

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MICROGENERADOR
HIDROELÉCTRICO PARA EL LTI-ESFOT (Módulo 2).**

**GENERACIÓN DE ENERGÍA MEDIANTE UN MICRO GENERADOR
HIDROELÉCTRICO**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN ELECTROMECAÁNICA**

WILLIAN ALEXANDER FARINANGO GALEANO

willian.farinango@epn.edu.ec

DIRECTOR: Ing. ALAN DANIEL CUENCA SÁNCHEZ, MSC.

DMQ, enero 2022

CERTIFICACIONES

Yo, Willian Alexander Farinango Galeano declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



WILLIAN ALEXANDER FARINANGO GALEANO

willian.farinango@epn.edu.ec

willixaxd721@gmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por el Sr. Willian Alexander Farinango Galeano, bajo mi supervisión.



ING. ALAN DANIEL CUENCA SÁNCHEZ

DIRECTOR

alan.cuenca@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

WILLIAN ALEXANDER FARINANGO GALEANO

Correo: willian.farinango@epn.edu.ec

Teléfono: 0968428839

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres y mi hermano, por haberme apoyado en todo momento a lo largo de mi formación académica, al igual por inculcarme los valores que me han servido para crecer como persona y en lo posterior como profesional, por la motivación y el aliento de seguir adelante quiero darles las gracias.

Willian Farinango

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a todos mis maestros quienes con el conocimiento y su vocación por enseñar me han hecho despertar el interés por el estudio y poder así llegar hasta este punto fundamental en mi vida académica.

A mi familia, por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo durante todos los años de estudio.

A mis amigos y vecinos con los que compartí experiencias que me permitieron realizar el presente trabajo.

Willian Farinango

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo General.....	2
1.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco teórico.....	2
Micro hidráulica.....	2
Hidro generador.....	3
Componentes de una Central Mini Hidráulica	4
Tornillo de Arquímedes.....	4
Pico Pica 10.....	5
Potencia de una turbina	6
2 METODOLOGÍA.....	7
2.1 Implementación de la Acometida	8
Altura del salto de agua	10
Inercia y área de la hélice	11
Torque y potencia teórica	13
Velocidad angular	15
Velocidad lineal.....	15
Revoluciones	15
Sistema electrónico de generación	16

2.2	Planos Esquemáticos	16
	Planos mecánicos.....	16
	Planos eléctricos.....	17
2.3	Construcción.....	17
	Tornillo de Arquímedes.....	17
	Base	19
	Ensamble base-turbina	21
	Sistema de recirculación de agua	23
	Sistemas Eléctricos	24
2.4	Manual de uso y mantenimiento	26
3	RESULTADOS	28
3.1	Pruebas y Análisis de Resultados.....	31
	Pruebas de Fugas	31
	Pruebas de Oxidación.....	33
	Pruebas Mecánicas	34
	Pruebas Eléctricas.....	35
4	CONCLUSIONES.....	38
5	RECOMENDACIONES.....	39
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
7	ANEXOS.....	43

RESUMEN

El presente proyecto de titulación, IMPLEMENTACIÓN DE UN MICRO GENERADOR HIDRÁULICO PARA EL LTI-ESFOT (Módulo 2), se realizó con el propósito de promover, orientar y dotar a los estudiantes de la ESFOT de un equipo que permita aplicar los conocimientos teóricos a través de la práctica en lo que concierne a energías renovables no convencionales como la Micro Hidroenergía.

El presente documento consta de siete secciones, las cuales se detallan a continuación:

La sección uno hace referencia a una descripción del componente que se desarrolló, los objetivos planteados, el alcance establecido y conceptos generales que sirvieron de soporte para la elaboración del proyecto.

La sección dos contiene una descripción del desarrollo metodológico utilizado y los pormenores de los procesos de elaboración del módulo de generación en función de los objetivos propuestos.

En la sección tres se hace referencia a los resultados obtenidos que se llevaron a cabo mediante las pruebas ejecutadas, las mismas que se analizaron para poder concluir y recomendar aspectos importantes del proyecto en general.

La sección cuatro contiene las conclusiones del presente proyecto, en función de todo el proceso de elaboración del módulo micro hidráulico.

En la sección cinco se hace referencia a las recomendaciones basadas en los errores y aciertos que se tuvo durante todo el proceso.

La sección seis contiene las referencias bibliográficas consultadas para el desarrollo del presente proyecto. Por último, en la sección siete se incluyen los anexos.

PALABRAS CLAVE: Micro hidráulica, Micro generación, Energías renovables.

ABSTRACT

The present degree project, IMPLEMENTATION OF A MICRO HYDRAULIC GENERATOR FOR THE LTI-ESFOT (Module 2), was carried out with the purpose of promoting, guiding and providing ESFOT students with equipment that allows them to apply theoretical knowledge through practice in the field of non-conventional renewable energies such as Micro Hydropower.

This document consists of seven sections, which are detailed below:

Section one refers to a description of the component that was developed, the objectives set, the scope established and general concepts that served as support for the elaboration of the project.

Section two contains a description of the methodological development used and the details of the development processes of the generation module according to the proposed objectives.

Section three refers to the results obtained from the tests carried out, which were analyzed in order to conclude and recommend important aspects of the project in general.

Section four contains the conclusions of the present project, in function of the whole process of elaboration of the micro hydraulic module.

Section five refers to the recommendations based on the mistakes and successes made during the whole process.

Section six contains the bibliographical references consulted for the development of this project. Finally, section seven includes the annexes.

KEYWORDS: Micro hydropower, Micro generation, Renewable energies.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

En las últimas décadas, el Ecuador ha tenido un crecimiento considerable en el sector eléctrico, aprovechando la gran variedad de recursos naturales que dispone el país, siendo las fuentes hidrográficas las más usadas para la generación de electricidad, la cual se comercializa en todo el territorio ecuatoriano y se exporta a países vecinos.

Los diferentes tipos de mecanismos y sistemas desarrollados a lo largo del tiempo para realizar la conversión de la energía potencial en energía mecánica rotacional para obtener electricidad, han permitido acoplarse a las necesidades de la población en general, siendo la micro hidráulica una tecnología útil para la extracción de energía y posterior distribución en sitios remotos.

Los hidro generadores como micro turbinas Pelton, Kaplan o el tornillo de Arquímedes, han facilitado obtener movimientos rotacionales a partir de la energía del agua; en el caso del tornillo de Arquímedes se ha modificado la estructura, es decir el sentido antihorario permite operar como una turbina que con muy bajos caudales y relativamente pequeños saltos de agua permiten obtener un potencial de hasta 100(kW).

En el presente proyecto se ha utilizado un generador, el cual al estar acoplado a la turbina permite convertir la energía mecánica rotacional obtenida en energía eléctrica; una ventaja de este micro sistema es la utilización de dispositivos relativamente pequeños o medianos como dínamos o motores usados para otros usos, las mismas que son tecnologías que puede ser aprovechadas dado que requieren bajas revoluciones al igual que el torque.

