este  $\Delta m_2$  en un determinado tiempo  $\Delta t$ , de donde se obtiene las siguientes ecuaciones a partir del análisis de la figura 9-2 (Carballo, 2018, p.9).

$$\Delta m_1 = \rho_1 \Delta V_1 = \rho_1 A_1 \Delta x_1 = \rho_1 A_1 v_1 \Delta t \quad (15)$$

$$\Delta m_2 = \rho_2 \Delta V_2 = \rho_2 A_2 \Delta x_2 = \rho_2 A_2 v_2 \Delta t \quad (16)$$

Donde:

$A$  = sección transversal del sistema de conducción

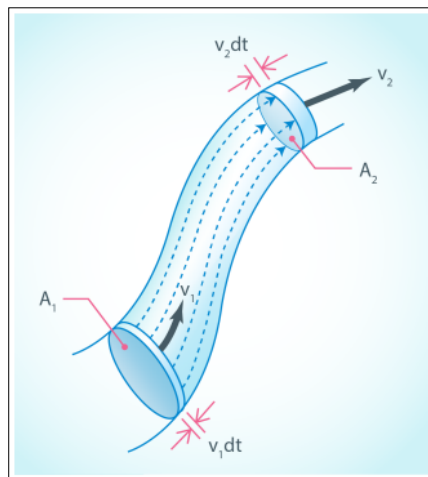
$V$  = volumen del fluido

$t$  = tiempo

$\rho$  = densidad del fluido

$x$  = distancia

$v$  = velocidad del fluido



**Figura 9-2.** Principio de continuidad.

Fuente: (Principio de, 2020).



Como definimos la masa a la entrada y a la salida se demuestra en la ecuación 18

$$\Delta m_1 = \Delta m_2 \quad (17)$$

Remplazando la ecuación 15 y la ecuación 16 en la ecuación 17, se tiene la siguiente ecuación.

$$\rho_1 A_1 v_1 \Delta t = \rho_2 A_2 v_2 \Delta t \quad (18)$$

El resultado de la ecuación 19, es lo que se conoce como ecuación de continuidad de un fluido, ahora si consideramos que el fluido es incompresible o fluido “ideal” se tiene que su densidad es constante por lo que se elimina este término de la ecuación como se ve en la siguiente ecuación.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (19)$$

A la ecuación 20 se la determina como ecuación de continuidad de un fluido incompresible, ahora como sabemos la ecuación 20 es igual a una constante que en mecánica de fluidos se la conoce como el caudal  $Q$  que es la cantidad de volumen que atraviesa el sistema en un determinado tiempo como se indica en la siguiente ecuación.

$$Q = A v \quad (20)$$

## 2.11 Pérdidas de energía

### 2.11.1 Pérdidas principales de energía (por fricción)

La caída de presión es el principal estudio de interés en el análisis de flujo en las tuberías ya que está estrechamente relacionada con la potencia necesaria para que una bomba mantenga el flujo. Una pérdida de presión irreversible es ocasionada por efectos viscosos conocida como pérdida de presión (pérdidas principales)  $h_f$ , si la analizamos de otra manera esta caída de presión es proporcional a la viscosidad del fluido, en la práctica, es importante expresar la pérdida de presión para todos los tipos de flujos internos totalmente desarrollados (laminar o turbulento). En general las pérdidas de carga son una función compleja de las propiedades del fluido, de la geometría del sistema y de las características del flujo y a continuación se muestra la ecuación 21 (Cengel & Ghajar, 2011, p.125).

$$h_f = \frac{fLV^2}{2Dg} \quad (21)$$

Donde:

$h_f$  = pérdidas principales (mca)

$f$  = factor de fricción

$V = \text{velocidad del fluido} \left(\frac{m}{s}\right)$

$D = \text{diametro interno de la tubería (m)}$

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

$L = \text{longitud de la tubería (m)}$

A la velocidad del fluido se la debe dejar expresada en términos de  $Q$ , ya que en todos los estudios de ingeniería a la cantidad de fluido que pasa por el área de una tubería se la conoce como caudal, con la ecuación 20 de continuidad, definimos la ecuación para caudal (Mott, 2006, p.154).

$$Q = V.A$$

Donde:

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

$V = \text{velocidad del fluido} \left(\frac{m}{s}\right)$

$A = \text{sección transversal de la tubería (m}^2\text{)}$

Sabiendo que el área de una tubería es igual a

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (22)$$

y que despejando la velocidad del fluido de la ecuación 20, y reemplazando estos valores en la ecuación 21 de pérdidas principales, se obtiene la ecuación 23.

$$h_f = \frac{8fLQ^2}{\pi^2 D^5 g} \quad (23)$$

La ecuación 23 expresa en forma matemática la ecuación de Darcy.

Realizando un nuevo balance de energías ahora con una bomba, la cual aportaría energía al fluido y tomando en cuenta las pérdidas principales, el balance de energías quedaría de la siguiente manera 21 (Cengel & Ghajar, 2011, p.207)

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + H_B = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_f \quad (24)$$

Donde:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \text{energía disponible inicial}$$

$H_B = \text{aporte de energía de la bomba}$

$$\frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 = \text{energía disponible final}$$

$h_f = \text{pérdidas principales (fricción)}$

### 2.11.2 Pérdidas secundarias de energía (por accesorios)

Es común que, en un sistema de tuberías el fluido atraviese por varias uniones, válvulas, codos, ramificaciones en formas de T (conexión en T), salidas, entradas, rejillas, estrechamientos, ensanchamientos, bifurcaciones y adicionalmente por la tubería. Las pérdidas que se producen por la longitud de tubería (pérdidas mayores) son mucho mayor a las pérdidas producidas por los accesorios (pérdidas menores), pero en algunos casos esto no se cumple, por ejemplo, en un sistema con varias vueltas y válvulas con distancias cortas entre sí, las pérdidas de presión por válvulas son mayores que las pérdidas de presión por longitud de tubería. Otro ejemplo sería cuando una válvula está totalmente abierta, en este caso no existiría pérdidas de presión considerables, en cambio si tuviéramos la válvula parcialmente cerrada las pérdidas de presión aumentarían, debido a este tipo de inconvenientes no es recomendable realizar un análisis teórico, ver figura 10-2 (CRANE, 1992, p.24).

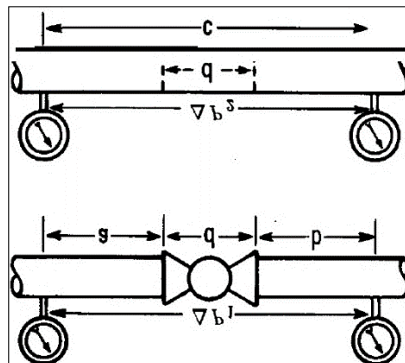


Figura 10-2. Tramos de tubería.

Fuente: (CRANE, 1992, p.24).

Como observamos en la Figura 10-2, se tiene dos tramos de tubería del mismo diámetro y longitud. El segundo tramo tiene una válvula de globo con una longitud “d” la cual genera una pérdida menor que el primer tramo que solo contiene una tubería con una longitud “a+b” (CRANE, 1992, p.24).

Para este caso, los fabricantes de los accesorios determinan las pérdidas menores de manera experimental.

Las pérdidas secundarias (pérdidas menores o pérdidas por accesorios) se definen en términos del coeficiente de pérdidas  $K_L$  (coeficiente de resistencia) con la siguiente ecuación (CRANE, 1992, p.32).

$$h_L = \frac{K_L v^2}{2g} \quad (25)$$

Donde:

$h_L$  = pérdidas por accesorios (mca)

$K_L$  = coeficiente de pérdida

$v^2$  = velocidad del fluido  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$g$  = aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

Así como definimos con anterioridad a la velocidad del fluido debemos dejarle expresada en términos de  $Q$ , ya que en todos los estudios de ingeniería a la cantidad de fluido que pasa por el área de una tubería se la conoce como caudal, con la ecuación 20 de continuidad, definimos la ecuación para caudal:

$$Q = v.A$$

Donde:

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

$v$  = velocidad del fluido  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$A$  = sección transversal de la tubería ( $m^2$ )

Con la ecuación 22 de  $A = \frac{\pi D^2}{4}$  y despejando la velocidad del fluido de la ecuación 20 reemplazando en la ecuación 25 de pérdidas secundarias, tenemos la siguiente ecuación:

$$h_L = \frac{8K_L Q^2}{\pi^2 g D_{acc}^4} \quad (26)$$

Donde:

$h_L$  = pérdidas por accesorios (mca)

$K_L$  = coeficiente de pérdida

$Q$  = caudal del fluido  $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

$g$  = aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

$D_{acc}$  = diametro interior del accesorio

Realizando un nuevo balance de energías ahora con una bomba, la cual aportaría energía al fluido y tomando en cuenta las pérdidas principales (por fricción) y secundarias (por accesorios), el balance de energías quedaría de la siguiente manera como se muestra en la ecuación 27 (Cengel & Ghajar, 2011, p.208).

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + H_B = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_f + h_L \quad (27)$$

Donde:

$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1$  = energía disponible inicial

$H_B$  = aporte de energía de la bomba

$\frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$  = energía disponible final

$h_f$  = pérdidas principales (fricción)

$h_L$  = pérdidas secundarias (accesorios)

## 2.12 Coeficientes de resistencia para válvulas

Las válvulas son utilizadas para tener control sobre la cantidad de fluido que va a dejar pasar por un tramo de tubería, las cuales pueden ser de varios tipos como: válvulas de globo, ángulo, compuerta, mariposa y muchas otras más (CRANE, 1992, p.32).

Los acoplamientos en cambio dirigen la trayectoria del fluido, estos accesorios pueden ser codos de varios diseños y ángulos, tes, reductores, boquillas y orificios, por eso es importante definir los parámetros de resistencia para el tipo particular y tamaño elegidos, ya que estos dependen de la geometría de la válvula o accesorio de acoplamiento.

La pérdida de energía que sufre el fluido cuando circula por una válvula o acoplamiento se calcula con la ecuación 28 (CRANE, 1992, p.32).

$$K = \left(\frac{L_e}{D}\right)f_t \quad (28)$$

Donde:

$\frac{L_e}{D}$  = relación de longitud equivalente

$L_e$  = longitud equivalente

$D$  = diametro interior de la tubería

$f_t$  = factor de fricción en la tubería en la que está conectada la válvula

Los valores de  $f_T$  van a variar dependiendo del tamaño de la tubería y la válvula, por lo que  $K$  también va a variar, a continuación, se muestran los valores de  $f_T$  para tamaños estándar de tubería de acero, nueva y limpia como se ve en la tabla 6-2 y tabla 7-2 (Mott, 2006, p.297).

**Tabla 6-2:** Resistencia de válvulas, expresado como longitud equivalente de tubería  $\frac{L_e}{D}$

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería $\frac{L_e}{D}$
Válvula de globo – abierta por completo	340
Válvula de ángulo – abierta por completo	150
Válvula de compuerta – abierta por completo	8

¾ abierta	35
½ abierta	160
¼ abierta	900
Válvula de verificación – tipo giratorio	100
Válvula de verificación – tipo bola	150
Válvula de mariposa – abierta por completo, 2 a 8 pulg	45
- 10 a 14 pulg	35
- 16 a 24 pulg	25
Válvula de pie – tipo disco de vástago	420
Válvula de pie – tipo disco de bisagra	75
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar – con flujo directo	20
Te estándar – con flujo en el ramal	60

Fuente: (Mott, 2006, p.235)

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

**Tabla 7-2:** Factor de fricción para tubería de acero comercial, nueva y limpia.

Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción $f_T$	Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción $f_T$
1/2	0.027	3 ½, 4	0.017
3/4	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
1 ¼	0.022	8-10	0.014
1 ½	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
2 ½	0.018		

Fuente: (Mott, 2006, p.235)

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### 2.13 Método de la longitud equivalente.

La pérdida de carga que posee un sistema de tubería a lo largo de su longitud presenta muchas singularidades. Este método consiste en aumentar el largo equivalente de la tubería, de forma tal que estas longitudes mayores correspondan a la misma pérdida de carga que causaría por sí mismas, en otras palabras, este método trata de expresar las pérdidas en forma de longitud equivalente  $L_e$ , es decir trata de valorar cuantos metros de tubería recta del mismo diámetro producen una pérdida de carga continua que equivale a la pérdida que se produce en el punto singular (Cengel & Ghajar, 2011, p.329).

$$h_f = \frac{8f(L + \Sigma L_e)Q^2}{\pi^2 D^5 g} \quad (29)$$

Donde:

$h_f$  = pérdidas principales (mca)

$f$  = factor de fricción

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

$D$  = diametro interno de la tubería (m)

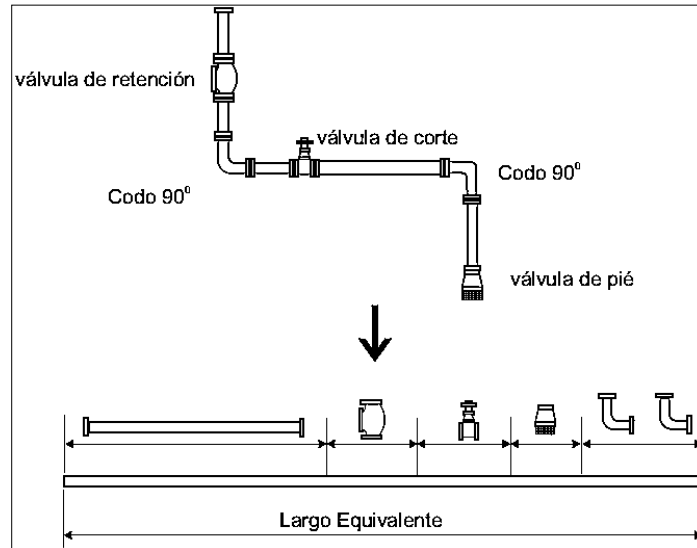
$g$  = aceleración de la gravedad  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

$L$  = longitud de la tubería (m)

$\Sigma L_e$  = sumatoria de las longitudes equivalentes para cada accesorio (m)

A continuación, en la Figura 11-2. Se muestra un ejemplo de la aplicación del método de la longitud equivalente (KSB, 2002, p.41).





**Figura 11-2.** Pérdidas por longitud equivalente

Fuente: (KSB, 2002, p.41)

Como se puede observar en la Figura 11-2, las pérdidas en los accesorios son transformadas a pérdidas por longitud equivalente y adicionalmente sumadas las pérdidas por longitud de tubería, llegando así a demostrar la ecuación 29 descrita anteriormente (KSB, 2002, p.43).

$$h_f = \frac{8f(L + \Sigma L_e)Q^2}{\pi^2 D^5 g}$$

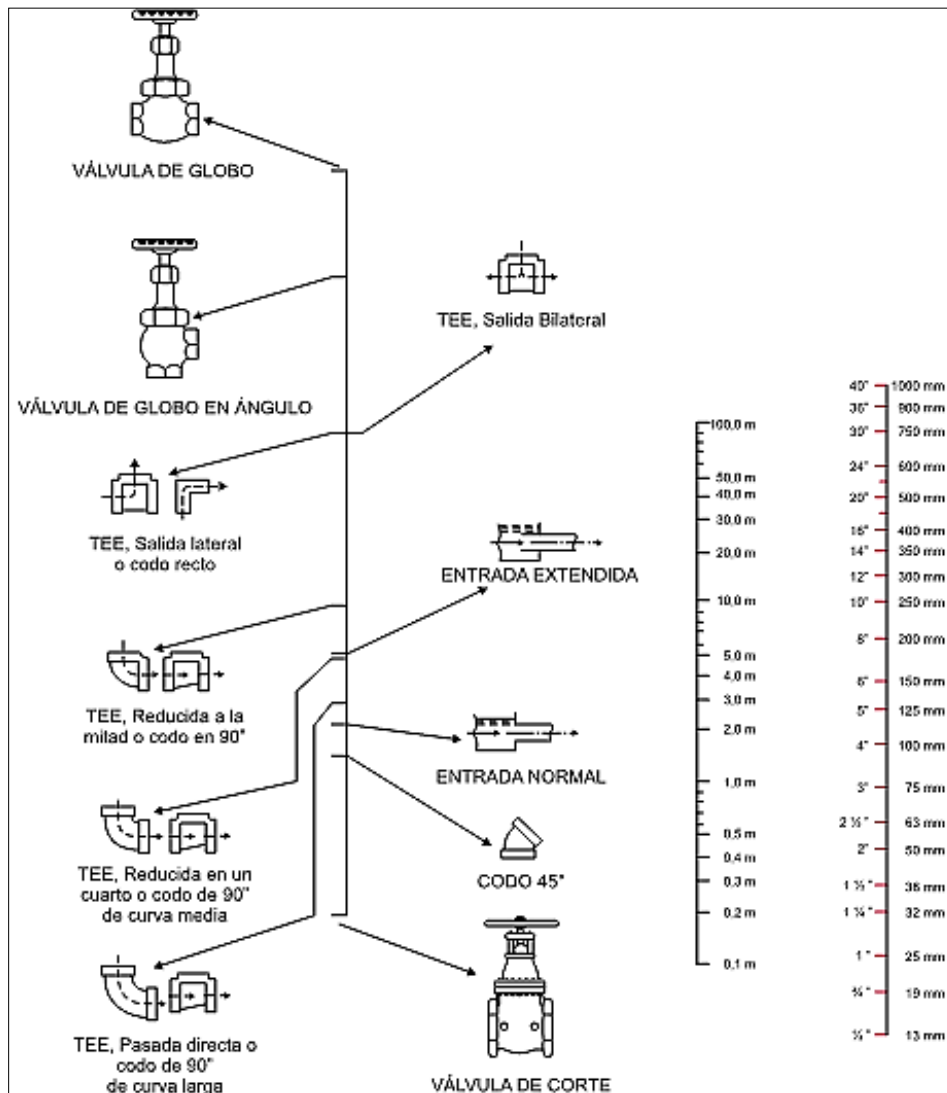
Los valores de longitud equivalente para cada accesorio se muestran en la figura 12-2.

DIAMETRO D																				
mm	pulg	CODO 90° CURVALARGA	CODO 90° CURVA MEDIA	CODO 90° CURVA CORTA	CODO 45°	CURVA 90° R/D - 1 1/2	CURVA 90° R/D - 1	CURVA 45°	ENTRADA NORMAL	ENTRADA EXTENDIDA	VÁLVULA DE CORTE ABIERTA	VÁLVULA DE GLOBO ABIERTA	VÁLVULA DE GLOBO EN ANGULO ABIERTA	TEE CON PASADIZO DIRECTO	TEE CON SALIDA LATERAL	TEE CON SALIDA BILATERAL	VÁLVULA DE PIE Y FILTRO	CANALIZACIÓN	VÁLVULA DE RETENCIÓN TIPO BOLA	VÁLVULA DE RETENCIÓN TIPO CHAPALETA
13	½	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	¾	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	1 ¼	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38	1 ½	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
63	2 ½	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,6	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100	4	2,1	2,8	3,4	1,3	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	6,4	12,9
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,5	6,0	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,5	7,5	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,8	2,2	5,5	9,0	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	38,0
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0

**Figura 12-1.** Cargas localizadas expresadas en (metros de tubería recta)

Fuente: (KSB, 2002, p.44)

A continuación, se presenta la figura 13-2 donde se pueden determinar las pérdidas por accesorios mediante el largo equivalente para pérdidas de carga localizadas:



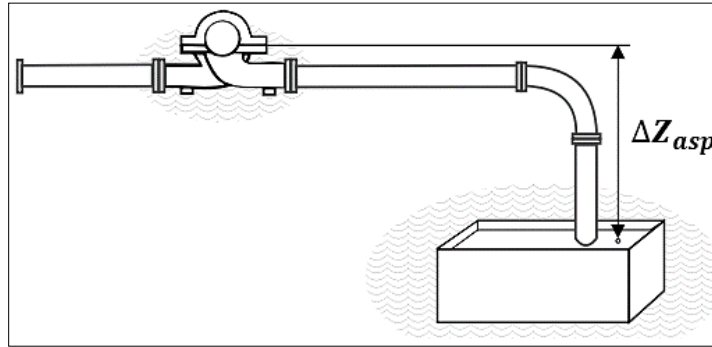
**Figura 13-2.** Largo equivalente para pérdidas de carga localizadas

Fuente: (KSB, 2002, p.45)

## 2.14 Esquemas típicos de succión

### 2.14.1 Succión negativa

La succión de una bomba es negativa, cuando el nivel del líquido en el depósito de la succión está por debajo de la línea de centro del rodete de la bomba. En este caso  $\Delta Z_{asp}$  es negativo como se ve en la figura 14-2 (KSB, 2002, p.55).



**Figura 14-2.** Esquema de succión negativa

Fuente: (KSB, 2002, p.56)

### 2.15 Energía Hidráulica

La energía hidráulica se genera o se concibe como el proceso de transformación de la energía gravitacional, ver figura 15-2 nacida de un flujo de masa de un fluido en este caso el agua a través de un sistema de conducción con presión, sosteniendo que la energía hidráulica aportada a un sistema de generación es igual al peso del agua que está siendo transportado por nuestro sistema desde el punto inicial hasta su salida y se expresa de la siguiente forma en la ecuación 30 (Flórez, 2011, p.25).

$$E_H = H_{est} * m \quad (30)$$

Donde:

$E_H$  = Energía Hidráulica

$H_{est}$  = Altura estática.

$m$  = Peso del agua en el sistema que es equivalente a ( $\rho gV$ )

Partiendo de este conocimiento sabemos que el volumen es igual al caudal  $Q$ , de un sistema en un determinado tiempo  $t$  como se ve en la ecuación 31 (Flórez, 2011, p.26).

$$V = Q * t \quad (31)$$

De esta forma la energía hidráulica entregada a un sistema de generación queda expresada en la ecuación 32 (Flórez, 2011, p.27).

$$E_H = H_{est} * \rho g Q t \quad (32)$$

Donde podemos obtener la potencia que tendremos en este determinado sistema de conducción hidráulico (Flórez, 2011, p.27).

$$P_H = \frac{E_H}{t} = H_{est} * \rho g Q \quad (33)$$

Remplazando en la ecuación 33 los valores de la gravedad  $g$  y la densidad del agua  $\rho$  se tiene la ecuación 34 (Flórez, 2011, p.27).

$$P_H = 9.81 H_{est} * Q \quad (34)$$

Donde:

$P_H$  = potencia (kw)

$Q$  = caudal en ( $m^3/s$ )

$H_{est}$  = la caída en (m)

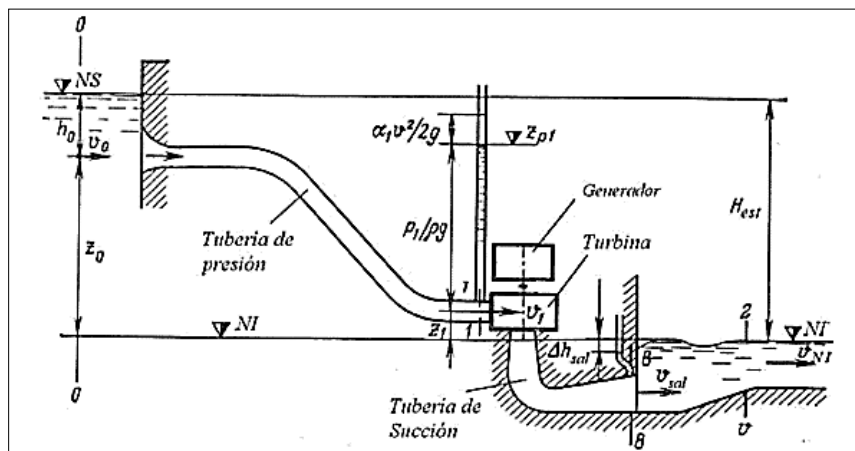


Figura 15-2. Proceso de transformación de la energía hidráulica

Fuente: (Flórez, 2011, p.25).

## 2.16 Potencia eléctrica

La potencia eléctrica mide la cantidad de corriente que circula a través de una resistencia, en un circuito eléctrico, la cantidad de potencia depende directamente del número de resistencias y de la cantidad de corriente, lo cual se expresa con la siguiente ecuación 35 (Floyd, 2007, p.100).

$$P = i^2.R \quad (35)$$

Donde:

$i$  = corriente en amperes (A)

$R$  = resistencia en ohms ( $\Omega$ )

$P$  = potencia en watts (W)

Una forma similar para expresar la potencia sería, en función del voltaje y de la corriente, sabiendo que el voltaje es igual  $V = i.R$ , como se muestra a continuación:

$$P = i^2.R \quad (36)$$

$$P = i.i.R \quad (37)$$

Sustituyendo  $V = i.R$  en la ecuación 37 anterior tenemos:

$$P = V.i(38)$$

Donde:

$i$  = corriente en amperes (A)

$V$  = voltaje en volts (volts)

$P$  = potencia en watts (W)

### 2.17 Eficiencia energética.

Según (Mantilla, 2007: p.64). La eficiencia energética de un sistema es la relación de la energía que se puede obtener de otra energía que alimenta dicho sistema, para el caso sería la energía eléctrica que se está generando a partir de la transformación de la energía hidráulica del sistema de conducción que entra al generador y la ecuación que permite encontrar esta eficiencia es la siguiente.

$$\%E = \frac{\text{Potencia Electrica}}{\text{Potencia Hidráulica}} * 100 \quad (39)$$

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Metodología de la investigación

A la metodología de la investigación se la puede definir como un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos, los cuales se aplican al estudio de un fenómeno o un problema.

La metodología de la investigación suministra una serie de herramientas teóricas y prácticas para la solución de los problemas mediante el método científico. Conceptualizando de una mejor manera, la metodología de la investigación es una disciplina de apoyo para los estudiantes de educación superior, los cuales pueden aplicar de manera objetiva y real el proceso de investigación, detectando y planteado un problema de investigación hasta llegar a la fase de solución y la presentación de resultados, para esto se requiere elaborar la metodología más oportuna para lograr el propósito planteado (Baray, 2006, p.8).

##### 3.1.1 Tipo de enfoque

###### 3.1.1.1 Enfoque Cuantitativo

Este tipo de enfoque emplea la recolección de datos para probar las hipótesis con base en la medición numérica y en el análisis estadístico, con el objetivo de establecer modelos de comportamiento y para demostrar teorías (Sampieri, 2014, p.4).

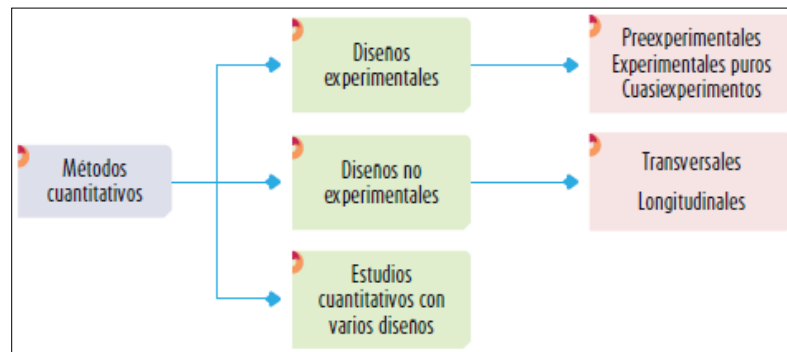
En la investigación realizada, se procede a utilizar un enfoque cuantitativo debido a que se tiene las siguientes características:

- SE TIENE LA NECESIDAD DE MEDIR Y APRECIAR LAS MAGNITUDES COMO: EL CAUDAL, LA PRESIÓN, EL VOLTAJE Y EL AMPERAJE, LAS CUALES VAN A VARIAR EN EL BANCO DE PRUEBAS.
- LA RECOLECCIÓN DE DATOS DE ESTA INVESTIGACIÓN SE BASA EN LA MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS MENCIONADOS (SE MIDEN VARIABLES O CONCEPTOS CONTENIDOS EN LA HIPÓTESIS).
- EN ESTA INVESTIGACIÓN SE PRETENDE MEDIR LOS PARÁMETROS OBTENIDOS EN EL BANCO DE PRUEBAS, LOS FENÓMENOS ANALIZADOS DEBEN SER DE FÁCIL VISUALIZACIÓN.
- COMO LOS DATOS OBTENIDOS SON PRODUCTO DE LAS MEDICIONES REALIZADAS EN EL BANCO DE PRUEBAS, ESTOS SE REPRESENTAN MEDIANTE NÚMEROS (CANTIDADES) EN LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN, LOS CUALES SE DEBEN ANALIZAR POR MÉTODOS ESTADÍSTICOS.

- PARA OBTENER DATOS CONFIABLES SE DEBE CONFIAR EN LA EXPERIMENTACIÓN O EN LAS PRUEBAS DE MEDICIÓN
- EL ANÁLISIS CUANTITATIVO SE INTERPRETA MEDIANTE ESTUDIOS PREVIOS, LOS CUALES CONSTITUYEN UNA EXPLICACIÓN DE CÓMO LOS RESULTADOS SE ACOPLAN EN EL CONOCIMIENTO EXISTENTE, PARA ELLO ES IMPORTANTE COMPRENDER Y UTILIZAR LOS CONCEPTOS DEFINIDOS EN EL MARCO TEÓRICO.

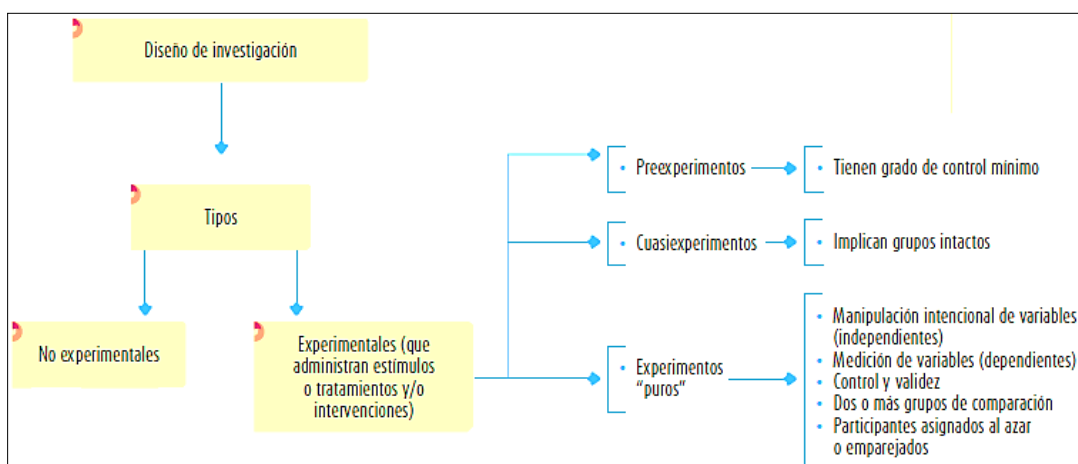
### 3.1.2 Concepción o elección del diseño

La importancia de desarrollar un diseño de investigación es para responder a las preguntas planteadas en la investigación sobre la micro generación de energía, existen dos principales diseños cuantitativos como: experimentales y no experimentales, como se ve en las figuras 1-3 y 2-3.



**Figura 1-3.** Métodos cuantitativos para el diseño metodológico

Fuente: (Sampieri, 2014, p.535)



**Figura 2-3.** Diseño de investigación experimental

Fuente: (Sampieri, 2014, p.207)

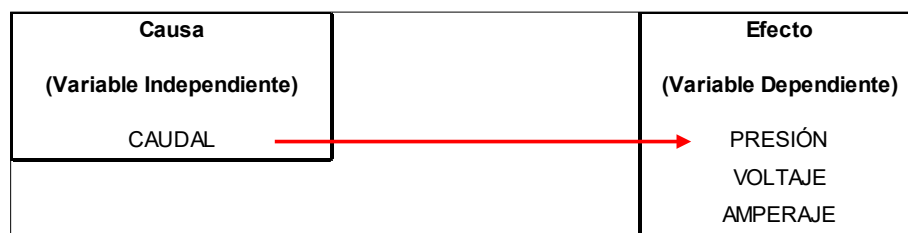


El enfoque cuantitativo para el desarrollo de la investigación fue el cuantitativo, en base a este enfoque la calidad de la investigación se relaciona con el grado que se aplique el diseño tal y como fue propuesto (en caso de experimentos), el diseño del banco de pruebas de micro generación hidráulica se debe ajustar a cambios (tendría que modificarse o adecuarse).

El diseño de investigación experimental tiene dos acepciones, una general y la particular. Para el desarrollo de la investigación sobre la micro generación hidráulica, se ha escogido el diseño experimental particular. Este tipo de diseño experimental se maneja con un sentido científico, se refiere al estudio donde se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, para posteriormente analizar las consecuencias que la manipulación ejerció sobre una o más variables dependientes dentro de una situación de control para el investigador. En el diseño experimental se manipulan estímulos e intervenciones (variables independientes) con el objetivo de observar los efectos que produce sobre otras variables (variables dependientes) en una situación de control (Sampieri, 2014, p.4).

La variable dependiente no se manipula, por el contrario, la variable dependiente es la que se mide para observar el efecto que la manipulación que se realizó en la variable independiente tiene sobre aquella (Sampieri, 2014, p.4).

Para el estudio sobre la micro generación hidráulica la variable que se va a manipular es el parámetro del caudal (variables independientes), mediante la manipulación de este parámetro se varían los parámetros de presión, voltaje y amperaje, los cuales vendrían a ser las variables dependientes para esta investigación, ver figura 3-3.



**Figura 3-3.** Variable Dependiente – Variable Independiente

**Realizado por:** Castro, D & Guerrero, C, (2021)

En este trabajo de investigación se requiere obtener los parámetros de funcionamiento del micro generador que se encuentra en el banco de pruebas de micro generación hidráulica, las variables dependientes (presión, voltaje, amperaje) no van a ser manipulables, a estos parámetros se los va a medir mediante instrumentos de medición, los cuales van a variar cuando se manipule la variable independiente (caudal). La variación de los parámetros (presión, voltaje, amperaje) se va a dar

cuando se manipule el paso del fluido (caudal) a través del cierre y apertura de la válvula de compuerta ubicada a la salida de la bomba.

### **3.1.3 Alcance de la investigación**

El alcance que va a tener la presente investigación va a ser resultado de la revisión de la bibliografía y de la perspectiva de este estudio. Este alcance también va a depender de los objetivos planteados, para de esta manera combinar los elementos que se van a estudiar.

El estudio realizado depende principalmente de dos factores: el estado del conocimiento sobre el problema de investigación, mostrado por la revisión bibliográfica, y la otra depende de la perspectiva que se pretenda dar al estudio (Sampieri, 2014, p.18).

#### **3.1.3.1 Estudio Correlacional**

Este tipo de estudio tiene como objetivo conocer la relación que existe entre dos o más variables en una muestra en particular. A veces existe muchas ocasiones donde se analiza solo la relación entre dos variables, pero también es muy frecuente el estudio de la relación entre tres, cuatro o más variables (Sampieri, 2014, p.93).

La investigación correlacional en gran medida tiene un valor explicativo, ya que solo con saber que dos o más variables se relacionan entrega cierta información explicativa, esto quiere decir que mientras mayor sea el número de variables que se asocian en el estudio y mayor sea la fuerza de las correlaciones, se tendrá una explicación más completa.

Para este trabajo de investigación se estudia la relación que existe entre los parámetros de caudal, presión, voltaje y amperaje, las cuales vendrían a ser variables de estudio. El objetivo primordial del estudio correlacional se basa en primero medir cada una de las variables en estudio para después cuantificar, analizar y establecer diferentes tipos de vinculación, en el banco de pruebas de micro generación hidráulica se va a medir las variables de presión, voltaje y amperaje cuando se varié el caudal, para después analizar la relación y el comportamiento que existe entre estas 4 variables. Si las variables están correlacionadas y se sabe la magnitud de esta asociación, se tiene bases para predecir con mayor o menor exactitud, los valores aproximados que tendrán en los ensayos realizados (Sampieri, 2014, p.93).

### **3.1.4 Población**

La población de estudio se define como una agrupación de casos, definidos, limitados y accesibles que formaran parte de la elección de la muestra que cumple con una serie de criterios, los cuales ya se encuentran predeterminados (Sampieri, 2014, p.172).

La población de estudio para el banco de pruebas de micro generación hidráulica quedaría limitada por los parámetros de funcionamiento, la población en estudio sería los datos obtenidos con los instrumentos de medición para los parámetros de caudal, presión, voltaje y amperaje, para lo cual se debería realizar una serie de pruebas, para posteriormente abstraer una muestra para cada parámetro de funcionamiento.

### **3.1.5 Muestra**

Cuando se trata de un enfoque cuantitativo en el diseño de la investigación, la muestra es un subgrupo de la población de interés en el cual se procede a recolectar datos, estos tienen que definirse y delimitarse previamente con precisión, además estas muestras escogidas deben ser las más representativas de la población de estudio, teniendo como interés principal en que la muestra escogida sea estadísticamente la más representativa (Sampieri, 2014, p.12).

Al momento de seleccionar la muestra se debe evitar los siguientes tres errores:

1. DESECHAR O NO SELECCIONAR LOS CASOS QUE DEBERÍAN SER PARTE DE LA MUESTRA.
2. INCORPORAR CASOS QUE NO DEBERÍAN ESTAR PORQUE NO FORMAN PARTE DE LA POBLACIÓN.
3. ELEGIR LOS CASOS QUE SON VERDADERAMENTE NO ELEGIBLES.

La selección de la muestra se puede dar de dos formas, la probabilística y la no probabilística y esto se hace dependiendo del planteamiento del problema, el diseño de investigación y el alcance de sus aportes. Las muestras probabilísticas poseen muchas ventajas, y la principal es que puede medir el tamaño del error en las predicciones (Sampieri, 2014, p.14).

Las muestras probabilísticas son de gran importancia en los diseños de investigación correlacionales, en los cuales se pretende realizar estimaciones de las variables en la población (Sampieri, 2014, p.14).

Para esta investigación, la muestra escogida serían los parámetros de funcionamiento del banco de pruebas como: el caudal, la presión, el voltaje y el amperaje, estos parámetros serían parte del subgrupo de interés en el cual se procede a recolectar los datos correspondientes para cada parámetro de funcionamiento.

### **3.1.6 Métodos de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos permiten organizar a la investigación para obtener un nuevo conocimiento acerca del fenómeno en estudio, existen dos técnicas de recolección de datos, la técnica empírica y la técnica documental (Montes, 2014, p.110).

#### **3.1.6.1 Técnica documental**

Esta técnica permite la recopilación de las evidencias para demostrar la hipótesis de la investigación. Dicha técnica está formada por la revisión de documentos de varios tipos: datos, registros, actas revistas, memorias e información estadística (Montes, 2014, p.110).

#### **3.1.6.2 Técnica empírica**

Esta técnica permite la observación en contacto directo con el objeto de estudio. A continuación, se nombran las siguientes técnicas empíricas (Montes, 2014, p.110.):

- a) Observación
- b) Entrevista
- c) Encuesta
- d) Cuestionario

#### **a) OBSERVACIÓN**

Permite la recolección de datos que admite apilar y sistematizar información del objeto en estudio, los instrumentos utilizados son: hojas de registro, guías de observación, formularios, scanner, instrumentos de medición (digitales, analógicos).

#### **b) ENTREVISTA**

Permite adquirir información sobre las características de un problema cualesquiera, estos datos pueden ser complementarios o novedosos, los cuales ayudan a cuantificar las características del objeto que está en investigación. El único instrumento con el que cuenta esta técnica es la guía de entrevista: Utiliza preguntas abiertas.

#### **c) ENCUESTA**

Permite obtener información inmediata para describir y explicar algún problema. Esta técnica se aplica a la muestra más representativa de la población en estudio.

#### **d) CUESTIONARIO**

Esta técnica funciona como un instrumento de investigación que se encuentra estructurado con un grupo de preguntas con el objetivo de obtener información sobre el objeto de estudio. Esta técnica utiliza preguntas preferentemente cerradas.

Una vez analizadas las diferentes técnicas de recolección de datos, se llega a la conclusión que la técnica utilizada para la presente investigación es la técnica empírica de observación, esta permite recolectar los datos arrojados por los instrumentos de medición tanto analógicos como digitales que se encuentran instalados en el banco de pruebas, a su vez también esta técnica permite recolectar información a través del uso de guías de observación las cuales se las facilita al momento de realizar ensayos en el banco de pruebas.

### **3.2 Diseño conceptual**

En el presente capítulo se da a conocer y exponer las consideraciones que se han tomado en cuenta para el diseño, implementación y fabricación del equipo, adicionalmente se ha agregado una descripción detallada de las funciones y características con las que debe contar el equipo. Para la elaboración de esta investigación se ha visto conveniente usar el Método Morfológico basado en la norma VDI 2221.

Es de suma importancia seguir procesos que ayuden a prevenir errores antes de comenzar con el proceso de producción, las metodologías y teorías mencionadas en este documento procuran dar solución a los problemas a partir de procesos correctamente especificados. La persona que está diseñando debe estar dispuesta constantemente a tomar decisiones, las cuales están cuestionadas todo el tiempo hasta llegar a la solución óptima. Los resultados de calidad en el diseño son la consecuencia de las experiencias y los conocimientos que domina el diseñador (Barriga, 2016: p.10).

Las razones para poder emplear o aplicar una metodología de diseño se muestran a continuación:

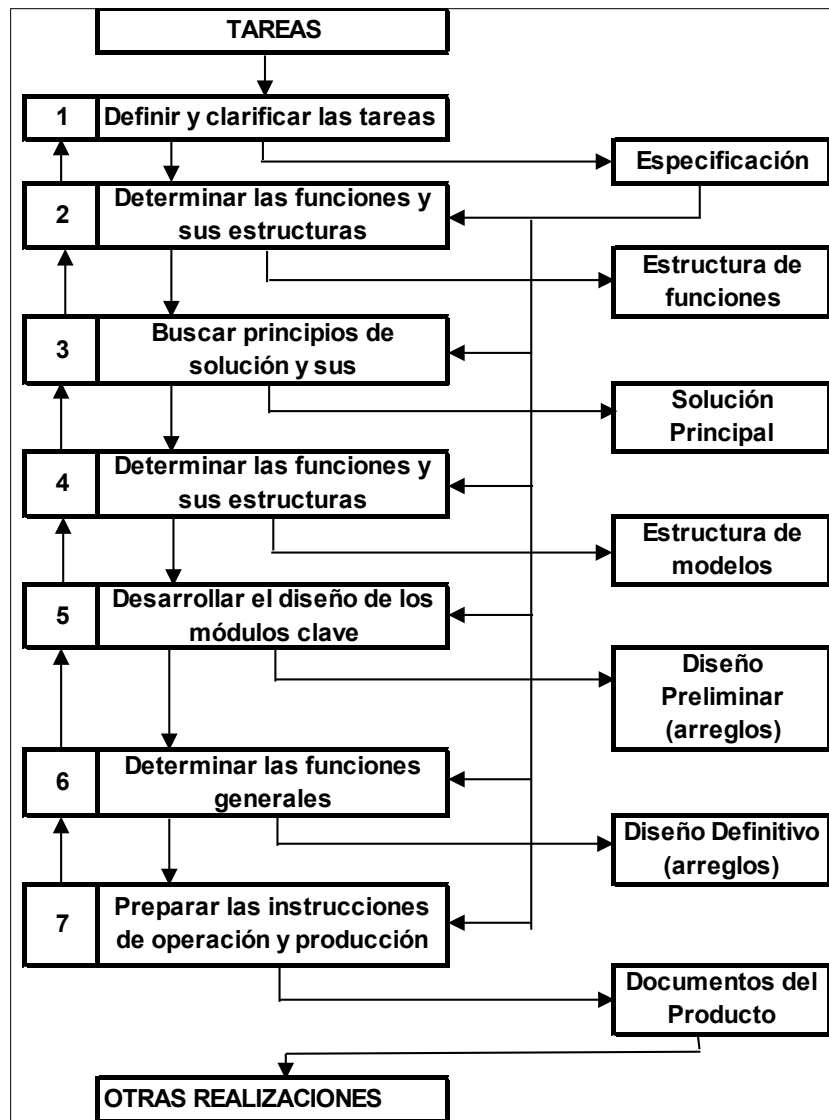
- PERMITE A LA PERSONA A CARGO DEL DISEÑO A QUE SE MANTENGA EN EL CAMINO CORRECTO A LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA, EVITANDO ASÍ QUE SE DESVÍE EN TEORÍAS EXTERNAS QUE NO INTERVIENEN EN EL PROCESO CREATIVO.
- PERMITE Y FACILITA LA APLICACIÓN DE MÚLTIPLES CONOCIMIENTOS EN EL DESARROLLO DEL DISEÑO.
- SE PUEDE OBTENER SOLUCIONES PLANTEADAS, Y NO SIMPLEMENTE OBTENER RESULTADOS POR CAUSALIDAD.

En general todos los métodos utilizados para poder hacer posible el diseño consta de cuatro partes esenciales, estas pueden encontrarse agrupadas o esparcidas dependiendo de la diferencia de los criterios (Barriga, 2016: p.10). Las actividades básicas del diseñador son las siguientes:

- COMPRENSIÓN DE LA SOLICITUD
- CONCEPCIÓN DE SOLUCIÓN
- ELABORACIÓN DEL PROYECTO

- ELABORACIÓN DE DETALLES

Para diseñar se puede utilizar cualquier método, se observarán estas fases de alguna manera, pero este trabajo se enfocará en el proceso general de desarrollo y diseño según la norma VDI 2221 como se puede observar a continuación en la figura 4-3.



**Figura 4-3.** Proceso generalizado de desarrollo y diseño VDI 2221

Fuente: (Barriga, 2013: p.11).

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### 3.2.1 Lista de Exigencias

Esta lista de exigencias se desarrolla con el fin de evaluar los requerimientos de la función principal para el correcto diseño del sistema y que permita satisfacer las necesidades planteadas como objetivos de este trabajo de investigación. Los datos de diseño iniciales reciben una serie de exigencias, en dichos casos se cuantifican y se clasifican de la manera más adecuada, por lo que se realiza a continuación una lista de exigencias que se ven en la tabla 1-3.

**Tabla 1-3:** Lista de exigencias de diseño

<b>Proyecto:</b>	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA PARA LA FACULTAD DE MECÁNICA		
<b>Cliente:</b>	FACULTAD DE MECÁNICA – ESPOCH		
<b>Características</b>	<b>E: Exigencia</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Responsable</b>
	<b>D: Deseo</b>		
<b>Función Principal</b>	E	Micro generación de energía eléctrica mediante el uso de una microturbina de 20 V y 220 mA	Cristian Guerrero David Castro
<b>Geometría</b>	E	La estructura del banco de pruebas debe adecuarse al laboratorio de Turbo maquinaria, permitiendo el tránsito de los estudiantes y no interferir con la disposición y proceso durante los ensayos	Cristian Guerrero David Castro
		La geometría de los accesorios, instrumentos y tuberías están completamente definidos por lo que el diseño debe adaptarse a estas especificaciones	
<b>Cinemática</b>	D	La velocidad de apertura y cierre de las válvulas instaladas debe ser en el menor tiempo posible	Cristian Guerrero David Castro
<b>Cinética</b>	E	El banco de pruebas debe contar con la suficiente estabilidad y rigidez de modo que no afecte el funcionamiento cuando éste trabaje a plena carga	Cristian Guerrero David Castro
		Las tuberías instaladas deberán estar sujetas adecuadamente para evitar el movimiento y a su vez evitar la aparición de fugas	

<b>Fuerzas</b>	E	El banco de pruebas tendrá que soportar las cargas de trabajo de modo que no sufra deformaciones las cuales impidan el correcto funcionamiento	Cristian Guerrero David Castro
<b>Energía</b>	E	El banco de pruebas debe ser encendido con energía eléctrica	Cristian Guerrero David Castro
<b>Señales</b>	E	Los indicadores y controles con los que contará el banco de pruebas deben ser de fácil visualización y entendimiento para los estudiantes	Cristian Guerrero David Castro
<b>Ergonomía</b>	E	La manera con la que se disponga los elementos de acuerdo con la geometría del banco de pruebas será diseñada de tal forma que sea muy manejable, cómoda y didáctica para los estudiantes	Cristian Guerrero David Castro
<b>Fabricación</b>	D	Los materiales y componentes utilizados en el banco de pruebas deben estar disponibles en el mercado nacional	Cristian Guerrero David Castro
		Las piezas del banco de pruebas serán de forma sencilla para la fabricación en un taller	
<b>Montaje</b>	E	El banco de pruebas debe ser de fácil montaje para facilitar las operaciones de mantenimiento	Cristian Guerrero David Castro
<b>Transporte</b>	D	Los componentes de la máquina serán transportados en la mayoría de los casos con las manos	Cristian Guerrero David Castro
<b>Mantenimiento</b>	E	El mantenimiento deberá ser fácil y sencillo, económico y de escasa frecuencia	Cristian Guerrero David Castro
		Los componentes y accesorios del banco de pruebas deben ser de fácil y rápido reemplazo (fabricación)	
<b>Terreno</b>	E	Se requiere de un espacio suficiente para acceder hacia todos los componentes	Cristian Guerrero David Castro
<b>Seguridad</b>	E	El banco debe cumplir con las medidas de seguridad establecidas para que los estudiantes lo manipulen	Cristian Guerrero David Castro



		El banco debe ser operado desde una posición ergonómica para evitar cualquier complicación en la salud de los estudiantes	
<b>Materia</b>	E	Debe tener siempre constante el flujo de agua	Cristian Guerrero David Castro
<b>Operación</b>	E	El banco de pruebas debe ser operada por una sola persona	Cristian Guerrero David Castro
<b>Costo</b>	D	Los costos de fabricación deben ser accesibles o de bajo costo	Cristian Guerrero David Castro

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### 3.2.2 Descripción del proceso

En primer lugar, se deposita agua dentro del reservorio, luego se cierra la válvula de compuerta a la salida de la bomba, rápidamente se abre la válvula de globo a la salida de la microturbina, a continuación, se abre totalmente la válvula de globo a la salida del reservorio para que el banco tenga flujo de agua en todas las tuberías. Después se conecta el banco de pruebas a un tomacorriente convencional, luego se desactiva el botón de paro de emergencia para encender manualmente desde el módulo de control el banco de pruebas, como siguiente paso se verifica si se encuentra encendida la lámpara, si es así se debe apagar con el botón de apagado, después se procede a abrir muy lentamente la válvula de compuerta a la salida de la bomba hasta llegar hasta un caudal específico.