Dada la carencia de afluentes naturales cercanos al lugar de instalación del micro hidro generador, se tiene un sistema de abastecimiento de agua a partir de una bomba que permite enviar el caudal necesario para que la turbina empiece a realizar el movimiento rotacional. Como parte del cuidado y preservación del agua el sistema está diseñado para que recircule el líquido, por lo que se tiene instalado un tanque reservorio, con esto se logra un sistema semi sustentable dado que el único componente que debe ser alimentado por la red eléctrica es la bomba.

La estructura de soporte por la que va a circular el agua fue realizada con materiales resistentes como son las láminas de tol y ángulos de hierro, con terminados en pintura electrostática para que pueda soportar la humedad o el calor que se pueda tener en el

Laboratorio de Tecnología Industrial (LTI). En el Anexo 2 se muestra el certificado de funcionamiento del módulo.

1.1 Objetivo General

Implementar un micro generador hidroeléctrico para el LTI-ESFOT (Módulo 2).

1.2 Objetivos Específicos

- Establecer los requerimientos para la construcción del módulo de micro generación.
- Diseñar planos mecánicos y eléctricos del sistema de micro generación.
- Ensamblar el micro generador bajo los parámetros establecidos.
- Realizar pruebas de funcionamiento.
- Elaborar una guía de uso y mantenimiento del módulo.

1.3 Alcance

El módulo de generación hidroeléctrica ha sido diseñado para un propósito educativo, a través del cual se demuestra la generación de energía eléctrica mediante el uso de la fuerza potencial o energía cinética del agua con la que se impulsa una turbina.

El presente proyecto tiene una parte mecánica en donde se encuentra tanto el diseño de planos esquemáticos como la implementación estructural del módulo, y una parte eléctrica que muestra el sistema de generación, el cual se encuentra conformado por un generador (motor-generador, alternador, o dínamo) acoplado a un tornillo de Arquímedes, el mismo que es impulsado por la fuerza potencial del agua. Mediante el módulo desarrollado se establece la medición de diferentes parámetros eléctricos como voltaje y corriente, permitiendo abastecer una determinada carga.

1.4 Marco teórico

Micro hidráulica

La micro hidráulica al igual que la energía hidráulica a gran escala utiliza la fuerza potencial o cinética del agua que proviene de los afluentes hidrográficos como ríos, riachuelos, o de los pequeños saltos de agua para poder posteriormente convertirla en

electricidad que será aprovechada para alimentar cargas eléctricas (potencia útil menor a 100 kW) [1].

La energía micro hidráulica en un contexto de concientización por el medioambiente y con la progresiva escasez de recursos naturales, en el Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático del año 2013-2020, se la reivindica con un rol fundamental en la generación de energía gracias a los costos reducidos tanto para su instalación como elaboración y además generando un impacto mínimo para el ambiente [1]. La Figura 1.1 muestra el porcentaje de influencia de la micro hidráulica en el mundo en el año 2017.

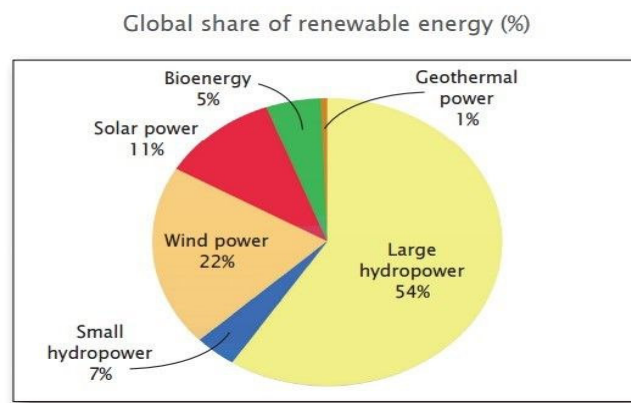


Figura 1.1 Porcentaje de aportación de las diferentes energías, [1].

Hidro generador

Este es el principal componente de todo el sistema de micro generación ya que es el encargado de convertir la diferencia de energía potencial en eléctrica que será aprovechada por las cargas requeridas. El hidro generador fundamentalmente consta de dos partes: generador y turbina, dentro de las cuales existen diversas formas de micro turbinas como turgo de rodete, turgo de inyector, Pelton, tornillo de Arquímedes, etc [2]. La Figura 1.2 muestra un hidro generador basado en un tornillo de Arquímedes que producirá 70 (kW) en un salto de agua de 2 (m).



Figura 1.2 Central mini hidráulica con tornillo de Arquímedes, [3].

Componentes de una Central Mini Hidráulica

La Figura 1.3 muestra la instalación de una central mini hidráulica, en la cual se observan sus principales componentes referentes a obras civiles: bocatoma, desarenador, desripiador, canal de aducción, cámara de carga, tuberías de presión una casa de máquinas y un canal de restitución; por otro lado en la parte electromecánica existen componentes tales como: turbina, generador, reguladores, válvulas de presión, tableros eléctricos; finalmente existen redes para transformar la energía obtenida y poder distribuirla (transformadores, redes de distribución) [4].



Figura 1.3 Partes de una central mini hidráulica, [4].

Tornillo de Arquímedes

Es una tecnología que permite obtener resultados altamente eficientes en el mercado, el mismo que puede usar un caudal mínimo para obtener eficiencias de hasta el 90%. Su diseño es perfecto para usarlos en ríos o pequeñas derivaciones, de forma industrial es esencial para saltos de agua de hasta 5 metros de altura. La Figura 1.4 muestra la curva de rendimiento vs generación para un hidro tornillo que es capaz de generar de entre 1 a 100 kW.

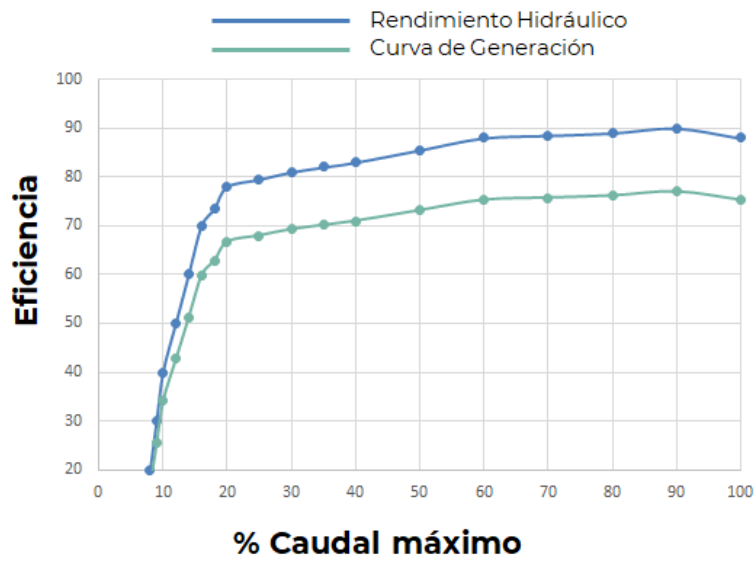


Figura 1.4 Curva de eficiencia vs % de caudal, [5].

Pico Pica 10

Es un modelo de tornillo de Arquímedes desarrollado por el ingeniero japonés Sumino Masaya, el mismo que permite comprender aspectos de la micro hidro generación, además que ha sido comercializado en países que tienen sectores en donde la energía eléctrica es escasa, al igual que para iluminar el alumbrado público de zonas agrícolas en donde el caudal que circula por los canales para regadíos es aprovechado. La Figura 1.5 hace referencia a una aplicación de los sistemas micro hidráulicos.



Figura 1.5 Alumbrado público con micro generadores, [6].

Potencia de una turbina

En el caso de una turbina hidráulica potencia está dictaminada por variables que suministra el espacio a ser instalada como es el caudal que va a recibir, además de la altura, al igual que aspectos como la densidad del agua y de igual forma la gravedad. En la ecuación 1.1 se establece los parámetros a ser incluidos para obtener la potencia hidráulica de una turbina.

$$P_H = \rho_{agua} * g_{gravedad} * Q_{suministrado} * H_{salto\ de\ agua}$$

Ecuación 1.1 Potencia de una turbina hidráulica, [7].

Donde:

- P_H : Potencia hidráulica (W)
- ρ_{agua} : densidad del agua ($\frac{Kg}{m^3}$).
- $g_{gravedad}$: gravedad ($\frac{m}{s^2}$)
- $Q_{suministrado}$: Caudal ($\frac{m^3}{s}$)
- $H_{salto\ de\ agua}$: Altura (m)

2 METODOLOGÍA

Para la implementación del módulo de micro generación hidroeléctrica para el LTI de la ESFOT se aplicó la conversión de energía cinética de los fluidos a energía eléctrica mediante sistemas de rotación que se diseñaron a lo largo del proyecto para lograr un correcto funcionamiento.

Para iniciar con el proyecto, se realizó un estudio general de todo el sistema, es decir se contemplaron aspectos como: entorno de trabajo, componentes que permiten la transformación de energía, al igual que las condiciones de operación tomando como referencia el lugar a ser instalado, en donde se puntualizaron aspectos como el tipo de materiales, acceso al recurso hidráulico, dimensiones y el costo del módulo.

Se realizaron diseños de la estructura de todo el sistema de micro generación, tomando en cuenta aspectos importantes como son: materiales y la velocidad que se requiere para impulsar el tornillo, por lo tanto, se usaron herramientas de diseño técnico, donde se elaboraron los planos con especificaciones establecidas.

En base a los planos diseñados, se realizó una búsqueda de materiales y fabricación de algunas piezas mediante impresión 3D. Al momento de ensamblar todas las piezas se aseguró el correcto funcionamiento de los componentes tanto principales como los de soporte del sistema para la realización de las pruebas de validación.

Una vez ensamblado el sistema se hicieron pruebas de funcionamiento como: comprobación de niveles de corriente, voltaje y potencia en función de la velocidad y caudal del agua, además se revisó la existencia de fallos o desgastes mecánicos en algunas partes para poder así corregirlos a tiempo; una vez comprobado el funcionamiento correcto se abasteció a una carga eléctrica.

Dado que el módulo tiene fines didácticos, se elaboró un video tutorial como guía de uso en donde se puntualizan aspectos importantes al igual que parámetros necesarios para una correcta utilización del mismo. Además, el video tutorial incluye aspectos relacionados al mantenimiento requerido para mantener la vida útil de todos los componentes del sistema y las acciones que se deben llevar a cabo en caso de fallas tanto estructurales como eléctricas.

2.1 Implementación de la Acometida

Para el diseño de la turbina tipo tornillo de Arquímedes es necesario contemplar aspectos como: caudal, altura del salto de agua, ángulo de inclinación del tornillo, número de hilos, radio del diente, y longitudes del tornillo. Con estos parámetros antes mencionados se puede determinar: el torque, la velocidad angular, y la potencia mecánica rotacional que genera la turbina. En la Figura 2.1, Figura 2.2 y Figura 2.3 se establecen las variables que permiten establecer el diseño del tornillo. Además, se tomó como referencia valores de la hoja de datos de la empresa Sumino Co. Ltda que se adjunta en el Anexo 6, para ciertos criterios del diseño.

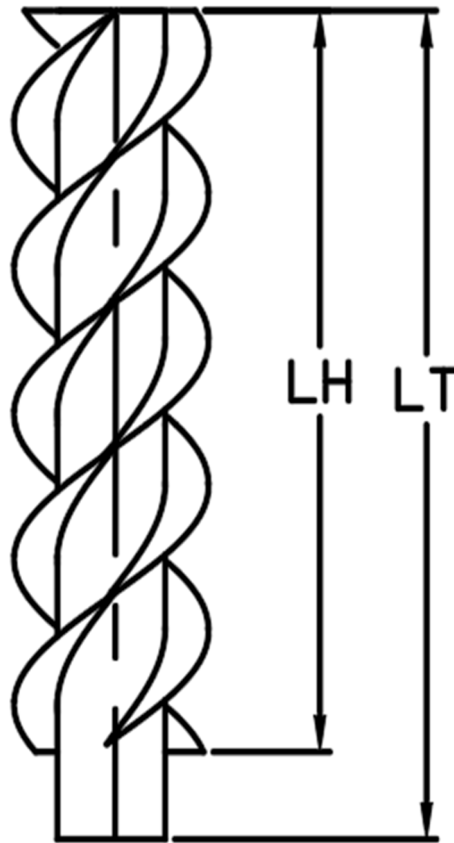


Figura 2.1 Longitudes en la turbina.

Donde:

LH : Longitud de la hélice (mm).

LT : Longitud total de la turbina (mm).

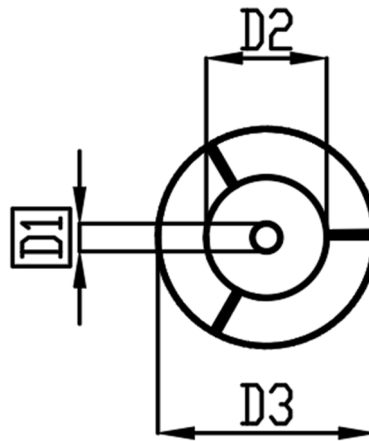


Figura 2.2 Diámetros en la turbina.

Donde:

$D1$: Diámetro del eje hueco (mm).

$D2$: Diámetro del eje sólido (mm).

$D3$: Diámetro exterior (mm).