Una vez abierta la válvula de compuerta a la salida de la bomba se observa los datos arrojados tanto por los instrumentos analógicos como por los instrumentos digitales, para encender la lámpara que se encuentra en el banco, una vez encendida, se observa nuevamente los datos arrojados por todos los instrumentos y se procede a anotarlos en la guía de ensayo.

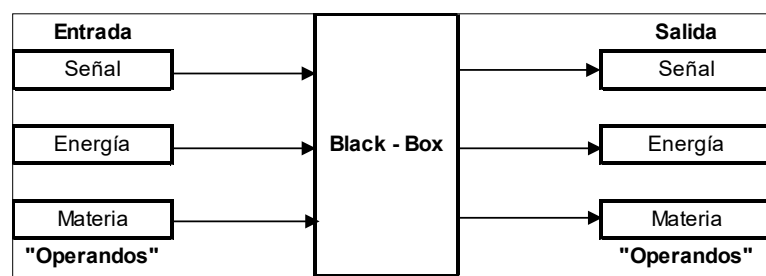
Finalmente, una vez que se obtienen los datos necesarios de todos los instrumentos se procede a cerrar lentamente la válvula de compuerta a la salida de la bomba hasta verificar que el medidor de caudal queda en la medición mínima, luego se procede a apagar manualmente el banco de pruebas, y como último paso se desconecta el banco de pruebas de la fuente de poder (tomacorriente).

### 3.2.3 *Secuencia y Principios Tecnológicos*

- COLOCACIÓN DEL AGUA EN EL RESERVORIO DEL BANCO DE PRUEBAS
- APERTURA Y CIERRE DE VÁLVULAS DE CONTROL DE FLUJO
- CONECTAR EL BANCO DE PRUEBAS A UNA FUENTE DE ENERGÍA (TOMACORRIENTE)
- DESACTIVAR EL BOTÓN DE PARO DE EMERGENCIA
- ENCENDER MANUALMENTE EL BANCO DE PRUEBAS DESDE EL MÓDULO DE CONTROL
- ABRIR LENTAMENTE LA VÁLVULA DE COMPUERTA
- APAGAR LA LÁMPARA
- TOMA DE DATOS DE LOS INSTRUMENTOS ANALÓGICOS Y DIGITALES
- ENCENDER LA LÁMPARA
- TOMA DE DATOS DE LOS INSTRUMENTOS ANALÓGICOS Y DIGITALES
- CERRAR LENTAMENTE LA VÁLVULA DE COMPUERTA
- APAGAR MANUALMENTE EL BANCO DE PRUEBAS DESDE EL MÓDULO DE CONTROL
- DESCONECTAR EL BANCO DE PRUEBAS DE LA FUENTE DE ENERGÍA (TOMACORRIENTE)

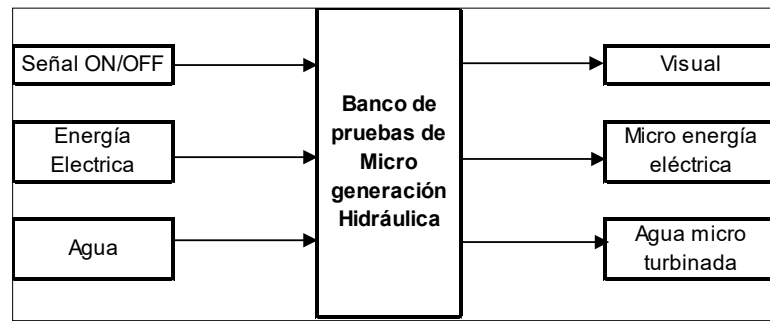
### 3.2.4 *Determinación de la Estructura de Funciones*

Este proceso también se lo conoce como la “caja negra” y en el proyecto permite representar la función del banco de pruebas como un proceso técnico desconocido, en el cual se toman en cuenta y se modifican las tres magnitudes básicas de entrada y salida en los procesos, como son: la información, la materia y la energía, como se ve en las figuras 5-3 y 6-3 (Barriga, 2013: p.12).



**Figura 5-3.** Principio de funcionamiento de la caja negra

Fuente: (Barriga, 2013: p.12).



**Figura 6-3.** Representación del banco de pruebas como caja negra

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

Para cada proceso obtenido en la figura 6-3, se describe de una mejor manera cada uno de elementos que conforman la caja negra para el proyecto en desarrollo.

#### **a) Entradas**

**Señal.** - Para encender el banco de pruebas de micro generación hidráulica.

**Energía.** - Proviene de una toma de energía eléctrica (tomacorrientes) de 110 – 120 V y energía humana para pulsar los botones de encendido, para apertura y cierre de válvulas.

**Materia.** - Agua almacenada en un reservorio.

#### **b) Salidas**

**Señal.** - Visualización en los instrumentos analógicos para los parámetros de presión, caudal y horas de uso de la microturbina, visualización en los instrumentos digitales para los parámetros de caudal, voltaje y amperaje y señal auditiva para la advertencia en la excedencia del caudal recomendado.

**Energía.** - Generación de micro energía eléctrica y calor.

**Materia.** - Agua micro turbinada.

### **3.2.5 Fijación de procesos Técnicos**

#### **a) Montaje:**

- Construcción de la estructura del banco
- Instalación de la tubería de succión y descarga
- Implementación de los accesorios, instrumentos y componentes

#### **b) Preparación:**

- Revisión de las conexiones en la tubería de succión y descarga
- Revisión del buen estado de los accesorios (válvulas, uniones, tee, etc)
- Revisión del buen estado de los instrumentos de medición
- Revisión en el nivel de llenado del reservorio de agua
- Pruebas de funcionamiento en vacío (lámpara apagada)
- Pruebas de funcionamiento con carga (lámpara encendida)

#### **c) Ejecución:**

- Encendido de la máquina
- Cierre y apertura de las válvulas de control de flujo
- Encendido y apagado de la lámpara

#### **d) Control**

- Verificar que la válvula de compuerta está cerrada hasta un nivel mínimo para obtener un caudal que no exceda el límite
- Controlar la presión a la salida de la bomba
- Controlar el voltaje y amperaje en el módulo de control

#### **e) Fase final**

- Apagado del banco de pruebas de micro generación hidráulica
- Limpieza del banco de pruebas de micro generación hidráulica

### **3.2.6 Estructura de funciones**

En esta etapa se especifican las funciones que el banco de pruebas a diseñarse debe cumplir para llegar a cumplir la función principal.

**Función Principal.** - Para la micro generación de energía eléctrica se utiliza una micro turbina que trabaja a una presión de trabajo en salida cerrada de 0,6 Mpa, a una presión de trabajo en salida abierta de 1,2 Mpa y un caudal de 14 l/min, los cuales generan 12 V y 220 mA.

**Funciones parciales.** - Estas funciones cumplen con una tarea específica, las cuales son necesarias para llevar a cabo la función principal.

**Aportar.** - Se procede a colocar agua en el interior del reservorio hasta un nivel específico.

**Regular.** - Se realiza una regulación de la válvula de compuerta a la salida de la bomba para obtener un nivel mínimo de caudal.

**Energizar.** - Esta función permite energizar el módulo de control, el cual a su vez energiza los sensores, instrumentos de medición y la bomba centrífuga.

**Encender.** - Se procede a encender el banco de pruebas de micro generación hidráulica desde el módulo de control.

**Direccionar el flujo.** - Se inicia la etapa de distribución del caudal en el banco de pruebas mediante la apertura o cierre de válvulas.

**Variar el flujo.** - Se exige a la bomba centrífuga variar la salida de caudal mediante la apertura o cierre de la válvula de compuerta.

**Desactivar.** - Se pulsa el botón de apagado de la lámpara instalada en el banco de pruebas.

**Adquisición de parámetros sin carga.** - Se encarga de realizar la lectura y toma de datos, midiendo los valores de caudal, presión, voltaje y amperaje sin carga.

**Activar.** - Se procede a activar la lámpara instalada en el banco de pruebas.

**Adquisición de parámetros con carga.** - Se encarga de realizar la lectura y toma de datos, midiendo valores de caudal, presión, voltaje y amperaje con carga.

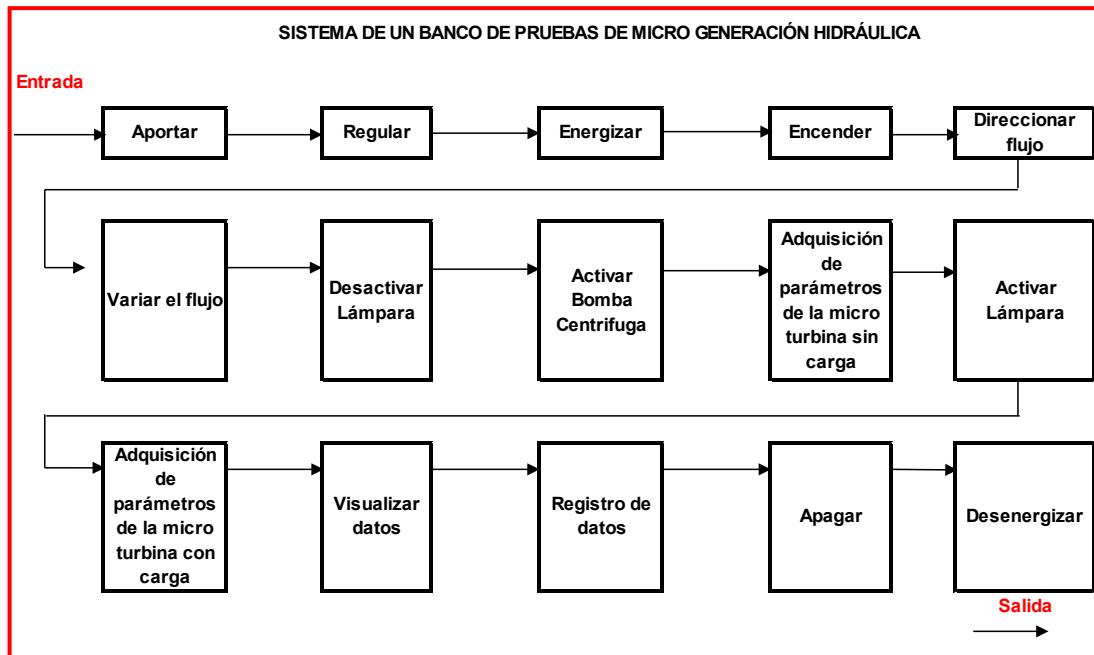
**Visualizar datos.** - La visualización de los parámetros censados en la prueba en tiempo real. Aquí se monitorea las variables durante todo el tiempo que dure la realización de la prueba.

**Registro de datos.** - Se genera un registro de datos donde se pueden observar los valores de los parámetros más importantes durante toda la prueba.

**Apagar.** - Al finalizar las pruebas, se procede a apagar el banco de pruebas desde el módulo de control.

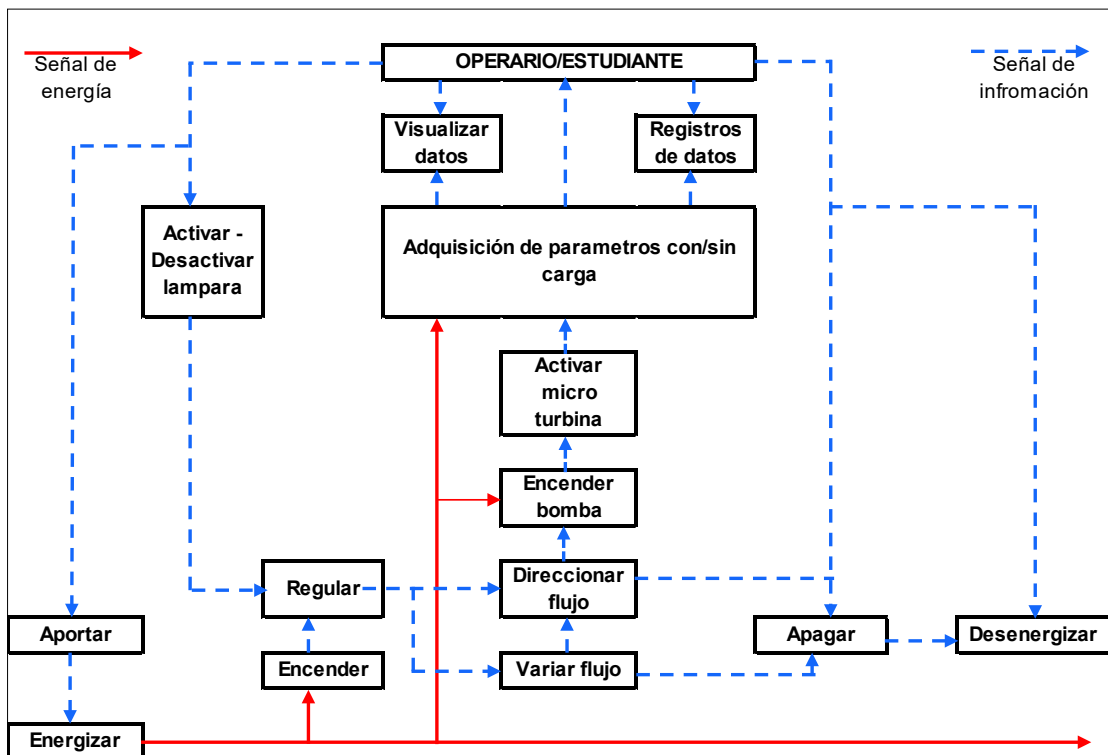
**Desenergizar.** - Esta función permite dejar sin energía al módulo de control y por ende a todo el banco de pruebas.

Todas las tareas especificadas cada una por separado cumplen funciones parciales y la elección de cada uno de estos procesos se justificará en la estructura de funciones como se indica en las figuras 7-3 y 8-3.



**Figura 7-3.** Estructura de funciones parciales

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.







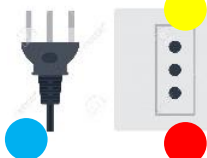




**Figura 8-3.** Estructura de uncciones parciales óptimas








Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### 3.2.6.1 Matriz Morfológica



















El propósito de utilizar la matriz morfológica es dar solución a los problemas mediante el análisis de las partes que lo componen. Este método de análisis apoya el proceso de análisis prospectivo, por ello, su aplicación se centra en la exploración de las posibilidades existentes para que un sistema particular se desarrolle conforme a las nuevas tecnologías., la resolución de problemas utilizando este método se realiza en las partes que lo componen (Valdivia, 2016: p.27). A continuación, se muestra la matriz morfológica para el diseño en tabla 2-3.










**Tabla 2-3:** Matriz morfológica

Matriz Morfológica				
Función Principal	Función parcial	Soluciones		
		A	B	C
Aporte	Aporte de agua	 Llave de agua	 Reservoirio de agua	 Caída de agua natural
Energizar	Conectar a una fuente de energía el banco de pruebas	 Planta de luz	 Tomacorriente	 Generador Solar
Encender	Encender el banco de pruebas	 Interruptor de botonera	 Interruptor de tecla redonda	 Interruptor giratorio de 2 posiciones


<p><b>Direccionar flujo</b></p>	<p><b>Direccionar flujo a la entrada de la bomba</b></p>	 <p>Válvula de esfera</p>	 <p>Válvula anti retorno</p>	
<p><b>Regular flujo</b></p>	<p><b>Regular flujo a la salida de la bomba</b></p>	 <p>Regulador de flujo</p>	 <p>Válvula de compuerta</p>	 <p>Electroválvula (Solenoid)</p>
<p><b>Desactivar Lámpara</b></p>	<p><b>Prendido y apagado de la lámpara</b></p>	 <p>Interruptor de encendido/apagado ON/OFF</p>	 <p>Botón pulsador mini cuadrado</p>	 <p>Interruptor de encendido y apagado</p>
<p><b>Activar</b></p>	<p><b>Activar bomba centrífuga</b></p>	 <p>Bomba centrífuga Pedrollo JSW1, 60 l/min, 48 m.c.a</p>	 <p>Bomba centrífuga autocebante Pedrollo JSW 2C, 70 l/min, 50 m.c.a</p>	
<p><b>Activar</b></p>	<p><b>Activar micro generador</b></p>	 <p>Micro generador hidráulico G1/2, 3,6 V, 300 mA</p>	 <p>Micro generador hidráulico F50-12v-Goza, 12 V, 220 mA.</p>	 <p>Micro generador hidráulico 8,8 V, 128 mA</p>





Adquisición de parámetros de la microturbina con/sin carga	Caudal	 <p>Medidor de flujo transversal</p>	 <p>Sensor de flujo</p>	 <p>Transductor de flujo</p>
	Presión	 <p>Transmisor digital de presión</p>	 <p>Manómetro analógico</p>	 <p>Transductor de presión</p>
	Voltaje	 <p>Mini voltímetro</p>	 <p>Multímetro</p>	 <p>Voltímetro analógico</p>
	Amperaje	 <p>Multímetro</p>	 <p>Mini amperímetro</p>	 <p>Amperímetro analógico</p>
	Temperatura	 <p>Pirómetro</p>	 <p>Sensor de temperatura</p>	 <p>Termómetro digital</p>
Visualizar datos	Visualizar parámetros durante la prueba	 <p>Computadora</p>	 <p>Interfaz gráfica</p>	 <p>Instrumentos analógicos y digital</p>

<p><b>Registro de datos</b></p>	<p><b>Toma de valores de los parámetros</b></p>	 <p>Computadora</p>	 <p>Apuntes</p>	 <p>HMI</p>
<p><b>Apagar</b></p>	<p><b>Apagar el banco de pruebas</b></p>	 <p>Interruptor de botonera</p>	 <p>Interruptor giratorio de 2 posiciones</p>	 <p>Interruptor de tecla redonda</p>
<p><b>Desenergizar</b></p>	<p><b>Desconectar fuente de energía del banco de pruebas</b></p>	 <p>Tomacorriente</p>	 <p>Planta de luz</p>	 <p>Generador Solar</p>

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

Solución 1 

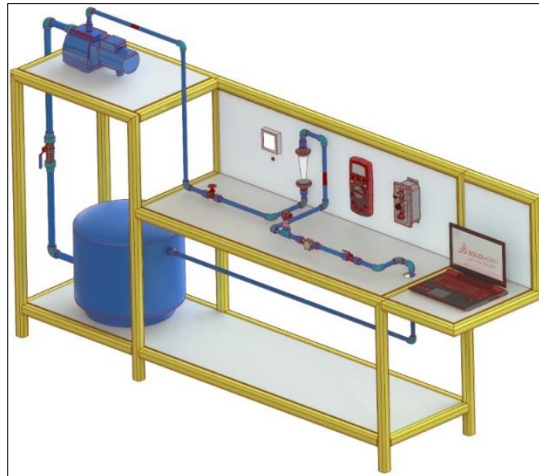
Solución 2 

Solución 3 

### 3.2.7 Conceptos de solución

En esta parte se van a evaluar los conceptos de solución obtenidos cuando se realizó la matriz morfológica con la finalidad de obtener un concepto de solución óptimo.

#### 3.2.7.1 Concepto de solución 1



**Figura 9-3.** Concepto de solución 1

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

Este concepto de solución de la figura 9-3, pertenece a las flechas de color amarillo. El aporte de flujo para el funcionamiento del banco de pruebas abastecido por un reservorio de agua.

El aporte de energía eléctrica que suministra la tensión a todo el banco de pruebas se lo realiza mediante la conexión a un tomacorriente convencional de 110 V.

El sistema de apagado y encendido del banco de pruebas es ejecutado por un interruptor de botones ON/OFF.

Para direccionar el flujo hacia la entrada de la bomba, en otras palabras, los accesorios para direccionar el flujo en el tramo de aspiración del banco de pruebas es una válvula de esfera y una válvula anti-retorno.

Para regular el flujo a la salida de la bomba, es decir para regular el flujo en el tramo de descarga del banco de pruebas es necesario realizarlo mediante la colocación de una válvula de compuerta.

Para activar/desactivar la lámpara instalada en el banco de pruebas y a su vez generar una carga en el sistema se realiza mediante un botón pulsador mini cuadrado.

El aporte de energía al fluido se lo realiza mediante una bomba centrífuga Pedrollo JSW1, la cual aporta la altura necesaria de bombeo de 48 m.c.a y 60 l/min.

El micro generador utilizado es un micro generador hidráulico modelo F50-12V-Gozo, el cual entrega un máximo de 220 mA y 12 V.

Para medir el caudal que pasa por el banco de pruebas se utiliza un medidor de flujo transversal, este es un instrumento analógico que mide el caudal a la salida de la bomba (tramo de descarga).

En la medición de voltaje y el amperaje que entrega el micro generador instalado se utilizó un multímetro, en donde el mismo instrumento entrega la medición de voltaje y amperaje, este instrumento utiliza pilas para su funcionamiento y su uso es limitado por este mismo problema de utilizar pilas ya que algún momento se terminan.

Se utilizó un transmisor digital de presión para medir la presión que se genera en el banco de pruebas, este instrumento se encuentra instalado a la entrada del micro generador.

Para la visualización y registro de datos se utiliza una computadora portátil, pero, para hacer posible esto, sería necesario utilizar una tarjeta de adquisición de datos y esta debería ser acoplada a la computadora portátil.

#### 3.2.7.2 *Concepto de solución 2*



**Figura 10-3. Concepto de solución 2**

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

Este concepto de solución de la figura 10-3, pertenece a las flechas de color rojo. El aporte de flujo para el funcionamiento del banco de pruebas abastecido por un reservorio de agua.

El aporte de energía eléctrica que suministra la tensión a todo el banco de pruebas se lo realiza mediante la conexión a un tomacorriente convencional de 110 V.

El sistema de apagado y encendido del banco de pruebas es ejecutado por un interruptor giratorio de 2 posiciones ON/OFF, este interruptor es el más utilizado en lo que se refiere al uso en los bancos de pruebas.

Para direccionar el flujo hacia la entrada de la bomba, en otras palabras, los accesorios para direccionar el flujo en el tramo de aspiración del banco de pruebas es una válvula de esfera y una válvula anti-retorno.

Para regular el flujo a la salida de la bomba, es decir para regular el flujo en el tramo de descarga del banco de pruebas es necesario realizarlo mediante la colocación de una válvula de compuerta.

Para activar/desactivar la lámpara instalada en el banco de pruebas y a su vez generar una carga en el sistema se realiza mediante un botón pulsador mini redondo.

El aporte de energía al fluido se lo realiza mediante una bomba centrífuga Pedrollo JSW 2C, la cual aporta la altura necesaria de bombeo de 50 m.c.a y un caudal de 70 l/min, la ventaja del uso de esta bomba, es que es una bomba autocebante, la cual tiene una altura de aspiración de 9 m.c.a, lo cual es suficiente y la vida útil de la bomba no se vería afectada.

El micro generador utilizado es un micro generador hidráulico modelo F50-12V-Gozo, el cual entrega un máximo de 220 mA y 12 V.

Para medir el caudal que pasa por el banco de pruebas se utiliza un medidor de flujo transversal, este es un instrumento analógico que mide el caudal a la salida de la bomba (tramo de descarga), para evitar errores en la toma de datos o en caso de que exista algún problema en la medición de caudal con el flujómetro, el banco cuenta con un sensor de caudal, este instrumento es digital y va conectado a una pantalla indicadora LCD.

En la medición de voltaje que entrega el micro generador, se ha utilizado un mini voltímetro digital, se utilizó este mini voltímetro ya que no afecta en la parte ergonómica del banco de pruebas, además que al ser un instrumento digital se alimenta con la misma fuente que se utiliza para encender todo el banco de pruebas, al ser una pantalla pequeña cabe en el módulo de control instalado en el banco de pruebas, lo mismo sucede para la medición del amperaje.

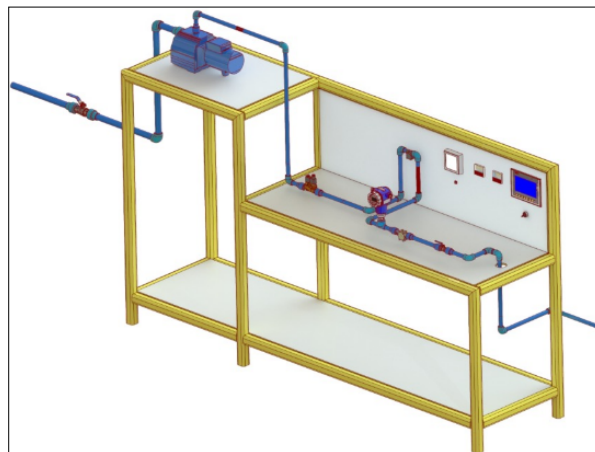
Para la medición de la temperatura, el banco de pruebas cuenta con un sensor de temperatura ubicado dentro del reservorio de agua, este instrumento es digital y censa la temperatura a la que se encuentra el agua y este valor es visible en la misma pantalla LCD para la medición del caudal.

Para la medición de la presión a la entrada del micro generador, el banco de pruebas tiene instalado un manómetro de reloj, este instrumento es analógico y la escala de apreciación es de excelente visualización.

Para la visualización de los parámetros con los que funciona el banco de pruebas, anteriormente se ha mencionado todos los utilizados, al ser una mezcla de instrumentos digitales y analógicos, hace que la visualización por parte del operario sea óptima.

Para el registro de los datos arrojados por los instrumentos instalados en el banco de pruebas se ha visto que es más que suficiente apuntarlos en una hoja de ensayos de laboratorio para su posterior análisis.

### 3.2.7.3 *Concepto de solución 3*



**Figura 11-3. Concepto de solución 3**

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

Este concepto de solución de la figura 11-3, pertenece a las flechas de color azul. El aporte de flujo para el funcionamiento del banco de pruebas está abastecido por la red agua potable a través de una llave de agua.

El aporte de energía eléctrica que suministra la tensión a todo el banco de pruebas, se lo realiza mediante la conexión a un tomacorriente convencional de 110 V.

El sistema de apagado y encendido del banco de pruebas es ejecutado por un interruptor giratorio de 2 posiciones ON/OFF, este interruptor es el más utilizado en lo que se refiere al uso en los bancos de pruebas.

Para direccionar el flujo hacia la entrada de la bomba, en otras palabras, el accesorio para direccionar el flujo en el tramo de aspiración del banco de pruebas es una válvula de esfera, la válvula anti-retorno ya no sería necesario por el flujo de entrada a la bomba centrífuga estaría controlado por la llave de agua.

Para regular el flujo a la salida de la bomba, para regular el flujo en el tramo de descarga del banco de pruebas es necesario realizarlo mediante la colocación de una válvula de compuerta.

Para activar/desactivar la lámpara instalada en el banco de pruebas y a su vez generar una carga en el sistema se realiza mediante un botón pulsador mini redondo.

El aporte de energía al fluido se lo realiza mediante una bomba centrífuga Pedrollo JSW1, la cual aporta la altura necesaria de bombeo de 48 m.c.a y 60 l/min.

El micro generador utilizado es un micro generador hidráulico modelo F50-12V-Gozo, el cual entrega un máximo de 220 mA y 12 V.

Para medir el caudal que pasa por el banco de pruebas se utiliza un sensor de caudal, este instrumento es digital y va conectado a una pantalla indicadora LCD.

En la medición de voltaje que entrega el micro generador, se ha utilizado un voltímetro de reloj analógico, para la medición del amperaje se ha utilizado un amperímetro de reloj analógico.

Para la medición de la temperatura, el banco de pruebas cuenta con un sensor de temperatura ubicado dentro del reservorio de agua, este instrumento es digital y censa la temperatura a la que se encuentra el agua y este valor es visible en la misma pantalla LCD para la medición del caudal.

Se utilizó un transmisor digital de presión para medir la presión que se genera en el banco de pruebas, este instrumento se encuentra instalado a la entrada del micro generador.

Para la visualización de los parámetros con los que funciona el banco de pruebas, anteriormente se ha mencionado todos los utilizados, para la adquisición y registro de datos de los instrumentos que utilizan sensores se ha utilizado una interfaz HDMI, mientras que para los instrumentos analógicos el registro de datos se lo hace registrando en una hoja de ensayos.

### **3.2.8 Evaluación del proyecto Preliminar Óptimo**

A continuación, en las siguientes tablas 3-3, 4-3 y 5-3 se presenta la evaluación de los proyectos preliminares en base a los conceptos de solución obtenidos anteriormente, para ello se va a utilizar las siguientes ecuaciones según VDI 2225 (Valdivia, 2016: p.32):

$$x_i = \frac{g_1 p_1 + g_2 p_2 + \dots + g_n p_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) p_{max}} \quad (40)$$

Donde:

$x_i$  = valor técnico

$g_n$  = peso ponderado en criterios de evaluación (1 – 9)

$p_n = \text{puntaje (1 - 4)}$

$$y_i = \frac{g_1 p_1 + g_2 p_2 + \dots + g_n p_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) p_{max}} \quad (41)$$

Donde:

$y_i = \text{valor económico}$

$g_n = \text{peso ponderado en criterios de evaluación (1 - 9)}$

$p_n = \text{puntaje (1 - 4)}$

**Tabla 3-1:** Evaluación técnica del proyecto preliminar

Diseño Mecánico - Evaluación de Proyectos Valor Técnico (Xi)								
Proyecto: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA PARA LA FACULTAD DE MECÁNICA								
p: Puntaje de 1 a 4 (Escala de valores según VDI 2225) 0 = No satisface 1 = Casi aceptable								
2 = Suficiente 3 = Bien 4 = Muy bien (ideal) g: es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación (1:9)								
Criterios de Evaluación para diseños en fase de conceptos o proyectos								
Variantes de Concepto		"g"	S1		S2		S3	
Nº	Criterio de Evaluación		p	p*g	p	p*g	p	p*g
1	Función	9	3	27	4	36	3	27
2	Geometría	8	3	24	3	24	4	32
3	Cinemática	8	3	24	3	24	2	16
4	Cinética	8	3	24	3	24	3	24
5	Fuerza	7	3	21	3	21	3	21
6	Energía	9	4	36	4	36	4	36
7	Materia	8	3	24	4	32	3	24
8	Señales	8	2	16	4	32	3	24



9	Seguridad	8	3	24	4	32	3	24
10	Ergonomía	8	2	16	3	24	2	16
11	Fabricación	9	3	27	3	27	3	27
12	Montaje	8	2	16	2	16	3	24
13	Transporte	7	3	21	3	21	3	21
14	Mantenimiento	8	3	24	3	24	3	24
<b>Puntaje Total: <math>\sum p_i * g_i</math></b>		<b>113</b>		<b>324</b>		<b>373</b>		<b>340</b>
<b>Valor Técnico</b>		<b>Xi</b>		<b>0,7168</b>		<b>0,825</b>		<b>0,75221</b>

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

**Tabla 4-3:** Evaluación económica del proyecto preliminar

<b>Diseño Mecánico - Evaluación de Proyectos Valor Económico (Yi)</b>								
<b>Proyecto:</b> DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA PARA LA FACULTAD DE MECÁNICA								
p: Puntaje de 1 a 4 (Escala de valores según VDI 2225) 0 = No satisface 1 = Casi aceptable								
2 = Suficiente 3 = Bien 4 = Muy bien (ideal) g: es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación (1:9)								
<b>Criterios de Evaluación para diseños en fase de conceptos o proyectos</b>								
<b>Variantes de Concepto</b>		<b>"g"</b>	<b>S1</b>		<b>S2</b>		<b>S3</b>	
<b>Nº</b>	<b>Criterio de Evaluación</b>		<b>p</b>	<b>p*g</b>	<b>p</b>	<b>p*g</b>	<b>p</b>	<b>p*g</b>
1	Costo de diseño	8	4	32	3	24	3	24
1	Costo de fabricación	8	3	24	3	24	2	16
2	Costo de mantenimiento	7	3	21	3	21	2	14
3	Costo de montaje	7	2	14	3	21	2	14
4	Costo visualización de datos	9	2	18	3	27	4	36

5	Costo de registro de datos	8	3	24	3	24	3	24
<b>Puntaje Total:</b> $\sum p_i * g_i$		47		133		117		128
<b>Valor Económico</b>		<b>Yi</b>		<b>0,7074</b>		<b>0,83</b>		<b>0,68085</b>

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

La calificación de las alternativas arroja un valor adecuado para una sola solución, a continuación, se procede a dibujar la gráfica para representar los valores relativos de la evaluación técnica y económica tomando en cuenta las alternativas que alcancen valores mayores a 0,6 sabiendo que el valor ideal es de 1.

Se debe dar preferencia a las alternativas que se encuentren más próximas de la línea diagonal (alternativa ideal), ya que esta representa el mejor balance técnico-económico.

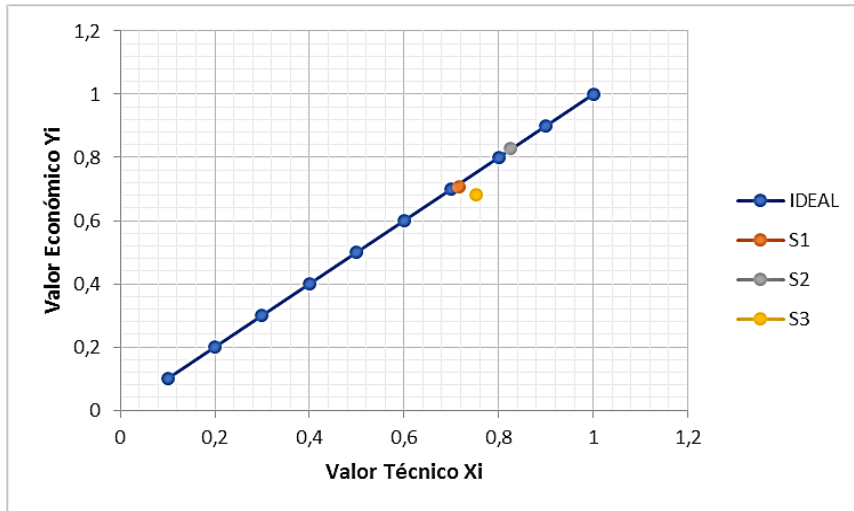
Para construir la gráfica de las alternativas, se ordena adecuadamente los valores de las tablas anteriores como se muestra a continuación:

**Tabla 5-3:** Valores Xi, Yi

	Valor Técnico	Valor Económico
	xi	yi
<b>s1</b>	0,716814159	0,707446809
<b>s2</b>	0,825221239	0,829787234
<b>s3</b>	0,752212389	0,680851064

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

Con la tabla anterior se procede a realizar el gráfico 1-3 de la evaluación técnica y económica.

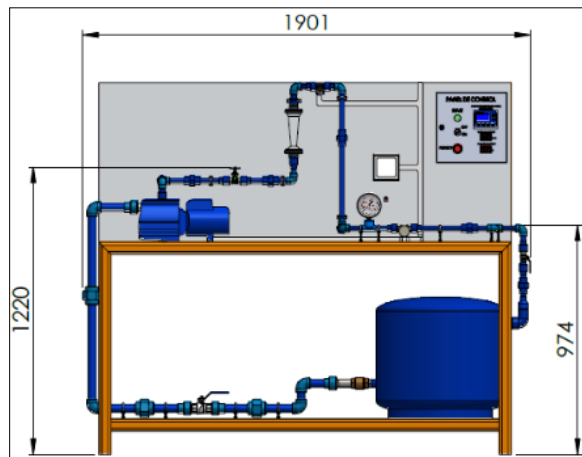


**Gráfico 1-3.** Gráfica de evaluación técnico - económica según VDI 2225

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

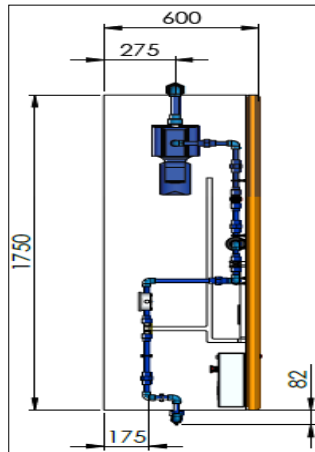
### 3.2.9 Determinación del proyecto preliminar

Se llega a la conclusión en la cual el proyecto preliminar óptimo es la opción 2 (S2), esta opción es la que se encuentra más cerca de la línea diagonal, esta línea diagonal vendría a ser la opción óptima, se presenta el modelo final del banco en las siguientes figuras 12-3, 13-3 y 14-3.



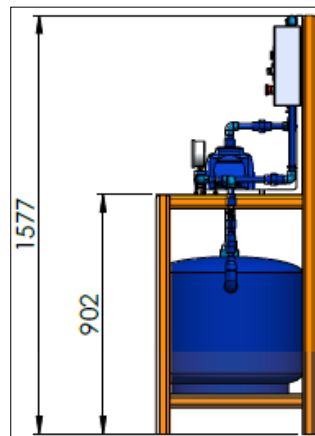
**Figura 12-1.** Vista frontal del Proyecto Preliminar Óptimo (S2)

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.



**Figura 13-3.** Vista superior (S2)

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.



**Figura 14-3.** Vista lateral (S2)

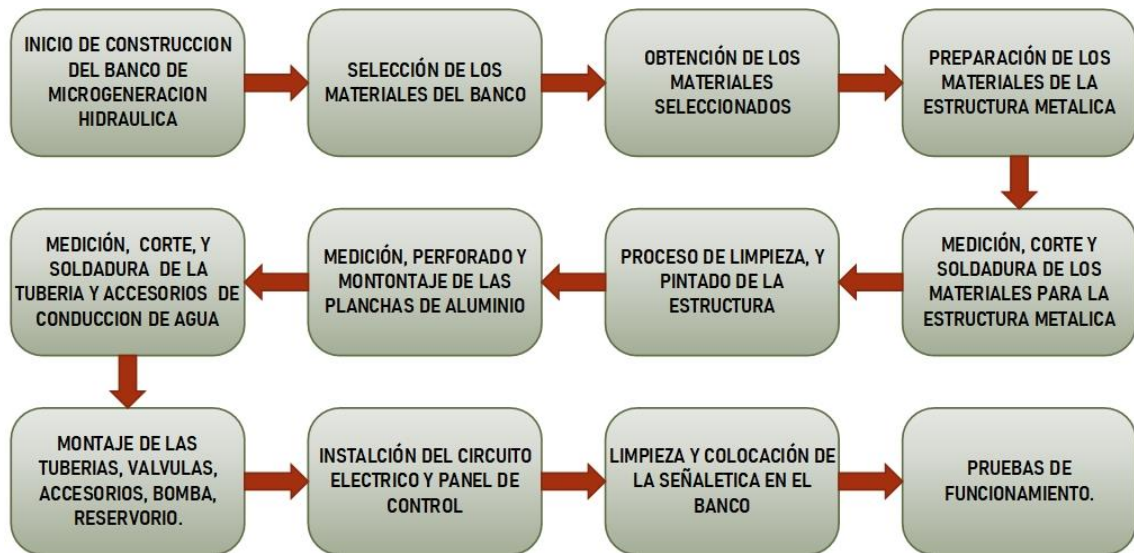
**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### 3.3 Planificación de la construcción

En la actual sección se expone la realización de forma sistemática del **banco de pruebas de micro generación hidráulica**, La solución, elección y articulación de los sistemas eléctricos, y de control.

El desarrollo del esquema de las tareas a realizar se fundamenta, en el principal objetivo que es la implementación del banco de pruebas como se muestra en la Figura 15-3.

Posteriormente comprobar en las pruebas de funcionamiento que se está generando micro energía, variando los parámetros de caudal y presión durante las pruebas.



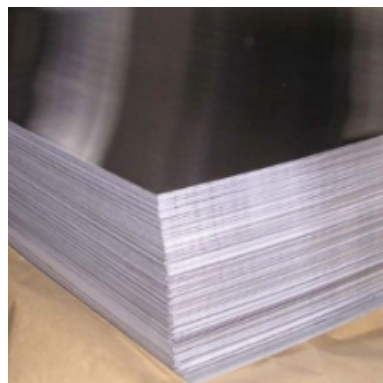
**Figura 15-3.** Pasos para la implementación del banco de pruebas.

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### 3.4 Materiales utilizados.

#### 3.4.1 Plancha lisa de aluminio.

Se usó dos planchas de aluminio para colocar como cubierta superior, inferior, y frontal en el banco de ensayo, ver figura 16-3 seleccionada por catálogo en base a su baja densidad, resistencia al medio ambiente y al agua que pueden deteriorar estos elementos (DIPAC, 2021).

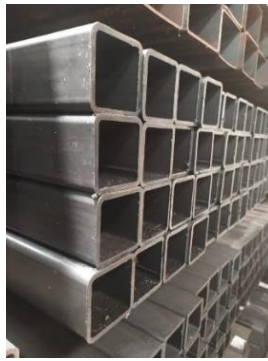


**Figura 16-3.** Plancha de aluminio liso.

Fuente: (DIPAC, 2021).

### 3.4.2 Perfil cuadrado estructural.

Se empleó 30 metros de perfil cuadrado de acero estructural de 50 x 1.5 mm como se muestra en la figura 17-3. Para la elaboración del banco de ensayos, se empleó acero por su resistencia y múltiples características que permiten conformar de forma rápida y eficiente la estructura requerida, como una de sus principales características es la fácil soldabilidad que permiten dar la forma necesaria para el banco de pruebas (NOVACERO, 2021).



**Figura 17-3.** Perfil estructural cuadrado.

Fuente: (NOVACERO, 2021).

### 3.4.3 Pintura poliuretano.

Se usó dos litros de pintura color naranja de la marca “CARALZ”, ver figura 18-3. La pintura de poliuretano está hecha a base de resina tipo uretano, y su principal característica es que tienen muy buenas propiedades de adherencia. Por lo que, empleando estas pinturas, se puede crear un revestimiento duradero, uniforme y brillante (CARALZ, 2021).



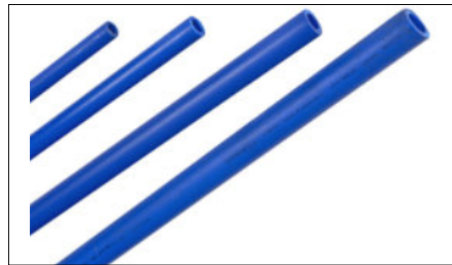
**Figura 18-3.** Pintura Poliuretano CARALZ.

Fuente: (CARALZ, 2021).

### 3.4.4 Tubería Plastigama de termofusión.

Para la tubería de succión se instaló la recomendada por el fabricante de la bomba de 32 mm equivalente a 1 pulgada, para agua fría “AF”, y en la tubería de descarga se colocó la tubería de 20 mm equivalente a la tubería de ½ pulgada que es la recomendada por el fabricante del micro generador, de igual manera es tubería para agua fría “AF”, estas tuberías son de alta resistencia y calidad, soportan elevadas presiones hasta 181 Psi, ya que la presión recomendada por el fabricante del generador no supera los 174 Psi, y la bomba no genera más de 71 psi, la tubería es adecuada para usarla en el banco.

Estas tuberías tienen buena resistencia a la corrosión, al ser termo fundida su instalación no requiere de elementos adicionales como teflón, y es mucho más rápida su instalación, tiene resistencia química que evita la formación de sarro ayudando a mantener la sección hidráulica de una forma continua, ver figura 19-3 y figura 20-3 (PLASTIGAMA WAVIN, 2021).



**Figura 19-3.** Tubería y accesorios Plastigama.

Fuente: (PLASTIGAMA WAVIN, 2021).

DIÁMETRO NOMINAL	ESPESOR		LONGITUD
	AC	AF	
mm	mm	mm	m
20,00	3,40	2,00	6,0
25,00	4,20	2,30	6,0
32,00	5,40	2,90	6,0
40,00	6,70	3,70	6,0
50,00	8,40	4,60	6,0
63,00	10,50	5,80	6,0
75,00	12,50	-	6,0
90,00	15,00	-	6,0
110,00	18,30	-	6,0

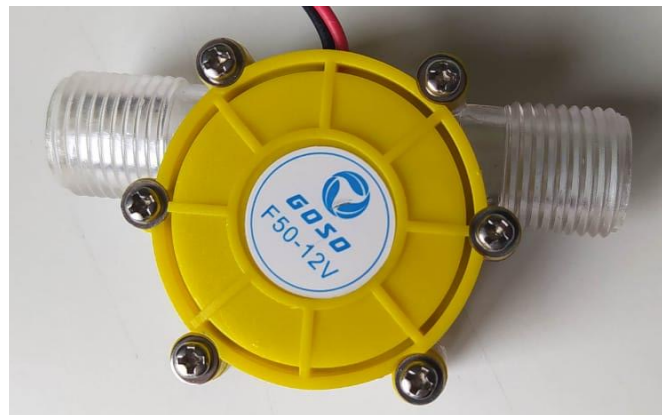
**Figura 20-3.** Especificaciones técnicas de las tuberías Termomax.

Fuente: (PLASTIGAMA WAVIN, 2021).

### 3.4.5 Micro generador hidráulico.

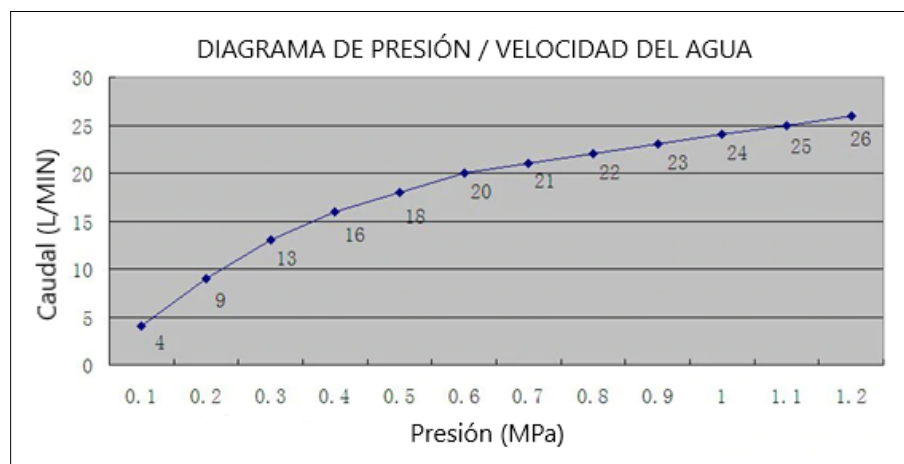
El micro generador empleado para generar electricidad es el modelo F50-12V GOZO, de la marca STEMKID, el cual es para conexión a tuberías de ½ pulgada.

Este generador aprovecha el flujo de agua que pasa por su rodete produciendo 12 volts de corriente directa y un máximo de 220 mA, su presión de trabajo en salida cerrada es de 0.6 MPa y en salida abierta de 1.2 Mpa, la presión mínima de operación es de 0.05 Mpa que es igual a 7.5 Psi. Ver figura 21-3 y figura 22-3. (STEMKID, 2021)



**Figura 21-3.** Micro generador Hidráulico.

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.



**Figura 22-2.** Curvas de funcionamiento Caudal Vs Presión.

**Fuente:** (STEMKID, 2021).



### **3.4.6 Bomba centrífuga.**

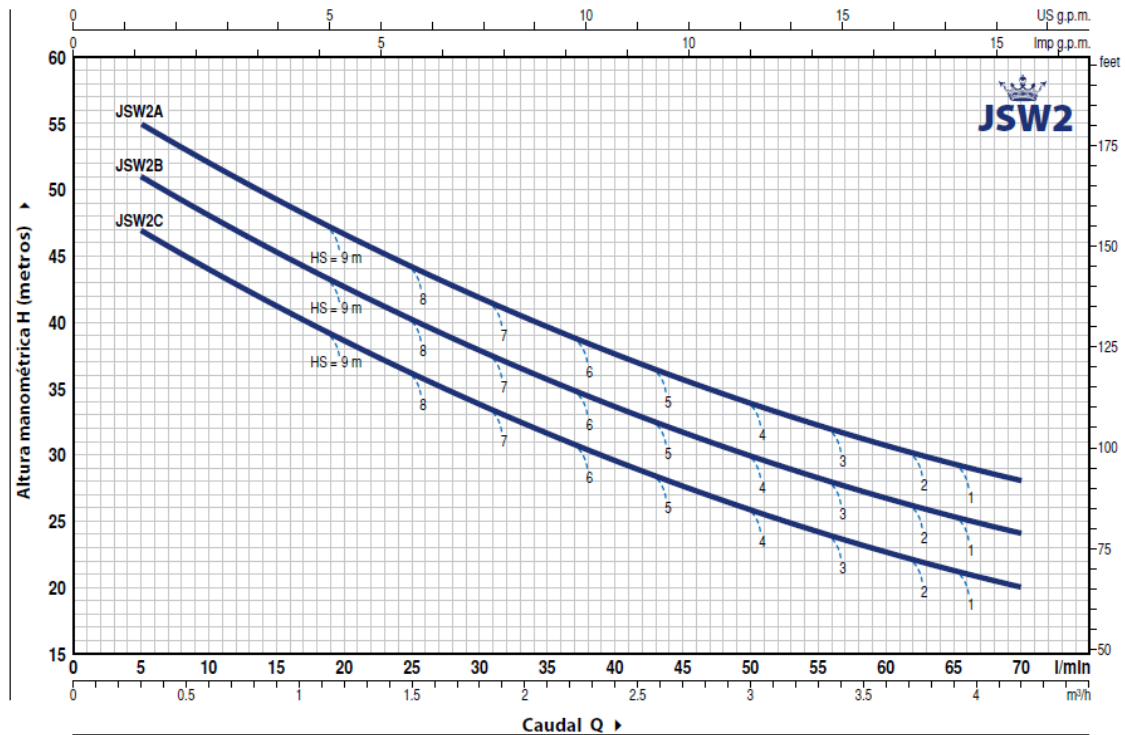
Se utilizó una bomba centrífuga tipo Jet, ver figura 23-3 y figura 24-3. Ya que por sus características nos indica que esta cumple con los requisitos necesarios para el sistema de conducción de agua para el banco de micro generación hidráulica, que necesita un caudal máximo de 18 l/min y una presión inicial de 0.05 Mpa equivalentes a 5.019 mca para empezar a producir energía. Estos equipos autocebantes tipo Jet modelo JSWm 2C, tienen una capacidad máxima de bombeo a 50 metros de altura y un caudal máximo de 70 l/min, a una presión de trabajo máximo de 101.5 Psi, están diseñadas para aspirar agua incluso cuando el fluido a succionar este mezclado con algún tipo de gas. Dada su confiabilidad y simplicidad están altamente recomendadas para usarlas en hogares, irrigación de huertos, jardines, otros.