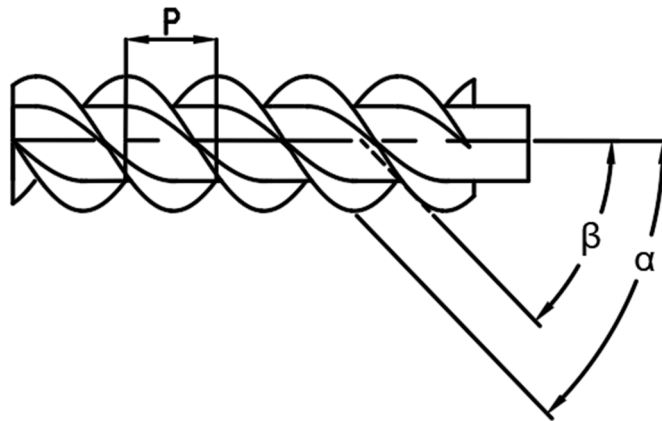


Figura 2.3 Paso y ángulos en la turbina.

Donde:

P : Paso (mm).

α : Ángulo de inclinación exterior de la hélice ($^{\circ}$).

β : Ángulo de inclinación interior de la hélice ($^{\circ}$).

Por otro lado, se considera otras variables como son:

θ : Ángulo de inclinación del tornillo ($^{\circ}$).

Q : Caudal (mm^3/s).

h : Altura del salto de agua (mm).

N : Número de hilos.

$D3$: Diámetro exterior (mm).

Pm : Potencia mecánica generada (W).

Para el diseño se asumieron valores tomando en cuenta ciertos criterios técnicos como costos de implementación, versatilidad, materiales y accesibilidad a los componentes, por lo tanto, se establece:

LH : 680 (mm).

Lt : 760 (mm).

$D1$: 12.7 (mm).

$D2$: 109 (mm).

$D3$: 195 (mm).

θ : 30 ($^{\circ}$)

Q : 0.00058 ($\frac{m^3}{s}$)

R : 97.5 (mm) radio exterior de la turbina

Altura del salto de agua

La Ecuación 2.1 permite obtener la altura del salto de agua:

$$h = LT * \text{sen}(\theta)$$

Ecuación 2.1 Altura del salto de agua, [8].

Usando la Ecuación 2.1 y considerando un ángulo de inclinación máximo (30°), se obtiene:

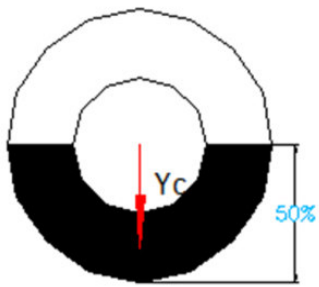
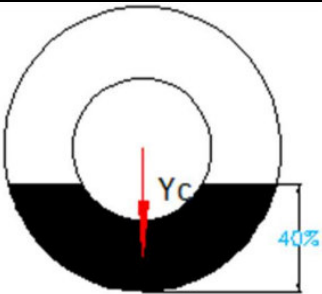
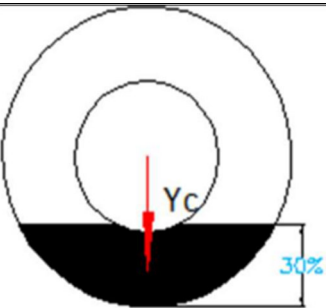
$$h = 380 \text{ (mm)} = 0.38 \text{ (m)}$$

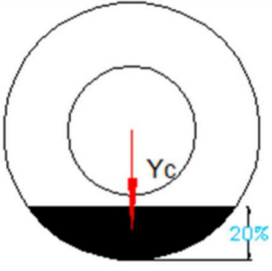
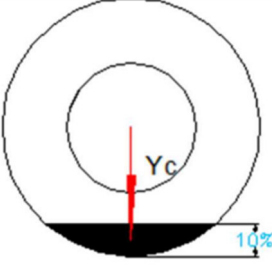
El resultado muestra que se puede obtener un salto de agua máximo de 380 (mm).

Inercia y área de la hélice

La Tabla 2.1 muestra diferentes fórmulas para el cálculo de áreas e inercia en función del porcentaje de contacto.

Tabla 2.1 Inercia de la turbina en función del porcentaje del área de contacto, [8].

Área de contacto	Área	Porcentaje	Y_h
	$A = \frac{3}{8} * \pi * R^2$	50%	$Y_h = 0.4951 * R$
	$A = \frac{3}{10} * \pi * R^2$	40%	$Y_h = 0.6037 * R$
	$A = \frac{9}{40} * \pi * R^2$	30%	$Y_h = 0.6907 * R$

Área de contacto	Área	Porcentaje	Y_h
	$A = \frac{3}{20} * \pi * R^2$	20%	$Y_h = 0.7544 * R$
	$A = \frac{3}{40} * \pi * R^2$	10%	$Y_h = 0.8471 * R$

Considerando el diseño para una bomba doméstica, se usará la Ecuación 2.2 para determinar el área de contacto a un 10%:

$$A = \frac{3}{40} * \pi * R^2$$

Ecuación 2.2 Área de contacto al 10%, [8].

Donde:

A : Área de contacto (m^2).

Usando la Ecuación 2.2 se obtiene:

$$A = 0.00224 (m^2)$$

Considerando un análisis para el 10% de superficie de contacto se utiliza la Ecuación 2.3 que determina la inercia de los álabes del tornillo:

$$Y_h = 0.8471 * R$$

Ecuación 2.3 Inercia del tornillo al 10%, [8].

Donde:

Yh : Inercia del álabe (m)

Empleando la Ecuación 2.3 se tiene que:

$$Yh = 0.08259 (m)$$

Torque y potencia teórica

El torque se expresa con la Ecuación 2.4:

$$T = \rho * g * LT * A * \text{sen}(\theta) * \tan(\alpha) * Yh$$

Ecuación 2.4 Torque de la turbina a partir de análisis de fuerzas, [8].

Donde:

T : Torque de la turbina (Nm)

ρ : $997 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$ densidad del agua

g : $9.81 \left(\frac{m}{s^2}\right)$ gravedad de la tierra.

Por otro lado, la potencia mecánica teórica de un tornillo se establece mediante la Ecuación 2.5:

$$P_{teórica} = T * \omega$$

Ecuación 2.5 Potencia mecánica teórica en general, [8].

Considerando que el caudal se expresa mediante la Ecuación 2.6, se determina que para el cálculo de la velocidad angular (ω), es necesario el ángulo de inclinación exterior de la hélice (α) al igual que la inercia (Yh) rotacional que produce el tornillo, por lo tanto, se obtiene la Ecuación 2.7 que describe la velocidad angular a partir de un análisis de fuerzas y el desarrollo de la Ecuación 2.6.

$$Q = v_{lineal} * A$$

Ecuación 2.6 Caudal de agua.

Donde:

v_{lineal} : velocidad lineal $\left(\frac{m}{s}\right)$

$$\omega_{angular} = \frac{Q * \tan(\alpha)}{A * Yh}$$

Ecuación 2.7 Velocidad angular de la turbina, [8].

Donde:

$$\omega_{angular} : \text{velocidad angular } \left(\frac{rad}{s}\right)$$

Sustituyendo en la Ecuación 2.5, la Ecuación 2.4 y la Ecuación 2.7 se obtiene:

$$P_{teórica} = (\rho * g * LT * A * \sin(\theta) * \tan(\alpha) * Yh) * \left(\frac{Q * \tan(\alpha)}{A * Yh}\right)$$

Ecuación 2.8 Sustitución de variables para determinar la potencia mecánica, [8].

Despejando y sustituyendo en la ecuación 2.8 la Ecuación 2.1, se obtiene la Ecuación 2.9 que describe la potencia mecánica en función del caudal (Q), gravedad (g), altura (h) y el ángulo exterior de la hélice (α).

$$P_{teórica} = \rho * g * h * Q * \tan^2(\alpha)$$

Ecuación 2.9 Potencia mecánica teórica en una turbina, [8].

La Ecuación 2.10 describe la eficiencia (η) de la turbina, asumiendo que la turbina tiene un rendimiento del 85% se tiene:

$$\eta = \frac{P_{teórica}}{P_{teórica_{max}}} * 100\%$$

Ecuación 2.10 Eficiencia de una turbina.

En donde:

$$P_{teórica_{máx}} : \text{Potencia mecánica máxima de la turbina } (W)$$

$$\eta : \text{Eficiencia } (\%)$$

Sustituyendo y despejando la Ecuación 2.9 en la Ecuación 2.10 y considerando que para la potencia mecánica máxima el ángulo exterior de la hélice ($\alpha_{máx}$) es de 45 °, se tiene:

$$\eta = \frac{\rho * g * h * Q * \tan^2(\alpha)}{\rho * g * h * Q} * 100\%$$

Por lo tanto, se obtiene:

$$\alpha = 42.67 (^{\circ})$$

Con el resultado del ángulo exterior de la hélice se puede sustituir en la Ecuación 2.4 y la Ecuación 2.9 para determinar los valores de potencia mecánica y torque en una turbina:

$$P_{teórica} = 1.83 (W)$$

$$T = 0.6338 Nm$$

Velocidad angular

La Ecuación 2.7 permite establecer la velocidad angular en función del caudal, la inercia, el área de contacto y el ángulo exterior, por lo tanto, obtiene como resultado:

$$\omega_{angular} = 2.89 \left(\frac{rad}{s} \right)$$

Velocidad lineal

La velocidad lineal se calculó con la Ecuación 2.11 a continuación:

$$v_{lineal} = \omega * R$$

Ecuación 2.11 Velocidad lineal en función de la velocidad angular y radio exterior de la hélice, [8].

Obteniendo a partir de la Ecuación 2.11 lo siguiente:

$$v_{lineal} = 0.2818 \left(\frac{m}{s} \right)$$

Revoluciones

Las revoluciones se encuentran en función de la velocidad lineal y el diámetro exterior que se detallan en la Ecuación 2.12.:

$$Rev = \frac{v_{lineal} * 60}{\pi * 2R}$$

Ecuación 2.12 Revoluciones, [8].

Donde:

Rev : revoluciones por minuto (rpm)

En base a la Ecuación 2.12 se obtiene el siguiente valor:

$$Rev = 27.6 (rpm)$$

Sistema electrónico de generación

Dado que el voltaje producido por el generador es en alterna, se tiene una placa electrónica, la misma que rectifica la señal sinusoidal para obtener voltaje y corriente en DC, todo esto con el propósito de conectar cargas de mayor o menor voltaje, al igual que regular la intensidad de corriente y evitar el aumento de resistencia que se produce en el generador, la cual tiende a frenar el mismo.

La Figura 2.4 muestra el esquema electrónico diseñado.

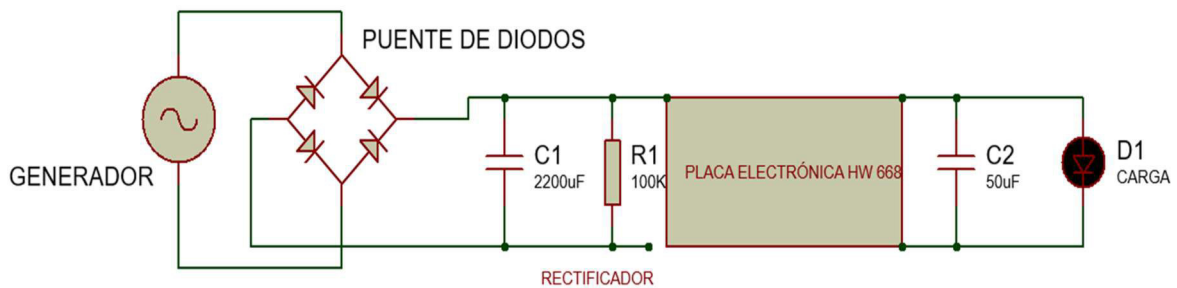


Figura 2.4 Circuito electrónico.

2.2 Planos Esquemáticos

Los planos diseñados para el presente sistema se realizaron en programas de diseño 2D y 3D como AutoCAD y SolidWorks respectivamente.

Planos mecánicos

En el Anexo 3 Lámina 1 se muestran las dimensiones de la turbina, tanto longitudes, diámetros y espesores, de la misma manera se indica el material de fabricación. Por otro lado, para un mejor montaje, versatilidad, y fabricación se dividió la turbina en 3 partes: un eje macho, un eje hembra y un cilindro que permite encajar las dos primeras partes. El Anexo 3 Láminas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 hace referencia tanto a la base en donde se coloca la turbina, el soporte para conectar la turbina con el generador, el ensamblaje de las mismas y los elementos mecánicos que conectan la turbina con el generador.

El sistema hidráulico se muestra en el Anexo 4, aquí se observan las dimensiones de las tuberías, el tanque de almacenamiento, y la bomba que impulsa el fluido, todos estos componentes permiten obtener un sistema semi sustentable con el que se preserva y cuida el agua utilizada para impulsar la turbina.

Planos eléctricos

En el Anexo 5 Lámina 1 se muestran los componentes para el sistema de generación eléctrica, al igual en la Lámina 2 del mismo Anexo se establecen las especificaciones de los calibres de los cables usados tanto para energizar la bomba de agua, el dispositivo de protección y el elemento de maniobra para el encendido de la misma.

2.3 Construcción

Tornillo de Arquímedes

Este componente fue construido bajo las especificaciones mencionadas en las secciones anteriores. Para una mayor versatilidad el proceso de fabricación se realizó en una impresora 3D FDM como la que se muestra en la Figura 2.5, la misma que consta con las siguientes especificaciones para la impresión: volumen de trabajo de 300 (mm) x 300 (mm) x 400 (mm), precisión de 0.1 (mm), altura de capa de 0.2 (mm) y material de impresión ácido poliláctico (PLA).