Recomendada para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas (PEDROLLO, 2021).



**Figura 23-3.** Bomba centrífuga autocebante Pedrollo.

**Fuente:** (PEDROLLO, 2021).



**Figura 24-3.** Curvas de funcionamiento de las bombas serie JSW Pedrollo.

Fuente: (PEDROLLO, 2021).

Todos los datos y cálculos mostrados a continuación son realizados en la tubería de aspiración de la bomba, en otras palabras, son cálculos hechos en el tramo que va desde la salida del reservorio de agua hasta la entrada de aspiración de la bomba utilizada, en este tramo se trabaja con un diámetro de 1 in tanto para la tubería como para los accesorios.

A continuación, se presenta la tabla 6-3, con los datos del fluido extraídos de la (Tabla 1-2), los cuales son datos de acuerdo con la temperatura típica (ambiente) de la ciudad de Riobamba:

**Tabla 6-3:** Datos del fluido.

Temperatura (°C)	Densidad ( $\frac{m^3}{kg}$ )	Viscosidad Cinemática ( $\frac{m^2}{s}$ )
20	998,2	0,000001007

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

El material escogido para la tubería con un diámetro de 1 in en el tramo de aspiración se muestra en la tabla 7-3, estos datos son extraídos de la (Tabla 3-2):

**Tabla 7-3:** Datos de la tubería de 1 in en la aspiración.

Material	Diámetro (mm)	Diámetro (m)	Rugosidad (mm)
Plástico	26,64	0,02664	0,0003

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

Como siguiente paso se procede a calcular el régimen del fluido, en este caso el fluido a ocupar es el agua a una temperatura de 20 °C:

Se calcula el área de la tubería con el diámetro interno de la misma con la ecuación 22.

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

$$A = \frac{\pi(0,02664 \text{ m}^2)^2}{4}$$

$$A = 0,000557389 \text{ m}^2$$

Ahora se procede a cálculo de la velocidad del fluido que pasa por la tubería aplicando la ecuación 20 de continuidad:

$$Q = \vec{V} \cdot A$$

De la ecuación anterior se despeja la velocidad del fluido:

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

El caudal que máximo medible en el sistema es de  $18 \frac{l}{\min(0,0003 \frac{m^3}{s})}$  según la configuración instalada

del flujómetro, entonces con este valor se procede a calcular la velocidad del fluido:

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

$$\vec{V} = \frac{0,0003 \frac{m^3}{s}}{(0,000557389 m^2)}$$

$$\vec{V} = 0,538 \frac{m}{s}$$

Una vez obtenido los valores del área, velocidad y viscosidad cinemática se procede a obtener el régimen del fluido mediante el cálculo del número de Reynolds ocupando la ecuación 5.

$$Re = \frac{\vec{V}.D}{u}$$

$$Re = \frac{\left(0,538 \frac{m}{s}\right). (0,02664 m)}{\left(\frac{0,000001007 m^2}{s}\right)}$$

$$Re = 14238,61287$$

En número de Reynolds encontrado pertenece a un régimen del tipo turbulento, este valor encontrado es mayor a 10 000.

Con el régimen del fluido de tipo turbulento, se procede a calcular el factor de fricción. Para calcular este factor se utiliza la ecuación 8 de Colebrook.

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log_{10} \left( \frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log_{10} \left( \frac{\frac{0,0000003m}{0,02664m}}{3,7} + \frac{5,74}{14238,61287^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0,028181124$$

Para calcular las pérdidas principales (longitud de tubería), se procede a medir todas las longitudes de tubería que conforma el tramo de aspiración como se indica en la tabla 8-3.

**Tabla 8-3:** Longitud de tubería en el tramo de aspiración.

Tramo	Longitud (cm)	Longitud (m)
Aspiración	153	1,53

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

Una vez obtenida la longitud de tubería en el tramo de aspiración, con la ecuación 23 de Darcy se procede a calcular las pérdidas principales (longitud de tubería):

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

$$h_f = \frac{8(0,02818)(1,53m)(0,0003m^3/s)^2}{\pi^2(0,02664m)^5(9,80665)}$$

$$h_f = 0,02390511 \text{ m.c.a}$$

A continuación, se procede a calcular las pérdidas secundarias (accesorios), dependiendo del tipo de accesorios se procede a utilizar el coeficiente de pérdidas  $K_L$ , pero este coeficiente de pérdidas  $K_L$  no existe para todos los accesorios así que se procede a utilizar la longitud equivalente  $\frac{L_e}{D}$  mostrados en la (Tabla 5-2) y se utiliza la ecuación 28 para dejar todo en términos de  $K_L$ :

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

Para poder realizar de manera eficiente el cálculo de este coeficiente de pérdidas de los accesorios en el tramo de aspiración, se procede a realizar las siguientes tablas, tabla 9-3 y tabla 10-3.

**Tabla 9-3:** Coeficientes de pérdidas K en el tramo de aspiración.

Accesorios	#Accesorios	K	<i>K Total</i>
Unión roscada	7	0,08	0,56
Niple de acero Cédula 40	1	0,1	0,1
$\sum K$			0,66

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

**Tabla 10-3:** Coeficiente de pérdidas como longitud equivalente Le/D.

Accesorios	#Accesorios	Le/D	Le/D Total	f	K
Codos a 90°	5	30	150	0,02819064	4,22859629
Válvula anti-retorno	1	420	420	0,02819064	11,8400696
Válvula de globo	1	340	340	0,02819064	9,58481826
$\sum K$					25,6534842

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

Las pérdidas secundarias (accesorios) se definen con la siguiente ecuación 26.

$$h_L = \frac{8K_L Q^2}{\pi^2 g D_{acc}^4}$$

Donde  $K_L$  es la suma de los coeficientes de pérdidas en accesorios, tanto de la forma directa y con el uso del método de la longitud equivalente, a continuación, se procede con el cálculo de las pérdidas secundarias (accesorios):

$$h_L = \frac{8(0,66 + 25,653)(0,0003)^2}{\pi^2(9,80665)(0,02664)^4}$$
$$h_L = 0,38851749 \text{ m.c.a}$$

### 3.4.7 *Pérdidas principales de energía (longitud de tubería) y pérdidas secundarias de energía en la descarga (accesorios) en el tramo de descarga*

Los siguientes cálculos se realizan en el tramo de la descarga de la bomba, esto significa que los cálculos se realizan a partir de la expulsión del fluido desde la bomba, este tramo tiene un diámetro de media pulgada tanto para la tubería como para los accesorios.

Los datos del fluido se mantienen igual a los que se utilizó para el análisis del tramo de aspiración.

El material que se ha seleccionado para la tubería con un diámetro de media pulgada en el tramo de aspiración se muestra en la tabla 3-11, estos datos son extraídos de la (Tabla 3-2):

**Tabla 11-3:** Datos de la tubería de 1/2 in en la descarga.

Material	Diámetro (mm)	Diámetro (m)	Rugosidad (mm)
Plástico	15,8	0,0158	0,0003

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

Como siguiente paso se procede a calcular el régimen del fluido, en este caso el fluido a ocupar es el agua a una temperatura de 20 °C:

Se calcula el área de la tubería con el diámetro interno de la misma con la ecuación 22:

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

$$A = \frac{\pi(0,0158 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 0,000196067 \text{ m}^2$$

Después se realiza el cálculo de la velocidad del fluido que pasa por la tubería en el tramo de descarga aplicando la ecuación de continuidad:

$$Q = \vec{V} \cdot A$$

De la ecuación anterior se despeja la velocidad del fluido:

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

El caudal que arroja la bomba es de  $18 \frac{l}{\min(0,0003 \frac{m^3}{s})}$  según la curva de funcionamiento de la bomba,

entonces con este valor se calcula la velocidad del fluido:

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

$$\vec{V} = \frac{0,0003 \frac{m^3}{s}}{(0,000196067 \text{ m}^2)}$$

$$\vec{V} = 1,530090784 \frac{m}{s}$$

Una vez obtenido los valores del área, velocidad y viscosidad cinemática se realiza el cálculo del régimen del fluido mediante el cálculo del número de Reynolds con la ecuación 5.

$$Re = \frac{\vec{V}.D}{u}$$

$$Re = \frac{\left(1,530090 \frac{m}{s}\right) \cdot (0,0158 m)}{\left(\frac{0,000001007 m^2}{s}\right)}$$

$$Re = 24007,38271$$

El Reynolds encontrado pertenece a un régimen del tipo turbulento, este valor es mayor a 10 000, como se lo puede ver en la (Tabla 2-2).

Con el régimen del fluido de tipo turbulento, se calcula el factor de fricción. Para calcular el valor de este factor se utiliza la ecuación 8 de Colebrook:

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log_{10} \left( \frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log_{10} \left( \frac{\frac{0,0000003m}{0,0158m}}{3,7} + \frac{5,74}{24007,38271^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0,024700939$$

Para calcular las pérdidas principales (longitud de tubería) en el tramo de descarga, se debe medir todas las longitudes de tubería que conforma el tramo de aspiración, ver tabla 12-3.

**Tabla 12-3:** Longitud de tubería en el tramo de descarga.

Tramo	Longitud (cm)	Longitud (m)
Aspiración	152,04	1,5204

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.



Una vez obtenida la longitud de tubería en el tramo de descarga, con la ecuación 23 de Darcy se realiza el cálculo de las pérdidas principales (longitud de tubería):

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

$$h_f = \frac{8(0,0247219)(1,5204m)(0,0003m^3/s)^2}{\pi^2(0,0158m)^5(9,80665)}$$

$$h_f = 0,28372523 \text{ m.c.a}$$

A continuación, se procede a calcular las pérdidas secundarias (accesorios), donde dependiendo del tipo de accesorios se procede a utilizar el coeficiente de pérdidas  $K_L$  de tablas, pero este coeficiente de pérdidas  $K_L$  no existe para todos los accesorios así que se procede a utilizar la longitud equivalente  $\frac{Le}{D}$  mostrados en la (Tabla 5-2) y se utiliza la ecuación 28 para dejar todo en términos de  $K_L$ :

$$K = \left(\frac{Le}{D}\right) \cdot f$$

Para realizar el cálculo de los coeficientes de pérdidas de los accesorios en el tramo de descarga, se ha procedido a realizar las siguientes tablas, tabla 13-3 y tabla 14-3.

**Tabla 13-2:** Coeficientes de pérdidas en accesorios K en el tramo de descarga.

Accesorios	#Accesorios	K	K Total
Unión universal	17	0,08	1,36
$\sum K$			1,36

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

**Tabla 14-3:** Coeficiente de pérdidas como longitud equivalente Le/D.

Accesorios	#Accesorios	Le/D	Le/D Total	f	K
Codos a 90°	10	30	300	0,024721938	4,22859629

Válvula de compuerta	1	420	420	0,024721938	10,3832138
Válvula de globo	1	340	340	0,024721938	8,40545879
Te	1	20	20	0,024721938	0,49443875
Reducción de 1" a ½"	1	0,5	0,5	0,024721938	0,01236097
Entrada normal	1	0,2	0,2	0,024721938	0,00494439
$\sum K$					26,716998

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

Las pérdidas secundarias (accesorios) en el tramo de descarga se definen con la siguiente ecuación 26:

$$h_L = \frac{8K_L Q^2}{\pi^2 g D_{acc}^4}$$

Donde  $K_L$  es la suma de los coeficientes de pérdidas en accesorios, tanto de la forma directa y con el uso del método de la longitud equivalente, a continuación, se procede con el cálculo de las pérdidas secundarias (accesorios):

$$h_L = \frac{8(1,36 + 26,716998)(0,0003)^2}{\pi^2 (9,80665)(0,0158)^4}$$

$$h_L = 3,34875388 \text{ m.c.a}$$

Una vez obtenidos los valores de pérdidas primarias (longitud de tubería) y pérdidas secundarias (accesorios), tanto para el tramo de aspiración como para el tramo de descarga, a continuación, se realiza la tabla 15-3, donde se obtiene de forma resumida todos estos valores:

**Tabla 15-3:** Pérdidas totales del sistema.

	Tramo de aspiración (m.c.a)	Tramo de descarga (m.c.a)
<b>Pérdidas primarias <math>h_f</math></b>	0,02390511	0,28372523
<b>Pérdidas secundarias <math>h_L</math></b>	0,38851749	3,34875388

Para el análisis del sistema de conducción de agua, se ocupa la ecuación 27 de balance de energías en el sistema la cual según. (CRANE, 1992)

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + H_B = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_f + h_L$$

Donde se analiza los siguientes términos quedando definidos de la siguiente manera:

$\frac{P}{\gamma} =$  **Presión estática (carga de presión)**: representa la altura de una columna de fluido.

Como el reservorio de agua se encuentra abierto a la atmósfera entonces la presión manométrica es igual a cero.

$\frac{v^2}{2g} =$  **Presión dinámica (carga de velocidad)**: representa la elevación necesaria para que

un fluido alcance la velocidad durante una caída libre sin fricción. Como el reservorio de agua que se utiliza tiene dimensiones muy grandes entonces la velocidad con la que circula el fluido dentro del reservorio es muy baja. Otro criterio por lo que este término se elimina en ambos lados de la ecuación del balance de energías es que, el fluido entra y sale del mismo reservorio, entonces el fluido está recirculando a cada momento por lo que el reservorio nunca estará vacío y por lo tanto estos términos se eliminarían por que la velocidad del flujo de agua siempre va a permanecer constante.

$z =$  **Presión hidrostática (carga de elevación)**: representa la energía potencial del fluido. Este término determina la altura a la que se encuentra la lámina de agua del reservorio y la lámina de agua en el punto más alto del banco de pruebas, en este caso sería a la salida del flujómetro. La lámina de agua del reservorio se encuentra bajo el nivel de la bomba  $- z_1$ , entonces este valor es un valor negativo de 59 cm, la lámina de agua a la salida del flujómetro se encuentra por encima del nivel de la bomba  $z_2$  con un valor positivo de 51 cm. Entonces el balance de energía entre estas dos láminas de agua quedaría de la siguiente manera:

$$H_B = z_2 + z_1 + h_f + h_L$$

Donde:

$h_f =$  *pérdidas principales (longitud de tubería)*

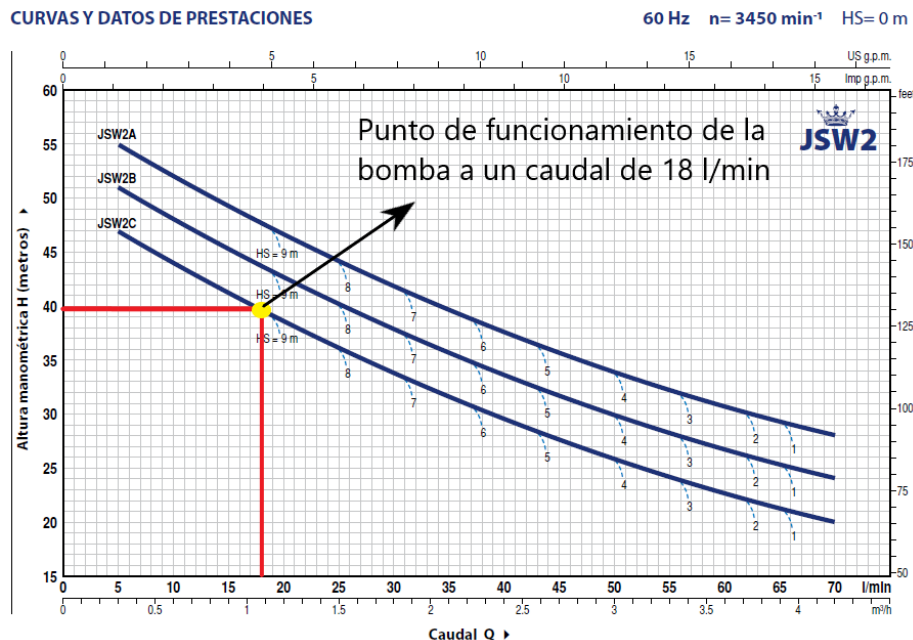
$h_L =$  *pérdidas secundarias (accesorios)*

En la (Tabla 10-3), se tiene las pérdidas primarias totales y pérdidas secundarias totales tanto para el tramo de aspiración como para el tramo de descarga, entonces, a continuación, se reemplaza los valores en la ecuación definida anteriormente:

$$H_B = (0,51)m.c.a + (0,59)m.c.a + (0,02390511 + 0,28372523)m.c.a + (0,38851749 + 3,34875388)m.c.a$$

$$H_B = 5,1449 m.c.a$$

La bomba que se debe adquirir debería cumplir con la altura  $H_B$  determinada en el cálculo realizado, y efectivamente, la bomba centrífuga autocebante Pedrollo JSWm 2C posee una altura de bombeo de 40 mca a un caudal entregado de 18 LPM entonces por lo que el sistema de generación se desenvuelve eficazmente, ver figura 25-3.



**Figura 25-3.** Curva de funcionamiento de la bomba centrífuga.

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### 3.4.8 Válvula de compuerta.

Se emplea una válvula de compuerta de ½ pulgada elaborada en latón de la marca Genebre modelo 3222-04, recomendadas para uso en tuberías de presión moderada con una resistencia de trabajo de 16 bar, con rango de variación de caudal de 1.4 a 40 m<sup>3</sup>/h, ver figura 26-3 (GENEBRE, 2021).



**Figura 26-3.** Válvula de compuerta Genebre de ½ pulgada.

**Fuente:** (GENEBRE, 2021).

#### **3.4.9** *Válvula de esfera.*

Se utiliza dos válvulas de esfera una de una pulgada y una de media pulgada de marca Genebre modelo 3022, estos elementos se recomiendan para controlar el paso de un fluido por el sistema de transmisión de agua ya que se tiene dos posiciones de paso, que son abierto o cerrado, las válvulas Genebre de esfera pueden trabajar a una presión máxima de 25 bar, con accionamiento por palanca, ver figura 27-3 (DINCORSA, 2017).



**Figura 27-3.** Válvula de esfera Genebre.

**Fuente:** (GENEBRE, 2017.).

#### **3.4.10** *Válvula anti-retorno.*

La válvula utilizada es de la marca Genebre con conexión de una pulgada con una presión de trabajo de hasta 25 bares ya que es de la serie DN 25, está válvula es de cuerpo de latón, tiene una temperatura de trabajo de 0 a 100 grados centígrados, ver figura 28-3 (GENEBRE, 2021).



**Figura 28-3.** Válvula antirretorno Genebre de 1 pulgada.

Fuente: (GENEBRE, 2021)

#### **3.4.11 Tanque hidroneumático.**

Se utiliza un tanque hidroneumático de la marca WELL TANK, con una capacidad de 30 galones, estos tanques están elaborados en plancha de acero galvanizado de 1.5 mm de espesor, con recubrimiento interior epóxido grado alimenticio. Con una presión de trabajo de 60 psi, ver figura 29-3 (AL METAL, 2020).



**Figura 29-3.** Tanque Hidroneumático de 30 Gl.

Fuente: (AL METAL, 2020).

El tanque de reservorio tiene una capacidad de 30 galones que es igual a 113.562 litros.

El volumen de agua necesario que va a circular por la tubería de todo el circuito de conducción en succión y en descarga se lo calcula según (Koeberlein, 2013, p.424) nos dice que, el volumen de un cilindro se calcula con la siguiente ecuación:

$$V = \pi r^2 h \quad (42)$$

Donde  $V =$  Volumen del cilindro.

$\pi =$  Relación entre la longitud de una circunferencia y su diámetro,

$r =$  el radio de cilindro.

$h =$  la altura del cilindro, sería igual a "L" longitud de tubería.

Por lo que el volumen total sería.

$$V_{Total} = V_{succion} + V_{descarga} \quad (43)$$

$$V_{Total} = \pi r_{succion}^2 L_{succion} + \pi r_{descarga}^2 L_{descarga} \quad (44)$$

De la figura 3-21 de la tubería se tiene que el diámetro nominal en succión 32 mm y su espesor es de 2.9 mm en tubería de agua fría "AF" por lo que el diámetro es de 26.2 mm dando un radio de 13.1 mm, y se tiene una longitud total en la tubería de succión de 1530 mm.

Para la tubería de descarga se tiene que el diámetro nominal es de 20 mm y un espesor es de 2 mm en tubería de agua fría "AF" por lo que el diámetro interior es de 16 mm, dando un radio de 8 mm, con una longitud total en la tubería de descarga de 1100mm.

Remplazando los valores en la ecuación 44.

$$V_{Total} = (\pi * (13.1)^2 * 1530 + \pi * (8)^2 * 1520.4) mm^3$$

$$V_{Total} = 1191599.81 mm^3$$

Donde

$$1 mm^3 = 1 * 10^{-6} litros$$

Entonces

$$V_{Total} = 1130561.492 mm^3 * \frac{1 * 10^{-6}}{1 mm^3}$$

$$V_{Total} = 1.1305 litros$$

Por lo que la capacidad del tanque reservorio es suficiente para suplir el consumo de todo el sistema para generar micro hidroenergía.

#### **3.4.12 Perno U-bolt.**

Se utiliza pernos U-bolt como los de la figura 3-31, que permiten asegurar la fijación de la tubería al banco de pruebas, las medidas de los pernos son de  $\frac{1}{4}$ " x 1- $\frac{1}{8}$ " x 3- $\frac{1}{2}$ " para sujetar la tubería de 20 mm y para las tuberías de 32 mm se usa la siguiente medida  $\frac{5}{16}$ " x 1- $\frac{3}{4}$ " x 3- $\frac{5}{8}$ ", son de acero galvanizado que permiten mayor duración y evitan que la corrosión se desarrolle rápidamente (KIWY, 2020).



**Figura 30-3.** Perno U-bolt Prosource.

Fuente: (KYWI, 2020).

#### **3.4.13 Codo a 90° de termofusión.**

Se emplea este codo para los cambios de dirección de la línea que transporta el agua, estos son de marca Plastigama Termomax, ver figura 31-3 (PLASTIGAMA WAVIN, 2021).





**Figura 31-3.** Codo a 90° k20.

**Fuente:** (PLASTIGAMA WAVIN, 2021).

#### ***3.4.14 Unión universal.***

Se utilizó para unir secciones de tubería de forma rápida y eficiente estos elementos permiten también separar tramos de tubería para poder dar mantenimiento, o cambiar elementos como válvulas de forma rápida sin necesidad de desmontar grandes cantidades de tramos de tubería en el caso de la tubería de termofusión se debe tomar en cuenta que no se tiene forma de separar las tuberías ya soldadas, estos son de marca Plastigama Termomax, ver figura 32-3 (PLASTIGAMA WAVIN, 2021).



**Figura 32-3.** Unión universal k16.

**Fuente:** (PLASTIGAMA WAVIN, 2021)

#### ***3.4.15 Tee con inserto central.***

Se utilizó estas Tee para unir tres tramos diferentes de tubería, para redireccionar el flujo en dos direcciones, o también para instalar instrumentos, el orificio central es roscado para una unión

más rápida. Estos son de marca Plastigama Termomax, ver figura 33-3 (PLASTIGAMA WAVIN, 2021).



**Figura 33-3.** Tee k33.

**Fuente:** (PLASTIGAMA WAVIN, 2021)

#### **3.4.16 Adaptador macho.**

Se utiliza un adaptador macho k11 que permite unir la tubería de termofusión con accesorios o tramos de tuberías roscadas, estos tienen rosca NPT, se usaron los de marca Plastigama Termomax, ver figura 34-3 (PLASTIGAMA WAVIN, 2021).



**Figura 34-3.** Adaptador Macho k11

**Fuente:** (PLASTIGAMA WAVIN, 2021)

#### **3.4.17 Adaptador hembra.**

Se emplea un adaptador hembra k13 que permite unir la tubería de termofusión con accesorios o tramos de tuberías roscadas, estos tienen rosca NPT, se usaron los de marca Plastigama Termomax, ver figura 35-3 (PLASTIGAMA WAVIN, 2021).



**Figura 35-3.** Adaptador hembra k13

Fuente: (PLASTIGAMA WAVIN, 2021)

#### **3.4.18 Canaleta lisa.**

Se emplea dos canaletas lisas de la marca DEXON de 20x20 mm para guiar y proteger el cableado del banco de micro generación, desde la bomba y los cables de sensores y el generador hasta el panel de control, estas canaletas están elaboradas de PVC resistente a impactos, lubricantes y aceites, ver figura 36-3 (DEXON, 2021).



**Figura 36-3.** Canaleta Dexon.

Fuente: (DEXON, 2021).

#### **3.4.19 Accesorios para canaletas.**

Se empleo tres derivaciones en T, un Angulo interno, dos ángulos planos, dos etapas finales para canaleta, todos estos de 20x20 mm, de la marca DEXON, estos elementos mejoran las terminaciones de los canales conductores, ver figura 37-3 (DEXON, 2021).



**Figura 37-3.** Accesorios Dexon para canaletas lisas.

Fuente: (DEXON, 2021).

#### 3.4.20 *Remaches.*

Se empleó remaches por rotura de vástago de ala ancha, de medida 5/32" x 1/2" para la unión de las planchas de aluminio y la estructura del banco, recomendado para mejorar el agarre de las piezas a juntar ya que tiene mayor área de contacto, ver figura 38-3 (BASELGA LIZAGA, 2021).



**Figura 38-3.** Remache de Ala ancha.

Realizado por: Castro, D & Guerrero, C, (2021).

#### 3.4.21 *Caja de control.*

Para la caja de control se empleó un gabinete tipo telefónico de marca AOSS-LINE de 30x30x10 cm, elaborada en metal y fondo de triplex con cerradura. Este gabinete es adecuado para la

colocación de los instrumentos indicadores e interruptores de encendido, ver figura 39-3 (S.E.L.E.C., 2021).



**Figura 39-3.** Gabinete tipo Caja Telefónica AOSSLINE.

Fuente: (S.E.L.E.C., 2021).

#### **3.4.22 Voltímetro led digital.**

Se utiliza un voltímetro de 0 a 30 voltios DC de pantalla Led digital, de la marca ALISI este dispositivo permite medir el voltaje que está entregando una fuente de energía de corriente directa, ver figura 40-3 (ALISI, 2020).



**Figura 40-3.** Voltímetro led digital ALISI.

Fuente: (ALISI, 2020).

### 3.4.23 *Amperímetro led digital.*

Se utiliza un amperímetro de 0 a 9.99 amperios de la marca RD, de tres dígitos alimentado de 4 a 30 voltios, que permite verificar la corriente que está entregando el micro generador a la fuente de consumo, ver figura 41-3 (RD TECH, 2021).

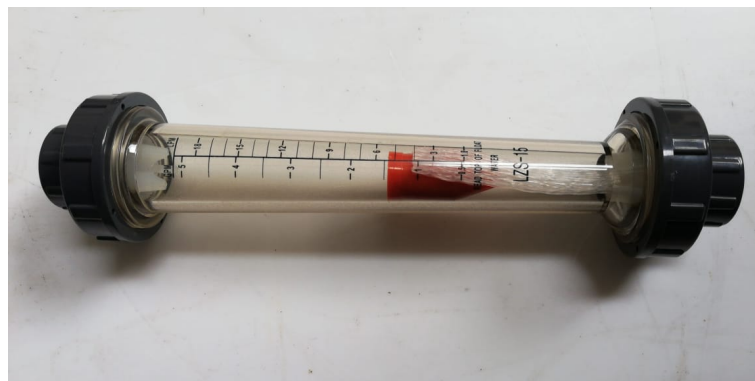


**Figura 41-3.** Amperímetro led digital RD.

Fuente: (RD TECH, 2021).

### 3.4.24 *Medidor indicador de flujo transversal.*

Se utiliza un medidor indicador de la marca Darhor modelo DG 45015 de 1.8 a 18 LPM con conexión roscada de media pulgada NPT con una exactitud del 5% de la escala completa y una presión de trabajo de 0.6 Mpa, ver figura 42-3 (DARHOR, 2020).



**Figura 42-4.** Medidor indicador de Flujo DF- 45015.

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### 3.4.25 Pantalla LCD indicadora.

El indicador de caudal usado es de la marca Sea el modelo ZJ-LCD-M con una capacidad de indicar temperatura, de un rango de medida del caudal de 1 A 9999 LPM, ver figura 43-3 (FLOW SENSOR., 2020).

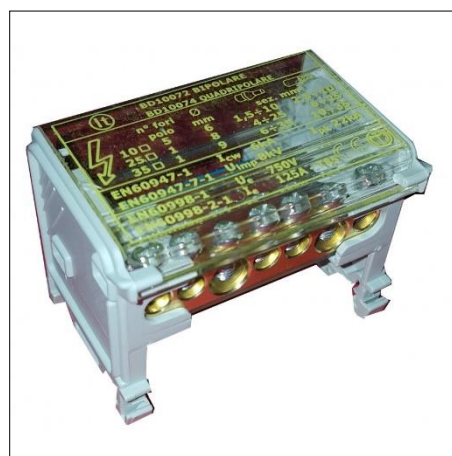


**Figura 43-3.** Pantalla LCD indicadora.

Fuente: (FLOW SENSOR., 2020).

### 3.4.26 Bornera para regleta.

Se utiliza una bornera marca TEMPER modelo BD10072 con 7 conectores bipolares, que permite distribuir la energía eléctrica de entrada a la bomba y rectificador de voltaje de forma segura y rápida, esta bornera tiene una capacidad máxima de 125 A, y 750 voltios AC. Tiene una tapa protectora transparente, ver figura 44-3 (TEMPER, 2014).



**Figura 44-3.** Bornera Bipolar Temper.

Fuente: (TEMPER, 2014).

### 3.4.27 *Sensor de caudal.*

El sensor de flujo de agua utilizado consiste en un sensor hall, que transmite una señal al LCD indicador, con un rango de trabajo de 1 a 30 LPM y una presión máxima de 1.75 MPa. El sensor es de la marca Sea el modelo YF-S201, ver figura 45-3 (FOSHAN SHUNDE., 2020).



**Figura 45-3.** Sensor de flujo efecto Hall Sea.

**Fuente:** (FOSHAN SHUNDE, 2020).

### 3.4.28 *Manómetro.*

Se utiliza un manómetro de la marca Winters modelo PFQ711ZRR1R11, con un rango de lectura 0 a 100 Psi y una exactitud de 1.5% de la escala total o %FS.

Estos manómetros son ideales para trabajos pesados en sistemas de bombeo, prensas hidráulicas, otros. Su gran bondad es que tiene sistema estabilizador amortiguado StabilizR™ que minimiza los efectos de la pulsación y la vibración, ver figura 46-3 (WINTERS, 2020).



**Figura 46-3.** Manómetro Winters.

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.



### **3.4.29 Sonda de Temperatura.**

Se usa una sonda para medir temperatura tipo NTC de 50 K ohms la cual es apta para sumergirla en líquidos como el agua, la cual puede medir temperaturas de 0 a 1000 grados centígrados, esta se instalará en dentro del reservorio para medir la temperatura del agua utilizada para la micro generación (AMAZON, 2020).



**Figura 47-3.** Sonda de temperatura de 50K ohms.

**Fuente:** (AMAZON, 2020).

## **3.5 Herramientas y máquinas.**

En este apartado se describe de forma general cada herramienta y maquina usada para poder implementar el banco de pruebas de micro generación hidráulica.

### **3.5.1 Herramientas.**

#### **3.5.1.1 Cortadora de tubo PVC INGCO.**

Esta herramienta cuenta con dos cuchillas afiladas las cuales cortan al tubo PVC solo con la fuerza de las manos de la persona que la utiliza, el resorte en su parte interna permite abrir nuevamente las cuchillas para poder efectuar otro corte en la tubería de PVC, ver figura 48-3 (CODIM, 2021).



**Figura 48-3.** Cortadora de Tubo PVC INGCO.

**Fuente:** (CODIM, 2021).

### 3.5.1.2 *Juego de llaves combinadas STANLEY.*

Estas llaves son posiblemente las herramientas manuales más utilizadas, esta herramienta son destinadas para ejercer un torque necesario para apretar o aflojar tornillos dependiendo del tamaño del tornillo, ver figura 49-3 (STANLEY, 2021).



**Figura 49-3.** Juego de llaves combinadas.

Fuente: (STANLEY, 2021).

### 3.5.1.3 *Juego de brocas STANLEY.*

Las brocas son herramientas metálicas que realiza cortes circulares, en otras palabras, crea orificios en diversos materiales cuando son ocupadas con un taladro u otra máquina, para este caso se utilizó un taladro, ver figura 50-3 (STANLEY, 2021).



**Figura 50-3.** Juego de brocas STANLEY

Fuente: (STANLEY, 2021)

#### 3.5.1.4 Cautín tipo lápiz.

Esta herramienta es de tipo eléctrica, lo que realiza es una soldadura de estaño, la cual funde el material de aporte (estaño), esta herramienta se utiliza para unir los cables del circuito eléctrico y del panel de control, ver figura 51-3 (Stereon, 2018).

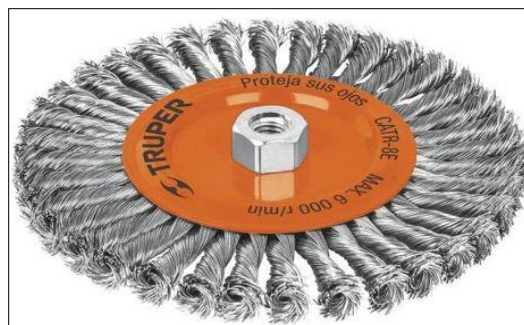


**Figura 51-3.** Cautín tipo lápiz.

Fuente: (Stereon, 2018).

#### 3.5.1.5 Grata circular de alambre trenzado TRUPER.

Esta herramienta mediante el uso de una amoladora permite la remoción de la oxidación, residuos y restos de soldadura que se encuentran sobre superficies metálicas, para el banco se utilizó en la remoción de la escoria de las soldaduras que se realizó al momento de construir la estructura del banco, ver figura 52-3 (CARULLA, 2021).



**Figura 52-5.** Grata circular de alambre trenzado TRUPER.

Fuente: (CARULLA, 2021).

### 3.5.1.6 Cepillo con cerdas de acero al carbono.

El objetivo es facilitar la limpieza de superficies o piezas antes y después del trabajo de soldadura, se emplea en los lugares que no ingresa una grata, ver figura 53-3 (TRUPER, 2020).



**Figura 53-3.** Cepillo con cerdas de acero al carbono TRUPER.

**Fuente:** (TRUPER, 2020).

### 3.5.1.7 Pistola para pintar TRUPER.

Esta herramienta permite realizar pasadas horizontales en la primera capa de pintura para luego combinarla con una segunda capa de pintura en forma vertical, cubriendo de esta manera totalmente la superficie a pintar, ver figura 54-3 (HERRACOR, 2021).

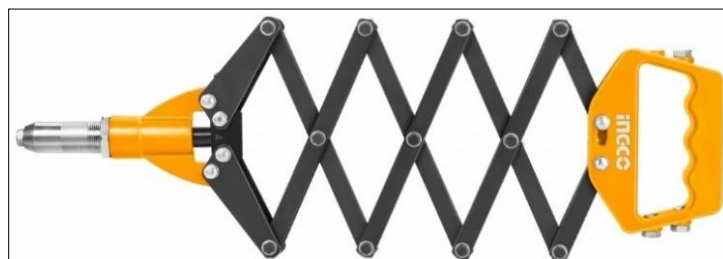


**Figura 54-3.** Pistola para pintar TRUPER.

Fuente: (HERRACOR, 2021).

### 3.5.1.8 Remachadora de acordeón fuelle INGCO.

Permite unir dos elementos los cuales con el tiempo no tengan que ser separados o despegados, ver figura 55-3 (INGCO, 2021).



**Figura 55-3.** Remachadora de acordeón fuelle INGCO.

Fuente: (INGCO, 2021).

### 3.5.1.9 Escuadra magnética para soldar INGCO.

Es muy útil al momento de mantener unidas las piezas a soldar, este sistema que poseen las escuadras permite sujetar piezas de metal gracias a que son imantadas, de esta manera se ahorra tiempo y el trabajo de soldar se vuelve más eficiente, ver figura 56-3 (INGCO, 2021).



**Figura 56-3.** Escuadra magnética para soldar INGCO.

Fuente: (INGCO, 2021).

### 3.5.1.10 Flexómetro STANLEY.

Comúnmente conocido como metro, está constituido por una cinta delgada de metal flexible, la cual tiene unidades de medición tanto en metros y pies y se enrolla dentro de una carcasa de plástico, ver figura 57-3 (STANLEY, 2021).

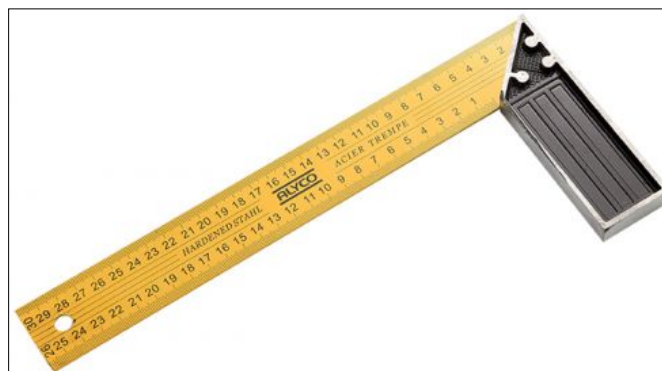


**Figura 57-3.** Flexómetro STANLEY.

Fuente: (STANLEY, 2021).

### 3.5.1.11 Escuadra de acero.

En el campo de la industria se la utiliza más como escuadra de comprobación, se utiliza para medir y marcar sobre la superficie de un material, ver figura 58-3 (ALYCO, 2020).

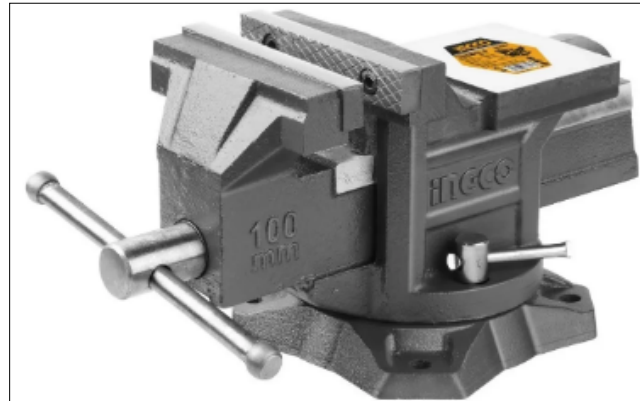


**Figura 58-3.** Escuadra de acero.

Fuente: (ALYCO, 2020).

### 3.5.1.12 Tornillo de banco *INGCO*.

La función primordial es sujetar las piezas, esta herramienta va fija en una mesa de trabajo, entre las mandíbulas se coloca la pieza, luego se gira el tornillo para sujetar y se procede a cortar el elemento, ver figura 59-3 (MRTOOLSOFICIAL, 2021).



**Figura 59-3.** Tornillo de banco.

Fuente: (mrtoolsocial, 2021).

### 3.5.1.13 *Combo de hule*.

Se utiliza para golpear piezas de trabajo terminadas, hace que el material al golpear no sufra deformaciones no deseadas, ver figura 60-3 (FRECUENTO, 2020).



**Figura 60-3.** Combo de hule.

Fuente: (frecuento, 2020).





### 3.5.2 Maquinas.

#### 3.5.2.1 Soldadora Lincoln

La soldadora que se utiliza es de una capacidad de amperaje de 200 amp inverter que permite realizar soldadura de buena calidad con electrodos revestidos, ver figura 63-3 (LINCOLN ELECTRIC, 2019).



**Figura 63-3.** Soldadora Lincoln 200i.

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

#### 3.5.2.2 Tronzadora DEWALT.

Se usa una Tronzadora de la marca DEWALT modelo D28720, de 2200 w, con guía de 45 grados que permite cortes angulares precisos, admiten realizar los cortes de los perfiles de acero de forma rápida y eficiente con seguridades correspondientes para el operador, su robustez provee mayor seguridad ver figura 64-3 (FERRETERIA MC, 2021).



**Figura 64-3.** Tronzadora DEWALT modelo D28720.

Fuente: (FERRETERIA MC, 2021).

### 3.5.2.3 Amoladora angular INGCO.

Esta máquina rotativa permite utilizar varios tipos de discos como complementos, que son de limpieza, remoción, o de corte siendo de gran aporte en la elaboración de trabajos en el área metal mecánica, ver figura 65-3 (INGCO, 2021).



**Figura 65-3.** Amoladora INGCO de 4”.

Fuente: (INGCO, 2021).

### 3.5.3 Taladro atornillador DEWALT.

Este tipo de herramienta está diseñado para cumplir con la función de perforar y si se desea a su vez insertar tornillos de gran longitud en superficies de gran grosor y dureza, ver figura 66-3 (DEWALT, 2021).



**Figura 66-3.** Taladro atornillador DEWALT.

Fuente: (DEWALT, 2021).

### 3.5.4 *Compresor BP.*

Este tipo de herramienta transforma la energía eléctrica en energía mecánica, esto permite proporcionar aire a otros objetos como por ejemplo una pistola para pintar o una pistola de clavos, ver figura 67-3 (BP, 2021).

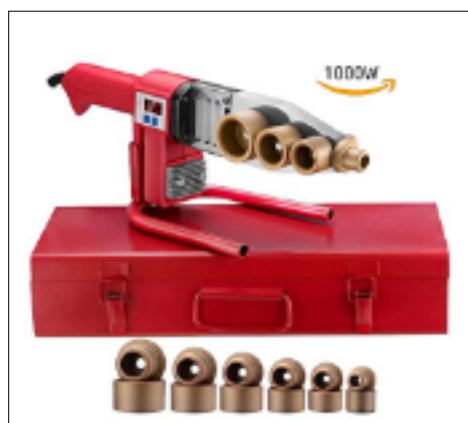


**Figura 67-3.** Compresor BP.

Fuente: (BP, 2021).

### 3.5.5 *Máquina de termofusión CENTURY.*

Esta máquina permite unir tubería de termofusión, para este proceso se utilizan boquillas dependiendo de la medida de la tubería empleada, luego se inserta la tubería en la boquilla y se deja un tiempo determinado y finalmente se unen las dos tuberías, la ventaja sobre la tubería roscada es que está se sella totalmente y no existen fugas, ver figura 68-3 (PROFESIONALES, 2021).



**Figura 68-3.** Máquina de termofusión Century.

Fuente: (PROFESIONALES, 2021)

### 3.6 PASOS SEGUIDOS EN LA CONSTRUCCION.

#### 3.6.1 Cronograma de actividades realizadas en la construcción del banco.

Los pasos seguidos para llegar a la construcción del banco de pruebas de micro generación hidráulica se detallan en la tabla 3-16, donde se puede encontrar las tareas realizadas con sus respectivas fechas de inicio, y la duración de cada una de estas.

**Tabla 16-3:** Cronograma de actividades realizadas en la construcción del banco de pruebas de micro generación hidráulica

N°	Actividad	Fecha de inicio	Duración en días	DIAS CALENDARIO													
				17	18	19	21	22	23	24	26	28	29	30	4	5	6
1	Compra de los materiales	17/12/2020	1	■													
2	Preparación de los perfiles, limpieza, medición y corte siguen los planos.	18/12/2020	1		■												
3	Limpieza de los perfiles cortados para soldarlos	19/12/2020	1			■											
4	Soldadura de la estructura del banco según los planos	21/12/2020	2				■	■									
5	Preparación y aplicación del fondo Primer, posterior lijado.	23/12/2020	1						■								
6	Preparación de la estructura y aplicación de pintura poliuretano.	24/12/2020	1							■							
7	Medición y marcado de las láminas de aluminio para realizar las perforaciones de inserción de remaches.	26/12/2020	1								■						
8	Remachado de las láminas de aluminio con la estructura del banco	28/12/2020	0,5									■					
9	Medición, marcado y corte de las tuberías de conducción de agua.	28/12/2020	0,5									■					
10	Unión termo soldada de las tuberías con los accesorios del sistema de conducción de agua.	29/12/2020	1										■				
11	Montaje de las tuberías, Válvulas, accesorios, sensores, instrumentos, bomba y reservorio en el banco.	30/12/2020	1											■			

12	Instalación del circuito eléctrico y panel de control	4/1/2021	1																
13	Limpieza y colocación de la señalética	5/1/2021																	
14	Realización de las pruebas de funcionamiento del banco de micro generación hidráulica.	6/1/2021																	

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### **3.7 Evaluación de funcionamiento.**

Se realiza la evaluación del funcionamiento del banco de micro generación hidráulica para comprobar que se cumpla con los parámetros establecidos de los equipos, y componentes que están instalados en el mismo.

Para esto se realiza la evaluación de cada uno de los elementos desde el reservorio hasta los instrumentos colocados en el panel de control y en la tubería de conducción, para evidenciar que están funcionando correctamente dentro de los parámetros establecidos por los fabricantes, y comprobar que están instalados correctamente en el banco de micro generación hidráulica.

#### **3.7.1 Inspección visual.**

Según (García, 2008, pp 28), el principio elemental manejado en el reconocimiento visual es sencillo, ya que reside en iluminar la zona a examinar con luz, universalmente visible, visualizándola a continuación por dos métodos, visión ocular directa, o por visión ocular utilizando medios auxiliares (lupas, microscopios, otros), o por medios artificiales de visión (células, captadores fotoeléctricos). Para este método se recomienda limpiar todas las superficies a examinar.

##### **3.7.1.1 Inspección directa**

Este tipo de inspección podrá llevarse a cabo únicamente si el ojo del inspector puede colocarse a una distancia que supere los 60 cm. A demás siempre que el ángulo bajo el que se realiza la examinación del área sea mayor o igual a 30° (según UNE-EN 13018/2001) (García, 2008, pp 29).

#### **3.7.2 Inspección visual en el banco de micro generación hidráulica.**

En el banco de micro generación hidráulica se requiere comprobar que no existan fugas en todo el sistema de conducción, bombeo, reservorio o componentes que estén sometidos a circulación de agua. A continuación, se presenta la tabla 17-3, donde se coloca cada componente y sus observaciones.

Se realiza la inspección con el equipo encendido y por inspección directa.

**Tabla 17-3:** Formato de inspección directa

Formato de inspección directa							
Evaluación del banco de pruebas							
	<b>Nombre de quien inspecciona:</b>	David Castro		<b>Fecha de inspección:</b>	20/01/2021		
	<b>Ciudad:</b>	Riobamba		<b>Criterios de evaluación:</b>	Estado del elemento / Perdidas de fluido		
N°	Nomenclatura	Descripción	Estado del componente		Perdida de fluido		Observaciones
			BUENO	MALO	SI	NO	
1	VCS-1	Válvula check succión - 1"	x			x	S/N
2	NRS-1	Niple roscado succión - 1 "	x			x	S/N
3	VGS-1	Válvula de esfera succión - 1"	x			x	S/N
4	CS-1	Codo 90° succión - 1"	x			x	S/N
5	CS-2	Codo 90° succión - 1"	x			x	S/N
6	CS-3	Codo 90° succión - 1"	x			x	S/N
7	CS-4	Codo 90° succión - 1"	x			x	S/N
8	UUS-1	Unión universal succión - 1"	x			x	S/N
9	UUS-2	Unión universal succión - 1"	x			x	S/N
10	UUS-3	Unión universal succión - 1"	x			x	S/N
11	UHS-1	Unión roscada hembra succión - 1"	x			x	S/N
12	UMS-1	Unión roscada macho succión - 1"	x			x	S/N
13	UMS-2	Unión roscada macho succión - 1"	x			x	S/N
14	UMS-3	Unión roscada macho succión - 1"	x			x	S/N

15	UMD-1	Unión roscada macho descarga - 0.5 "	x			x	S/N
16	UMD-2	Unión roscada macho descarga - 0.5 "	x			x	S/N
17	UMD-3	Unión roscada macho descarga - 0.5 "	x			x	S/N
18	UMD-4	Unión roscada macho descarga - 0.5 "	x			x	S/N
19	UMD-5	Unión roscada macho descarga - 0.5 "	x			x	S/N
20	UMD-6	Unión roscada macho descarga - 0.5 "	x			x	S/N
21	UMD-7	Unión roscada macho descarga - 0.5 "	x			x	S/N
22	CD-1	Codo 90° descarga - 0.5 "	x			x	S/N
23	CD-2	Codo 90° descarga - 0.5 "	x			x	S/N
24	CD-3	Codo 90° descarga - 0.5 "	x			x	S/N
25	CD-4	Codo 90° descarga - 0.5 "	x			x	S/N
26	CD-5	Codo 90° descarga - 0.5 "	x			x	S/N
27	CD-6	Codo 90° descarga - 0.5 "	x			x	S/N
28	CD-7	Codo 90° descarga - 0.5 "	x			x	S/N
29	CD-8	Codo 90° descarga - 0.5 "	x			x	S/N
30	CD-9	Codo 90° descarga - 0.5 "	x			x	S/N
31	CD-10	Codo 90° descarga - 0.5 "	x			x	S/N
32	UUD-1	Unión universal descarga - 0.5 "	x			x	S/N



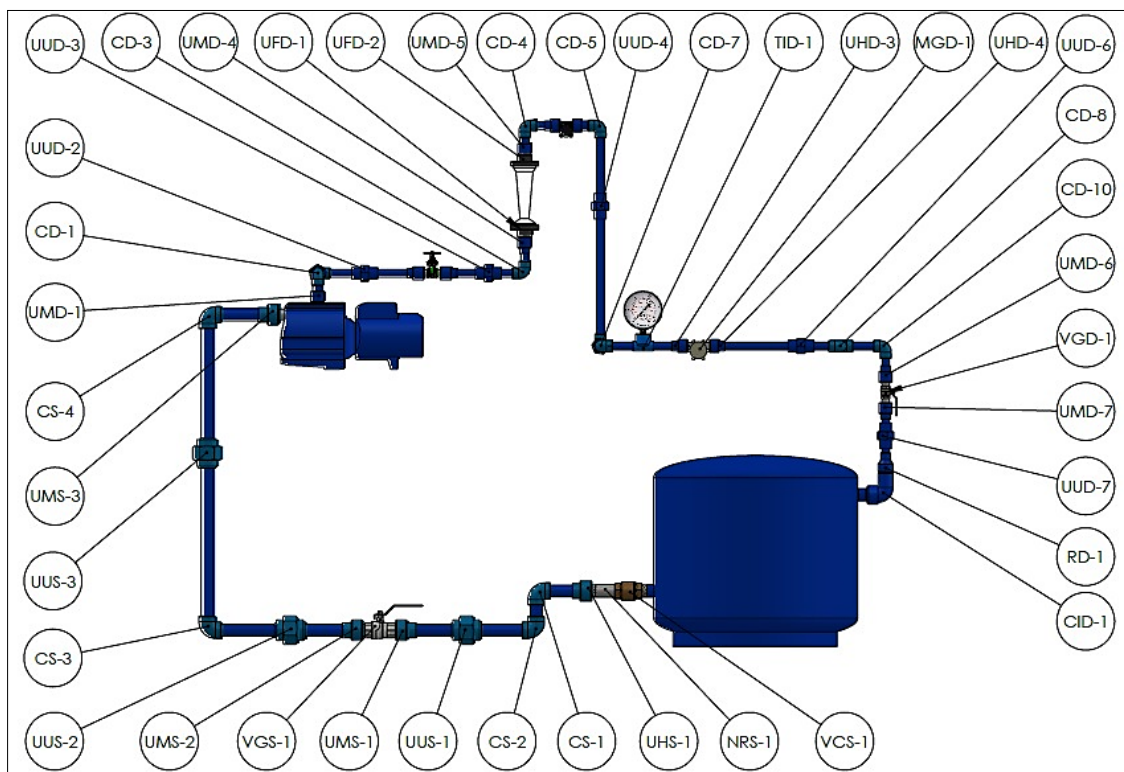
33	UUD-2	Unión universal descarga - 0.5 "	x			x	S/N
34	UUD-3	Unión universal descarga - 0.5 "	x			x	S/N
35	UUD-4	Unión universal descarga - 0.5 "	x			x	S/N
36	UUD-5	Unión universal descarga - 0.5 "	x			x	S/N
37	UUD-6	Unión universal descarga - 0.5 "	x			x	S/N
38	UUD-7	Unión universal descarga - 0.5 "	x			x	S/N
39	UFD-1	Unión flujómetro descarga - 0.5 "	x			x	S/N
40	UFD-2	Unión flujómetro descarga - 0.5 "	x			x	S/N
41	TID-1	Tee inserto descarga - 0.5 "	x			x	S/N
42	MGD-1	Micro generador descarga - 0.5 "	x			x	S/N
43	VGD-1	Válvula de globo descarga - 0.5 "	x			x	S/N
44	RD-1	Reducción descarga - 1" a 0.5 "	x			x	S/N
45	CID-1	Codo inserto 90° descarga - 1"	x			x	S/N
46	UHD-1	unión roscada hembra descarga - 0.5 "	x			x	S/N
47	UHD-2	unión roscada hembra descarga - 0.5 "	x			x	S/N
48	UHD-3	unión roscada hembra descarga - 0.5 "	x			x	S/N
49	UHD-4	unión roscada hembra descarga - 0.5 "	x			x	S/N
50	VCD-1	Válvula de compuerta descarga - 0.5 "	x			x	S/N

51	SFD-1	Sensor de flujo descarga - 0.5 "	x			x	S/N
52	CRD-1	Codo roscado 90° descarga - 1 "				x	S/N
53	TR-1	Tapón roscado - 1 "	x			x	S/N
54	RDA-1	Reservorio de agua 30 gl	x			x	S/N

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

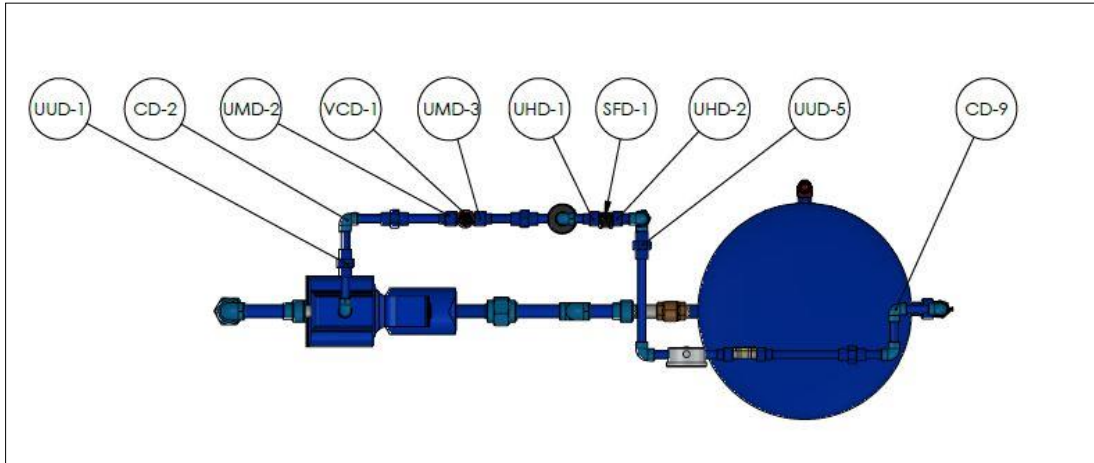
**Nota:** Los parámetros de inspección son los únicos indicados, no hay parámetros intermedios, y los casilleros a seleccionar serán marcados con una "X" según sea el caso.

Los elementos con sus respectivas nomenclaturas se ven en las figuras 69-3, figura 70-3, y figura 3-71.



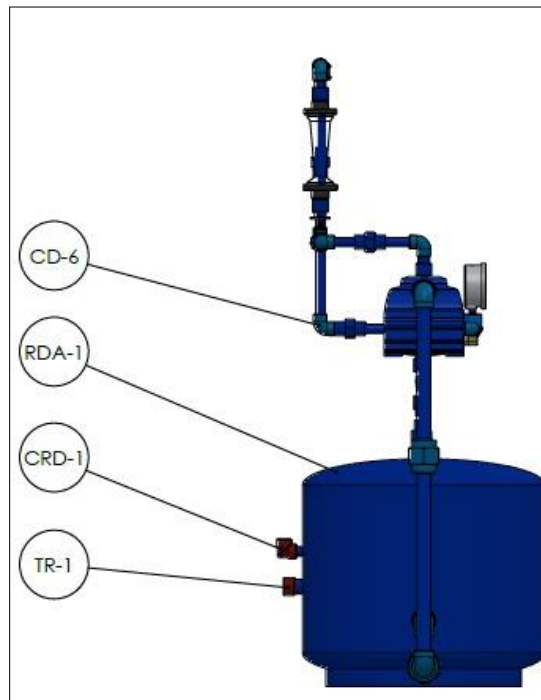
**Figura 69-3.** Nomenclatura del sistema conducción (Vista Frontal)

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.



**Figura 70-3.** Nomenclatura del sistema conducción (Vista Superior)

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.



**Figura 71-3.** Nomenclatura del sistema conducción (Vista Lateral Izquierda)

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### 3.8 Análisis de costos.

A continuación, se detalla en la tabla 18-3, los costos directos e indirectos para lograr la implementación del banco de pruebas de micro generación hidráulico.

**Tabla 18-3:** Clasificación de los costos del proyecto

Costos de la implementación del banco de pruebas de micro generación hidráulica	Costos indirectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiales mecánicos</li> <li>- Materiales eléctricos y electrónicos</li> </ul>
	Costos indirectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alquiler de taller</li> <li>- Costos de alimentación</li> <li>- Pasajes y transportes</li> <li>- Bodega</li> <li>- Encuadernado</li> <li>- Impresiones B/N y color</li> <li>- Mano de obra</li> <li>- Imprevistos el 5% materiales mecánicos y eléctricos</li> </ul>

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### 3.9 Costos directos.

#### 3.9.1 *Materiales Mecánicos.*

**Tabla 19-3:** Lista de costos de materiales Mecánicos

Lista de materiales mecánicos			
Cantidad	Detalles	Valor unidad	Valor total
1	Adhesivos señalética	10,00	10,00
26	Arandela elástica de seguridad 1/4"	0,10	2,60
52	Arandela plana Ala fina de 1/4"	0,05	2,60
1	Bomba centrífuga JSW 2C	200,00	200,00
1	Broca de acero 5/32	1,50	1,50
2	Canaleta PVC - 20x20x2400 mm	4,33	8,66
1	Catalizador Poliuretano 250 ml	8,69	8,69
10	Codo 90 de 0.5 in	0,70	7,00
4	Codo 90° de 1 in	1,50	6,00
1	Codo 90° inserto Hembra de 1 in	9,61	9,61
1	Codo roscado 90° de 0.5 in	0,74	0,74
4	Corte de las láminas de aluminio	1,00	4,00
1	Diluyente poliuretano 1 lt	6,30	6,30
1	Disco corte de acero	1,90	1,90
1	Disco de corte varios materiales	2,90	2,90
1	Disco desbaste	2,50	2,50

3	Electros E 6013 x lb	3,10	9,30
1	Embudo para llenado Cap. 0,25 LPM	2,28	2,28
1	Flujómetro de (1.8 a 18) LPM	120,00	120,00
2	Gafas de protección	0,65	1,30
1	Guantes de cuero	4,65	4,65
2	Guantes de protección	1,85	3,70
1	Juego de piedras de pulir	3,50	3,50
1	Kit de perforación	13,45	13,45
2	Lamina aluminio 1220x2440x2 mm	63,00	126,00
1	Lampara 3w	3,00	3,00
1	Lija disco	1,50	1,50
16	Lijas de hierro	0,55	8,80
1	Manómetro Winter (0 a 100) Psi	50,62	50,62
3	Micro generador hidráulico "GOZO"	65,00	195,00
1	Niple de 1in	2,50	2,50
1	Panel de control "tipo caja de teléfono"	20,15	20,15
1	Paños de limpieza x 3 unidades	1,00	1,00
6	Perfil cuadrado 50x6000x1.5 mm	14,56	87,36
2	Perno acero inoxidable 5/16" x 3.5"	0,80	1,59
1	Pintura poliuretano lt	22,45	22,45
3	Plástico negro por metro	2,00	6,00
0,5	Primer + catalizador poliuretano por litro	11,00	5,50
1	Reducción de (1 a 0.5) in	1,29	1,29
1	Reservorio de 30 GL Well Tank	71,12	71,12
1	Sensor de flujo Sea conexión de 0.5 in	13,00	13,00
1	Silicona gris	2,50	2,50
1	Tapón Roscado Hembra de 1 in	1,25	1,25
1	Tee inserto hembra de 0.5 in	4,75	4,75
2	Teflón	0,80	1,60
1	Termofusora	31,67	31,67
2	Thinner laca por litros	1,65	3,30
1	Tijera de corte tubería	9,34	9,34
1	Tubería PP termofusión 1" x 6 m	18,24	18,24
1	Tubería PP termofusión 1/2" x 6 m	6,47	6,47
52	Tuerca hexagonal -1/4"	0,10	5,20
2	Tuerca Hexagonal inox 5/16"	0,60	1,20
8	U bolt -1/4"x1-1/8"x 3.5"	12,45	99,60
5	U bolt -1/4"x1-5/8"x 2.5"	11,42	57,12
4	Unión roscada Hembra de 0.5 in	3,29	13,16
1	Unión roscada Hembra de 1 in	8,99	8,99
7	Unión roscada Macho de 0.5 in	3,68	25,79
3	Unión roscada Macho de 1 in	9,63	28,90
7	Unión Universal de 0.5 in.	5,40	37,79
3	Unión Universal de 1 in	8,99	26,98
1	Válvula de check	8,89	8,89
1	Válvula de compuerta de 0.5 in	11,00	11,00
1	Válvula de esfera de 0.5 in	6,50	6,50
1	Válvula de esfera de 1 in	11,39	11,39

Total costos materiales mecánicos	1471,71
-----------------------------------	---------

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### 3.9.2 *Materiales eléctricos y electrónicos.*

**Tabla 20-3:** Lista de materiales eléctricos y electrónicos

<b>Lista de materiales eléctricos y electrónicos</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
1	Amperímetro de 0 - 10 Amp DC	10,00	10
6	Bornera tipo JXB 4 mm	0,75	4,5
3	Bornera tornillo Jack 2,5 hembra	1,25	3,75
3	Bornera tornillo Jack 2,5 macho	1,25	3,75
5	Cable flexible AWG 20	0,25	1,23
5	Cable flexible AWG18	0,18	0,89
3	Conector recto bx panel cable	3,80	11,4
1	Distribuidor de 2 polos 7 puertos	15,80	15,80
4	Estaño de 1 mm de diámetro por metro	0,85	3,4
1	Fusible de 10 amp	1,00	1
1	Luz Piloto Verde 110 volts	2,75	2,75
1	Organizador de cable por 2,5 m	2,63	2,63
1	Pantalla LCD	177,04	177,04
1	Pulsador de encendido	2,00	2
1	Pulsador de parada de emergencia	3	3
1	Riel DIN x 1,2 m	2,00	2
1	Selector de 2 posiciones	3,00	3
1	Sensor de temperatura	6,00	6
1	Tapa ciega cajetín	1,67	1,67
1	Tape	1,00	1
1	Voltímetro 0 - 30 volts dc	8,00	8
Total, materiales eléctricos y electrónicos			264,8212

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### 3.10 **Costos totales directos.**

**Tabla 21-3:** Costos totales directos

<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
Materiales mecánicos	1471,71
Materiales eléctricos y electrónicos	264,8212
<b>TOTAL</b>	<b>1736,53</b>

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### 3.11 Costos indirectos.

Estos costos son los que no influyen directamente sobre la creación de un proceso o producto, suelen ser especialmente los valores comerciales o de gestión, como se presenta en la siguiente tabla 22-3.

**Tabla 22-3:** Lista de costos indirectos.

<b>Costos indirectos</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
1	Alquiler de taller	400	400
1	Costos de alimentación	320	320
1	Pasajes y transportes	200	200
1	Bodega	150	150
1	Encuadernado	40	40
1	Impresiones B/N y color	10	10
1	Mano de obra	300	300
1	Imprevistos el 5% materiales mecánicos y eléctricos	173,65	173,65
Total de costos indirectos			1593,65

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

### 3.12 Costos totales del proyecto.

Estos costos son el resultado de la suma de los costos directo más los costos indirectos que se han presentado, como se ve en la tabla 23-3.

**Tabla 3-3:** Gastos totales del proyecto

<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
Costos directos	1736,53
Costos indirectos	1593,65
TOTAL	3330,18

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

## CAPITULO IV

Este capítulo abarca las pruebas y toma de datos, para posteriormente realizar la elaboración de las gráficas de funcionamiento de caudal, presión, voltaje, amperaje, y potencia para formar las curvas planteadas en el alcance del proyecto, comparando y comprobando el funcionamiento del banco de pruebas.

### 4 RESULTADOS

#### 4.1 Pruebas de funcionamiento.

Una vez que ya se ha realizado la implementación del banco de pruebas se procede a realizar las pruebas de funcionamiento que están enfocadas a verificar que el banco funcione dentro de los parámetros establecidos, para lo se hacen varias pruebas de funcionamiento en función de los datos arrojados por el banco en función del tiempo y así comprobar que el banco no presenta errores en los instrumentos o componentes que involucran la tomas de datos, se evaluara el voltaje, amperaje, caudal, presión, y temperatura esto se llevara a cabo durante 6 horas y media.

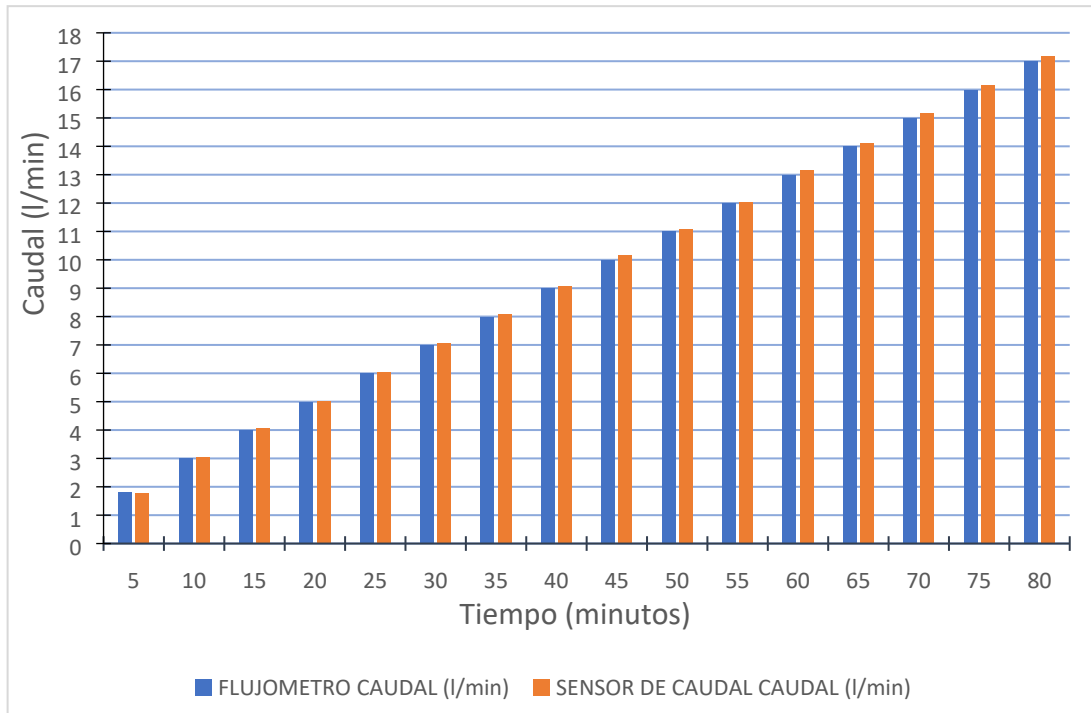
Se obtienen los siguientes resultados de los datos analizados en intervalos de tiempo de 5 min por cada medida, obteniendo los siguientes resultados que se muestran en las siguientes tablas y figuras.

**Tabla 1-4:** Resultados de las pruebas de funcionamiento de Caudal vs Tiempo

Flujómetro	Sensor de caudal	Tiempo
Caudal (l/min)	Caudal (l/min)	Minutos
1,8	1,786	5
3	3,04	10
4	4,0604	15
5	5,0302	20
6	6,0502	25
7	7,052	30
8	8,09	35
9	9,058	40
10	10,158	45
11	11,082	50
12	12,02	55
13	13,154	60
14	14,126	65
15	15,168	70
16	16,164	75
17	17,17	80

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.





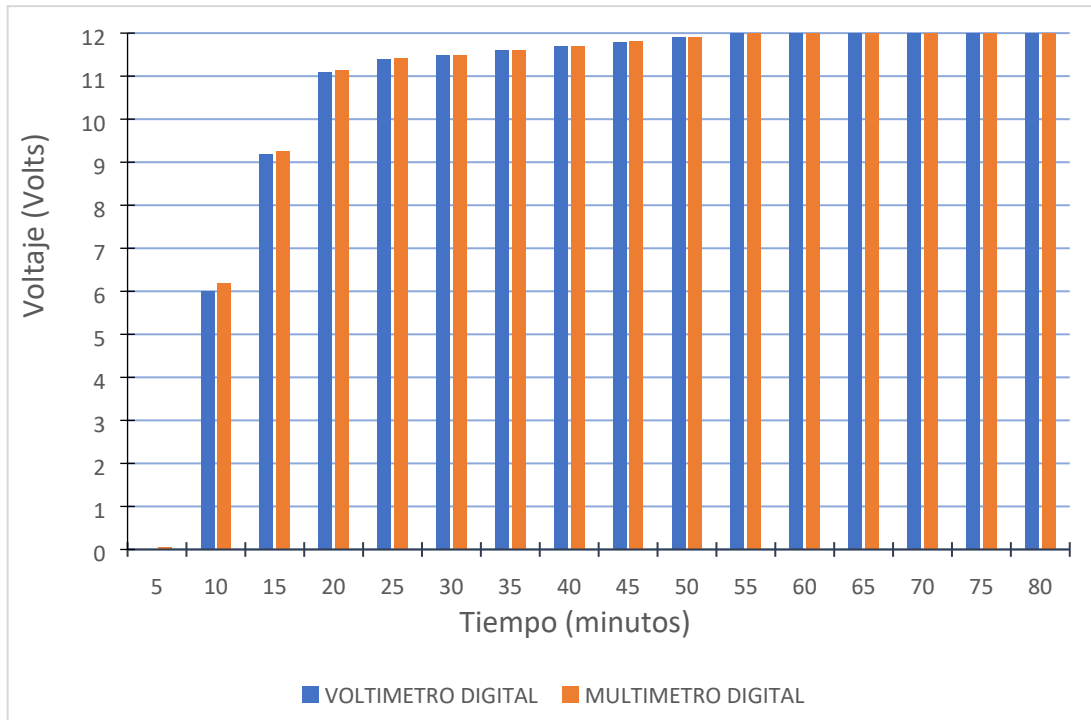
**Gráfico 1-4:** Caudal vs tiempo de la prueba de funcionamiento

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

**Tabla 2-4:** Resultados de las pruebas de funcionamiento de Voltaje vs Tiempo

Voltímetro Digital	Multímetro Digital	Tiempo
Voltaje (volts)	Voltaje (volts)	Minutos
0	0,05	5
6	6,2	10
9,2	9,25	15
11,1	11,14	20
11,4	11,41	25
11,5	11,5	30
11,6	11,6	35
11,7	11,71	40
11,8	11,81	45
11,9	11,9	50
12	12	55
12	12	60
12,1	12,1	65
12,2	12,2	70
12,4	12,4	75
12,4	12,4	80

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.



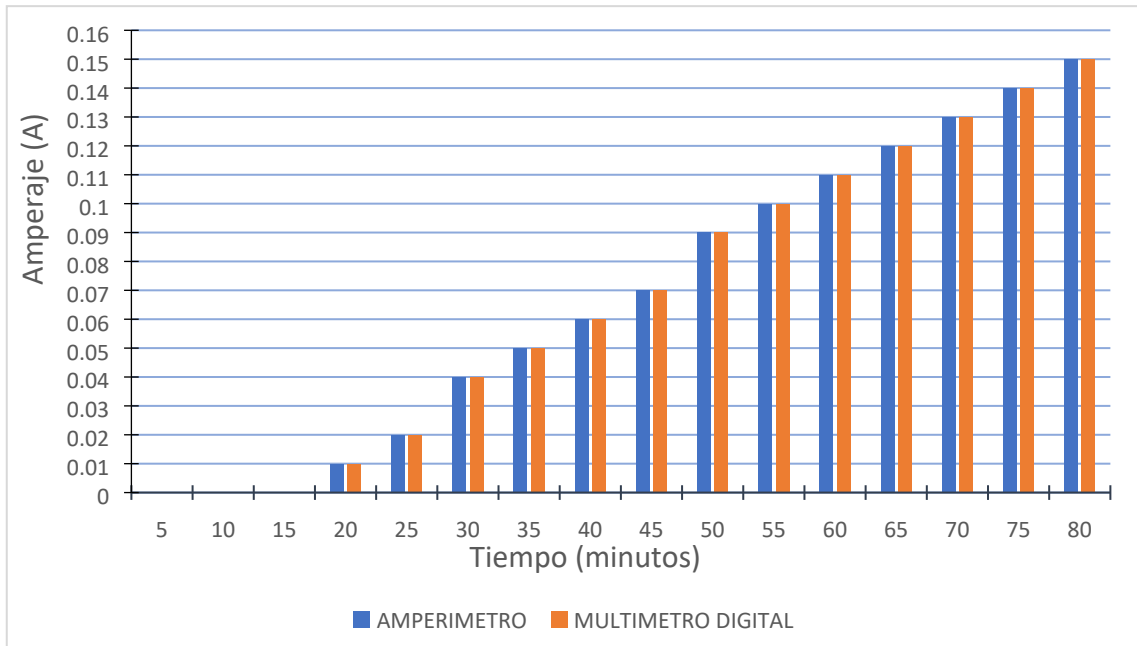
**Gráfico 2-4:** Voltaje vs tiempo de la prueba de funcionamiento

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

**Tabla 3-4:** Resultados de las pruebas de funcionamiento de Amperaje vs Tiempo.

Amperímetro	Multímetro digital	Tiempo
Amperaje (a)	Amperaje (a)	Minutos
0	0	5
0	0	10
0	0	15
0,01	0,01	20
0,02	0,02	25
0,04	0,04	30
0,05	0,05	35
0,06	0,06	40
0,07	0,07	45
0,09	0,09	50
0,1	0,1	55
0,11	0,11	60
0,12	0,12	65
0,13	0,13	70
0,14	0,14	75
0,15	0,15	80

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.



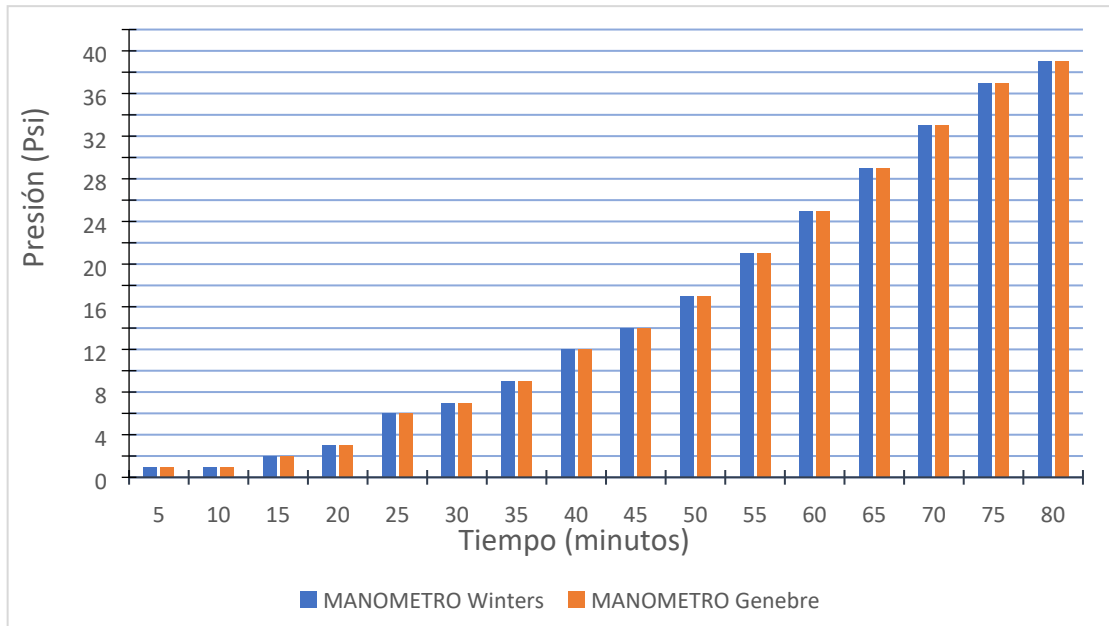
**Gráfico 3-4:** Amperaje vs Tiempo de la prueba de funcionamiento

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

**Tabla 4-1:** Resultados de las pruebas de funcionamiento de Presión vs Tiempo.

Manómetro Winters	Manómetro Genebre	Tiempo
Presión (psi)	Presión (psi)	Minutos
1	1	5
1	1	10
2	2	15
3	3	20
6	6	25
7	7	30
9	9	35
12	12	40
14	14	45
17	17	50
21	21	55
25	25	60
29	29	65
33	33	70
37	37	75
39	39	80

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.



**Gráfico 4-1:** Presión vs Tiempo de la prueba de funcionamiento

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

## 4.2 Comprobación de los medidores de caudal

El banco de pruebas implementado está formado por varios instrumentos de medida, sin embargo, para la medición del caudal se encuentran instalados dos medidores de caudal con la finalidad de tener dos tomas de datos en caso de que uno de estos instrumentos falle, a continuación se muestra la tabla (Tabla 5-4) en donde se encuentran los datos de caudal obtenidos, teniendo como datos fijos de caudal aquellos arrojados por el flujómetro y los datos variables de caudal arrojados por el sensor de flujo.

En la (Tabla 5-4), también se realiza el cálculo del error absoluto porcentual entre la toma de datos de caudal tanto para el flujómetro como el sensor de caudal, esto con el fin de verificar los datos de caudal están dentro de los parámetros establecidos de funcionamiento, para esto se utiliza la siguiente ecuación:

$$e = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N(N-1)}} \quad (45)$$

Donde:

$x$  = valor del dato medido

$\bar{x}$  = valor medio de los datos medidos

$N$  = número de datos medidos

$e$  = error absoluto

A los términos de esta ecuación del error absoluto se la expresa en términos de caudal, la cual se expresa a continuación:

$$e = \sqrt{\frac{\sum(Q - \bar{Q})^2}{N(N-1)}} \quad (46)$$

Donde:

$Q$  = valor de caudal medido

$\bar{Q}$  = valor medio de los datos medidos para el caudal

$N$  = número de datos medidos

$e$  = error absoluto

**Tabla 5-4:** Error absoluto porcentual en la toma de datos para el caudal.

Flujómetro	Sensor de caudal				
$Q$ (l/min)	$Q$ (l/min)	$(Q - \bar{Q})$	$(Q - \bar{Q})^2$	$e$	$e$ (%)
1,8	1,79	-0,004	0,000016	0,009273618	0,92736185
	1,77	0,016	0,000256		
	1,81	-0,024	0,000576		
	1,8	-0,014	0,000196		
	1,76	0,026	0,000676		
	$\bar{Q}$	TOTAL	0,00172		
	1,786				
3	2,99	-0,05	0,0025	0,017606817	1,76068169
	3,03	0,01	1E-04		
	3,02	-0,02	0,0004		
	3,08	0,04	0,0016		
	3,08	0,04	0,0016		
	$\bar{Q}$	TOTAL	0,0062		
	3,04				
4	4,07	0,0096	9,216E-05	0,013789851	1,37898513
	4,09	0,0296	0,00087616		
	4,08	0,0196	0,00038416		
	4,012	-0,0484	0,00234256		
	4,05	-0,0104	0,00010816		
	$\bar{Q}$	TOTAL	0,0038032		
	4,0604				
5	5,01	-0,0202	0,00040804	0,025926049	2,59260487
	5,03	-0,0002	4E-08		
	5,08	0,0498	0,00248004		
	5,011	-0,0192	0,00036864		

	5,02	-0,0102	0,00010404		
	$\bar{Q}$	<b>TOTAL</b>	<b>0,0033608</b>		
	<b>5,0302</b>				
6	6,04	-0,0102	0,00010404	0,013268007	1,32680066
	6,08	0,0298	0,00088804		
	6,011	-0,0392	0,00153664		
	6,08	0,0298	0,00088804		
	6,04	-0,0102	0,00010404		
	$\bar{Q}$	<b>TOTAL</b>	<b>0,0035208</b>		
	<b>6,0502</b>				
7	7	-0,052	0,002704	0,01496663	1,49666295
	7,07	0,018	0,000324		
	7,09	0,038	0,001444		
	7,05	-0,002	4E-06		
	7,05	-0,002	4E-06		
	$\bar{Q}$	<b>TOTAL</b>	<b>0,00448</b>		
	<b>7,052</b>				
8	8,06	-0,03	0,0009	0,017029386	1,70293864
	8,11	0,02	0,0004		
	8,04	-0,05	0,0025		
	8,11	0,02	0,0004		
	8,13	0,04	0,0016		
	$\bar{Q}$	<b>TOTAL</b>	<b>0,0058</b>		
	<b>8,09</b>				
9	9,04	-0,018	0,000324	0,018	1,8
	9,1	0,042	0,001764		
	9,1	0,042	0,001764		
	9,04	-0,018	0,000324		
	9,01	-0,048	0,002304		
	$\bar{Q}$	<b>TOTAL</b>	<b>0,00648</b>		
	<b>9,058</b>				
10	10,14	-0,018	0,000324	0,007348469	0,73484692
	10,17	0,012	0,000144		
	10,17	0,012	0,000144		
	10,17	0,012	0,000144		
	10,14	-0,018	0,000324		
	$\bar{Q}$	<b>TOTAL</b>	<b>0,00108</b>		
	<b>10,158</b>				
11	11,12	0,038	0,001444	0,017146428	1,71464282
	11,07	-0,012	0,000144		
	11,12	0,038	0,001444		
	11,07	-0,012	0,000144		
	11,03	-0,052	0,002704		
	$\bar{Q}$	<b>TOTAL</b>	<b>0,00588</b>		
	<b>11,082</b>				
12	12,04	0,02	0,0004	0,012247449	1,22474487
	12,04	0,02	0,0004		
	11,99	-0,03	0,0009		

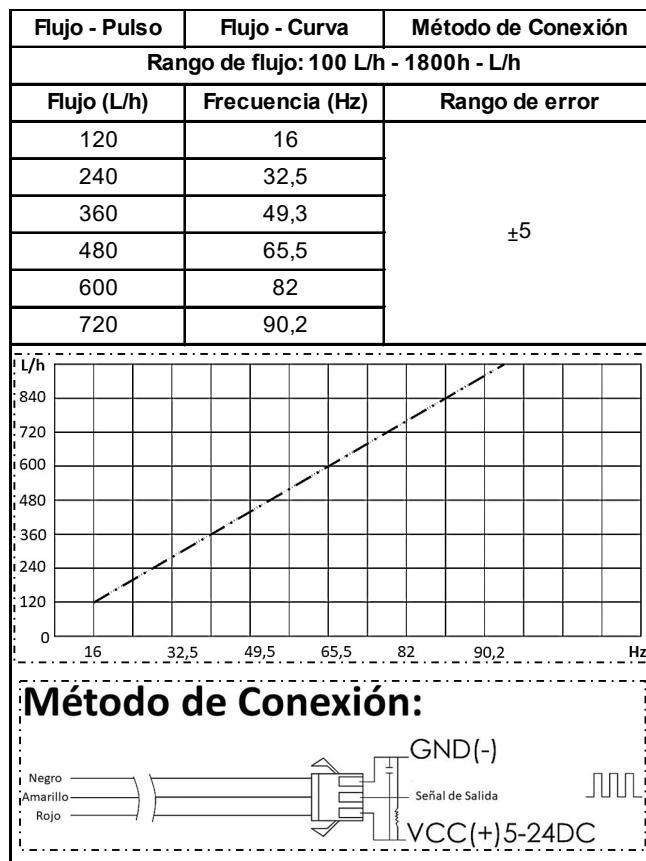
	12,04	0,02	0,0004		
	11,99	-0,03	0,0009		
	$\bar{Q}$	<b>TOTAL</b>	<b>0,003</b>		
	<b>12,02</b>				
<b>13</b>	13,13	-0,024	0,000576	<b>0,014696938</b>	<b>1,46969385</b>
	13,19	0,036	0,001296		
	13,13	-0,024	0,000576		
	13,13	-0,024	0,000576		
	13,19	0,036	0,001296		
	$\bar{Q}$	<b>TOTAL</b>	<b>0,00432</b>		
	<b>13,154</b>				
<b>14</b>	14,07	-0,056	0,003136	<b>0,026191602</b>	<b>2,61916017</b>
	14,14	0,014	0,000196		
	14,07	-0,056	0,003136		
	14,14	0,014	0,000196		
	14,21	0,084	0,007056		
	$\bar{Q}$	<b>TOTAL</b>	<b>0,01372</b>		
	<b>14,126</b>				
<b>15</b>	15,15	-0,018	0,000324	<b>0,018</b>	<b>1,8</b>
	15,15	-0,018	0,000324		
	15,15	-0,018	0,000324		
	15,15	-0,018	0,000324		
	15,24	0,072	0,005184		
	$\bar{Q}$	<b>TOTAL</b>	<b>0,00648</b>		
	<b>15,168</b>				
<b>16</b>	16,03	-0,134	0,017956	<b>0,037762415</b>	<b>3,77624152</b>
	16,22	0,056	0,003136		
	16,13	-0,034	0,001156		
	16,22	0,056	0,003136		
	16,22	0,056	0,003136		
	$\bar{Q}$	<b>TOTAL</b>	<b>0,02852</b>		
	<b>16,164</b>				
<b>17</b>	17,13	-0,04	0,0016	<b>0,02469817</b>	<b>2,4698178</b>
	17,13	-0,04	0,0016		
	17,13	-0,04	0,0016		
	17,22	0,05	0,0025		
	17,24	0,07	0,0049		
	$\bar{Q}$	<b>TOTAL</b>	<b>0,0122</b>		
	<b>17,17</b>				

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

En la (Tabla 5-4) se observa que para todos los datos obtenidos en el sensor de flujo se obtuvo un valor de caudal promedio, el cual, si se compara con el dato obtenido con el flujómetro, estos tienen un error mínimo, por ejemplo, para el primer dato obtenido con el flujómetro tenemos un valor de 1,8 l/min, mientras que para el valor promedio de los datos obtenidos con el sensor de flujo tenemos un valor de 1,786 l/min, el error de medición entre estos dos instrumentos de medida es del 0,92%, lo que quiere decir que su variación de medición es muy baja.

El menor error absoluto porcentual obtenido, se encuentra en el dato de caudal de 10 l/min con un error del 0,73%, mientras que, el error absoluto porcentual más alto, se encuentra en el dato de caudal de 16 l/min con un error del 3,77%, de esta manera se obtiene un margen de error entre (0,73% a 3,77%).

Para comprobar que en realidad los datos obtenidos durante el ensayo son confiables, el valor de exactitud de estos instrumentos de medición debe acercarse al margen de error entre (0,73%-3,77%), el valor de exactitud de las tomas de datos para el sensor de flujo es del 5%, este valor se puede comprobar con las características técnicas del sensor de flujo como se muestra en la figura 1-4.



**Figura 1-4.** Características técnicas del sensor de flujo

Realizado por: Castro, D.; Guerrero, C. 2021.



Con estas características técnicas del sensor de flujo queda demostrado que los valores de los datos obtenidos son confiables durante los ensayos realizados.

### 4.3 Análisis de los datos obtenidos de los ensayos.

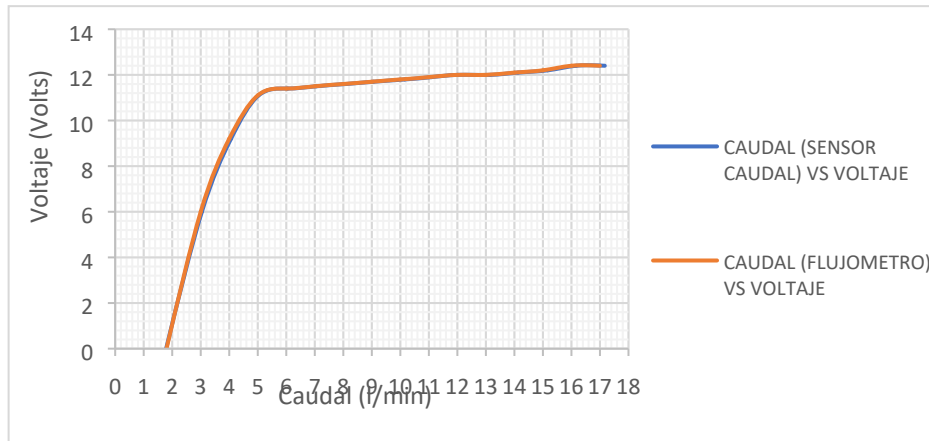
Se tomará los datos obtenidos para procesarlos y analizarlos y así obtener las curvas de funcionamiento del equipo.

**Tabla 6-4:** Caudal (l/min) – Voltaje (Volts)

<b>Flujómetro</b>	<b>Sensor de caudal</b>	<b>Voltímetro</b>
<b>Caudal (l/min)</b>	<b>Caudal (l/min)</b>	<b>Voltaje (volts)</b>
1,8	1,786	0
3	3,04	6
4	4,0604	9,2
5	5,0302	11,1
6	6,0502	11,4
7	7,052	11,5
8	8,09	11,6
9	9,058	11,7
10	10,158	11,8
11	11,082	11,9
12	12,02	12
13	13,154	12
14	14,126	12,1
15	15,168	12,2
16	16,164	12,4
17	17,17	12,4

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

En la tabla 6-4 se indican los datos que se obtuvieron en el banco de ensayos, estos datos se obtuvieron de un micro generador el cual está implementado en el banco, para verificar que estos datos obtenidos son los correctos se los compara con los datos obtenidos en el micro generador de (Lemache, 2020), el voltímetro implementado en el banco de ensayos arroja un valor de 11.6 volts para un caudal de 8,09 l/min, mientras que el micro generador de (Lemache, 2020) arroja un valor de 11,1 volts para un caudal 8,86 l/min.



**Gráfico 5-4.** Caudal (l/min) – Voltaje (Volts)

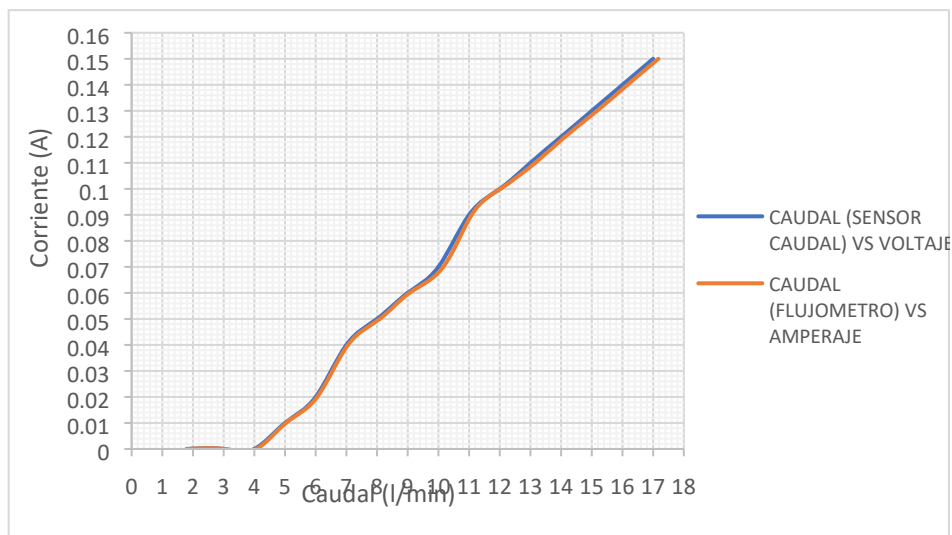
**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

Este gráfico 5-4 se representan las curvas de caudal y voltaje con valores obtenidos mediante el flujómetro y el sensor de flujo, como se puede observar las dos curvas son casi parecidas, el desfase entre estas dos curvas es mínimo, por lo que se puede decir que los datos que arroja el flujómetro y el sensor de flujo son confiables. Para verificar que las curvas son correctas se compara con la curva obtenida según (Lemache, 2020), en donde se puede observar que la tendencia que toma la curva caudal – voltaje es parecida a la curva que se obtuvo en el banco de ensayos.

**Tabla 7-4:** Caudal (l/min) – Amperaje (A)

<b>Flujómetro</b>	<b>Sensor de caudal</b>	<b>Amperímetro</b>
<b>Caudal (l/min)</b>	<b>Caudal (l/min)</b>	<b>Amperaje (A)</b>
1,8	1,786	0
3	3,04	0
4	4,0604	0
5	5,0302	0,01
6	6,0502	0,02
7	7,052	0,04
8	8,09	0,05
9	9,058	0,06
10	10,158	0,07
11	11,082	0,09
12	12,02	0,1
13	13,154	0,11
14	14,126	0,12
15	15,168	0,13
16	16,164	0,14
17	17,17	0,15

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.



**Gráfico 6-4.** Caudal (l/min) – Amperaje (A)

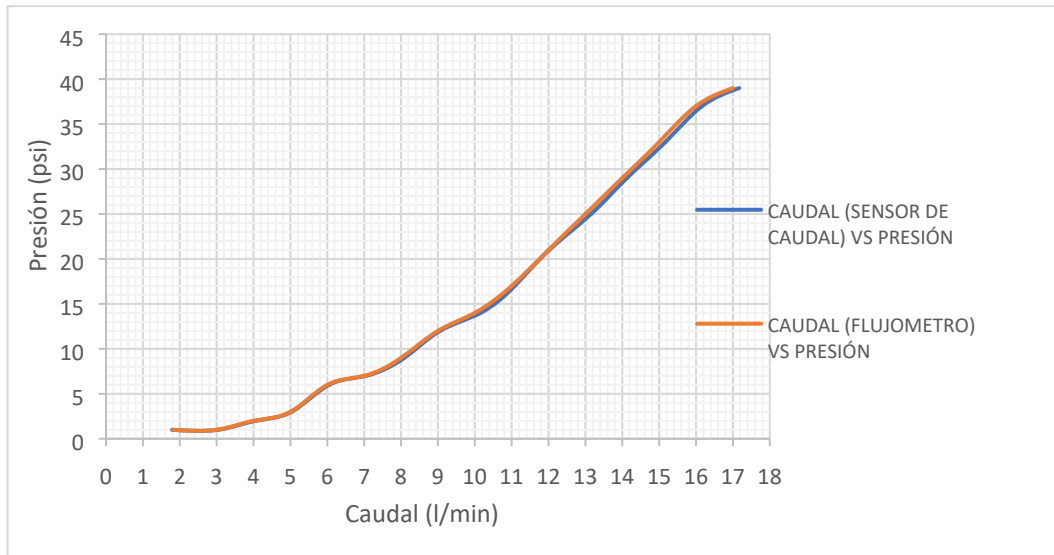
**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

De la misma manera, en la tabla 7-4 y el gráfico 6-4 se representan las curvas de caudal y corriente con valores obtenidos mediante el flujómetro y el sensor de flujo, las dos curvas son casi parecidas, el desfase entre estas dos curvas es mínimo, consecuentemente, los datos que arroja el flujómetro y el sensor de flujo son confiables. Para verificar que las curvas son correctas se compara con la curva obtenida según (Lemache, 2020), en donde se observa que la tendencia que toma la curva caudal – corriente es parecida a la curva que se obtuvo en el banco de ensayos.

**Tabla 8-4:** (l/min) – Presión (psi)

<b>Flujómetro</b>	<b>Sensor de caudal</b>	<b>Manómetro</b>
<b>Caudal (l/min)</b>	<b>Caudal (l/min)</b>	<b>Presión (psi)</b>
1,8	1,786	1
3	3,04	1
4	4,0604	2
5	5,0302	3
6	6,0502	6
7	7,052	7
8	8,09	9
9	9,058	12
10	10,158	14
11	11,082	17
12	12,02	21
13	13,154	25
14	14,126	29
15	15,168	33
16	16,164	37
17	17,17	39

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.



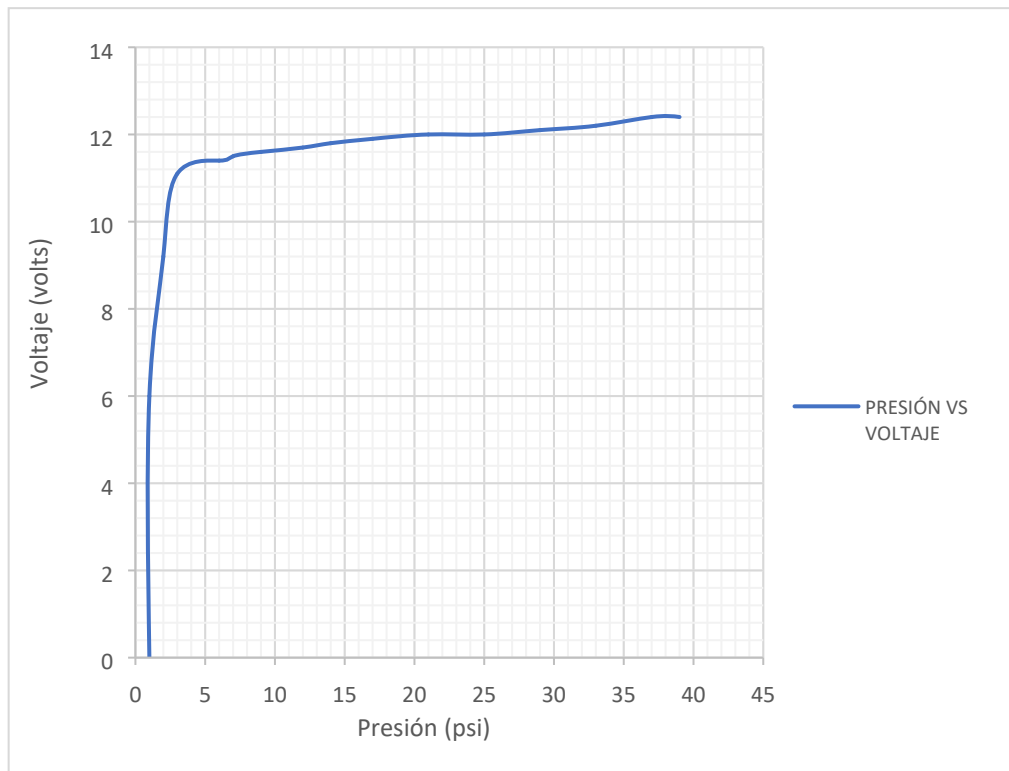
**Gráfico 7-1.** Caudal (l/min) – Presión (psi)

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

**Tabla 9-4:** Presión (psi) – Voltaje (volts)

Manómetro	Voltímetro
Presión (psi)	Voltaje (volt)
1	0
1	6
2	9,2
3	11,1
6	11,4
7	11,5
9	11,6
12	11,7
14	11,8
17	11,9
21	12
25	12
29	12,1
33	12,2
37	12,4
39	12,4

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.