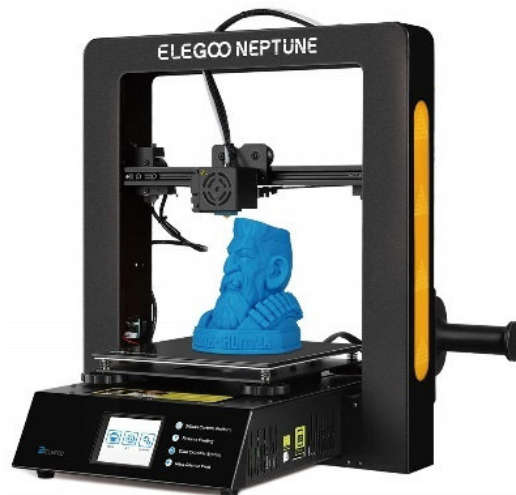


Figura 2.5 Impresora 3D FDM, [9].

El tiempo aproximado de la impresión de las tres partes de la turbina fue de 2 días y 12 horas. La Figura 2.6 muestra el proceso de impresión de la turbina.

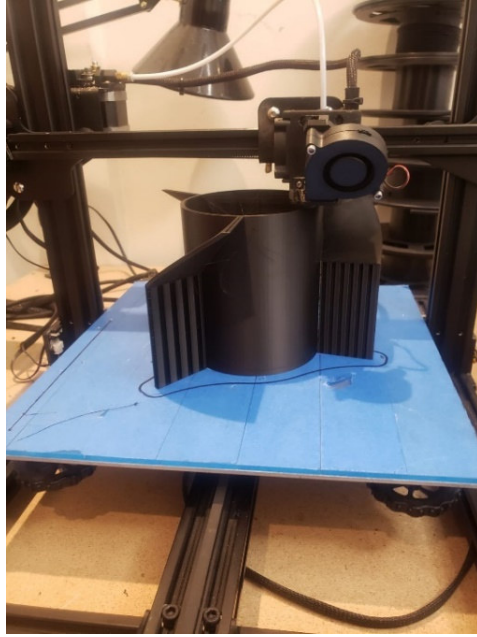


Figura 2.6 Proceso de impresión de la turbina.

Como producto final se tiene la turbina que se muestra en la Figura 2.7, la misma que es de un material resistente al agua con un peso total de 3.2 (lbs).

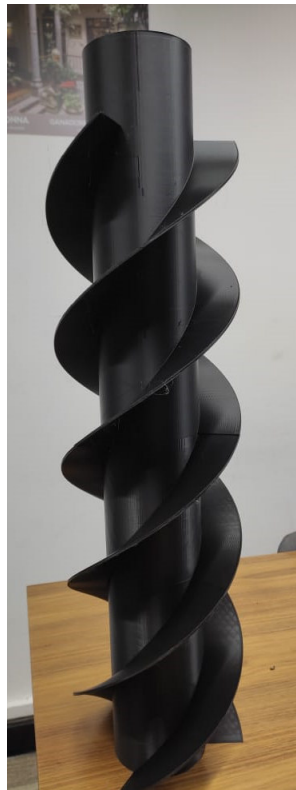


Figura 2.7 Turbina impresa.

Base

Esta parte fue elaborada en tol con espesor de 1.5 (mm) y los cortes para dar forma a la estructura se realizaron bajo un proceso CNC de corte con plasma en una máquina HUGONG como la que se muestra en la Figura 2.8.



Figura 2.8 Máquina HUGONG para corte CNC en plasma.

A continuación, en la Figura 2.9 se observa el proceso de corte con plasma en la lámina de tol. Cabe destacar que todo esto fue realizado por un operario calificado.



Figura 2.9 Proceso de corte con plasma.

La unión de todas las partes se realizó con soldadura por gas inerte de metal (MIG) dado que al tener el tol de 1.5 (mm) de espesor se corre el riesgo de que con el electrodo revestido se funda al tol, además se consiguieron ángulos de hierro que sujetan la estructura. La Figura 2.10 muestra la elaboración de la base.



Figura 2.10 Proceso de soldadura de la base con MIG.

La estructura fue pintada con pintura electrostática, con la que se tiene beneficios como: resistencia a cambios ambientales, temperaturas, rayos UV, agentes corrosivos, y al igual se obtiene una larga durabilidad. La Figura 2.11 muestra la base terminada.



Figura 2.11 Base terminada.

Ensamble base-turbina

Para conectar tanto la turbina macho como la turbina hembra se tiene una varilla acerada roscada de 1/2" que, con ayuda de tuercas, arandelas y o'rings permiten unir el tornillo por presión, además facilitan su extracción para su respectivo mantenimiento. La Figura 2.12 muestra la unión de la turbina con la varilla roscada.



Figura 2.12 Unión turbina y varilla.

Para la circulación de agua se ha instalado un canal con mica de plástico adoptada a la forma de la base como se muestra en la Figura 2.13, la misma que se encuentra sujeta con pernos y tuercas de 8 (mm)".

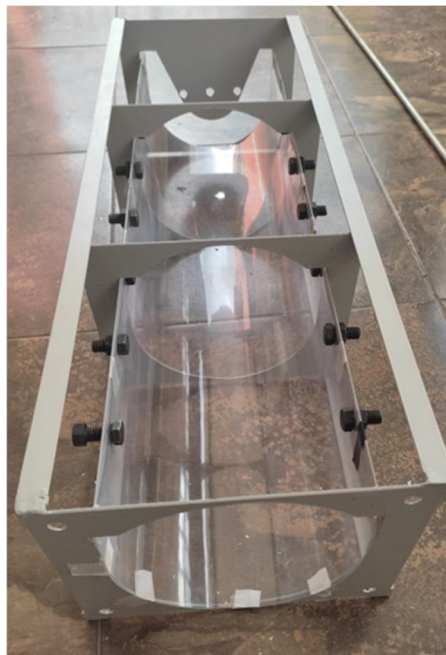


Figura 2.13 Canal de paso de agua.

El eje de acero de la turbina acentúa en los orificios situados en los extremos de la base como se muestra en la Figura 2.14.



Figura 2.14 Unión del eje a la base.

Para dar la inclinación del sistema base-turbina se adaptaron ángulos de hierro en los extremos de la base como se muestra en la Figura 2.15 para obtener un ángulo de inclinación de aproximadamente 30°.



Figura 2.15 Inclinación de la base.

Sistema de recirculación de agua

Se tiene un sistema de recirculación de agua semi sustentable, el mismo que está conformado de un recipiente de almacenamiento del líquido, realizado con láminas de tol y soldado con MIG para evitar fugas el cual abarca alrededor de 60 (cm^3) de agua. La Figura 2.16 muestra el estanque de almacenamiento y suministro de agua de la turbina.



Figura 2.16 Estanque de agua.

Además, este sistema dispone de una bomba de agua de $\frac{1}{2}$ (hp) la cual permite la recirculación del recurso hídrico a través del módulo. En la Figura 2.17 se muestra la bomba utilizada y en la Tabla 2.2 se observan las características técnicas de la misma.



Figura 2.17 Bomba de agua TRIPTON, [10].

Tabla 2.2 Características de la bomba.