**Gráfico 8-4.** Voltaje (Volts) – Presión (psi)

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

Una vez obtenidos los valores de voltaje y corriente, se procede a calcular la potencia eléctrica, utilizando la siguiente formula:

$$P = V.i$$

Donde:

*i* = corriente en amperes (A)

*V* = voltaje en volts (volts)

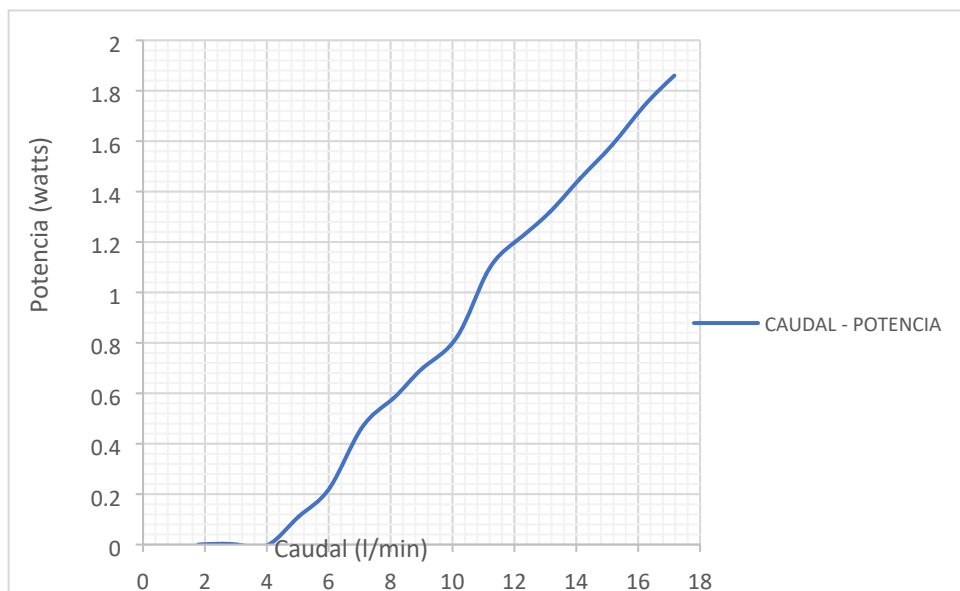
*P* = potencia en watts (W)

Con los valores de potencia eléctrica, realizamos la tabla 10-4 y el gráfico 9-4 de caudal – potencia.

**Tabla 10-4:** Caudal (l/min) – Potencia (watts)

Sensor de caudal	
Caudal (l/min)	Potencia (w)
1,786	0
3,04	0
4,0604	0
5,0302	0,111
6,0502	0,228
7,052	0,46
8,09	0,58
9,058	0,702
10,158	0,826
11,082	1,071
12,02	1,2
13,154	1,32
14,126	1,452
15,168	1,586
16,164	1,736
17,17	1,86

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.



**Gráfico 9-4.** Caudal (l/min) – Potencia (watts)

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

Una vez obtenida la potencia del generador a los diferentes parámetros de funcionamiento se procede a encontrar la eficiencia del sistema de generación, por lo que debemos encontrar la potencia hidráulica del sistema, la cual se encuentra ocupando la ecuación 34 de energía hidráulica, en donde reemplazamos los parámetros de caudal en metros cúbicos por segundo y la altura estática (m.c.a) sería la presión que genera la bomba instalada.

$$P_H = 9.81 * H_{est} * Q$$

Por lo que se realizó la tabla 11-4 donde se indican los valores de la potencia hidráulica.

**Tabla 11-4:** Potencia hidráulica del banco de pruebas

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Presión (m.c.a)	Potencia hidráulica (W)
2,9766E-05	0,704	0,206
5,0666E-05	0,704	0,349
6,7673E-05	1,408	0,935
8,3836E-05	2,112	1,737
0,0001008	4,224	4,178
0,0001175	4,928	5,681
0,0001348	6,336	8,380
0,0001509	8,448	12,511
0,0001693	9,856	16,369
0,0001847	11,96	21,685
0,0002003	14,78	29,055
0,0002192	17,60	37,852
0,0002354	20,41	47,153
0,0002528	23,23	57,615
0,0002694	26,04	68,840
0,0002861	27,46	77,077

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

Calculando la eficiencia del sistema de generación, nos permite comparar la energía hidráulica entregada con la energía eléctrica que se logra generar aprovechando la energía hidráulica que entra al generador para así poder determinar qué tan eficiente es la micro generación hidráulica del banco de pruebas para lo cual se usa la ecuación 39.

$$\%E = \frac{\text{Potencia Electrica}}{\text{Potencia Hidráulica}} * 100$$

En la tabla 12-4 se presentan los resultados de la eficiencia del sistema de generación del banco de pruebas.

**Tabla 12-4:** Eficiencia del sistema de micro generación

Caudal (l/min)	Presión (psi)	Potencia hidráulica (W)	Potencia eléctrica (W)	% Eficiencia
1,786	1	0,206	0,000	0,000
3,04	1	0,350	0,000	0,000
4,06	2	0,935	0,000	0,000
5,03	3	1,737	0,111	6,390
6,05	6	4,178	0,228	5,457
7,05	7	5,682	0,460	8,096
8,09	9	8,381	0,580	6,921
9,06	12	12,511	0,702	5,611
10,16	14	16,369	0,826	5,046
11,08	17	21,685	1,071	4,939
12,02	21	29,055	1,200	4,130
13,15	25	37,852	1,320	3,487
14,13	29	47,153	1,452	3,079
15,17	33	57,615	1,586	2,753
16,16	37	68,840	1,736	2,522
17,17	39	77,077	1,860	2,413

**Realizado por:** Castro, D.; Guerrero, C. 2021.

Como se puede ver la eficiencia mayor se encuentra a menor caudal y presión, pero a estos parámetros no se puede llegar a lograr alcanzar el voltaje máximo que puede entregar el generador, por lo que la eficiencia óptima del sistema de generación está entre el flujo de 12 y 13 LPM que nos da una eficiencia máxima de 4.12 % que aparente mente no es muy eleva pero en comparación con otros autores que emplean equipos de mayor consumo y dimensiones tiene eficiencias parecida como el caso de (Cano, 2012) donde su banco tiene un eficiencia del 3%, en balance son cifras parecidas, la ventaja que tiene el banco de este proyecto es que para alcanzar estos valores del banco de (Cano, 2012) necesita un caudal de alrededor 327 LPM para obtener 11 w de potencia eléctrica, en comparación con los 13 LPM del banco implementado donde se logra obtener 1.2 w, este banco tiene 25 veces menos consumo de agua, es así que el objetivo principal del proyecto es lograr recrear las condiciones de la generación hidráulica para obtener energía eléctrica por lo que tener un equipo de menor consumo y menores dimensiones que pueda estar instalado en un laboratorio y permita el estudio de estos parámetros se ve alcanzado de forma satisfactoria.



## CONCLUSIONES

- La investigación bibliográfica ejecutada, permite fortalecer y ampliar los fundamentos sobre la generación hidráulica para enfocarla a una escala micro, y así direccionar estos conceptos en la implementación de un equipo que nos permita replicar los principios analizados teóricamente.
- Se llevó a cabo la selección y dimensionamiento del equipo de forma eficaz con el apoyo de herramientas virtuales, para la selección de los elementos que conforma los sistemas de conducción de agua, sistemas eléctricos, demás componentes se llevó a cabo un análisis de los catálogos de estos elementos existentes por los fabricantes.
- En la implementación del banco de pruebas se aplicó todos los conocimientos adquiridos durante la formación académica como Ingenieros Mecánicos, tanto teórica como práctica, que permitieron desarrollar el proyecto de forma segura, eficaz, y de calidad.
- En el análisis de los datos del banco de pruebas, se pudo comprobar que los parámetros replicados por el mismo están dentro de los rangos establecidos, permitiendo que las prácticas de laboratorio se lleven de forma confiable por los estudiantes.
- En el desarrollo del manual de mantenimiento, y la guía de laboratorio se unieron los conceptos y principios fundamentales de funcionamiento del BANCO DE PRUEBAS DE MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA para poder desarrollar una práctica de forma segura, y eficiente.

## **RECOMENDACIONES.**

- Se recomienda en base al estudio de los tipos de flujo insertar un dispositivo o sistema que permita ingresar tinta marcadora dentro del sistema de descarga de agua para poder observar y analizar estos fenómenos de forma visual en el micro generador ya que la carcasa de este es de material transparente, esto permitiría realizar un estudio comparativo de cual sería los flujos que pasan por el sistema de generación en base a referencia bibliográficas.
- Se recomienda instalar un sistema de adquisición de datos automatizado que permita entregar todos los parámetros de funcionamiento del equipo de forma rápida y precisa.
- Recomendamos que se estudie el funcionamiento de otros tipos de micro generadores que permitan que la generación eléctrica sea de mayor eficiencia.

## **BIBLIOGRAFIA**

**ADAJUSA.** *Adajusa*. [Blog] 2019. [Consulta: 23 diciembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3k62lZc>.

**AL METAL.** *Tanque hidroneumático*. [Blog] 2020. [Consulta: 23 diciembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3yVIq5B>.

**ALISI.** *Alisi electronic technology*. [Blog] 2020. [Consulta: 20 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3sqeWdy>.

**ALYCO.** *Alyco*. [Blog] 2020. [Consulta: 21 diciembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3oYS16z>.

**AMAZON.** *Amazon*. [Blog] 2020. [Consulta: 20 noviembre 2020]. Disponible en: <https://amzn.to/3k3qC2b>.

**APONTES SANTOS, Juan, & CUBIAS ALAS, Marvin.** Diseño y Fabricación de una Turbina Banki y Propuesta del Banco de Pruebas [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de el Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ciudad Universitaria, El Salvador. 2011. pp. 14-17. [Consulta: 15 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3yYn9rN>.

**AREYUNA SALAZAR, Francisco, & VELASTEGUI BRICEÑO, Rosario.** Implementación de un Sistema de Microgeneración Hidráulica para Garantizar el Suministro Electrico en Voltaje y Frecuencia [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Técnica de Cotopaxi, Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Carrera de Ingeniería Electromecánica, Latacunga, Ecuador. 2016. pp. 7- 8. [Consulta: 16 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3D5QEuz>.

**BARAY, Hector.** *Introducción a la metodología de la investigación* [en línea]. Chihuahua - México: eumed.net, 2006. [Consulta: 8 enero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3k7a6hJ>.

**BARRIGA, Benjamin.** Métodos de Diseño en Ingeniería Mecánica [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería, Sección Ingeniería Mecánica, Lima, Peru. 2013. pp. 25-28. [Consulta: 5 enero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3ARvxdu>.

**BASELGA LIZAGA.** *Tornillería y fijación*. [Blog] 2021. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3ARWZIO>.

**BP.** *BP*. [Blog] 2021. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/2Ksskwl>.

**CARALZ.** *Caralz.* [Blog] 2021. [Consulta: 5 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3y24J8A>.

**CARULLA.** *Carulla.* [Blog] 2021. [Consulta: 5 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/390LhzP>.

**CENGEL, Yunus.; & GHAJAR, Afsin.** *Mecánica de Fluidos: Fundamentos y Aplicaciones.* 4ª ed. México : Mc Graw-Hill Interamericana, 2006, pp. 100-400.

**CHUQUIN, N.** *Turbomaquinaria y Laboratorio.* [Blog] 2018. [Consulta: 5 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3xTBHHR>.

**CODIM.** *Codim.* [Blog] 2021. [Consulta: 5 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/390IGWB>.

**CRANE.** *Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías.* México : Mc Graw-Hill, 1992, pp. 23 - 42.

**DARHOR.** *Darhor.* [Blog] 2020. [Consulta: 5 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3k3qU9h>.

**DEWALT.** *Dewalt.* [Blog] 2021. [Consulta: 6 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3qpMwye>.

**DEXON.** *Soluciones Eléctricas.* [Blog] 2020. [Consulta: 6 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3jYiXCg>.

**DINCORSA.** *Tipos, aplicaciones y ventajas de las válvulas de bola.* [Blog] 2017. [Consulta: 7 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/37Qsbe7>.

**DIPAC.** *Dipac productos de acero.* [Blog] 2021. [Consulta: 7 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3yZPuxW>.

**DOMINGO, Agustín.** *Apuntes de Mecánica de Fluidos* [en línea]. España : Creative Commons, 2011. [Consulta: 7 Noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3iTnUNd>.

**FERRETERIA EL PINTOR.** *Tienda Virtual EL PINTOR.* [Blog] 2021. [Consulta: 7 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3soA83L>.

**FERRETERIA MC.** *Ferreteria MC* [Blog] 2021. [Consulta: 7 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/37YfleZ>.

**FISINDUSTRIAL.** *fisindustrial.* [Blog] 2021. [Consulta: 8 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/2W9Gisc>.

**FLÓREZ, Ramiro.** *Pequeñas centrales hidroeléctricas* [en línea]. Colombia : ediciones de la U, 2011. [Consulta: 15 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3gc5pBT>.

**FLOYD, Tomas.** *Principios de Circuitos Eléctricos* [en línea]. 8ª ed. Naucalpan de Juárez : Pearson Educación, 2007. [Consulta: 17 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3gdZGf8>.

**FOSHAN SHUNDE.** *Alibaba*. [Blog] 2020. [Consulta: 14 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3k0sh8B>.

**FLOW SENSOR.** *Alibaba*. [Blog] 2020. [Consulta: 14 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3mcMIYm>.

**FRECUENTO.** *Frecuento*. [Blog] 2020. [Consulta: 13 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/2Kv3hZy>.

**GARCÍA, Daniel.** Inspección de la construcción de una tubería para transporte de agua sanitaria [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universitat Politècnica de Catalunya, Escuela de Ingeniería Técnica Naval, Barcelona, España. 2008. pp. 25-30. [Consulta: 17 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3yXMrqe>.

**GENEBRE.** *Genebre*. [Blog] 2020. [Consulta: 5 enero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3AL0y2u>.

**GLOBAL HIERRO.** *Global hierro*. [Blog] 2020. [Consulta: 18 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3jWjq80>.

**GRAINGER.** *Grainger*. [Blog] 2020. [Consulta: 18 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/2XVtiEt>.

**HERRACOR.** *Herracor un amigo del fierro*. [Blog] 2021. [Consulta: 5 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3yWaPIx>.

**INGCO.** *Remachadora de acordeon*. [Blog] 2021. [Consulta: 5 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3nWh4WH>.

**INGENIERÍA.** *Montajes Soluciones ingeniería*. [Blog] 2020. [Consulta: 7 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3qhdfxv>.

**JIMÉNEZ, Carlos.** "Mecánica de Fluidos" [en línea], 2017, (Costa Rica), pp.9-13. [Consulta: 16 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3srt8mG>.

**KOEBERLEIN, ALEXANDER.** *Geometría*. 5ª ed. México : Ediciones OVA, 2013, pp. 424-433.

**KSB.** *Selección y aplicación de bombas centrifugas* [en línea]. Argentina : s.n., 2002. [Consulta: 7 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3yUMAua>.

**KYWI.** *Comercial Kywi - Supercentro ferretero.* [Blog] 2020. [Consulta: 7 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3iTH8m0>.

**LEDERLE.** *Hermetic-pumpen.* [Blog] 2020. [Consulta: 7 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/39Juh1N>.

**LEMACHE, J, & UQUILLA, M.** Análisis, ejoramiento, optimización e implementación de un sistema de encendido con microgeneración hidráulica de un calefón de gas para evitar el uso de pilas [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica, Riobamba, Ecuador. 2020. pp. 13 - 16. [Consulta: 14 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/2W5olvt>.

**LINCOLN ELECTRIC.** *Lincoln Electric unit states.* [Blog] 2020. [Consulta: 9 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3gbHORS>.

**MACIAS, C, & LÓPEZ, P.** "Análisis de un banco de pruebas para microgeneración hidráulica" [en línea], 2018, (México), pp.12-17. [Consulta: 22 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/2UrCG4t>.

**MANTILLA MANTILLA, Julián Andrés.** Construcción de un Banco de Pruebas para una Turbina Hidráulica LH 1000 [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica, Bucaramanga, Colombia. 2012. pp. 18 - 28. [Consulta: 14 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3supEjs>.

**MAQUITODO.** *Maquitodo.* [Blog] 2020. [Consulta: 10 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/39HZArT>.

**MARTÍN, I., & SALCEDO, R.** *Mecánica de fluidos* [en línea]. España : s.n., 2011. [Consulta: 11 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/37Ovgvc>.

**MONTES, C.** *Metodología de investigación tecnológica* [en línea]. Huancayo : s.n., 2014. [Consulta: 8 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3k4Kpya>.

**MORALES, S., & CORREDOR, L.** "Etapas de desarrollo de un proyecto de pequeñas centrales hidroeléctricas" [en línea]. 2014, (Colombia), pp. 9. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3yRpmp3>.

**MOTT, R.** *Mecánica de fluidos* [en línea]. 6<sup>th</sup> ed. México : PEARSON EDUCACIÓN, 2006, pp. 235 - 237. [Consulta: 15 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/2W35noG>.

**MRTOOLSOFICIAL.** *mrtoolsoficial.* [Blog] 2021. [Consulta: 24 enero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/38W7E9l>.

**NOVACERO.** *El acero del futuro NOVACERO.* [Blog] 2021. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: <https://www.novacero.com/catg-productos.html>.

**PARRA, B., & ROBLES, A.** *Máquinas Hidráulicas* [en línea]. Cartagena : Crai, 2016. [Consulta: 22 diciembre 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3k4l5Ix>.

**PEDROLLO.** *Pedrollo.* [Blog] 2021. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: [https://www.pedrollo.com/public/allegati/JSW2\\_ES\\_60Hz.pdf](https://www.pedrollo.com/public/allegati/JSW2_ES_60Hz.pdf).

**PLASTIGAMA WAVIN.** *Linea termomax.* [Blog] 2021. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: [https://plastigamawavin.com/wp-content/uploads/2020/02/HT\\_Termomax\\_2019\\_out.pdf](https://plastigamawavin.com/wp-content/uploads/2020/02/HT_Termomax_2019_out.pdf).

**PRINCIPO DE.** *Principio de Bernoulli.* [Blog] 2020. [Consulta: 11 diciembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/36pn8la>.

**PROFESIONALES.** *Profesionales.* [Blog] 2021. [Consulta: 26 enero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3sEINPl>.

**RD TECH.** *Alibaba.* [Blog] 2021. [Consulta: 25 enero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3B4foBB>.

**RODRÍGUEZ, N., ROVIRA, I., & PIENIKA, R .** "Instalación de banco de ensayos para turbinas axiales" [en línea], 2019, (Uruguay), pp. 6. [Consulta: 7 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/2W2cFcR>.

**SAMPIERI, R.** *Metodología de la Investigación* [en línea]. México D.F : Mc Graw-Hill, 2014. [Consulta: 25 febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/37QMxUx>.

**SIERRA, A., & GUERRERO, C.** "Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: alternativa real de generación eléctrica" [en línea], 2011, (Colombia), pp. 3. [Consulta: 11 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3k1OKCg>.

**STANLEY.** *Stanley.* [Blog] 2021. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/35ReNGb>.

**STEMKID.** *Alibaba.* [Blog] 2021. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3yZQ4f6>.

**STEREN.** *Steren.* [Blog] 2021. [Consulta: 27 enero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3sEzrmH>.

**S.E.L.E.C.** *S.E.L.E.C.* [Blog] 2020. [Consulta: 22 enero 2021]. Disponible en: <https://selec.com.ec/catalogo/>.

**TEMPER.** *Cautín tipo lápiz.* [Blog] 2014. [Consulta: 29 enero 2021]. Disponible en: <http://www.grupotemper.com/downloas/Tarifa-Temper-2014.pdf>.

**TRUPER.** *Truper*. [Blog] 2020. [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/39HSbZD>.

**UNC.** *Compilado de tablas*. [Blog] 2010. [Consulta: 28 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/2HTniHO>.

**URALITA.** *Cavitación en sistemas de tuberías*. [Blog] 2020. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/2JpOi2r>.

**VALDIVIA, C.** *Diseño de un Sistema de Visión Artificial para la Clasificación de Chirimoyas basado en medidas* [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Pontificia Universidad Católica del Perú, Ingeniería Mecatrónica, Lima, Perú. 2016. pp. 27 - 33. [Consulta: 14 Febrero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3xWksWH>.

**WENZHOU.** *AliExpress*. [Blog] 2020. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/3iQw8Wt>.

**WHITE, F.** *Mecánica de Fluidos* [en línea]. 5ª ed. España : Mc Graw- Hill, 2003. [Consulta: 29 enero 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3AUuWrt>.

**WIKIPEDIA.** *Turbina de flujo transversal*. [Blog] 2020. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: <https://bit.ly/2JGgmhG>.

**WINTERS.** *Winters instruments manufacturer of industrial instrumentation*. [Blog] 2020. [Consulta: 30 diciembre 2020]. Disponible en: [http://winters.com/PDF/PFQ-ZR\\_sp.pdf](http://winters.com/PDF/PFQ-ZR_sp.pdf).



## ANEXOS

### ANEXO A: GUÍA DE LABORATORIO PARA ENSAYO DE MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA.

**FACULTAD: MECÁNICA**  
**CARRERA: ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

#### GUÍA DE LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRAULICA

#### PRÁCTICA No. 01 ENSAYO DE MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA

##### 1. DATOS GENERALES:

**NOMBRE:**

.....

**CÓDIGO:**

.....

**GRUPO No.: ...**

**FECHA DE REALIZACIÓN:**

dd/mm/aa

**FECHA DE ENTREGA:**

dd/mm/aa

##### 2. OBJETIVOS

###### 2.1 GENERAL

- ✓ Realizar el ensayo de micro generación hidráulica para determinar las curvas, caudal vs voltaje, caudal vs amperaje y cauda vs potencia eléctrica.

###### 2.2 ESPECÍFICOS.

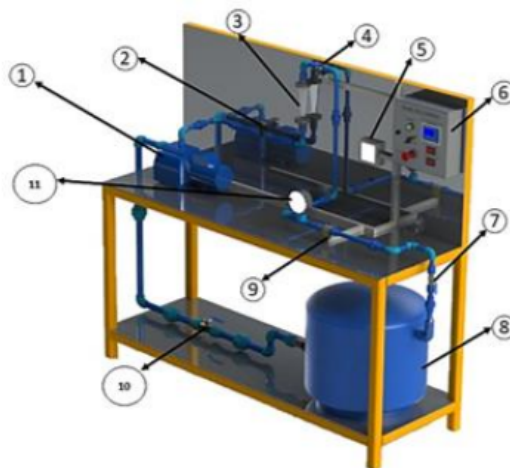
- ✓ Complementar el aprendizaje sobre la micro generación hidráulica mediante la manipulación y observación directa de este tipo de micro generadores.
- ✓ Operar y valorar las limitaciones de los instrumentos de medición de diferentes diseños, para medir las variables de funcionamiento que se pueden aplicar en la micro generación hidráulica mediante la utilización de micros generadores.
- ✓ Reconocer y ocupar los conceptos básicos y fundamentales necesarios para determinar mediante pruebas experimentales los parámetros que se emplean para evaluar el funcionamiento de estos micros generadores.
- ✓ Observar el funcionamiento de estos micros generadores, describir y analizar de manera objetiva sus características convencionales de operación.
- ✓ Realizar actividades de trabajo académico y práctico en equipo, teniendo en cuenta el sentido de colaboración, solidaridad, responsabilidad y respeto.

### 3. INSTRUCCIONES

- ✓ Colocarse los equipos de protección personal (EPP) requeridos para el ingreso al laboratorio casco, mandil y calzado adecuado.
- ✓ Verificar que no exista ningún elemento ajeno al ensayo en el área de trabajo que pueda interrumpirlo.
- ✓ Verificar las conexiones de alimentación eléctrica del banco de ensayos.
- ✓ Verificar que el reservorio de agua está lleno de agua.
- ✓ Retirar el botón de paro de emergencia.
- ✓ Verificar que la válvula de compuerta está totalmente cerrada.
- ✓ Encender el banco de ensayos desde el panel de control.
- ✓ Verificar que los instrumentos de medición digitales estén encendidos.
- ✓ Abrir suavemente la válvula de compuerta.
- ✓ Verificar la cantidad de agua que pasa hacia el banco en el caudalímetro analógico mientras se abre despacio la válvula de compuerta.
- ✓ Verificar las mediciones de amperaje, voltaje, caudal y presión en los respectivos instrumentos de medida.
- ✓ Hacer mediciones simultáneas de voltaje, amperaje, caudal y presión mientras se abre simultáneamente la válvula de compuerta hasta tener al 100% de apertura.
- ✓ Llenar la tabla con los resultados arrojados por los instrumentos de medida.
- ✓ Graficar las curvas de caudal vs presión, caudal vs voltaje, caudal vs amperaje, con los datos obtenidos en las tablas.
- ✓ Cerrar la válvula de compuerta totalmente.
- ✓ Apagar el banco de micro generación hidráulica.
- ✓ Desconectar la fuente de poder del banco de ensayos.

### 4. ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

#### 4.1. EQUIPOS



*Fig 1. Banco de ensayos de micro generación hidráulica*

## Partes

1. Bomba centrífuga
2. Válvula de compuerta
3. Flujómetro
4. Sensor de caudal
5. Lámpara
6. Módulo de control
7. Válvula bola
8. Tanque hidroneumático
9. Micro generador
10. Válvula de bola
11. Manómetro

## 4.2. MATERIALES



Fig 2. Bomba centrífuga



Fig 3. Micro generador hidráulico

## 5. FUNDAMENTO TEORICO

Deberá contener fundamentos teóricos claros y precisos, así como también fórmulas a emplearse. Estas deberán ser referenciadas de fuentes como libros, artículos científicos, etc.



**Banco de ensayos de micro generación hidráulica**

Breve concepto referenciado.

**Accesorios:**

**Variables:**

**Unidades:**

**Capacidad Máxima:**

**6. RESULTADOS OBTENIDOS**

**Obtención de Datos**

*Tabla 1. Caudal vs Voltaje*

Caudal (l/min)	Voltaje (Volts)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	

*Tabla 2. Caudal vs Amperaje*

Caudal (l/min)	Amperaje (A)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	

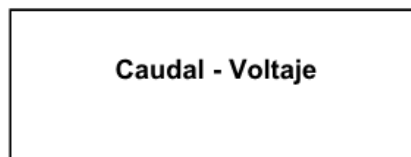


**Tabla 3. Caudal vs Presión**

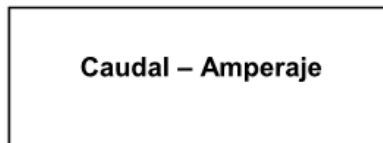
<b>Caudal (l/min)</b>	<b>Potencia (watts)</b>
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	

**Presentación de resultados**

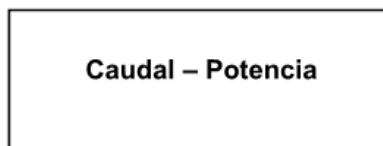
*Gráfico 1. Caudal vs voltaje*



*Gráfico 2. Caudal vs amperaje*



*Gráfico 3. Caudal vs potencia*



*Gráfico 4. Caudal vs presión*

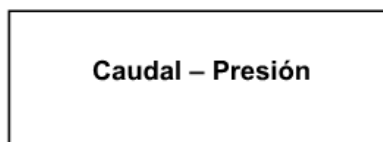
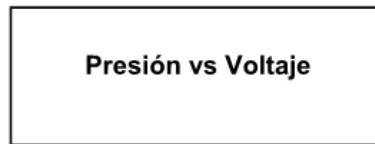




Gráfico 5. Presión vs voltaje



## **7. DISCUSIÓN Y ANALISIS**

Analizaremos las gráficas obtenidas en el ensayo para ver si se asemejan a las curvas de funcionamiento que provee el fabricante de la microturbina utilizada para este ensayo. Se analizará el tipo de parámetros que arrojan los instrumentos de medida ya que se trata de valores muy bajos pero los cuales son típicos de este tipo de micro generación de energía.

## **8. CONCLUSIONES**

Las conclusiones son netamente de la interpretación del estudiante y son las respuestas a los objetivos planteados y estas deberán obtenerse a partir de los datos anteriores, estas deberán ser iguala número de objetivos planteados.

## **9. RECOMENDACIONES**

Se refiere a que cree usted que se debe hacer para mejorar la precisión y obtención de datos.

## **10. BIBLIOGRAFÍA**

Se listarán los documentos de consulta empleados en la realización de este ensayo e informe empleando las normas APA sexta edición.

[1]. .....

[2]. .....

[3]. .....

**ANEXO B: MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EL BANCO DE PRUEBAS DE  
MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA.**



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**



**BANCO DE PRUEBAS DE MICROGENERACIÓN  
HIDRÁULICA**

**AUTORES: DAVID LEONEL CASTRO ACOSTA  
CRISTIAN ANTONIO GUERRERO ALVEAR**

Riobamba – Ecuador

2020

## **INDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>SEGURIDAD</b>	<b>5</b>
2.1	GENERAL	5
2.2	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	6
2.2.1	PARTES MECÁNICAS	7
2.2.2	RUIDOS	7
2.2.3	EQUIPOS ELECTRICOS	7
<b>3</b>	<b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>	<b>8</b>
3.1	DESCRIPCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE MICROGENERACIÓN HIDRÁULICA	9
<b>4</b>	<b>INSTALACIÓN</b>	<b>9</b>
4.1	Generalidades	9
4.2	Instalación en el interior	9
4.3	Aislamiento de bases	10
4.3.1	Base	11
<b>5</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL</b>	<b>11</b>
5.1	Módulo de control	11
5.2	Comprobaciones previas al arranque	12
<b>6</b>	<b>MANTENIMIENTO</b>	<b>14</b>
6.1	Mantenimiento preventivo	15
6.2	Mantenimiento preventivo del micro generador eléctrico	16
6.3	Mantenimiento preventivo de la bomba centrífuga	16
6.4	Tabla de mantenimiento periódico	16



# 1 INTRODUCCIÓN

Este manual de instrucciones está diseñado para orientar y ayudar a los estudiantes con el correcto uso y mantenimiento del banco de pruebas de micro generación hidráulica por lo que los operarios y estudiantes deben dedicar tiempo para leer y revisar este documento.

El banco de pruebas de micro generación hidráulica que se describe en este manual está diseñado e implementado para generar energía a una escala micro a través de un micro generador, requiriendo solamente la adición de agua para su funcionamiento.

Se debe asegurar siempre que el mantenimiento, las reparaciones y ajustes los lleve a cabo personal capacitado para realizar este tipo de trabajo, el cual debe tener una formación adecuada. El mantenimiento y las reparaciones se deben ejecutar periódicamente utilizando componentes de las mismas características técnicas logrando así que se prolongue la vida útil del banco de pruebas de micro generación hidráulica.

Los fabricantes no se hacen responsables de las posibles averías, defectos o reclamaciones que realicen los estudiantes u operarios por una operación o mantenimiento inadecuado.

## 2 SEGURIDAD

### 2.1 GENERAL

El banco de pruebas de micro generación hidráulica está diseñado de tal forma que es un equipo seguro siempre y cuando se lo use correctamente. Sin embargo, la responsabilidad de la seguridad queda a cargo del personal que instala, utiliza y mantiene el banco de pruebas de micro generación hidráulica. Antes de realizar cualquier técnica de operación, el usuario debe saber las normas de seguridad.

### ADVERTENCIA



- Leer e interpretar todas las advertencias y precauciones de seguridad antes de poner en funcionamiento el banco de pruebas de micro generación hidráulica.
- Si las instrucciones, precauciones y procedimientos de seguridad indicados en este manual no se observan, aumentará el riesgo de producirse accidentes y lesiones.
- No poner nunca en funcionamiento el banco de pruebas de micro generación hidráulica si no está en condiciones de seguridad.
- No intentar poner en marcha el banco de pruebas de micro generación hidráulica si se sabe que no está en condiciones de seguridad.
- Si el banco de pruebas de micro generación hidráulica se encuentra en situación de falta de seguridad, colocar avisos de peligro y desconectar el cable de alimentación del banco de pruebas para que no se pueda poner en marcha hasta eliminar la falta de seguridad.
- Desconecte el cable de la fuente de alimentación antes de empezar con la instalación, reparaciones o la limpieza del banco de pruebas de micro generación hidráulica.
- Instalar y operar este banco de pruebas de micro generación hidráulica observando siempre las correspondientes especificaciones, estándares y otros requisitos.

## 2.2 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL



**Figura 2-1 Elementos de protección personal básico que deben llevar los operarios**

- Utilice un casco, gafas protectoras y otro equipo de protección, según proceda.
- Cuando se trabaja cerca de una bomba en funcionamiento, lleve dispositivos protectores para los oídos para evitar lesiones auditivas.
- No vista con ropa amplia o joyas que se puedan enganchar en los elementos de control u otras partes del banco de pruebas de micro generación hidráulica.
- Asegúrese de que todas las válvulas que conforman el banco de pruebas de micro generación estén debidamente abiertas o cerradas según sea el caso.
- Nunca ponga los líquidos de mantenimiento en recipientes de vidrio. Los recipientes de vidrio se pueden romper.
- Utilice las soluciones de limpieza con cuidado.
- Informe de cualquier reparación necesaria.

A no ser que se indique lo contrario, realice el mantenimiento en las siguientes condiciones:

- La bomba esta parada, Asegúrese de que la bomba no se pueda poner en marcha.
- Desconecte el cable de alimentación de todo el banco de pruebas cuando se lleve a cabo el mantenimiento o cuando el sistema eléctrico se esté revisando. Coloque cinta en los polos de los cables para evitar que se produzcan chispas.
- No realice ninguna reparación que no entienda. Utilice herramientas adecuadas. Sustituya cualquier componente que este dañado o repárelo.

### 2.2.1 PARTES MECÁNICAS

El banco de pruebas de micro generación hidráulica lleva incorporado una bomba y un micro generador, ambos dispositivos llevan incorporados carcassas de protección para evitar el contacto con las partes en movimiento. Sin embargo, se debe tener cuidado adicional para proteger al personal y al equipo de otros riesgos mecánicos cuando se trabaja cerca del banco de pruebas.

#### ADVERTENCIA



- No operar nunca el banco de pruebas de micro generación hidráulica sin las carcassas de protección. Cuando el banco de pruebas esté en funcionamiento, no intentar destapar las carcassas de protección para efectuar trabajos de mantenimiento o por cualquier otra razón.
- Mantener las manos, brazos, pelos largos, ropa holgada y artículos de adorno personal alejados de las partes móviles del banco de pruebas. Algunas partes móviles no pueden verse con claridad cuando el grupo está funcionando.
- Evitar el contacto con las superficies calientes y esquinas agudas.
- Llevar ropa de protección, incluyendo guantes cuando se trabaje alrededor del banco de pruebas.

### 2.2.2 RUIDOS

#### ADVERTENCIA



- Una exposición prolongada a niveles superiores a 80 db es peligrosa para el órgano auditivo.
- Utilizar protección auditiva cuando se trabaja cerca del banco de pruebas en funcionamiento.

### 2.2.3 EQUIPOS ELECTRICOS

#### ADVERTENCIA



- Hay que asegurar que el banco de pruebas de micro generación hidráulica, tanto fijo como en movimiento, tenga una toma a tierra efectiva antes de ponerlo en marcha.

- **No tocar las partes activadas eléctricamente del banco de pruebas y/o cables o conductores de interconexión con cualquier parte del cuerpo o con cualquier objeto conductor de la electricidad que no esté debidamente aislado.**
- **En los incendios provocados por electricidad, utilizar solamente extintores de la clase BC o ABC.**

### **3 DESCRIPCIÓN GENERAL**

Este banco de pruebas de micro generación hidráulica ha sido diseñado e implementado como un equipo didáctico para proporcionar una fiabilidad excelente durante los ensayos de laboratorio realizado por los estudiantes.

La bomba centrífuga que acciona el banco de pruebas ha sido seleccionada por su fiabilidad. La bomba es un equipo autocebante que tiene una capacidad máxima de bombeo de 40 metros de altura y un caudal máximo de 70 l/min a una presión de trabajo máximo de 101,5 psi, esta bomba esta seleccionada para succionar agua incluso cuando el fluido a succionar este mezclado con algún tipo de gas.

La energía eléctrica de salida se produce por medio de un micro generador eléctrico acoplado con precisión, este micro generador tiene la capacidad de entregar 12 volts y 0,15 amperes a un caudal de 14 l/min.

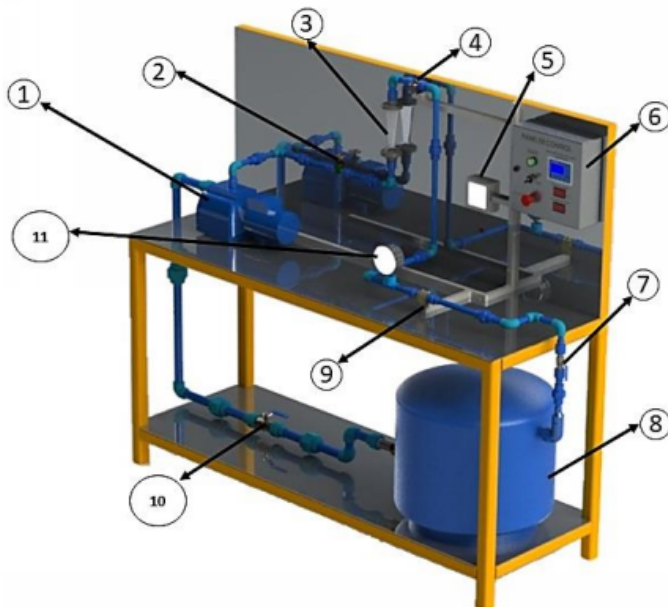
El banco de pruebas de micro generación hidráulica está dotado por dos tipos de medidores de caudal, el uno es un medidor analógico y el otro es un medidor digital. El medidor de caudal digital posee un sensor de flujo y un sensor de temperatura el cuál se alimenta con 24 volts para su funcionamiento.

Para medir la cantidad de voltaje y corriente que genera el micro generador hidráulico el banco de pruebas posee un medidor de voltaje y medidor de corriente ambos son instrumentos digitales los cuales se alimentan con una fuente de 12 volts para su funcionamiento.

El sistema de suministro de agua que esta implementado en el banco de pruebas consta de un tanque hidroneumático, el cual tiene una capacidad de 30 galones con un recubrimiento epóxico de grado alimenticio que evita la proliferación de bacterias, además cuenta con una presión de 60 psi con una durabilidad de 5 años.

El grupo de transporte de fluido utilizado como la tubería y accesorios está unido mediante la técnica de termofusión, la cual evita que exista fugas.

### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE MICROGENERACIÓN HIDRÁULICA



- 1- Bomba centrífuga
- 2- Válvula de compuerta
- 3- Flujómetro
- 4- Sensor de caudal
- 5- Lámpara
- 6- Módulo de control
- 7- Válvula bola
- 8- Tanque hidroneumático
- 9- Micro generador
- 10- Válvula de bola
- 11- Manómetro

## 4 INSTALACIÓN

### 4.1 Generalidades

Esta sección indica los factores necesarios que son importantes en la instalación eficaz y segura del banco de pruebas de micro generación hidráulica.

Escoger una ubicación para el banco de pruebas de micro generación hidráulica puede resultar la parte más importante del procedimiento de instalación. Hay que tener en cuenta que al realizarlo se deben considerar algunos factores.

### 4.2 Instalación en el interior

La instalación debe ser realizada por personal con formación, ya que cualquier error que se cometa en la instalación puede provocar una fuga de agua, una descarga eléctrica, o cualquier otra situación.

Sujetar la unidad por los puntos especificados con unas cuerdas cuya capacidad de carga nominal sea suficiente para soportar el peso del equipo. Si se suspende la unidad inadecuadamente mientras la trasladan al lugar de instalación, esta puede caerse y provocar un accidente que ocasiona lesiones graves o incluso la muerte.

Si se instala el banco de pruebas en un espacio pequeño, tome las debidas precauciones para que, en el caso de que se produzca una fuga de agua, esta no exceda los límites de concentración permitidos.

Al momento de instalar el equipo, cerciorarse que el espacio alrededor del banco de pruebas sea lo suficientemente grande como para poder realizar las operaciones de mantenimiento y que tenga el espacio para la manipulación por parte de los estudiantes u operarios.

Utilice únicamente los componentes que se suministran con el banco de pruebas, así como los accesorios específicos de la instalación. El uso de componentes que no estén autorizados o no sean iguales a los utilizados puede causar fugas de agua o electricidad.

No abrir las válvulas de funcionamiento hasta que se haya revisado las tuberías, completando una prueba de estanqueidad al aire y realizar al vacío la instalación

Una vez finalizada la instalación, revisar nuevamente para verificar si no existen fugas.

## **ADVERTENCIA**



- **Conecte el banco de pruebas a una toma de tierra. Si la instalación del cable de tierra no se llevara a cabo correctamente podría producirse una descarga eléctrica.**
- **Siga estrictamente las instrucciones contenidas en este manual en todos los trabajos de instalación. Un trabajo de instalación inadecuado puede causar una vibración anormal o generar ruido.**
- **Deje el espacio suficiente para las operaciones de inspección y mantenimiento, tal como se especifica en el manual. Un espacio demasiado estrecho puede provocar un accidente, como es una caída o una lesión personal.**

## **4.3 Aislamiento de bases**

El banco de pruebas de micro generación se debe colocar sobre una bancada rígida que alinea de manera precisa los apoyos del banco.

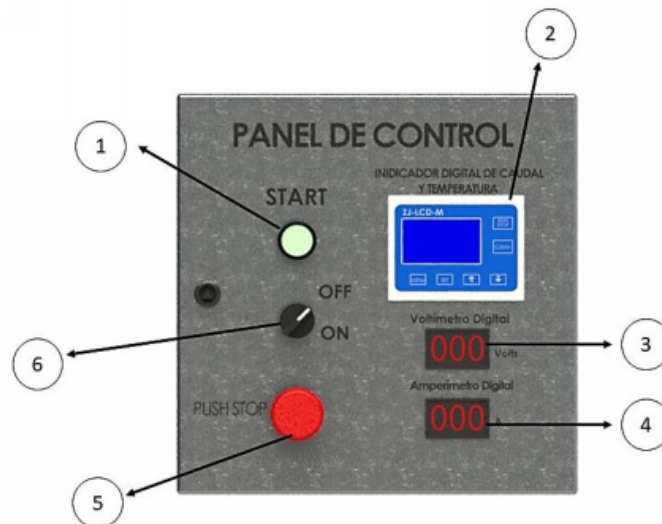
### 4.3.1 Base


Un piso de hormigón reforzado es la mejor base para el banco de pruebas de micro generación. Este piso lo que hace es ofrecer un soporte rígido para evitar la desviación y las vibraciones. El suelo o piso bajo la base se debe preparar bien y debe estar estructurado de manera que soporte el peso del banco de pruebas.

Si el suelo a veces está mojado, como por ejemplo en el caso de un laboratorio donde se utiliza solo agua, el colchón de soporte debe elevarse sobre el suelo. Así se garantiza que la base está seca tanto para el banco de pruebas como para los que lo conectan, manejan y lo ponen en funcionamiento. Asimismo, se minimiza la corrosión de la bancada.





## 5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

### 5.1 Módulo de control



Posición	Botón	Descripción
1		<b>PARADA.</b> Pulse este botón para detener la secuencia del grupo en caso de avería o condición de peligro. <b>Nota:</b> Soltar el botón de emergencia para empezar a utilizar de nuevo el equipo.



2		<p><b>ARRANQUE (ON).</b> Escoja esta opción para iniciar la secuencia de arranque del banco de pruebas.</p> <p><b>PARADA (OFF).</b> Escoja esta opción para parar la secuencia de arranque del banco de pruebas.</p>
3		<p><b>INDICADOR DE VOLTAJE.</b> Muestra el valor del voltaje que arroja el micro generador.</p>
4		<p><b>INDICADOR DE CORRIENTE.</b> Muestra el valor de corriente que consume la lampara, la cual está conectada en el banco de pruebas.</p>
5		<p><b>INDICADOR DE CAUDAL.</b> Muestra el valor de caudal que está pasando por el banco de pruebas de micro generación hidráulica.</p> <p><b>INDICADOR DE TEMPERATURA.</b> Muestra la temperatura del agua que circula por el banco de pruebas de micro generación hidráulica.</p>

## 5.2 Comprobaciones previas al arranque

Es necesario realizar las siguientes comprobaciones antes de arrancar el banco de pruebas de micro generación hidráulica.

1.- Asegúrese de que el cable de poder que alimenta a todo el banco de pruebas esté desconectado.

Una inspección visual sólo dura unos pocos minutos y esto puede evitar reparaciones costosas y accidentes de toda índole.

Para esto hay que comprobar lo siguiente:

- Que no haya pasadores/sujeciones o conexiones sueltas, repárelos en caso de ser necesario.
- Para cualquier tipo de fuga de agua, limpie el liquido hasta que no quede nada. Si observa una fuga, localice el origen y corrija la fuga. Si se cree que hay una fuga, compruebe los niveles de agua en el reservorio hasta que se encuentre la fuga y se repare.
- El riesgo de que exista fuga es mínimo, ya que la tubería fue unida mediante la técnica de termofusión, las únicas fugas que podría haber en el banco de pruebas son en las uniones roscadas, las cuales son muy pocas, entonces una inspección visual es más que suficiente.

- Para la limpieza total del banco de pruebas evite el uso de agua a alta presión sobre los componentes electrónicos y eléctricos, de ser el caso proporciones la protección adecuada donde sea necesario.
- Asegúrese de que las válvulas estén cerradas adecuadamente, compruebe que no haya fugas en las mismas, compruebe el estado de todas las tuberías, que no existan separaciones o signos de desgaste.

2.- Compruebe que la bomba este con la cantidad de agua necesaria para su correcto funcionamiento, en otras palabras, compruebe que la bomba se encuentre cebada.

#### ADVERTENCIA



- **No retire el tornillo de cebado de la bomba cuando se encuentre en funcionamiento, primero desconecte la fuente de poder del banco de pruebas para proceder a verificar el cebado de la bomba.**

3.- Compruebe el nivel de líquido en el reservorio de agua.

#### ADVERTENCIA



- **Llenar el depósito de agua hasta un cierto límite, esto con la finalidad de evitar que remanentes se coloquen en el fondo del reservorio de agua y exista ploriferación de bacterias.**

4.- Compruebe todas las tuberías en busca de conexiones sueltas o deterioradas; vuelva a ajustar o sustituya según sea necesario.

5.- Compruebe el panel de control y banco de pruebas por si se hubiesen acumulado grandes cantidades de polvo o suciedad, limpiándolas si se encuentra tal cosa. Estas acumulaciones pueden suponer un riesgo eléctrico.

6.- Compruebe el flujómetro y el sensor de flujo para verificar si ambos instrumentos están calibrados.

7.- Drenar periódicamente el agua contenida en el reservorio para evitar que se estanque y dañe el sistema de tubería y en casos mayores dañe el micro generador instalado en el bance de pruebas.

8.- Asegúrese de que la perilla de encendido se encuentre en apagado (off).

### 5.3 Comprobaciones del equipo en funcionamiento

1.- Trabajar el micro generador hasta un rango limitado de caudal.



- **El banco de pruebas de micro generación se limita a trabajar con un caudal en un rango de (13-14) l/min, esto con el objetivo de que el micro generador no tienda a sobre calentarse.**

2.- Trabajar la bomba centrífuga hasta un rango limitado de tiempo



- **La bomba según recomendaciones del fabricante puede trabajar hasta un rango de tiempo máximo de 8 horas sin parar, despues de este tiempo se recomienda apagar la bomba.**

## 6 MANTENIMIENTO

La clave para mantener al banco de pruebas de micro generación hidráulica completamente operable es teniendo un correcto programa de mantenimiento. La revisión y mantenimiento deben ser realizados únicamente por personas preparadas que conozcan el banco de pruebas. Se deben tomar en consideración notas de estos trabajos con el fin de tener una base de datos para desarrollar a su vez un programa eficaz de mantenimiento.

Generalmente, el banco de pruebas de micro generación hidráulica debe mantenerse limpio. No se debe permitir que se acumulen líquidos sobre cualquier superficie externa o interna, sobre, debajo o alrededor de cualquier elemento en movimiento. Limpiar las superficies utilizando líquidos acuosos para la limpieza. No utilizar disolventes inflamables para la respectiva limpieza.

## **ATENCIÓN**



- **El mantenimiento regular y cuidadoso es esencial para mantener los niveles de seguridad y el desempeño óptimo del micro generador eléctrico.**
- **Antes de limpiar, reparar o inspeccionar, apague totalmente el banco de pruebas y espere que la bomba se enfríe por completo.**
- **Mantenga tuercas, pernos y tornillos ajustados para asegurarse de que el banco de pruebas se encuentre en una condición de trabajo segura.**
- **No altere los dispositivos de seguridad. Verifique su correcto funcionamiento regularmente.**

## **6.1 Mantenimiento preventivo**

Los requisitos del mantenimiento preventivo del banco de pruebas de micro generación hidráulica asociados a la bomba están detallados en el manual de la bomba centrífuga, el cual debe revisarse junto a esta sección. Es posible que los intervalos de mantenimiento de la bomba centrífuga sean más frecuentes que los que se muestran en esta sección.

### **Diarios o en caso de inicio**

Cada día se debe realizar la inspección caminando alrededor del banco de pruebas, así como antes de arrancar la bomba.

### **Cada dos semanas**

Se debe realizar una comprobación de funcionamiento en el banco de pruebas de micro generación arrancando y haciendo funcionar el banco de pruebas durante un lapso de 5 a 10 minutos.

### **Cada mes**

Se debe realizar una comprobación de funcionamiento con la válvula de compuerta totalmente abierta arrancando y haciendo funcionar al banco de pruebas durante el lapso de 20 a 30 minutos.

### **Cada seis meses o 200 horas**

Repita los procedimientos diarios y añada los siguientes:

- Compruebe todos los dispositivos de seguridad del sistema de control simulando de manera electrónica que hay fallos utilizando un multímetro.
- Ajuste todas las conexiones eléctricas.
- Ajuste todas las tuercas y tornillos que sujetan las tuberías y accesorios.
- Para no cambiar el agua seguidamente se sugiere utilizar ácido etildiaminotetraacético (EDTA), el cuál es un componente químico para alargar la dureza del agua, teniendo así que realizar un cambio de agua cada 8 meses sin ningún problema.

## **6.2 Mantenimiento preventivo del micro generador eléctrico**

No existe un mantenimiento rutinario para micro generador eléctrico, sin embargo, las siguientes recomendaciones pueden ser muy útiles.

- Inspeccionar periódicamente el estado del micro generador eléctrico comprobando el voltaje y corriente que arroja mediante el uso de un multímetro.
- Inspecciones periódicamente las conexiones de cables entre el micro generador y el panel de control.
- Inspeccionar las conexiones entre el micro generador y la tubería para verificar que no exista fugas de agua.

## **6.3 Mantenimiento preventivo de la bomba centrífuga**

Consulte el manual de la bomba centrífuga suministrado por el fabricante con este manual para obtener información sobre el mantenimiento regular que se necesita para que la bomba siga funcionando correctamente.

## **6.4 Tabla de mantenimiento periódico**

Para mantener el banco de pruebas de micro generación hidráulica en condiciones óptimas y poder alargar el tiempo de vida útil del banco de pruebas se debe realizar revisiones y mantenimientos periódicos de acuerdo a este documento, de igual manera usar el banco de pruebas correctamente. Además, las actividades de mantenimiento periódicas reducen significativamente la posibilidad de falla de los componentes.

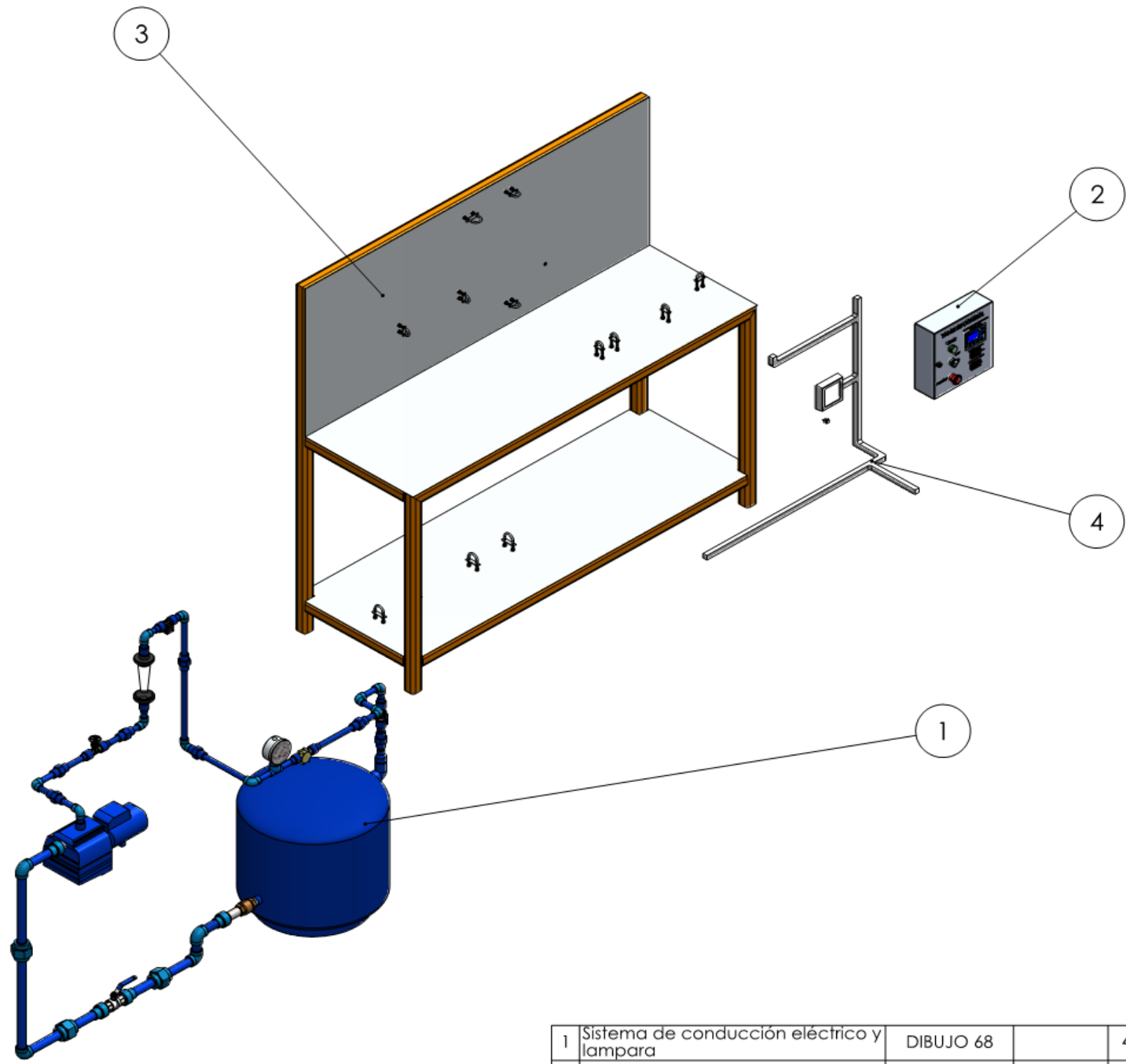
SISTEMA	TRABAJO	ITEM	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	CADA 6 MESES
SISTEMA ELÉCTRICO	REVISAR	CABLE DE ALIMENTACIÓN DEL BANCO DE PREUBAS				X
		CABLES DEL MICROGENERADOR		X		
		CABLES DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA		X		
		CABLE DE ENCENDIO/APAGADO		X		
		CABLE DEL BOTON DE PARO DE EMERGENCIA		X		
SISTEMA DE BOMBEO	REVISAR	NIVEL DE AGUA EN EL INTERIOR DE LA BOMBA		X		
	REVISAR	NIVEL DE LÍQUIDO EN EL RESERVORIO DE AGUA			X	
	DRENAR	LÍQUIDO DEL RESERVORIO DE AGUA				X
	REVISAR	TUBERÍAS DE TODO EL BANCO DE PRUEBAS		X		
	REVISAR	VALVULA DE BOLA A LA SALIDAD DEL RESERVORIO DE AGUA	X			
	REVISAR	VALVULA DE COMPUERTA A LA SALIDA DE LA BOMBA	X			
	REVISAR	FUGAS EN EL SENSOR DE FLUJO			X	
	REVISAR	FUGAS EN EL FLUJOMETRO			X	

<b>INSTRUMENTOS DE MEDIDA</b>	<b>AJUSTAR</b>	MEDIDA DE CAUDAL EN EL SENSOR DE FLUJO Y FLUJOMETRO		X		
	<b>VERIFICAR</b>	EL SENSOR DE TEMPERATURA ESTA EN CONTACTO CON EL AGUA		X		
	<b>REVISAR</b>	CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL MANOMETRO		X		

**ANEXO C: PLANOS DEL BANCO DE PRUEBAS DE MICRO GENERACIÓN  
HIDRÁULICA.**



A3  
mm

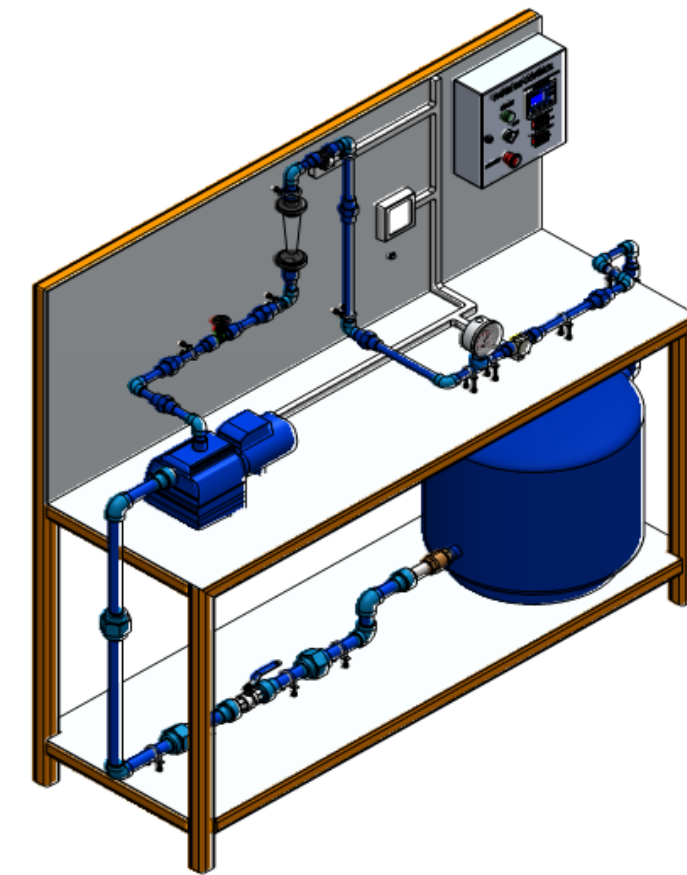
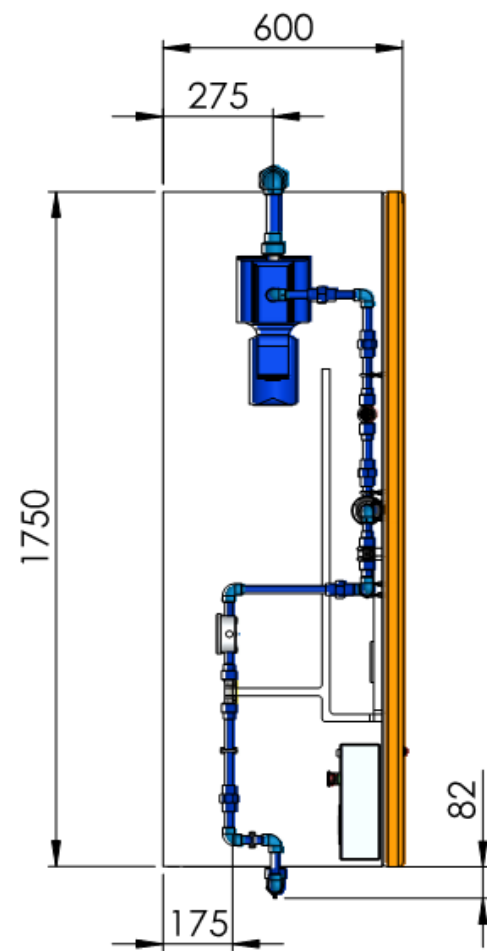
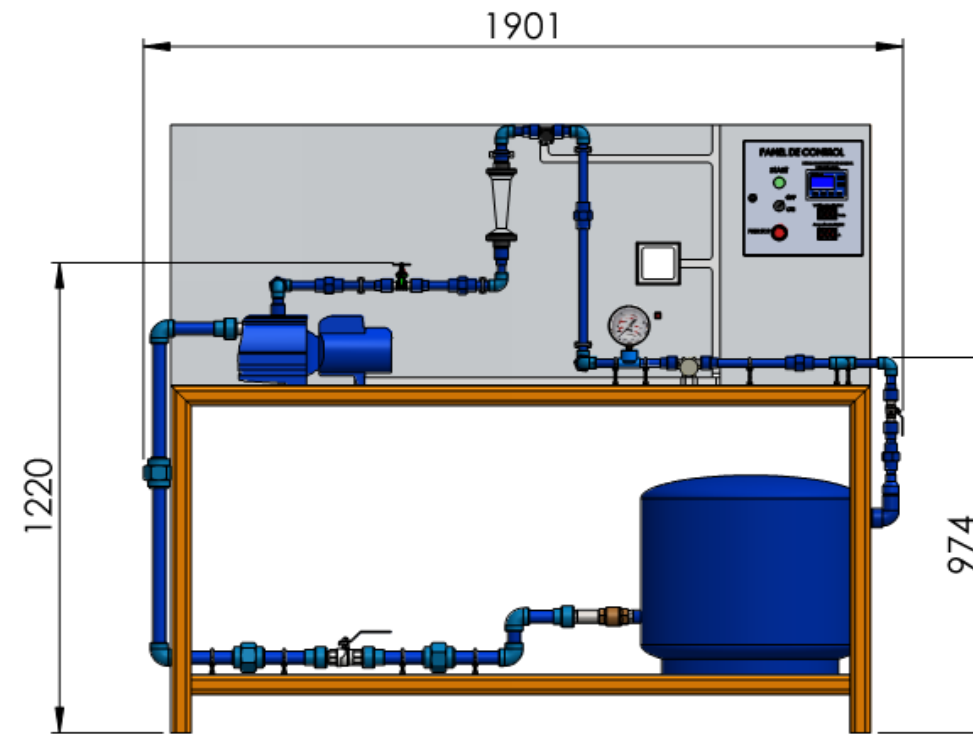
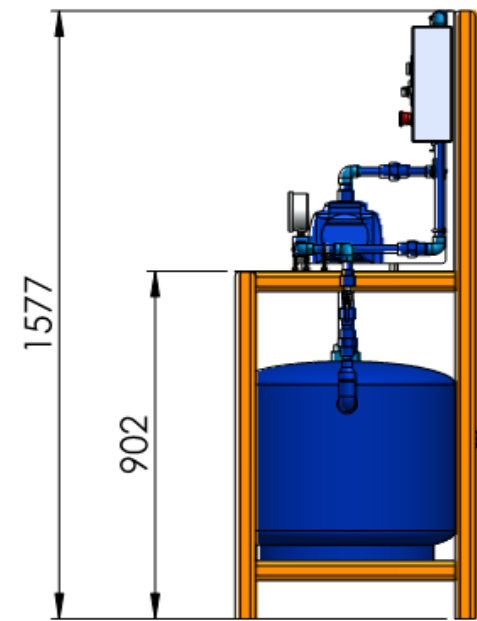


1	Sistema de conducción eléctrico y lampara	DIBUJO 68		4			Conexión a 110 volts
1	Sistema de soporte Estructural	DIBUJO 67	ASTM A36	3			Perfil de 50x50x1.5 mm
1	Sistema de control	DIBUJO 66		2			
1	Sistema de conducción de agua	DIBUJO 65	PP	1			
No. de pieza	Denominación	No. de norma /Dibujo	Material	No. de orden	No. del modelo/ semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones

Nº. Lámina: 1 de 10	Nº. Hojas: 1 de 2	Sustitución:	Codificación: FM-EIM-BPMGH-D-001-2021	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>				
Email: antonio.guerrero@epoch.edu.ec			Denominación: <b>BANCO DE PRUEBAS DE MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA</b>					Peso [Kg]
Teléfonos:				<b>MATERIALES:</b> SEGUN DISEÑO				
Datos	Nombre	Firma	Fecha					ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.S. Y I.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY
Proyectó	David Castro		2020/12/05					
Dibujó	Cristian Guerrero		2020/12/06					
Revisó	Ing. Miguel Escobar		2020/12/05					
Aprobó	Ing. Edwin Viteri		2020/12/06	<b>Nombre de archivo:</b> Ensamblaje BPMGH				

MIGUEL ANGEL ESCOBAR GUACHAMBALA  
 Digitally signed by MIGUEL ANGEL ESCOBAR GUACHAMBALA

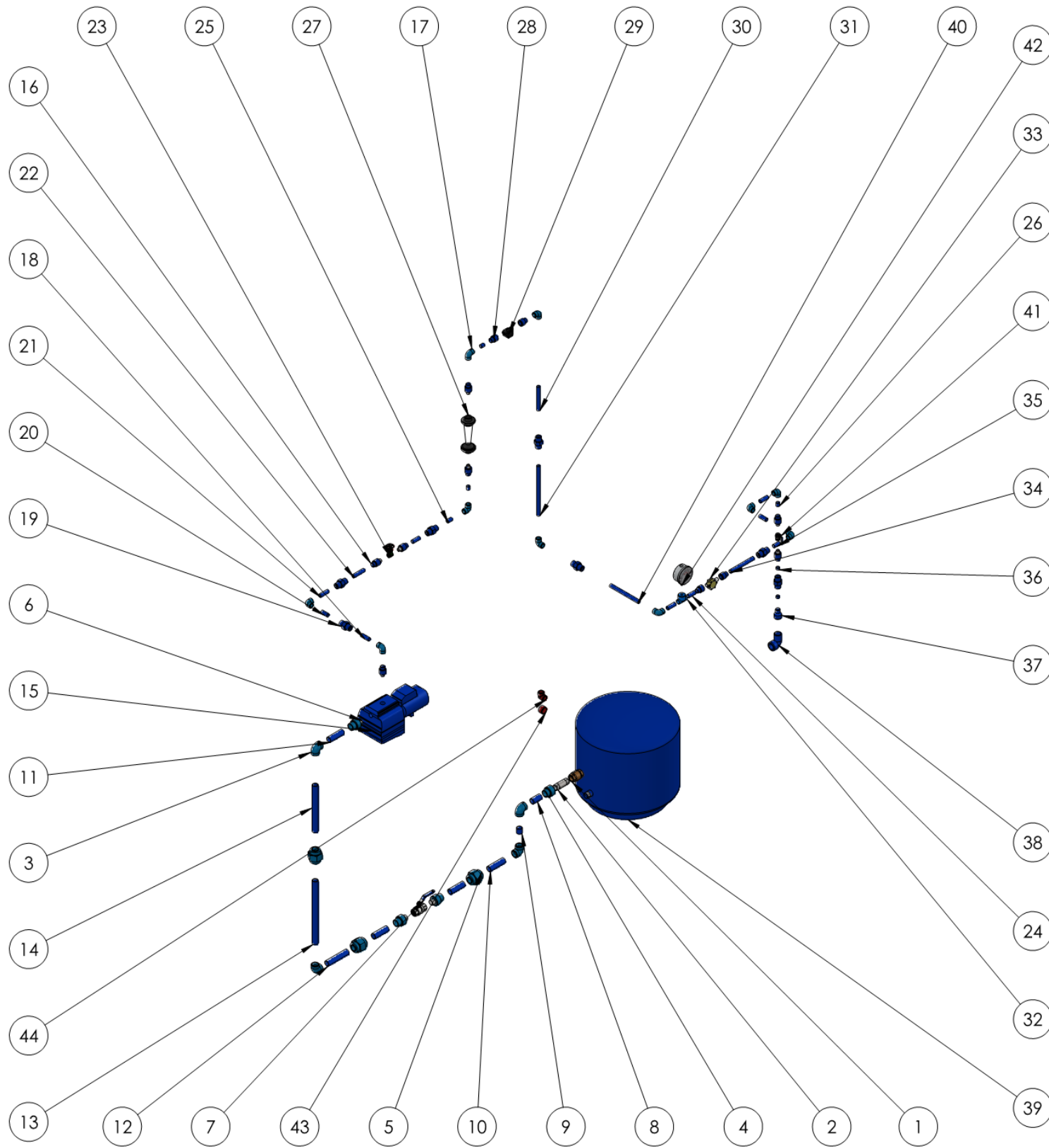




VISTA ISOMÉTRICA

A3  
mm

N°. Lámina: 1 de 10		N°. Hojas: 2 de 2		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-BPMGH-D-001-2021		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
Email: antonio.guerrero@esPOCH.edu.ec						Denominación:					
Teléfonos:						<b>BANCO DE PRUEBAS DE MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA</b>		200	±0.3 [mm]	1:20	
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales:							
Proyectó	David Castro		2020/12/05	SEGUN DISEÑO							
Dibujó	Cristian Guerrero		2020/12/06	Nombre de archivo:							
Revisó	Ing. Miguel Escobar		2020/12/05	Ensamble BPMGH		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: A.S. Y J.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>					
Aprobó	Ing. Edwin Viteri		2020/12/06								

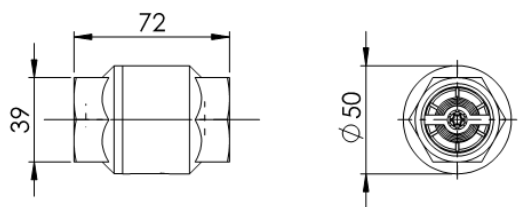


1	Codo roscado 90°_ 0.5 in	Dibujo 44	PP	44					
1	Tapón Roscado H_ 1 in	Dibujo 43	PP	43					
1	Manómetro Winter 0-100 Psi	Dibujo 42		42					
1	Válvula de esfera de 0.5 in	Dibujo 41		41					
1	Tuberia PP de 0.5" x 215 mm	Dibujo 40	PP	40					
1	Reservorio de 30 GI Well Tank	Dibujo 39		39					
1	codo 90° inserto H de 1 in	Dibujo 38	PP	38					
1	Reducción de 1 a 0.5 in	Dibujo 37	PP	37					
2	Tuberia PP de 0.5" x 10 mm	Dibujo 36	PP	36					
1	Tuberia PP de 0.5" x 40 mm	Dibujo 35	PP	35					
1	Tuberia PP de 0.5" x 175 mm	Dibujo 34	PP	34					
1	Micro generador hidráulico	Dibujo 33		33					
1	Tee de 0.5 in	Dibujo 32	PP	32					
1	Tuberia PP de 0.5" x 315 mm	Dibujo 31	PP	31					
1	Tuberia PP de 0.5" x150 mm	Dibujo 45	PP	30					
1	Sensor de flujo de 0.5 in	Dibujo 29		29					
4	Unión roscada H de 0.5 in	Dibujo 28	PP	28					
1	Flujometro 1.8 a 18 LPM	Dibujo 27		27					
3	Tuberia PP de 0.5" x 20 mm	Dibujo 26	PP	26					
1	Tuberia PP de 0.5" x 30 mm	Dibujo 25	PP	25					
3	Tuberia PP de 0.5" x 50 mm	Dibujo 24	PP	24					
1	Válvula de compuerta de 0.5 in	Dibujo 23		23					
1	Tuberia PP de 0.5" x 80 mm	Dibujo 22	PP	22					
1	Tuberia PP de 0.5" x 60 mm	Dibujo 21	PP	21					
1	Tuberia PP de 0.5" x 45 mm	Dibujo 20	PP	20					
7	Unión Universal de 0.5 in.	Dibujo 19	PP	19					
1	Tuberia PP de 0.5" x 55 mm	Dibujo 18	PP	18					
10	codo 90 de 0.5 in	Dibujo 17	PP	17					
7	unión roscada M de 0.5 in	Dibujo 16	PP	16					
1	Bomba centrífuga JSW 2C	Dibujo 15		15					
1	Tuberia PP de 1" x 395 mm	Dibujo 14	PP	14					
1	Tuberia PP de 1" x 405 mm	Dibujo 13	PP	13					
1	Tuberia PP de 1" x 150 mm	Dibujo 12	PP	12					
3	Tuberia PP de 1" x 100 mm	Dibujo 11	PP	11					
1	Tuberia PP de 1" x 110 mm	Dibujo 10	PP	10					
1	Tuberia PP de 1" x 30 mm	Dibujo 09	PP	9					
1	Tuberia PP de 1" x 60 mm	Dibujo 08	PP	8					
1	Válvula de esfera de 1 in	Dibujo 07		7					
3	union roscada M de 1 in	Dibujo 06	PP	6					
3	Unión Universal de 1 in	Dibujo 05	PP	5					
1	Unión roscada H de 1in	Dibujo 04	PP	4					
4	codo 90° de 1in	Dibujo 03	PP	3					
1	Nipple de 1in	Dibujo 02		2					
1	Valvula antiretorno de 1"	Dibujo 01		1					
No. de pieza	Denominación	No. de norma /Dibujo	Material	No. de orden	No. del modelo/ semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones		

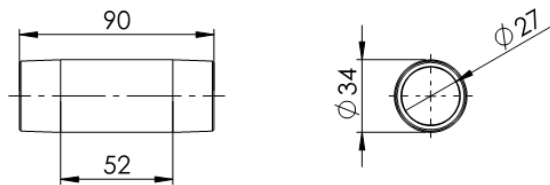
N°. Lámina: 2 de 10	N°. Hojas: 1 de 1	Sustitución:	Codificación: FM-EIM-BPMGH-D-001-2021	<b>ESPOCH</b>			
Email: antonio.guerrero@esPOCH.edu.ec			Denominación:	<b>FACULTAD DE MECÁNICA</b>			
Teléfonos:			SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA	<b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Proyectó	David Castro		2020/12/05	50	±0.3 [mm]	1:20	
Dibujó	Cristian Guerrero		2020/12/06	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.S. Y I.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Revisó	Ing. Miguel Escobar		2020/12/05				
Aprobó	Ing. Edwin Viteri		2020/12/06	Nombre de archivo: Ensamblaje SCDA			



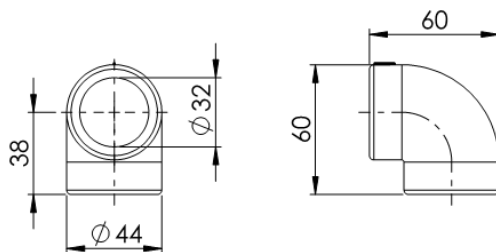
1. Válvula check de 1" (1 unidad)



2. Niple de 1" (1 unidad)

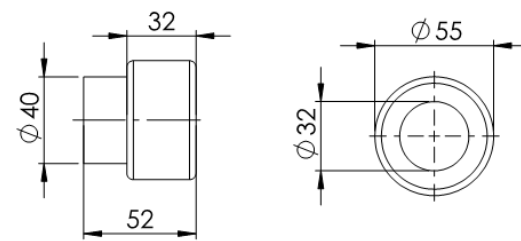


3. Codo a 90° de 1" (4 unidades)



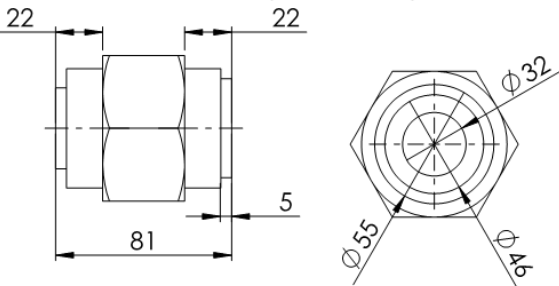
Nota: Material Polipropileno

4. Unión roscada H de 1" (1 unidad)



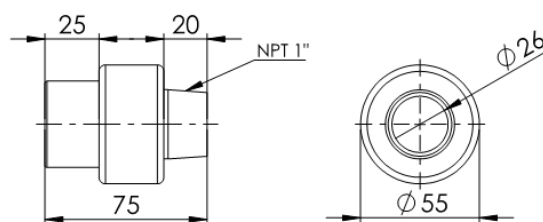
Nota: Material Polipropileno

5. Unión universal de 1" (3 unidades)



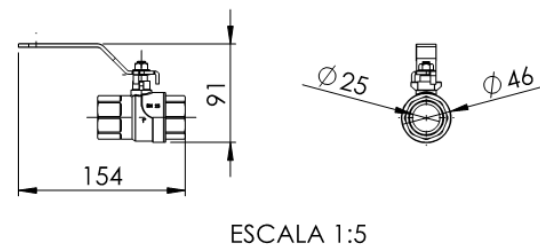
Nota: Material Polipropileno

6. Unión roscada M de 1" (3 unidades)



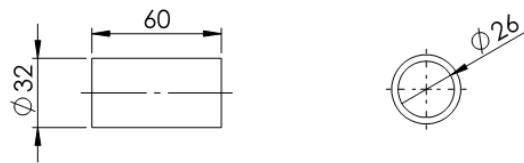
Nota: Material Polipropileno

7. Válvula de esfera de 1" (1 unidad)



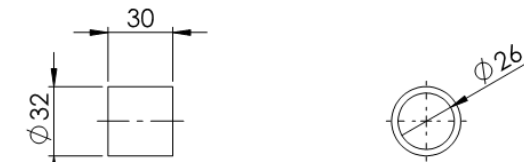
ESCALA 1:5

8. Tubería de 1" x 60 mm (1 unidad)



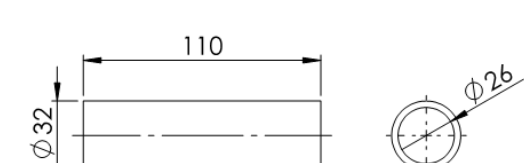
Nota: Material Polipropileno

9. Tubería de 1" x 30 mm (1 unidad)



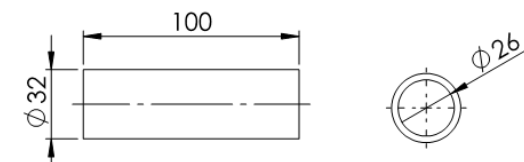
Nota: Material Polipropileno

10. Tubería de 1" x 110 mm (1 unidad)



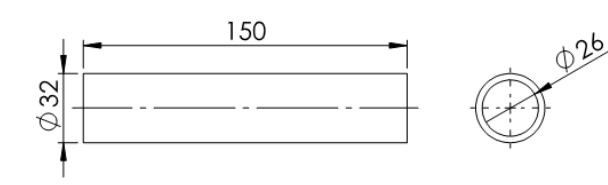
Nota: Material Polipropileno

11. Tubería de 1" x 100 mm (4 unidades)



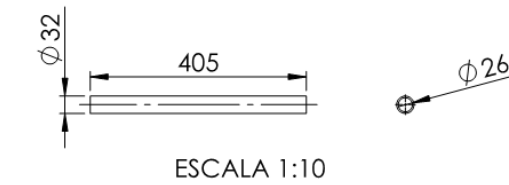
Nota: Material Polipropileno

12. Tubería de 1" x 150 mm



Nota: Material Polipropileno

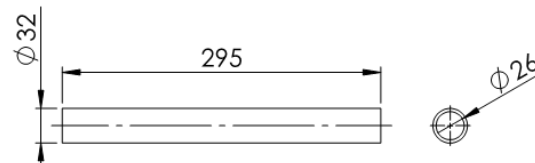
13. Tubería de 1" x 405 mm (1 unidad)



ESCALA 1:10

Nota: Material Polipropileno

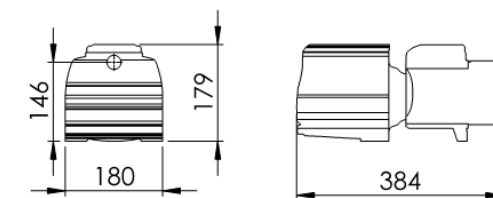
14. Tubería de 1" x 395 mm (1 unidad)



ESCALA 1:5

Nota: Material Polipropileno

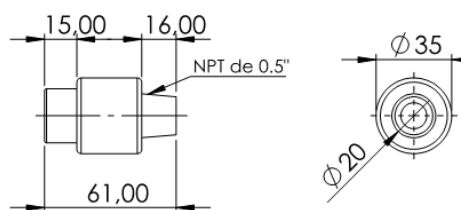
15. Bomba centrífuga JSW 2C (1 unidad)



ESCALA 1:10

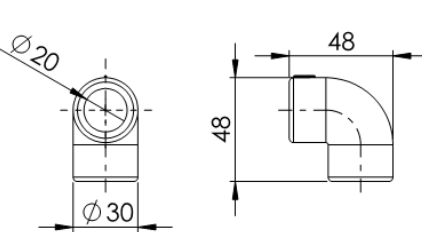
Nota: Potencia 1 HP - 110 V - AC

16. Unión roscada M de 0.5" (7 unidades)



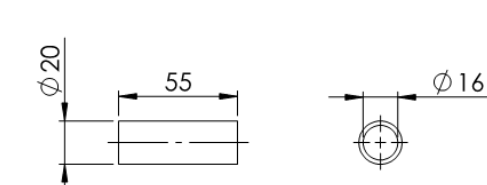
Nota: Material Polipropileno

17. Codo a 90° de 0.5" (10 unidades)

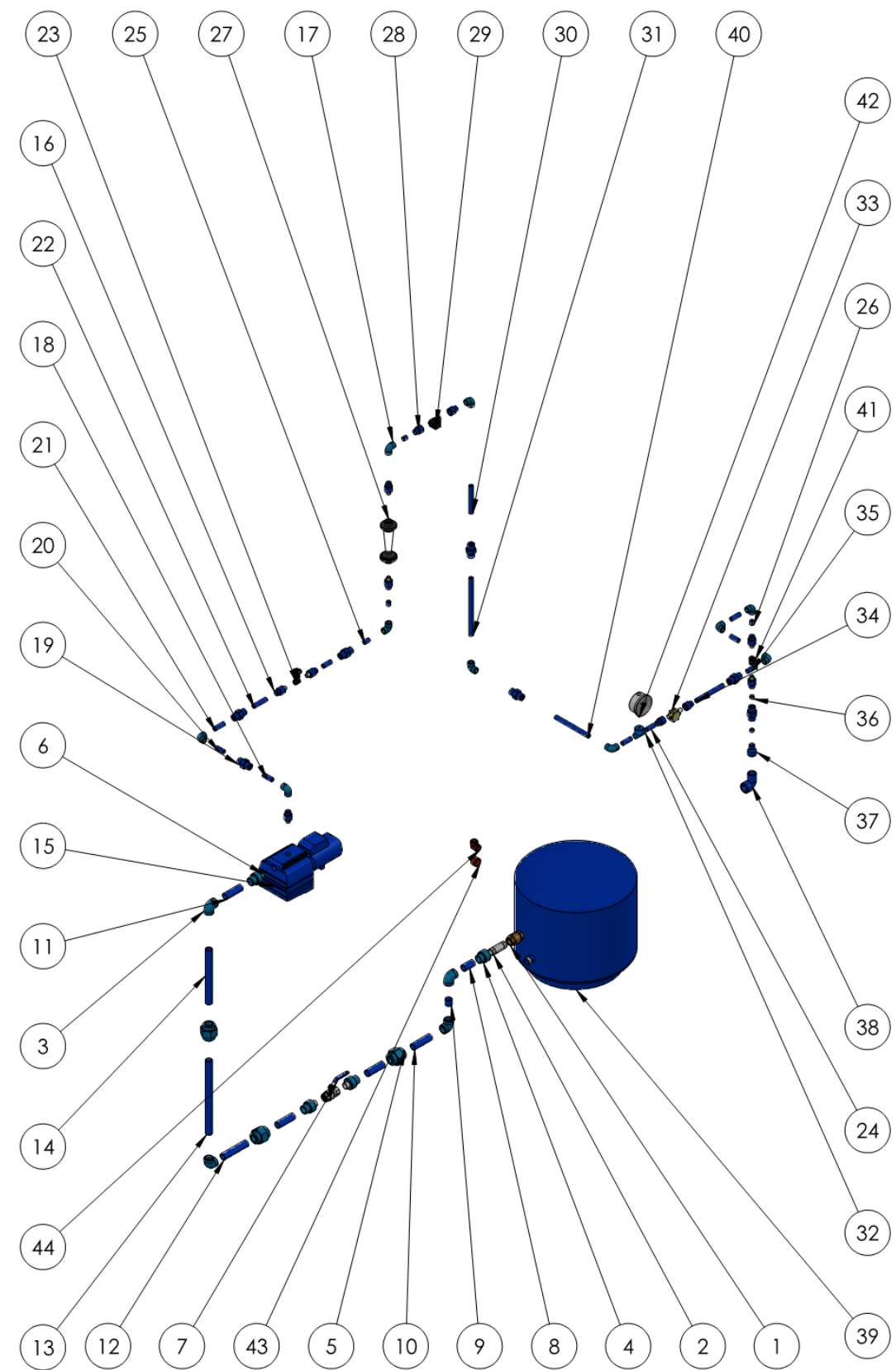


Nota: Material Polipropileno

18. Tubería de 0.5" x 55 mm



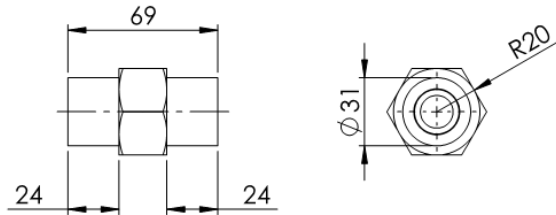
Nota: Material Polipropileno



VISTA EXPLOSIONADA  
ESCALA 1:20

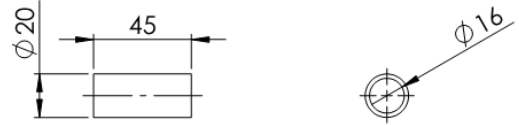
N° Lámina: 3 de 10		N° Hojas: 1 de 3		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-BPMGH-D-001-2021		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>							
Email: antonio.guerrero@esPOCH.edu.ec				Denominación: SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA											
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Proyectó		David Castro				2020/12/05		50		±0.3 [mm]		1:2.5			
Dibujó		Cristian Guerrero				2020/12/06									
Revisó		Ing. Miguel Escobar				2020/12/05								ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.S. Y J.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY	
Aprobó		Ing. Edwin Viteri				2020/12/06								Nombre de archivo: Ensamblaje SCA	

19. Unión universal de 0.5" (7 unidades)



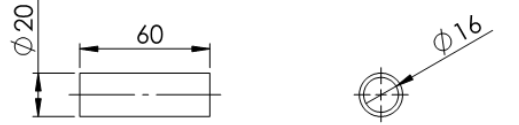
Nota: Material Polipropileno

20. Tubería de 0.5" x 45 mm (1 unidad)



Nota: Material Polipropileno

21. Tubería de 0.5" x 60 mm (1 unidad)



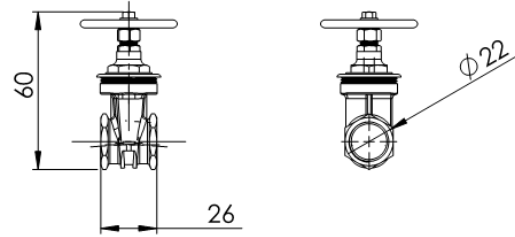
Nota: Material Polipropileno

22. Tubería de 0.5" x 80 mm (1 unidad)



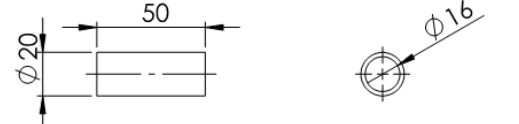
Nota: Material Polipropileno

23. Valvula de compuerta de 0.5" (1 unidad)



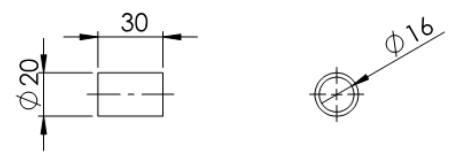
Nota: Material Bronce

24. Tubería de 0.5" x 50 mm (3 unidades)



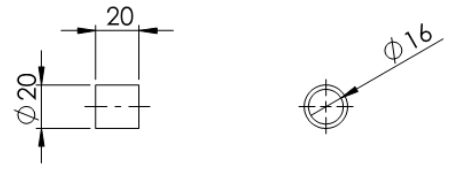
Nota: Material Polipropileno

25. Tubería de 0.5" x 30 mm (1 unidad)



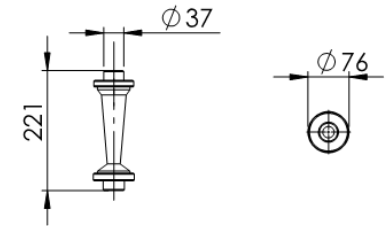
Nota: Material Polipropileno

26. Tubería de 0.5" x 20 mm (3 unidades)



Nota: Material Polipropileno

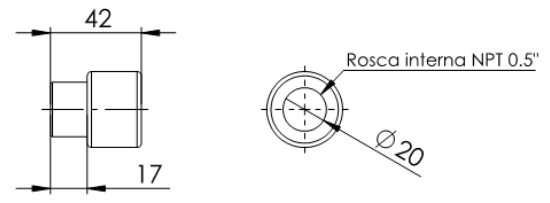
27. Flujómetro (1 unidad)



ESCALA 1:10

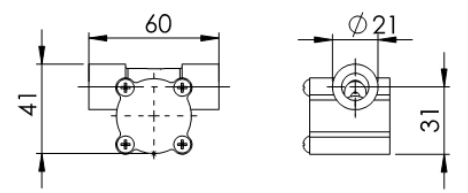
Nota: Material Acrílico, capacidad de 1.8 a 18 Lpm

28. Unión roscada H de 0.5" (4 unidades)



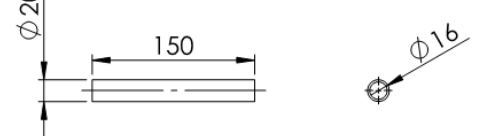
Nota: Material Polipropileno

29. Sensor de flujo 0.5" (1 unidad)



Nota: Sensor de tipo Hall, capacidad de 0 a 30 LPM.