Dato	Valor
Marca	<i>TRIPTON</i>
Caudal Máximo	$35 \left(\frac{l}{min} \right)$
Altura máxima	35 (m)
Altura de succión máxima	8 (m)
Diámetros de bocas (entrada y salida)	1" x 1"
Potencia	0.5 (HP)
Voltaje	120 (V)
Revoluciones	3450 (rpm)
Corriente nominal	3.6 (A)
Frecuencia	60 (hz)
Grado de Protección	<i>IP 54</i>
Eficiencia	67%

Sistemas Eléctricos

Alimentación de la bomba

Para la instalación de la bomba se considera un factor de seguridad del 25% según la norma NEC-SB-IE [11], además dada la longitud del cable es menor a 10 (m) se desprecia el porcentaje por caída de tensión, por lo tanto, la Ecuación 2.13 se tiene que la corriente del cable mínima es:

$$I_{cable} = I_{bomba} * 1.25$$

Ecuación 2.13 Cálculo de corriente del cable.

En base a la Ecuación 2.13 se determina que la corriente del cable es de 4.5 (A), por lo tanto, el cable escogido para la acometida es un AWG 14.

Los elementos de protección y maniobra se adjuntan en el diagrama unifilar del Anexo 5 lámina 2.

La Figura 2.18 muestra el sistema eléctrico instalado.



Figura 2.18 Sistema eléctrico de la bomba

Sistema de Generación

Para el sistema de generación se realizó un acople que permite unir los ejes tanto de la turbina como del motor generador. La Figura 2.19 muestra el acople y el eje unidos, los mismos que son ajustados por tornillos prisioneros.

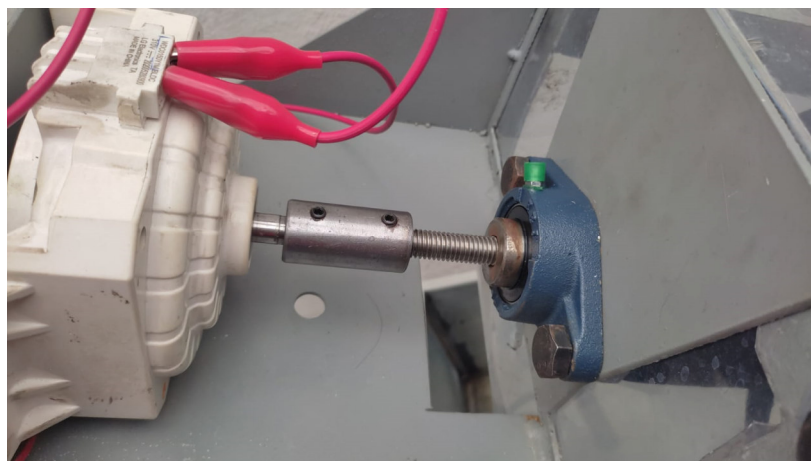


Figura 2.19 Acople turbina-generator.

De igual manera la Figura 2.19 hace referencia al sistema electrónico implementado basado en la Figura 2.4.

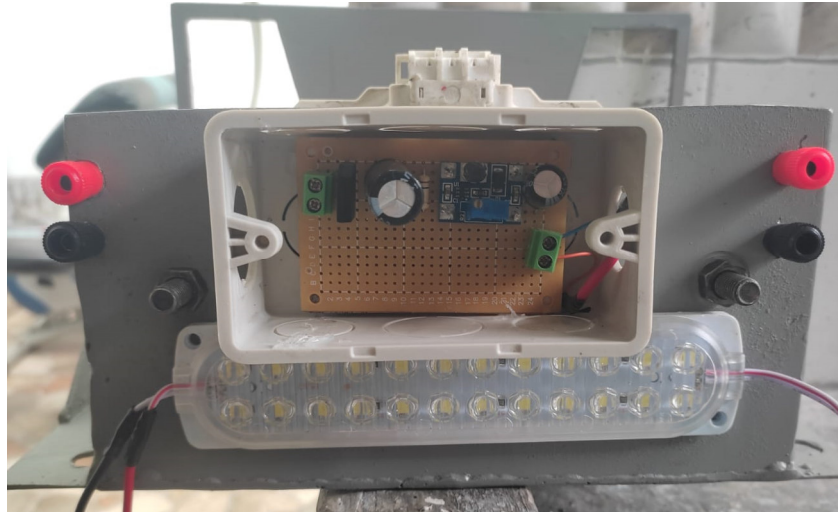


Figura 2.20 Sistema electrónico.

2.4 Manual de uso y mantenimiento

Se realizaron dos videos en los cuales se detallan las principales acciones para el uso correcto del módulo micro hidráulico, además de las respectivas recomendaciones para el mantenimiento de dicho módulo didáctico. En la Figura 2.19 y en la Figura 2.20 se muestran los códigos QR mediante los cuales se puede acceder a los videos.



Figura 2.19 Código QR video de uso.

Enlace: <https://youtu.be/on-CdUm3WOM>



Figura 2.20 Código QR video de mantenimiento.

Enlace: <https://youtu.be/9szSNX2O790>

3 RESULTADOS

La Figura 3.1, Figura 3.2, Figura 3.3 y Figura 3.4 muestran todos elementos instalados en el módulo.



Figura 3.1 Elementos del módulo (parte 1).

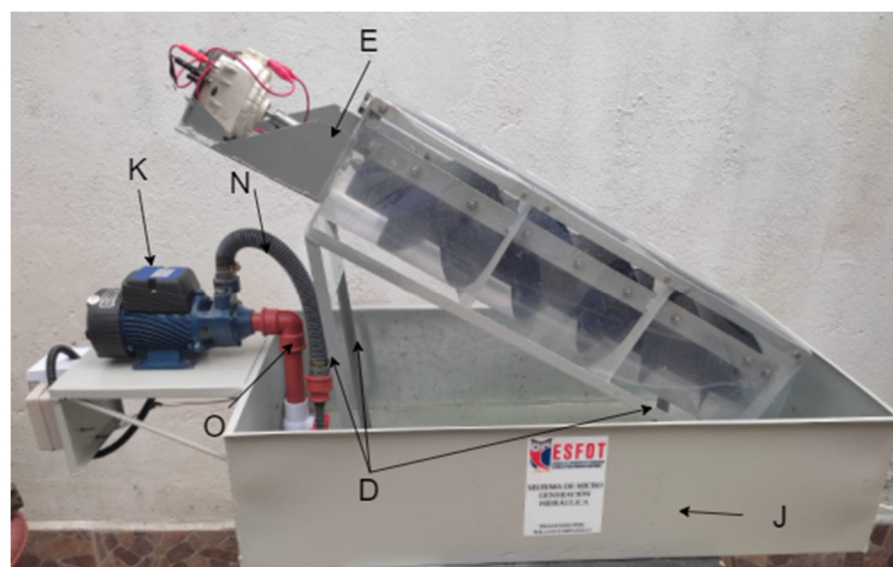


Figura 3.2 Elementos del módulo (parte 2).