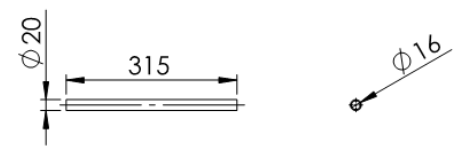
30. Tubería de 0.5" x 150 mm (1 unidad)



Nota: Material Polipropileno

ESCALA 1:5

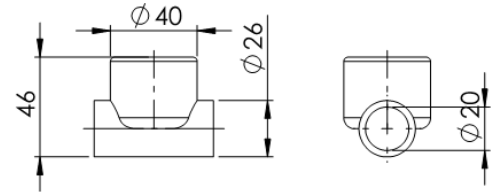
31. Tubería de 1" x 315 mm (1 unidad)



ESCALA 1:10

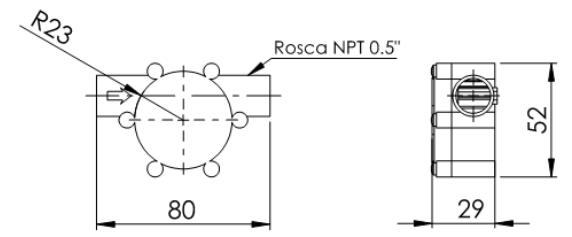
Nota: Material Polipropileno

32. Tee con inserto de 0.5" (1 unidad)



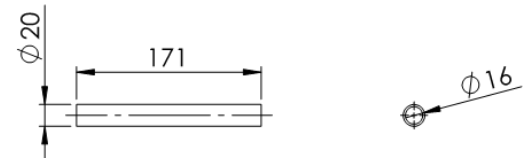
Nota: Material Polipropileno

33. Micro generador Hidráulico (1 unidad)



Nota: Voltaje de salida 12 Volts - DC

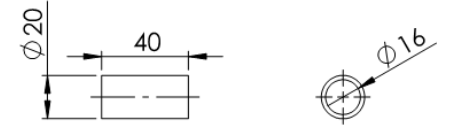
34. Tubería de 0.5" x 175 mm (1 unidad)



ESCALA 1:5

Nota: Material Polipropileno

35. Tubería de 0.5" x 40 mm (1 unidad)

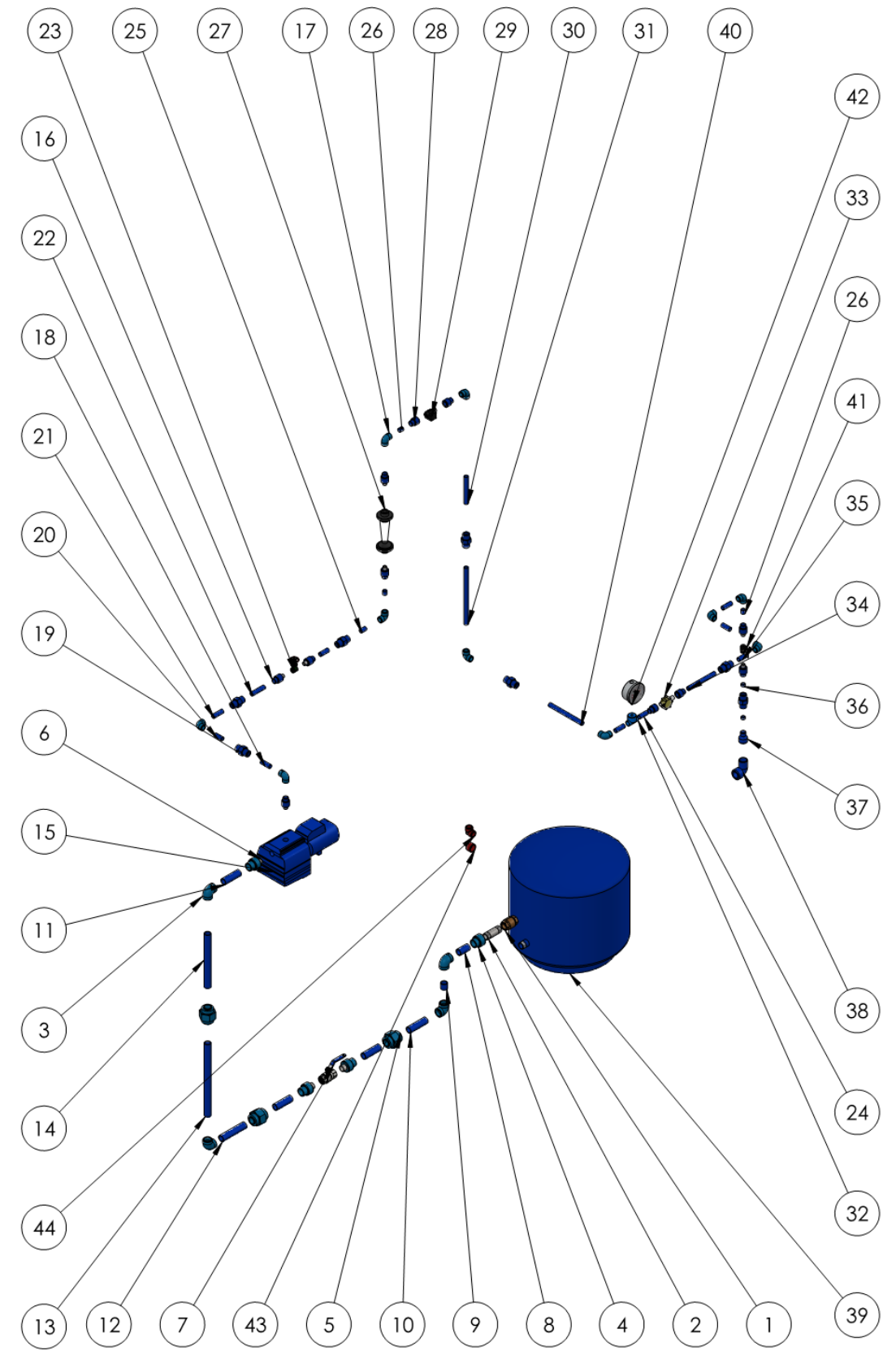


Nota: Material Polipropileno

36. Tubería de 0.5" x 10 mm (3 unidades)



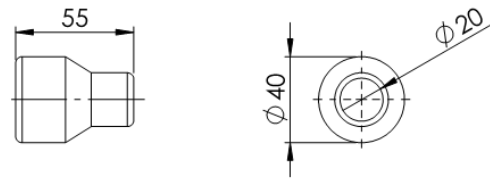
Nota: Material Polipropileno



VISTA EXPLOSIONADA  
ESCALA 1:20

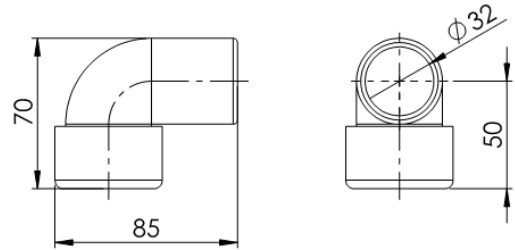
N°. Lámina: 3 de 10		N°. Hojas: 2 de 3		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-BPMGH-D-001-2021		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>							
Email: antonio.guerrero@esPOCH.edu.ec				Denominación: <b>SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA</b>											
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Proyectó		David Castro				2020/12/05		50		±0.3 [mm]		1:2.5			
Dibujó		Cristian Guerrero				2020/12/06									
Revisó		Ing. Miguel Escobar				2020/12/05									
Aprobó		Ing. Edwin Viteri				2020/12/06									
Nombre de archivo: Ensamblaje SCDA								ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.S. Y I.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							

37.Reduccion de 1" a 0.5" (1 unidad)



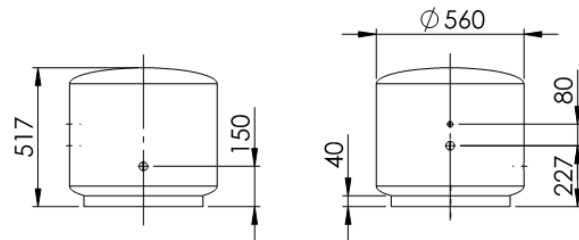
Nota: Material Polipropileno

38.Codo a 90° con inserto H de 1" (1 unidad)



Nota: Material Polipropileno

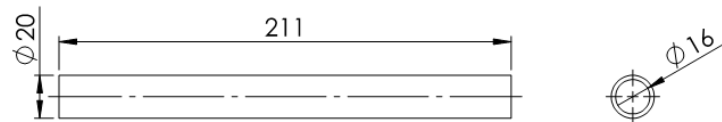
39. Reservoirio de 30 GI Well tank (1 unidad)



ESCALA 1:20

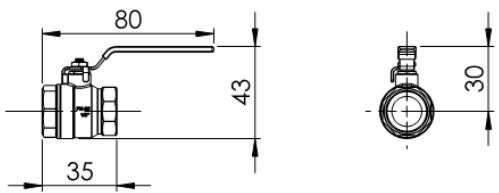
Nota: Espesor de lamina 1.5 mm

40. Tuberia de 0.5" x 215 mm (1 unidad)



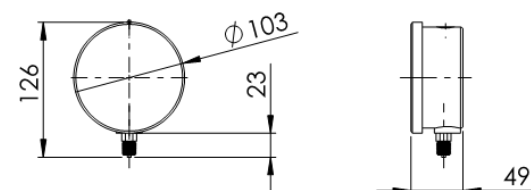
Nota: Material Polipropileno

41. Valvula de esfera de 0.5" (1 unidad)



Nota: Material Bronce

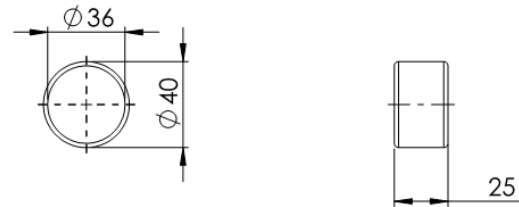
42.Manómetro Winters de 0 a 100 Psi (1 unidad)



ESCALA 1:5

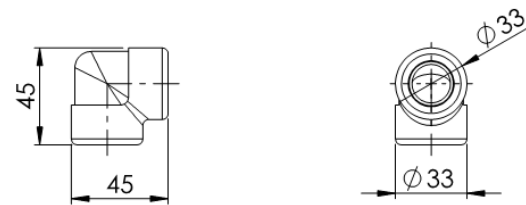
Nota: Material Polipropileno

43.Tapon Roscado Hembra de 0.5" (1 unidad)

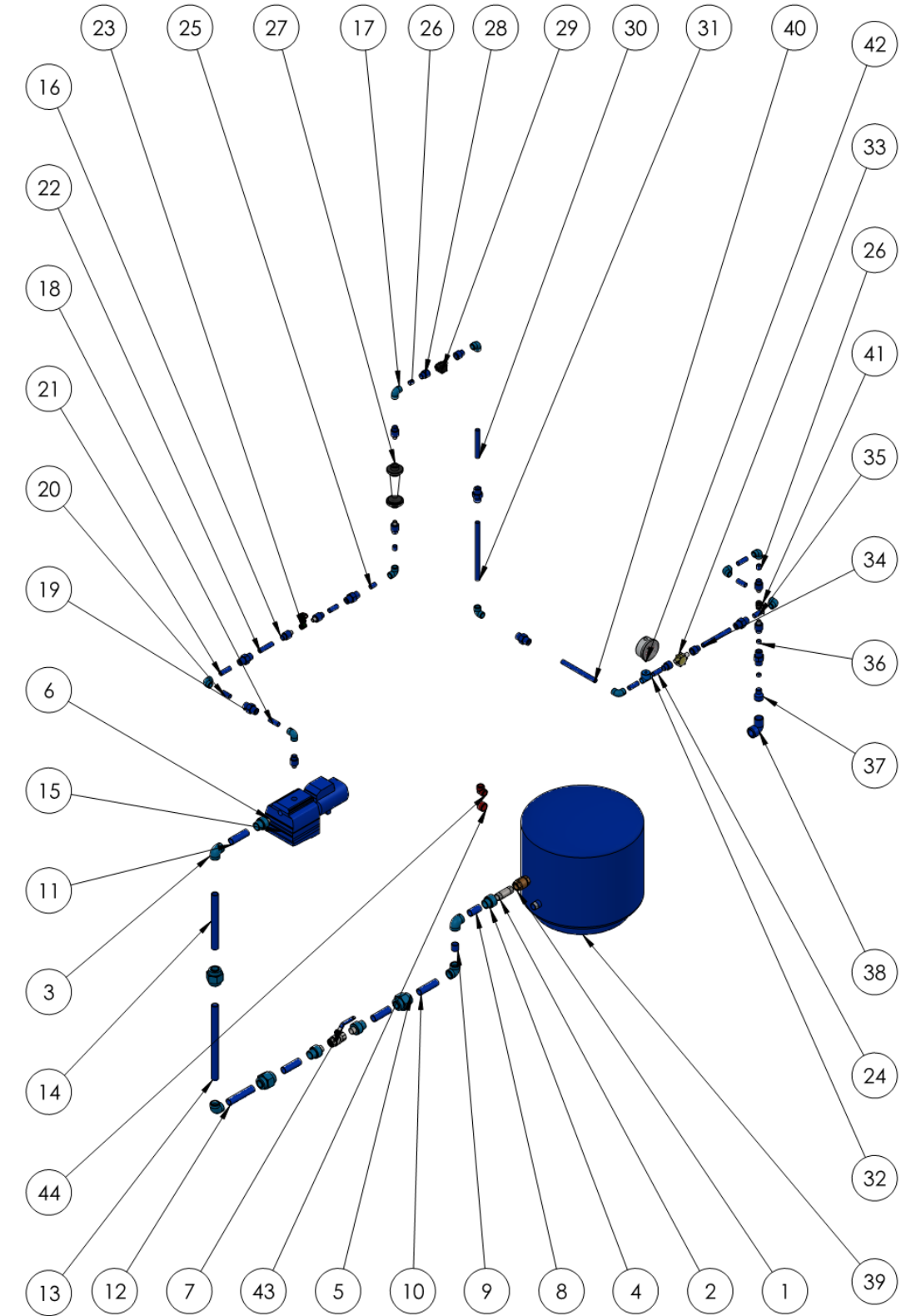


Nota: Material Polipropileno

44. Codo Roscado de 0.5" (1 unidad)



Nota: Material Polipropileno



VISTA EXPLOSIONADA  
ESCALA 1:20

N°. Lámina: 3 de 10		N°. Hojas: 3 de 3		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-BPMGH-D-001-2021		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
Email: antonio.guerrero@esPOCH.edu.ec				Denominación: <b>SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA</b>							
Datos		Nombre	Firma	Fecha	Materiales: SEGÚN DISEÑO		Este documento es propiedad intelectual exclusiva de A.S. Y J.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY				
Proyectó		David Castro		2020/12/05	Nombre de archivo: Ensamblaje SCDA		PESO [Kg]   Tolerancia   Escala   Registro 50   ±0.3 [mm]   1:2.5				
Dibujó		Cristian Guerrero		2020/12/06							
Revisó		Ing. Miguel Escobar		2020/12/05							
Aprobó		Ing. Edwin Viteri		2020/12/06							

1

2

3

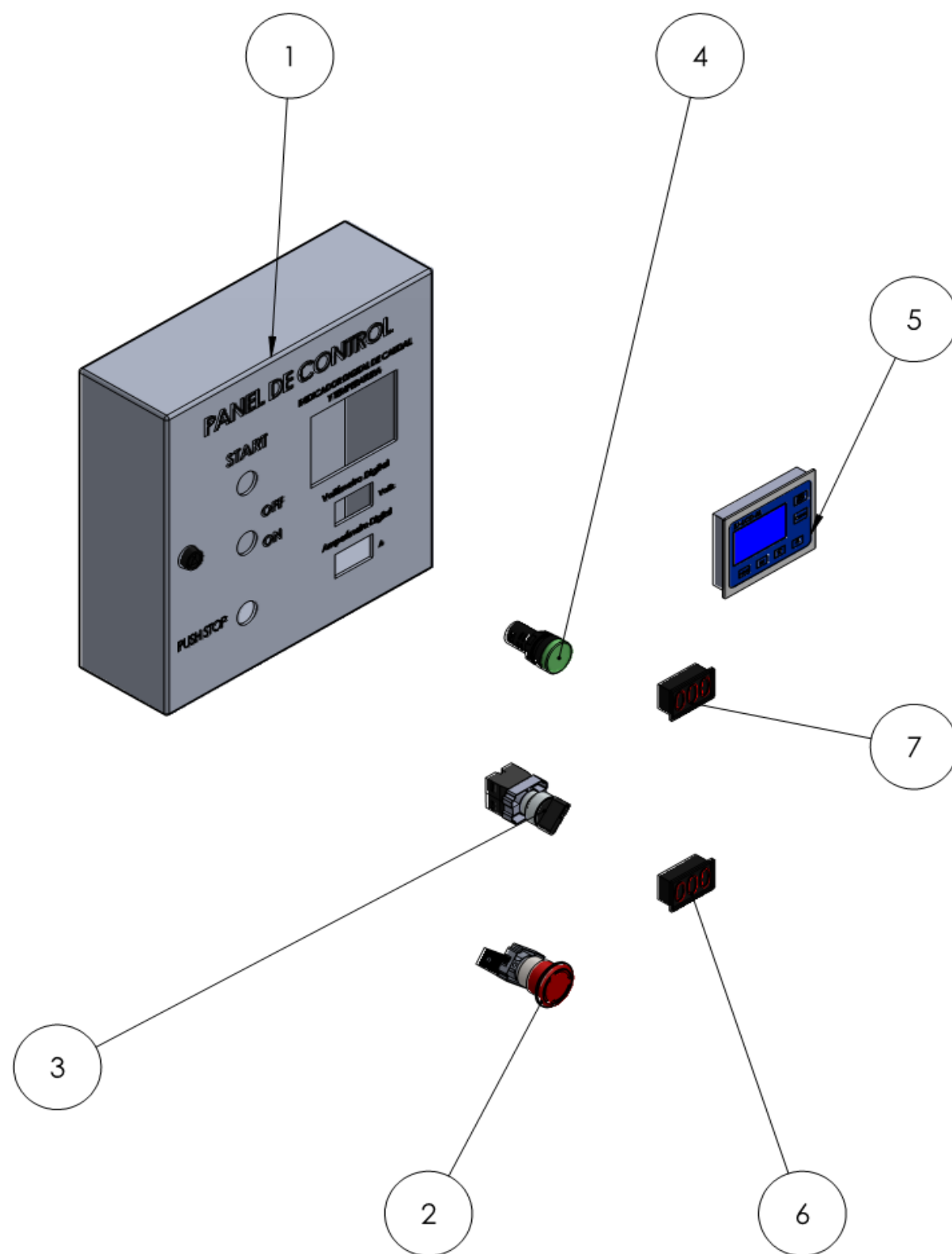
4

5

6

7

8

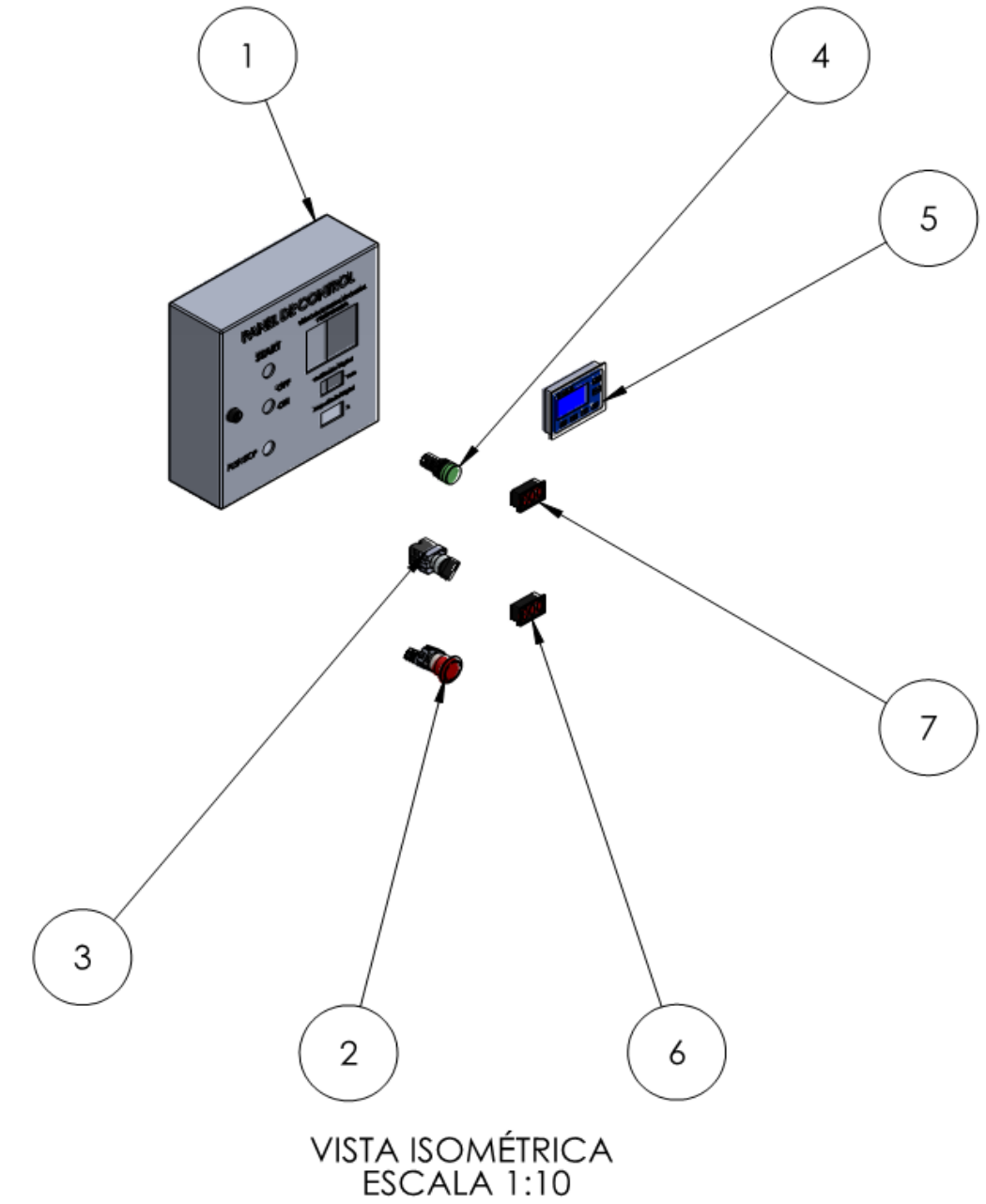
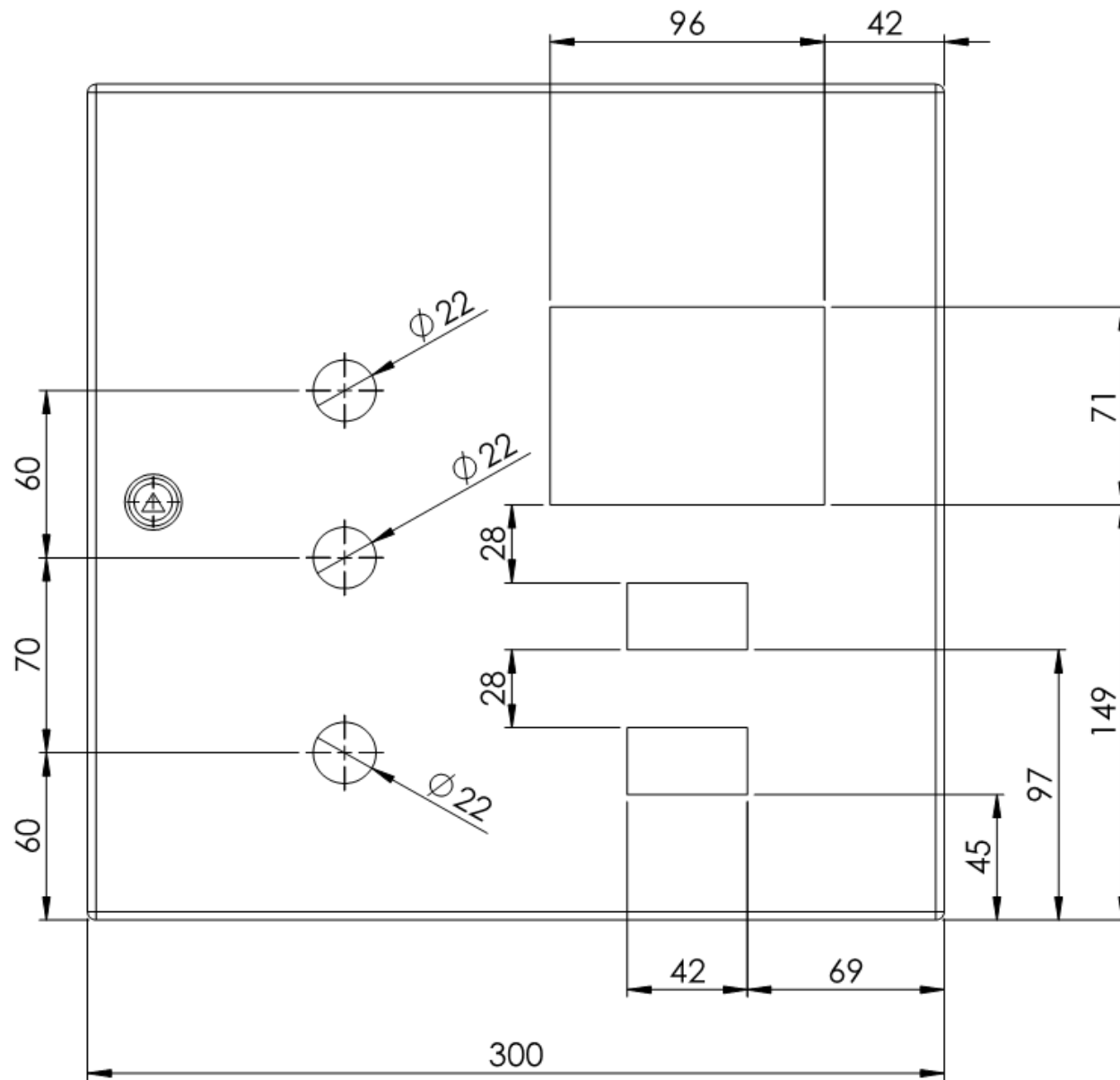
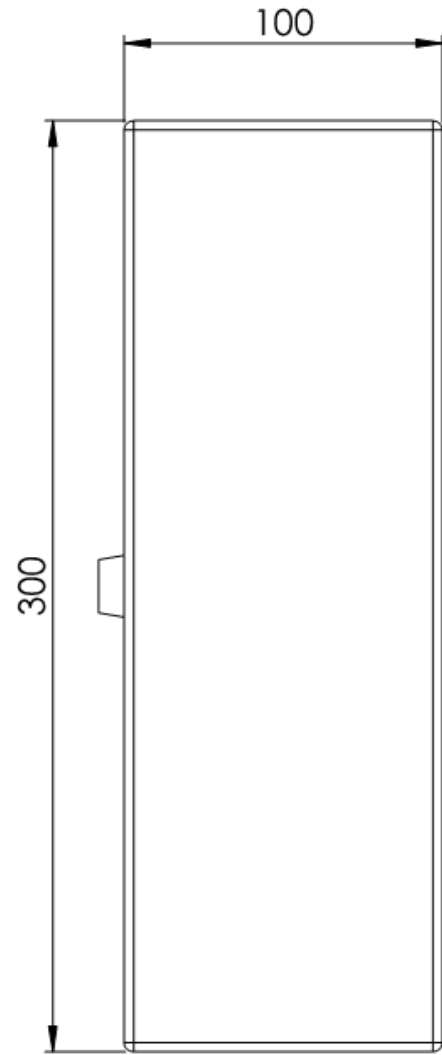
A3  
mm

1	Amperimetro de 0 - 10 Amp DC	Dibujo 52		7			
1	Voltmetro 0 - 30 Volts DC	Dibujo 51		6			
1	Pantalla LCD	Dibujo 50		5			Modelo ZJ-LCD-M
1	Luz Piloto Verde 110 volts	Dibujo 49		4			
1	Selector de 2 posiciones de 22 mm	Dibujo 48		3			Modelo LKOS-BJ21
1	Pulsador parada de emergencia	Dibujo 47		2			Modelo LMS-BS5 - 15Amp
1	Panel de control de metal	Dibujo 46		1			Dimensiones 300 x 300 mm
No. de pieza	Denominación	No. de norma /Dibujo	Material	No. de orden	No. del modelo/ semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones

N°. Lámina: 4 de 10		N°. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-BPMGH-D-001-2021		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>							
Email: antonio.guerrero@esPOCH.edu.ec				Denominación: <b>PANEL DE CONTROL</b>								Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Teléfonos:								6	±0.3 [mm]	1:20					
<b>Datos</b>	<b>Nombre</b>	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>	<b>Materiales:</b> SEGUN DISEÑO				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE A.S. Y J.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
<b>Proyectó</b>	David Castro		2020/12/05	<b>Nombre de archivo:</b> Panel de Control											
<b>Dibujó</b>	Cristian Guerrero		2020/12/06												
<b>Revisó</b>	Ing. Miguel Escobar		2020/12/05												
<b>Aprobó</b>	Ing. Edwin Viteri		2020/12/06												

1. Panel de control de metal

A3 mm

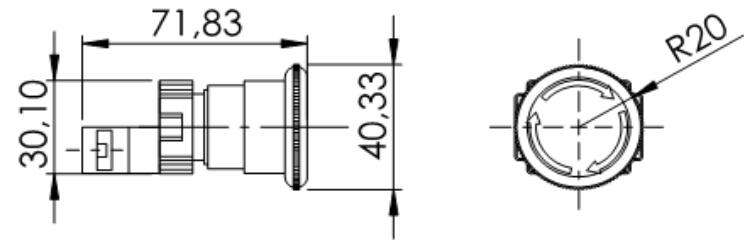


VISTA ISOMÉTRICA  
ESCALA 1:10

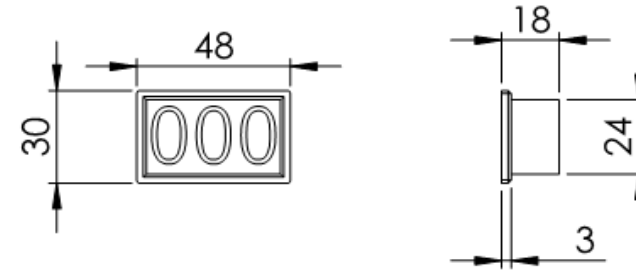
N°. Lámina: 5 de 10		N°. Hojas: 1 de 2		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-BPMGH-D-001-2021		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
Email: antonio.guerrero@esPOCH.edu.ec						Denominación: <b>PANEL DE CONTROL</b>					
Teléfonos:								6	±0.3 [mm]	1:2.5	
Datos	Nombre	Firma	Fecha			Materiales: SEGUN DISEÑO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: A.S. Y J.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Proyectó	David Castro		2020/12/05			Nombre de archivo: Panel de Control					
Dibujó	Cristian Guerrero		2020/12/06								
Revisó	Ing. Miguel Escobar		2020/12/05								
Aprobó	Ing. Edwin Viteri		2020/12/06								



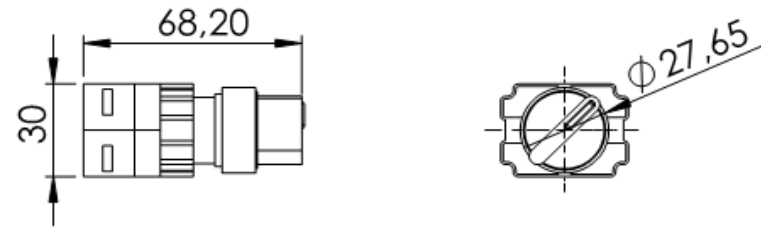
2. Pulsador parada de emergencia



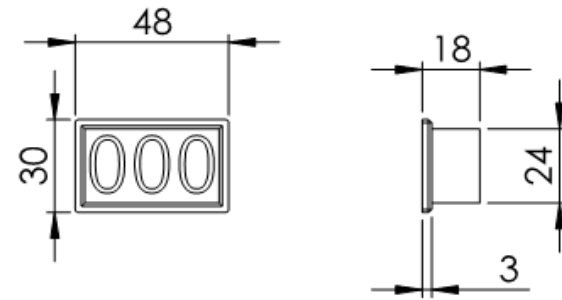
6. Voltmetro 0 - 30 Volts DC



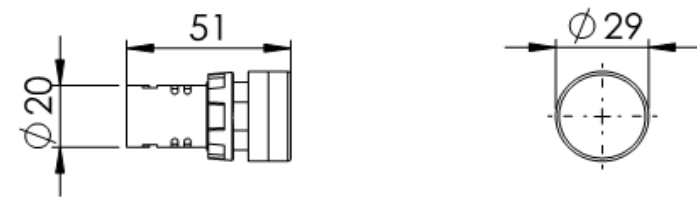
3. Selector de 2 posiciones de 22 mm



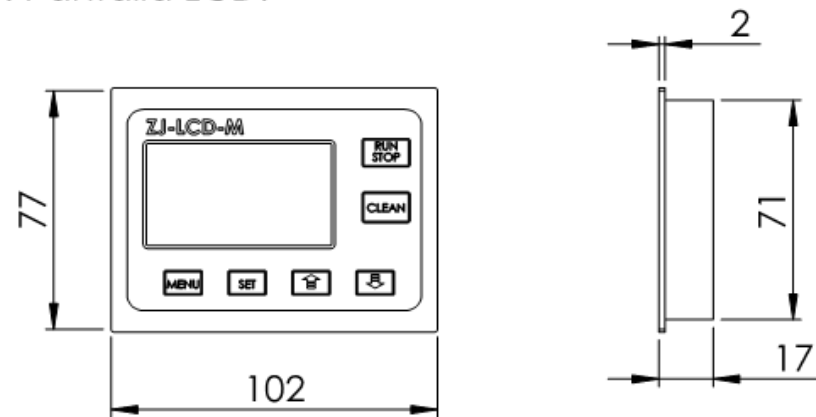
7. Amperimetro 0 - 10 Amp DC



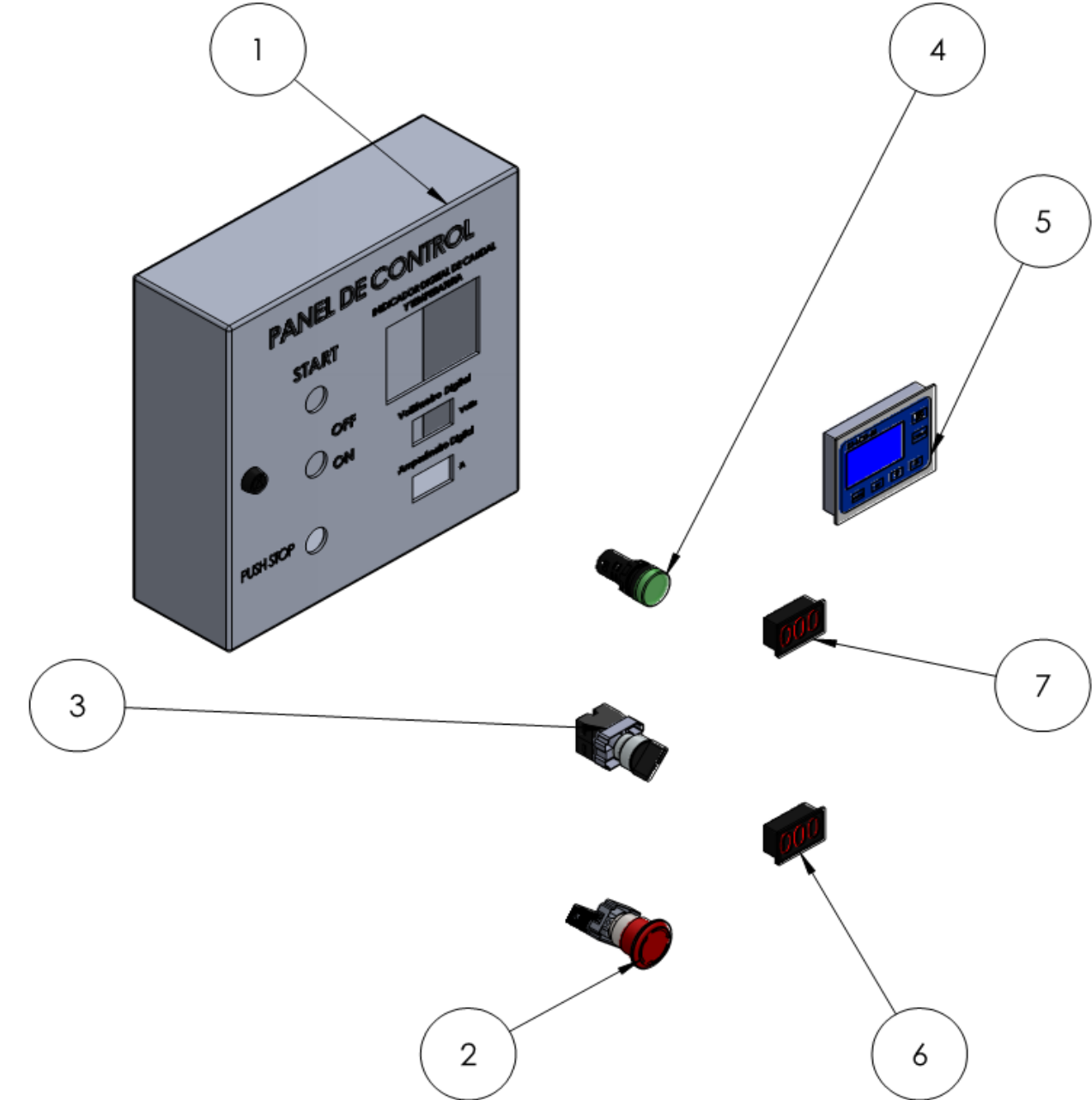
4. Luz piloto verde de 110 Volts



5. Pantalla LCD.

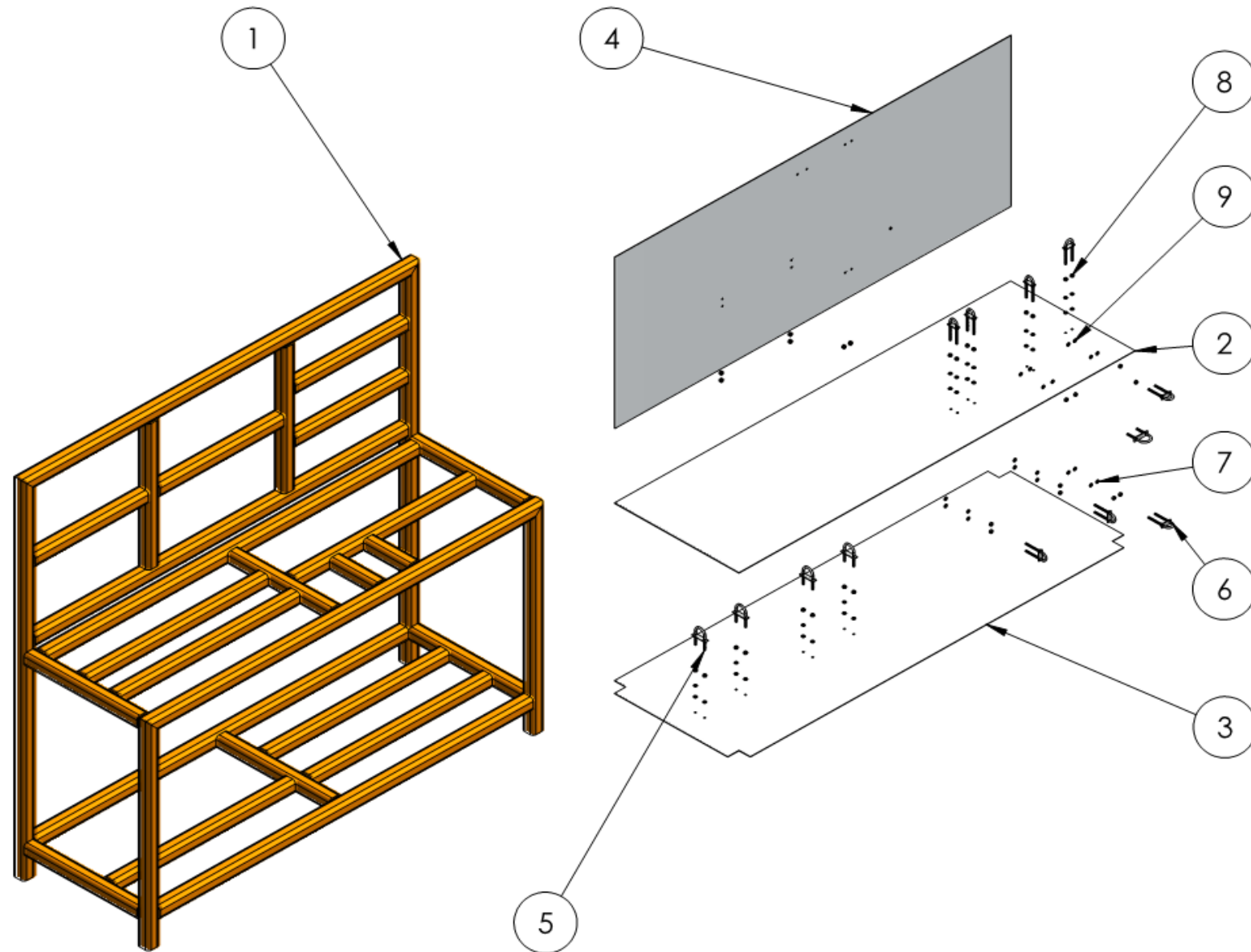


A3  
mm



VISTA ISOMÉTRICA  
ESCALA 1:5

N°. Lámina: 5 de 10		N°. Hojas: 2 de 2		Sustitución: Ing. Edwin Viteri		Codificación: FM-EIM-BPMGH-D-001-2021		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
Email: antonio.guerrero@esPOCH.edu.ec						Denominación: <b>PANEL DE CONTROL</b>					
Teléfonos:								6	±0.3 [mm]	1:2.5	
Datos	Nombre	Firma	Fecha			Materiales: SEGUN DISEÑO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: A.S. Y.I.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Proyectó	David Castro		2020/12/05								
Dibujó	Cristian Guerrero		2020/12/06								
Revisó	Ing. Miguel Escobar		2020/12/05								
Aprobó	Ing. Edwin Viteri		2020/12/06			Nombre de archivo: Panel de Control					

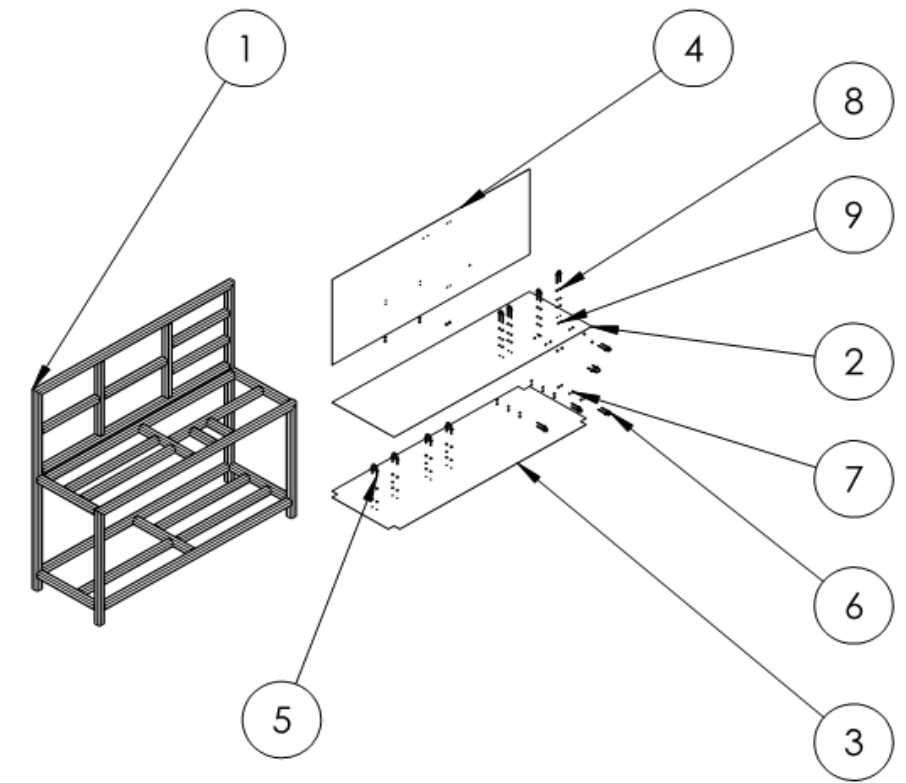
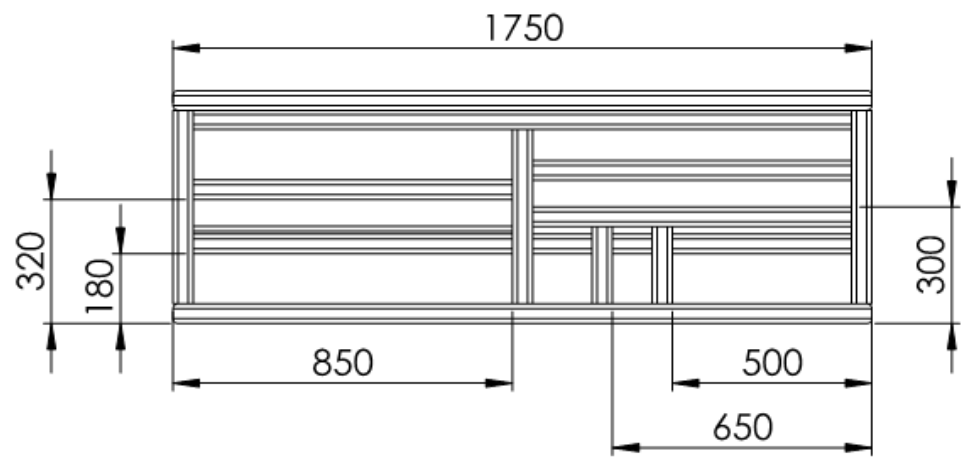
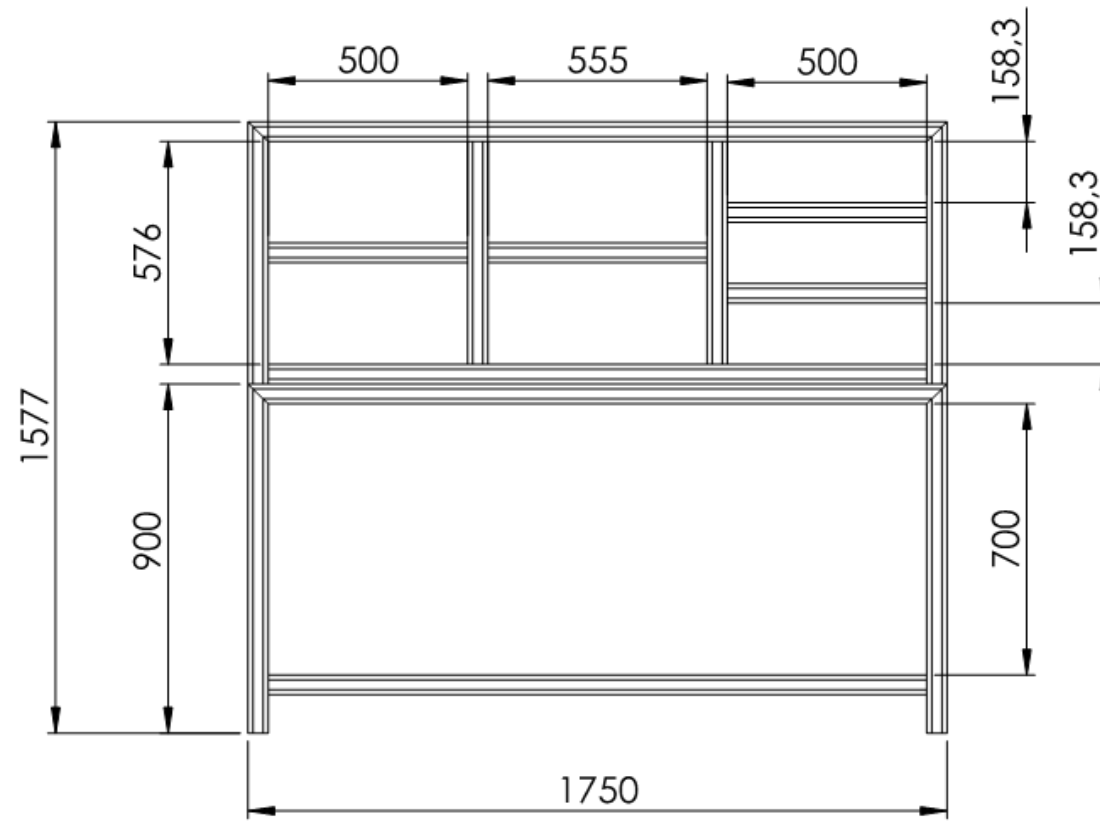
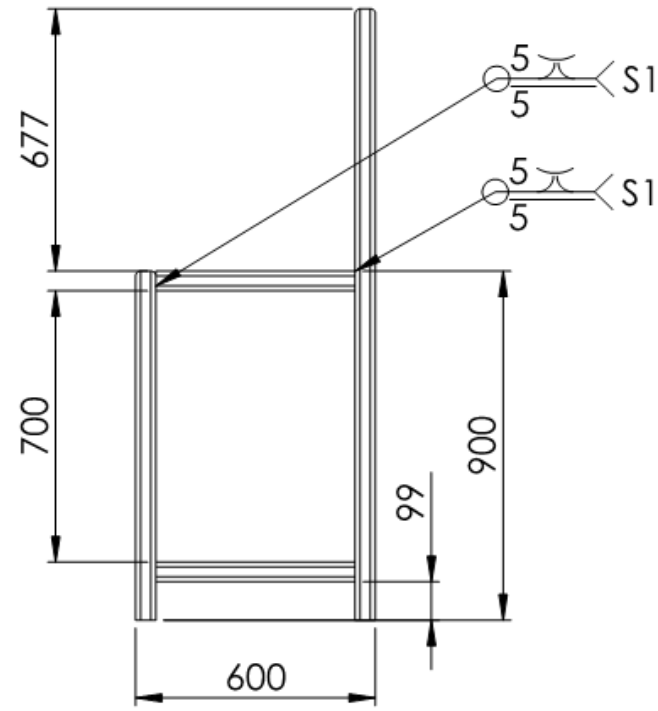


No. de pieza	Denominación	No. de norma /Dibujo	Material	No. de orden	No. del modelo/ semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
52	Arandela plana Ala fina -1/4"			9			Acero galvanizado
52	Tuerca hexagonal -1/4"			8			Acero galvanizado
26	Arandela elástica de seg. -1/4"			7			Acero galvanizado
8	U bolt -1/4"x1-1/8"x 3.5"	Dibujo 61		6			Acero galvanizado
5	U bolt -1/4"x1-5/8"x 2.5"	Dibujo 60		5			Acero galvanizado
1	Lamina de 1750x677x2 mm	Dibujo 55	ASTM 1200	4			
1	Lamina de 1750x600x2 mm	Dibujo 54	ASTM 1200	3			
1	Lamina de 1750x550x2 mm	Dibujo 53	ASTM 1200	2			
1	Estructura metalica	Dibujo 78	ASTM A- 36	1			Perfil 50x50x1.5 mm

N°. Lámina: 6 de 10		N°. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-BPMGH-D-001-2021		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
Email: antonio.guerrero@epoch.edu.ec				Denominación: <b>SISTEMA DE SOPORTE ESTRUCTURAL</b>							
Teléfonos:				Materiales: SEGUN DISEÑO				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: A.S. Y J.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
<b>Datos</b>	<b>Nombre</b>	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre de archivo:</b> Ensamble EBPMGH				<b>Peso [Kg]</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Escala</b>	<b>Registro</b>
Proyectó	David Castro		2020/12/05					100	±0.3 [mm]	1:20	
Dibujó	Cristian Guerrero		2020/12/06								
Revisó	Ing. Miguel Escobar		2020/12/05								
Aprobó	Ing. Edwin Viteri		2020/12/06								

1. Estructura metalica.

A3  
mm



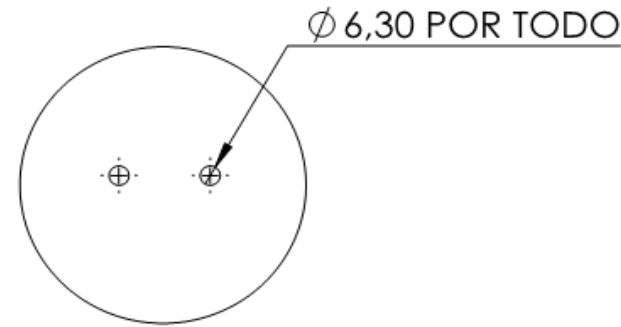
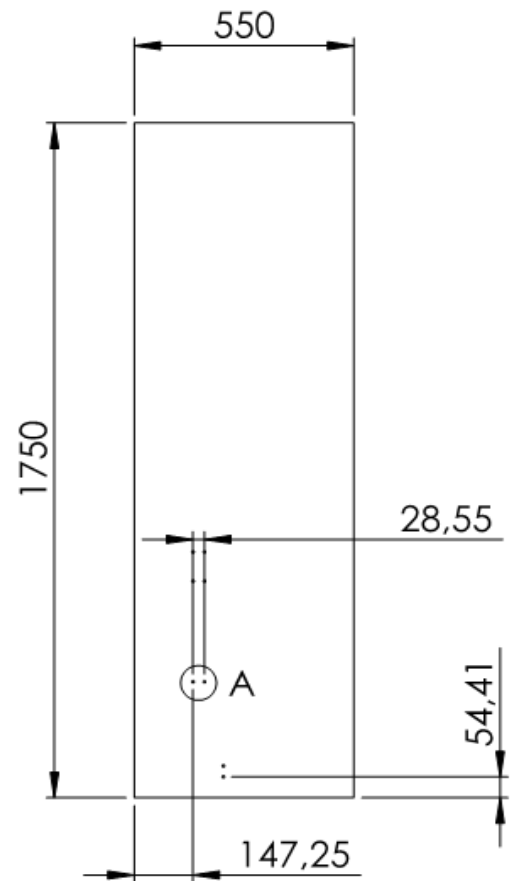
VISTA EXPLOSIONADA  
ESCALA 1:50

NOTA: Soldadura por proceso SMAW - E 6011, Perfil cuadrado 50x50x1.5 mm

N°. Lámina: 7 de 10		N°. Hojas: 1 de 4		Sustitución:		Codificación:		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>							
Email: antonio.guerrero@esPOCH.edu.ec						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia	
Teléfonos:						SISTEMA DE SOPORTE ESTRUCTURAL		100		±0.3 [mm]		1:20			
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales:		SEGUN DISEÑO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: A.S. Y J.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
Proyectó	David Castro		2020/12/05	Nombre de archivo:		Ensamble EBPMGH									
Dibujó	Cristian Guerrero		2020/12/06												
Revisó	Ing. Miguel Escobar		2020/12/05												
Aprobó	Ing. Edwin Viteri		2020/12/06												

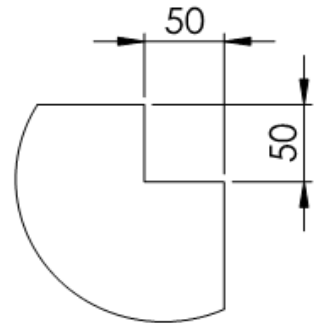
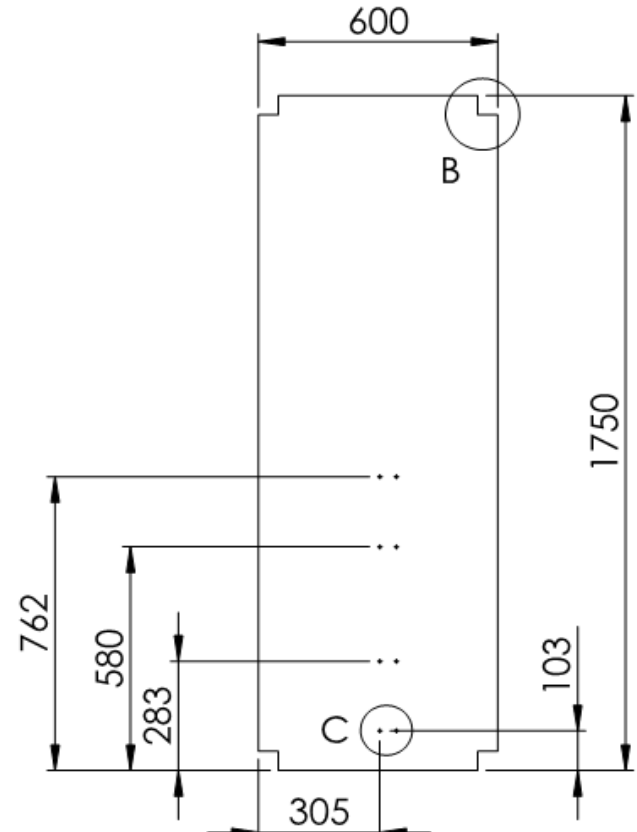
2. Lamina aluminio 1750x550x2 mm

A3  
mm

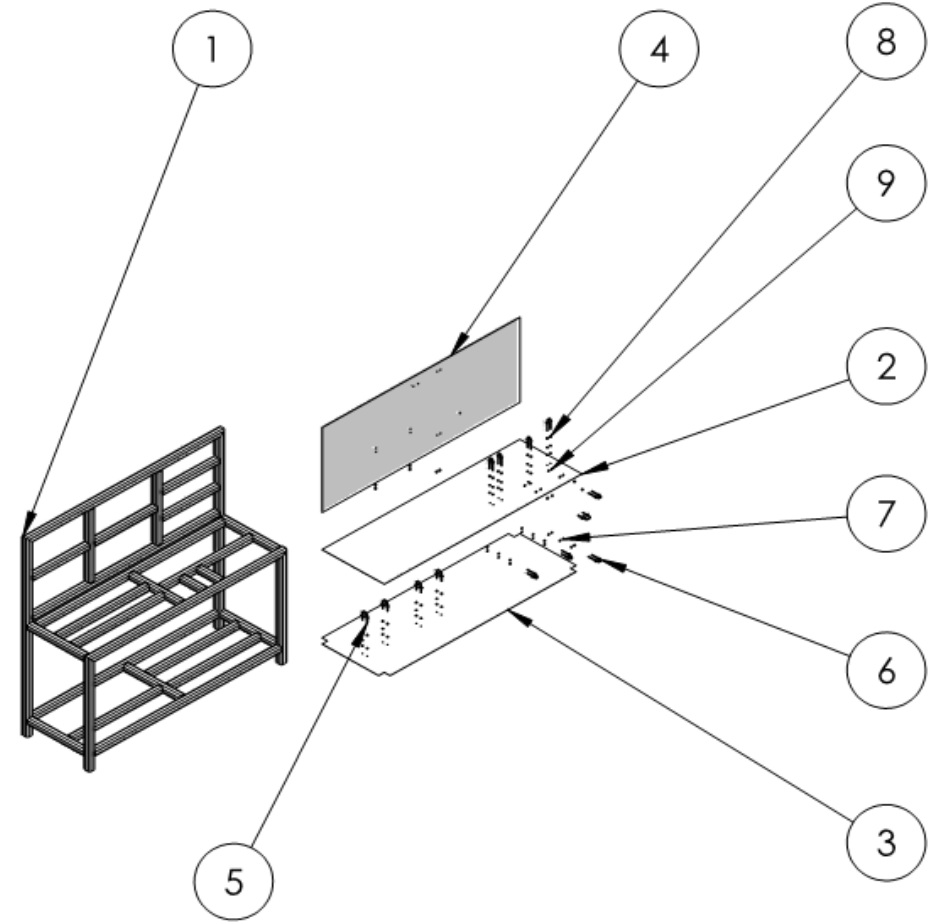
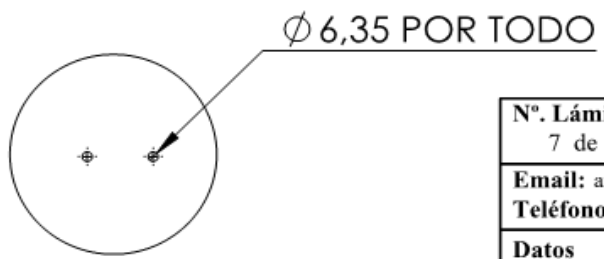


NOTA: Espesor de lamina 2 mm.

3. Lamina aluminio 1750x600x2 mm



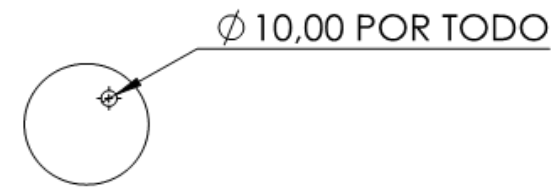
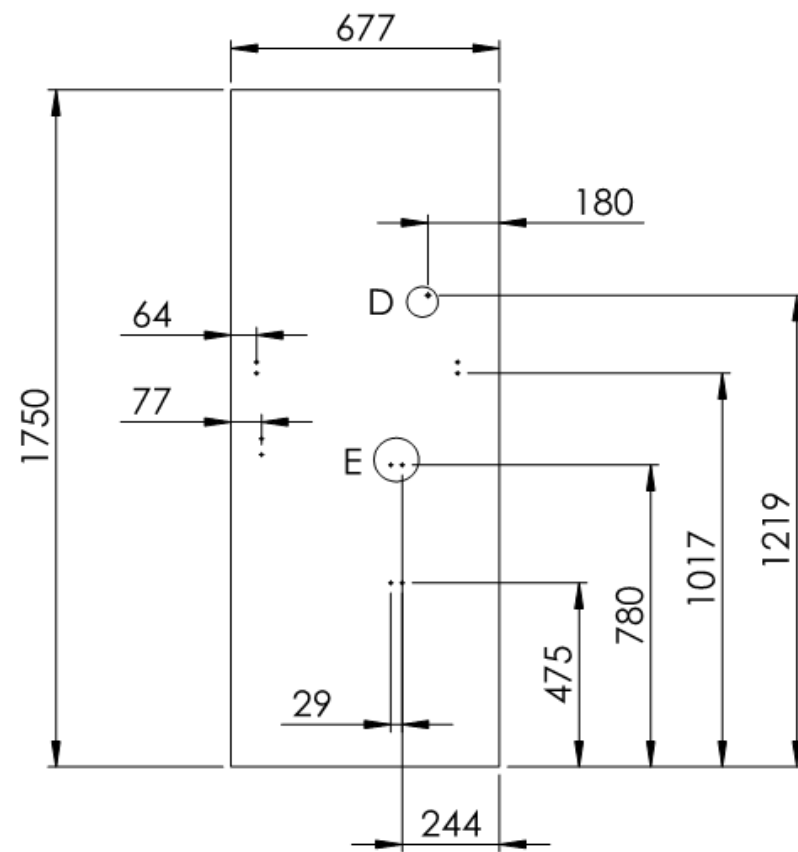
NOTA: Espesor de lamina 2 mm.



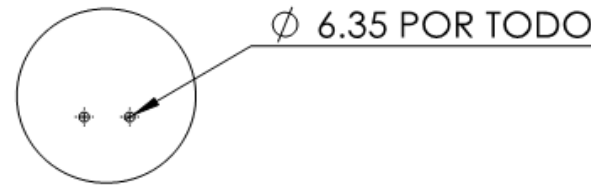
VISTA EXPLOSIONADA  
ESCALA 1:50

N°. Lámina: 7 de 10		N°. Hojas: 2 de 4		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-BPMGH-D-001-2021		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>				
Email: antonio.guerrero@esPOCH.edu.ec						Denominación: <b>SISTEMA DE SOPORTE ESTRUCTURAL</b>						Peso [Kg]
Teléfonos:		Datos		Nombre	Firma	Fecha	Materiales: SEGUN DISEÑO		100	±0.3 [mm]	1:20	
Proyectó		Dibujó		Revisó		Aprobó		Nombre de archivo: Ensamble EBPMGH		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: A.S. Y J.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>		
David Castro		Cristian Guerrero		Ing. Miguel Escobar		Ing. Edwin Viteri						
2020/12/05		2020/12/06		2020/12/05		2020/12/06						

4. Lamina aluminio 1750x677x2 mm.



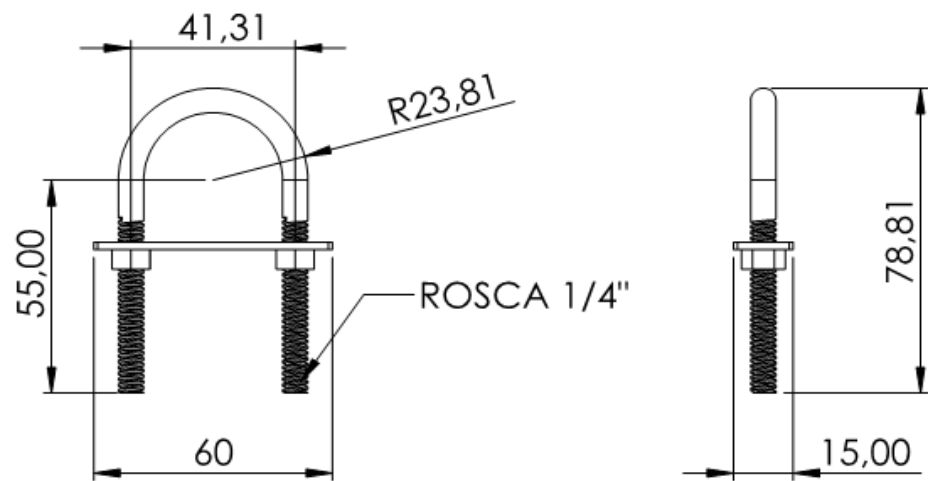
DETALLE D  
ESCALA 1 : 5



DETALLE E  
ESCALA 1 : 5

NOTA: Espesor de lamina 2 mm.

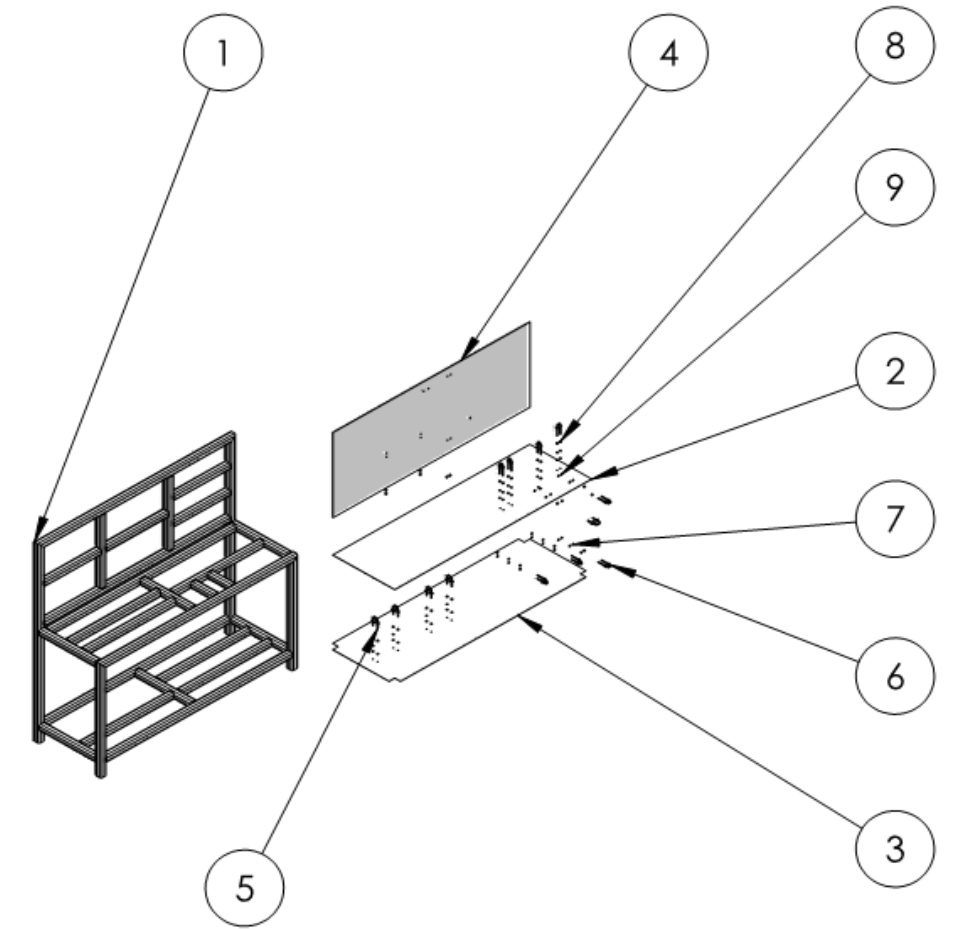
5. U bolt -1/4"x1-5/8"x 2.5".



ESCALA 1:2

NOTA: Material Acero Galvanizado.

A3  
mm

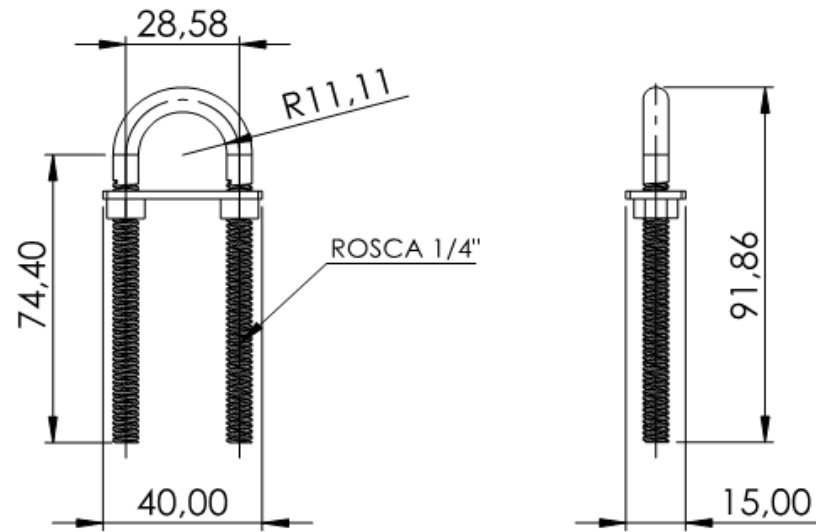


VISTA EXPLOSIONADA  
ESCALA 1:50

N°. Lámina: 7 de 10		N°. Hojas: 3 de 4		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-BPMGH-D-001-2021		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
Email: antonio.guerrero@esPOCH.edu.ec						Denominación: <b>SISTEMA DE SOPORTE ESTRUCTURAL</b>					
Datos		Nombre		Firma		Fecha		100	±0.3 [mm]	1:20	
Proyectó		David Castro				2020/12/05		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: A.S. Y I.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Dibujó		Cristian Guerrero				2020/12/06					
Revisó		Ing. Miguel Escobar				2020/12/05					
Aprobó		Ing. Edwin Viteri				2020/12/06		Materiales: SEGUN DISEÑO		Nombre de archivo: Ensamble EBPMGH	



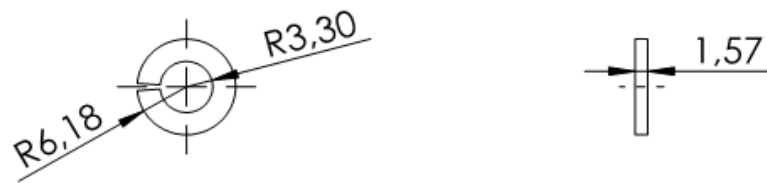
6. U bolt -1/4"x1-1/8"x 3.5"



ESCALA 1:2

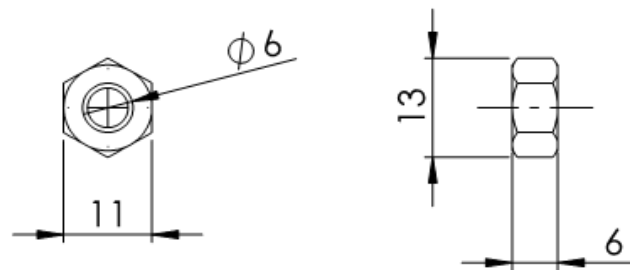
NOTA: Material acero galvanizado.

7. Arandela elástica de seg. -1/4"



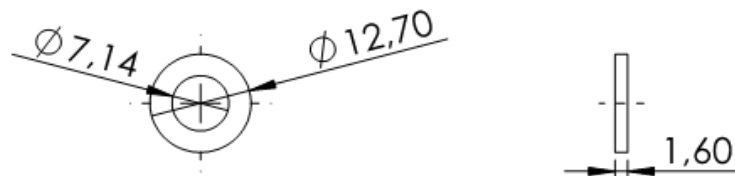
NOTA: Material acero galvanizado.

8. Tuerca exagonal -1/4"



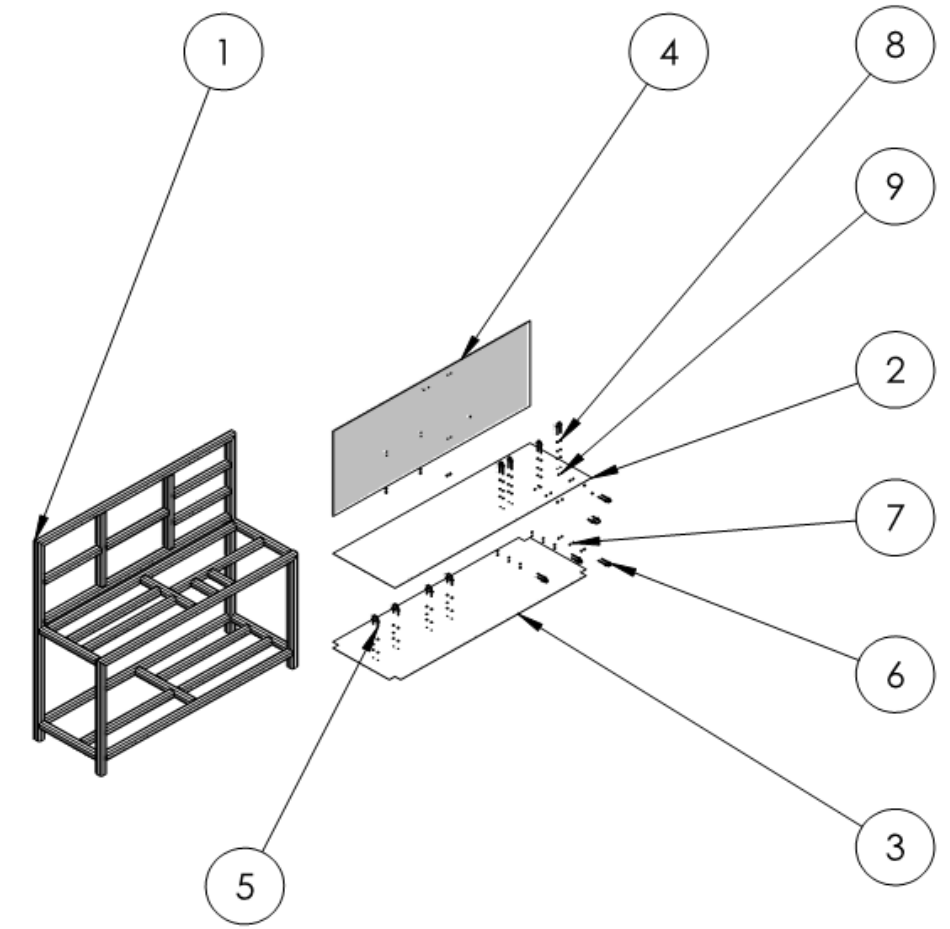
NOTA: Material acero galvanizado.

9. Arandela plana Ala fina -1/4"



NOTA: Material acero galvanizado.

A3  
mm



VISTA EXPLOSIONADA  
ESCALA 1:50

N°. Lámina: 7 de 10		N°. Hojas: 4 de 4		Sustitución:		Codificación:		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>							
Email: antonio.guerrero@esPOCH.edu.ec						Denominación:						Peso [Kg]		Tolerancia	
Teléfonos:						SISTEMA DE SOPORTE ESTRUCTURAL		100		±0.3 [mm]		1:1			
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales:		SEGUN DISEÑO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: A.S. Y J.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
Proyectó	David Castro		2020/12/05	Nombre de archivo:		Ensamble EBPMGH									
Dibujó	Cristian Guerrero		2020/12/06												
Revisó	Ing. Miguel Escobar		2020/12/05												
Aprobó	Ing. Edwin Viteri		2020/12/06												

1

2

3

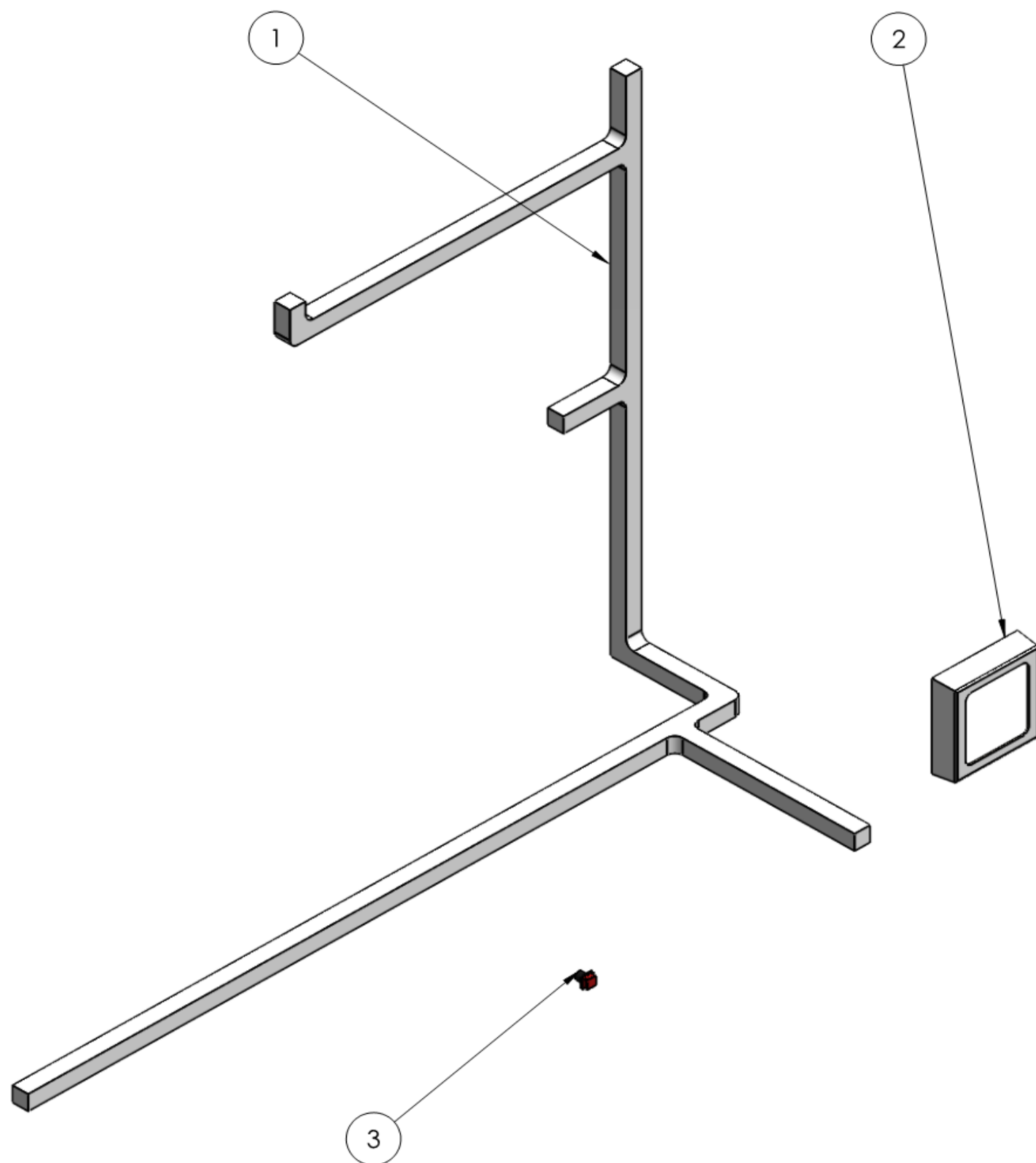
4

5

6

7

8

A3  
mm

No. de pieza	Denominación	No. de norma /Dibujo	Material	No. de orden	No. del modelo/ semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
1	Pulsador de encendido	ISO 9001		3			
1	Lampara Led Cuadrada	Dibujo A1		2			Potencia 3W
1	Canaleta de 20x20x2400 mm	ANSI/TIA/EIA-568	PVC	1			

N°. Lámina: 8 de 10		N°. Hojas: 1 de 2		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-BPMGH-D-001-2021		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
Email: antonio.guerrero@epoch.edu.ec						Denominación: <b>SISTEMA DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICO Y LAMPARA</b>					
Teléfonos:		Dato		Nombre		Firma		Fecha			
Proyectó		David Castro				2020/12/05					
Dibujó		Cristian Guerrero				2020/12/06					
Revisó		Ing. Miguel Escobar				2020/12/05					
Aprobó		Ing. Edwin Viteri				2020/12/06					
Materiales: SEGUN DISEÑO						Nombre de archivo: Ensamble SCEL		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: A.S. Y J.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			

1

2

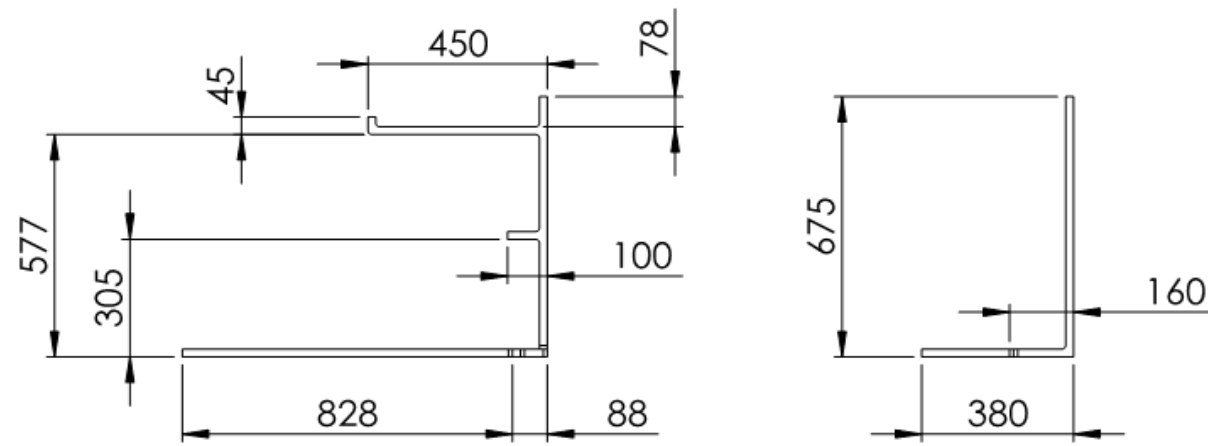
3

4

5

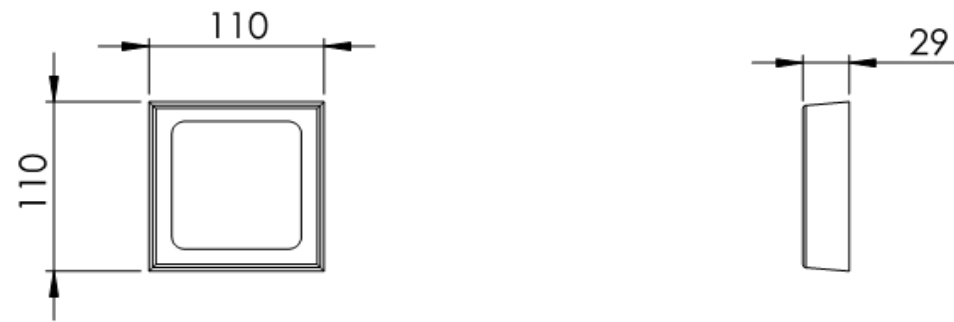


1. Canaleta de PVC de 20x20 mm



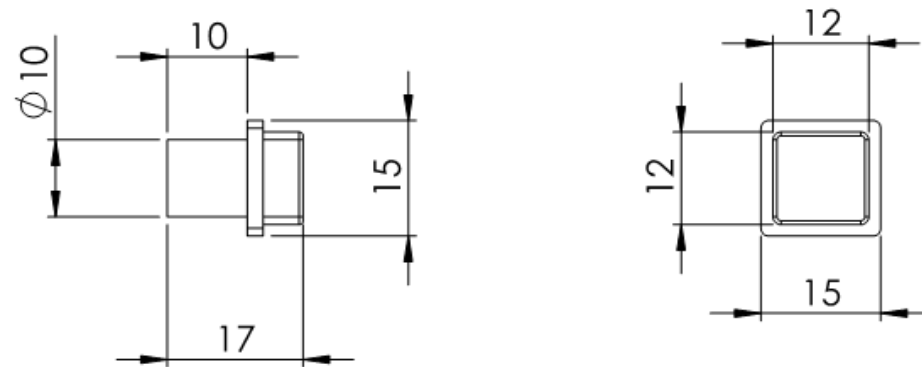
ESCALA 1:5

2. Lampara led cuadrada 3W - 12 v Dc.



ESCALA 1:5

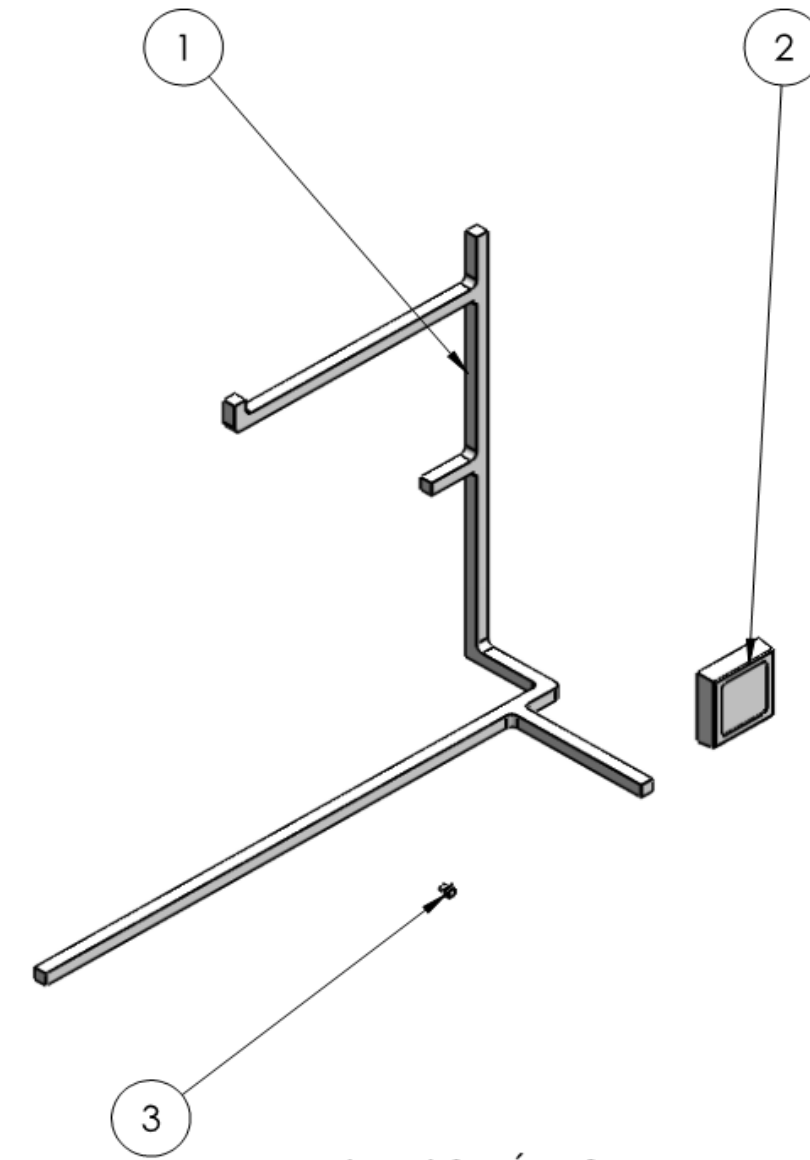
3. Lampara led cuadrada 3W - 12 v Dc.



ESCALA 1:5

NOTA: Capacidad 10 amp.

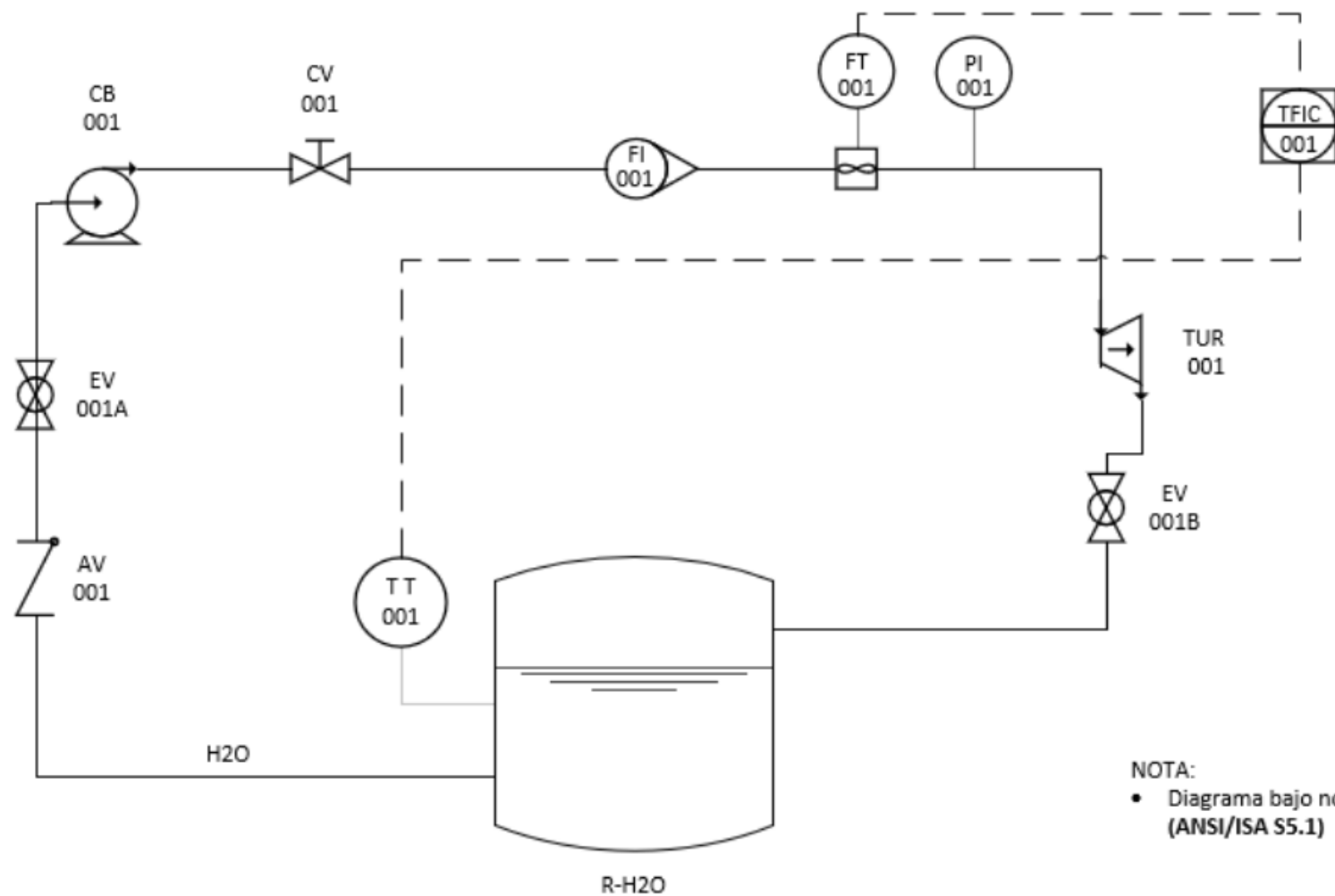
A3  
mm



VISTA ISOMÉTRICA  
ESCALA 1:10

Nº. Lámina: 8 de 10		Nº. Hojas: 2 de 2		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-BPMGH-D-001-2021		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>			
Email: antonio.guerrero@esPOCH.edu.ec						Denominación:					
Teléfonos:						SISTEMA DE SOPORTE ESTRUCTURAL		2	±0.3 [mm]	1:5	
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales:		SEGUN DISEÑO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: A.S. Y J.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Proyectó	David Castro		2020/12/05	Nombre de archivo:		Ensamble BPMGH					
Dibujó	Cristian Guerrero		2020/12/06								
Revisó	Ing. Miguel Escobar		2020/12/05								
Aprobó	Ing. Edwin Viteri		2020/12/06								



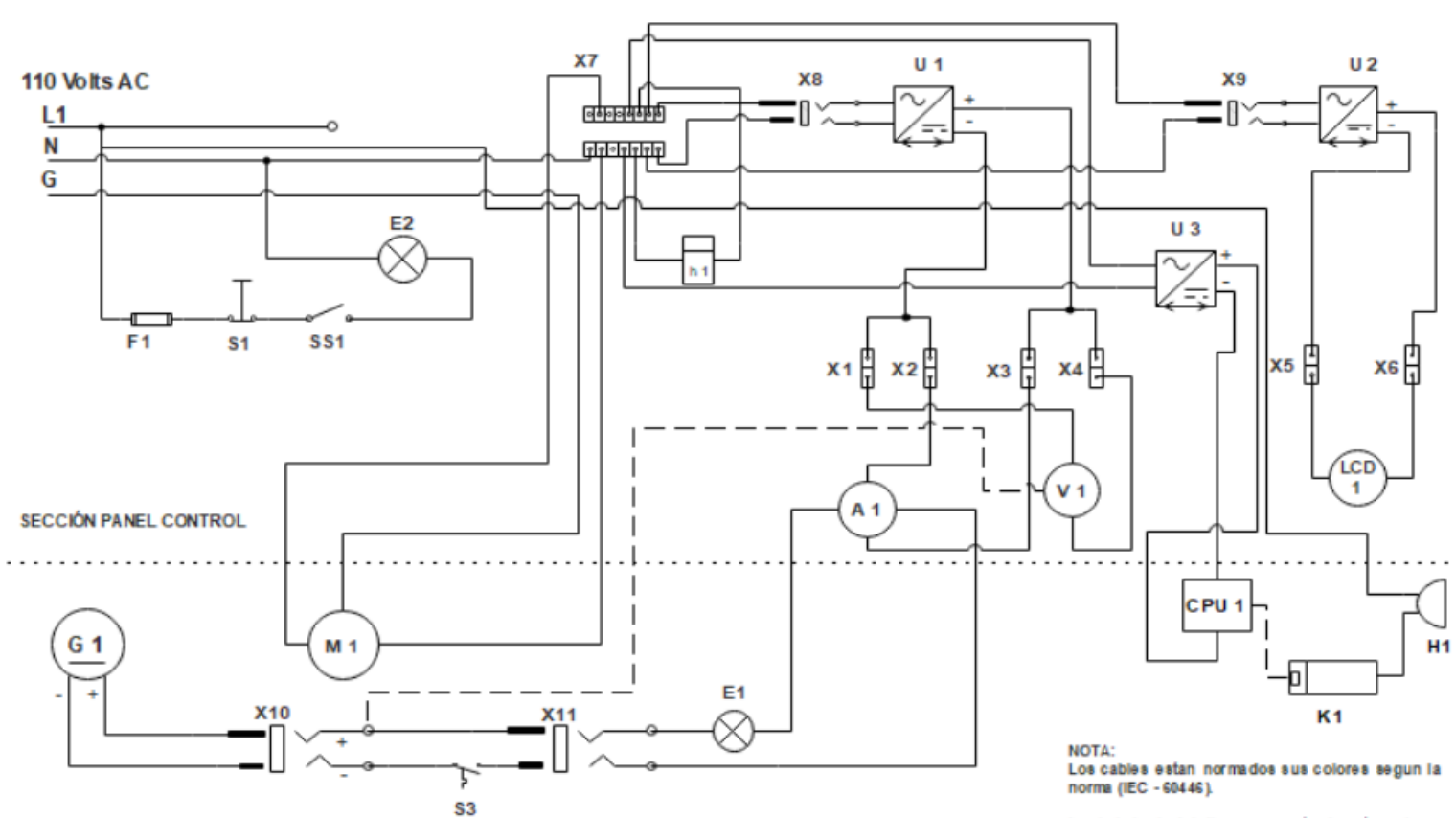


NOTA:  
• Diagrama bajo norma (ANSI/ISA S5.1)

TT 001	Transmisor de temperatura de 50 kohms	ANSI/ISA S5.1	Modelo - c384ec98
TFIC 001	Control indicador de flujo y temperatura	ANSI/ISA S5.1	Modelo ZJ-LCD-M
CB 001	Bomba Pedrollo centrifuga de 1 hp - 110 Volts	ANSI/ISA S5.1	Modelo JSW 2C
CV 001	Válvula de compuerta de 0.5"	ANSI/ISA S5.1	Genebre - Modelo-3224-04
FI 001	Indicador de flujo de 1.8 a 18 LPM conexión de 0.5"	ANSI/ISA S5.1	Darhor Modelo DG 45015
FT 001	Transmisor de flujo tipo hall conexión de 0.5"	ANSI/ISA S5.1	Modelo - YF-S201
IP 001	Indicador de presión "manómetro" de 0 a 100 Psi	ANSI/ISA S5.1	WINTERS - PFP511
TUR 001	Turbina micro generadora de 12 v - DC conexión de 0.5"	ANSI/ISA S5.1	GOZO-F50-12V
EV 001B	Válvula de esfera de 0.5"	ANSI/ISA S5.1	Genebre modelo 3022
R -H2O	Reservorio de agua de 30 Gl "Well Tank"	ANSI/ISA S5.1	Genebre modelo 3022
AV 001	Válvula Antiretorno de 1"	ANSI/ISA S5.1	Genebre DN 25
EV 001A	Válvula de esfera de 1"	ANSI/ISA S5.1	Genebre modelo 3022
Nomenclatura	Elemento	norma	Observaciones

Nº. Lámina: 9 de 10	Nº. Hojas: 1 de 1	Sustitución:	Codificación: FM-EIM-BPMGH-D-001-2021	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>					
Email: antonio.guerrero@esPOCH.edu.ec			Denominación: DIAGRAMA P&ID BANCO DE PRUEBAS DE MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA					Peso [Kg]	Tolerancia
Teléfonos:				Materiales: SEGUN DISEÑO		-	±0.3 [mm]	1:1	
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Nombre de archivo: D-P&ID BPMGH.					
Proyectó	David Castro		2020/12/05						
Dibujó	Cristian Guerrero		2020/12/06						
Revisó	Ing. Miguel Escobar		2020/12/05			ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: A.S. Y J.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Aprobó	Ing. Edwin Viteri		2020/12/06						

DIAGRAMA ELÉCTRICO GENERAL BANCO DE PRUEBAS DE MICRO GENERACION HIDRÁULICA



NOTA:  
Los cables están normados sus colores según la norma (IEC - 60445).  
La simbología del diagrama mostrado está en base a la norma (EN - 60617 aprobada por la CENELEC).

A3  
mm

U3	Adaptador rectificador de 110 V AC a 5 V DC	EN-60617	Modelo - TQ-xyz
h1	Contador de horas analógico de 110 Volts AC.	EN-60617	FNX-CP-H48
H1	Flashing Buzzer - 110 Volts AC de 22 mm	EN-60617	Alpinetech - PL22-BZ-12
K1	Relay 5 volts DC - Cap. 10A de (110-220)V -AC	EN-60617	Songle -SRD-12VDC-SL-C
CPU 1	Unidad de control y procesamiento Arduino uno	EN-60617	LEIPOLE - D-1001
X1	Bornera de riel JXB de 4 mm - Cap. 25 Amp	EN-60617	LEIPOLE - D-1001
X2	Bornera de riel JXB de 4 mm - Cap. 25 Amp	EN-60617	LEIPOLE - D-1001
X3	Bornera de riel JXB de 4 mm - Cap. 25 Amp	EN-60617	LEIPOLE - D-1001
X4	Bornera de riel JXB de 4 mm - Cap. 25 Amp	EN-60617	LEIPOLE - D-1001
X5	Bornera de riel JXB de 4 mm - Cap. 25 Amp	EN-60617	LEIPOLE - D-1001
X6	Bornera de riel JXB de 4 mm - Cap. 25 Amp	EN-60617	LEIPOLE - D-1001
X7	Bornera de 2 polos 7 puertos de riel - Cap.	EN-60617	TEMPER- BD10072
X8	Bornera tipo jack JR-52 - Cap. 25 Amp	EN-60617	Epcom - JR 52
X9	Bornera tipo jack JR-52 - Cap. 25 Amp	EN-60617	Epcom - JR 52
X10	Bornera tipo jack JR-52 - Cap. 25 Amp	EN-60617	Epcom - JR 52
X11	Bornera tipo jack JR-52 - Cap. 25 Amp	EN-60617	Epcom - JR 52
U1	Adaptador rectificador de 110 V AC a 24 V DC	EN-60617	AGGPO-A1201026007
U2	Adaptador rectificador de 110 V AC a 12 V DC	EN-60617	AGGPO-A1201026007
F1	Fusible de estado solido de 10 Amp	EN-60617	ECLF - gG-gLI
S1	Interruptor de parada de emergencia - Cap. 25 Amp	EN-60617	BULUSHI - ZB2-BE102C
S3	Interruptor de encendido On - Off - Cap. 5 Amp	EN-60617	Denor - XB1-B3
SS1	Interruptor selector de 2 posiciones - Cap. 25 Amp	EN-60617	Denor - XB2-BD53
E1	Luz piloto Verde led - 110 V AC	EN-60617	CHT-17532
E2	Lampara led de 3 W - (0 - 30) V DC	EN-60617	Modelo DC30.0V
A1	Amperímetro digital de 0-10 A, alimentación 5 - 30 V DC	EN-60617	RD - DC 0-10A
V1	Voltímetro digital de 0 - 30 V, alimentación 5 - 30 V DC	EN-60617	Modelo DC30.0V
LCD 1	Pantalla LCD indicadora de caudal y temperatura	EN-60617	Modelo ZJ-LCD-M
M1	Motor De bomba Centrifuga 1 HP, 110 V - AC	EN-60617	Modelo JSW 2C
G1	Micro generador Hidráulico de 12 V DC, Pmax 0.6 Mpa	EN-60617	Marca F50-12V/170842

Nomenclatura	Elemento	norma	Observaciones
--------------	----------	-------	---------------

Nº. Lámina: 10 de 10	Nº. Hojas: 1 de 1	Sustitución:	Codificación: FM-EIM-BPMGH-D-001-2021	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>				
Email: antonio.guerrero@esPOCH.edu.ec		Denominación: DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL BANCO DE PRUEBAS DE MICRO GENERACIÓN HIDRÁULICA						Peso [Kg]
Teléfonos:				<b>Materiales:</b> SEGUN DISEÑO	-	±0.3 [mm]	1:1	
Datos	Nombre	Firma	Fecha		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: A.S. Y J.T. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Proyectó	David Castro		2020/12/05					
Dibujó	Cristian Guerrero		2020/12/06					
Revisó	Ing. Miguel Escobar		2020/12/05	Nombre de archivo: D-ELEC-BPMGH				
Aprobó	Ing. Edwin Viteri		2020/12/06					

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objeto la implementación de un banco de pruebas para generar micro energía hidráulica para el laboratorio de Turbo maquinaria de la Facultad de Mecánica en la ESPOCH, con la meta de estudiar los parámetros necesarios para este tipo de generación eléctrica en escala micro, de esta forma aportar el desarrollo de aprendizaje epistémico y práctico de los estudiantes. Para lo cual se realizó el diseño del sistema de conducción de agua, selección y adquisición de los componentes para la posterior construcción y ensamble, el principal componente para generar energía fue un micro generador hidráulico, una vez culminada la fase de implementación se determinó el estado de funcionamiento del banco para evaluar los parámetros de funcionamiento y compararlos con los parámetros establecidos por los fabricantes de los componentes que constituyen el banco de pruebas, así como una comprobación visual de fugas de fluidos y estado de cada componente. Una vez concluida todas las etapas que involucran el diseño, implementación y pruebas de funcionamiento se realizó las pruebas determinantes para encontrar las curvas de funcionamiento, adicionalmente, el aporte de la investigación bibliográfica y los conocimientos tanto prácticos como teóricos adquiridos fueron herramientas que permitieron desarrollar un banco de pruebas que permitió el desarrollo de prácticas de laboratorio de forma segura, eficaz y de calidad, para lo cual se creó una guía de laboratorio y una guía de mantenimiento del equipo. Se recomienda instalar un sistema de adquisición de datos e instalar un sistema que permita observar y analizar el comportamiento del fluido de forma visual en el interior del micro generador y de otros tipos de micro generadores.

**Palabras clave:** <GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA> <GENERADOR HIDRÁULICO> <SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA> <VOLTAJE> <AMPERAJE>



Firmado electrónicamente por:  
**HOLGER GERMAN  
RAMOS UVIDIA**

1665-DBRA-UPT-2021

2021-08-30

## ABSTRACT

The purpose of this work was to implement a test bench to generate micro hydraulic energy for the Turbo machinery laboratory of the Faculty of Mechanics at ESPOCH, with the goal of studying the parameters necessary for this type of electricity generation on a micro scale. In this way, contribute to the development of epistemic and practical learning for students. For this, the design of the water conduction system was carried out, selection and acquisition of components for subsequent construction and assembly. The main component to generate energy was a hydraulic micro generator. Once the implementation phase was completed, the state of bench functioning was determined to evaluate the operating parameters and compare them with the limitations established by the manufacturers of the components that make up the test bench, as well as a visual check of fluid leaks and status of each component. Once all the stages that involve the design, implementation and performance tests were completed, the decisive tests were carried out to find the operating curves. Additionally, the contribution of bibliographic research and the practical and theoretical knowledge acquired were tools that allowed to develop a test bench that permitted the development of laboratory practices in a safe, efficient, and quality way. For that, a laboratory guide and an equipment maintenance guide were created. It is recommended to install a data acquisition system and a system that allows observing and analyzing the behavior of the fluid visually inside the microgenerator and other types of microgenerators.

Keywords: <ELECTRICAL POWER GENERATION> <HYDRAULIC GENERATOR>  
<WATER CONDUCTION SYSTEM> <VOLTAGE> <AMPERAGE>