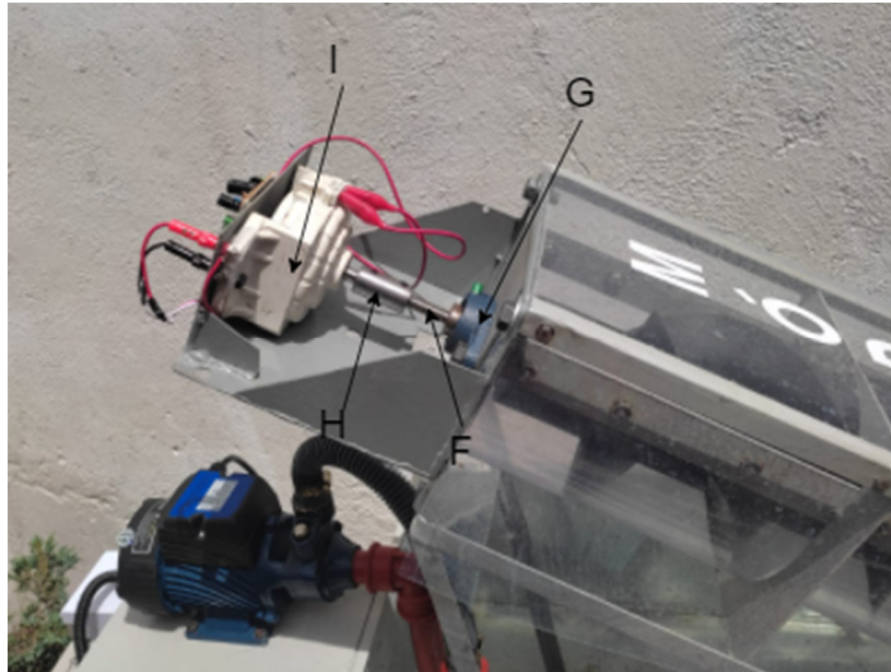


Figura 3.3 Elementos del módulo (parte 3).

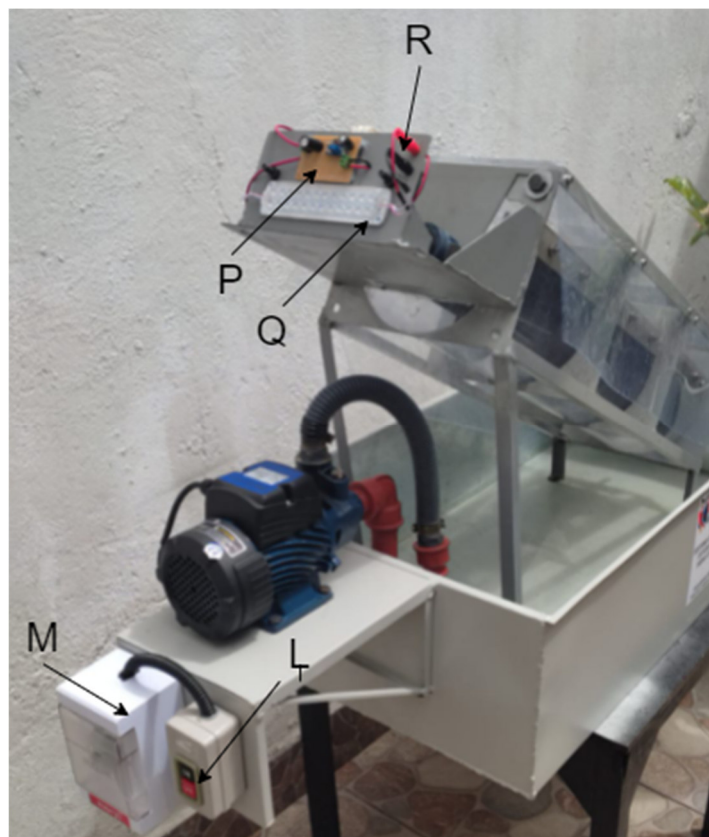


Figura 3.4 Elementos del módulo (parte 4).

La Tabla 3.1 detalla todos los componentes que se indican en las figuras anteriores.

Tabla 3.1 Componentes.

Parte	Componente
A	Base de la turbina
B	Turbina
C	Acrílico protector
D	Ángulos para elevación de la base
E	Soporte para generador.
F	Varilla roscada de 1/2"
G	Chumacera de 1/2"
H	Acople para unión de turbina y generador
I	Generador
J	Tanque reservorio de agua
K	Bomba de agua
L	Breaker
M	Interruptor
N	Elementos de succión de agua
O	Elementos de impulsión de agua
P	Placa electrónica
Q	Borneras
R	Carga

Para un caudal demasiado bajo en comparación de afluentes naturales como son ríos, riachuelos o saltos de agua se tienen buenos resultados, dado que la carga conectada fue abastecida satisfactoriamente. A continuación, en la Figura 3.5 se muestra el código QR del video de las pruebas de funcionamiento realizadas en el módulo.



Figura 3.5 Código QR pruebas de funcionamiento.

Enlace: https://youtu.be/31sA0Rg4w_w

3.1 Pruebas y Análisis de Resultados

Pruebas de Fugas

Se realizó varias pruebas de análisis de fugas en el sistema hidráulico, por lo que se al momento de poner en funcionamiento la bomba se verificó que no exista goteo en las diferentes uniones, al igual de observar si no existe fugas en las partes soldadas del recipiente de almacenamiento de agua. La Tabla 3.2 muestra la verificación de fugas en el sistema de suministro de agua de la bomba, en este caso se toma como referencia el Anexo 4.



Tabla 3.2 Fugas en el sistema hidráulico.

Unión	Fuga	
	SI	NO
Entrada de succión de agua de la bomba-A		✓
A-B		✓
B-C		✓
C-D		✓

Unión	Fuga	
	SI	NO
D-E		✓
Salida de agua de la bomba- F		✓
F-G		✓
G-H		✓
H-I		✓

La Tabla 3.2 hace referencia a la comprobación de fugas en las uniones soldadas del recipiente de almacenamiento.

Tabla 3.3 Fugas en el recipiente de almacenamiento.

Unión	Imagen referencial	Fuga	
		SI	NO
Uniones soldadas parte superior.			✓
Uniones soldadas parte inferior.			✓

Pruebas de Oxidación

Se realizó una comprobación en un lapso de tiempo (2 a 3 días) de las diferentes estructuras metálicas que se encuentran en contacto directo con el agua para la verificación de oxidación. La Tabla 3.3 muestra la comprobación de las partes metálicas que se encuentra en contacto con el agua.

Tabla 3.4 Prueba de oxidación.

Unión	Oxidación	
	SI	NO
Base de la turbina.		✓
Recipiente de almacenamiento de agua.		✓
Tuercas y tornillos.	✓	

La Figura 3.6 muestra oxidación en los pernos y tuercas de hierro que sujetan el canal de plástico por donde circula el agua.



Figura 3.6 Oxidación en pernos y tuercas.

Para la corrección de la oxidación se optó el uso de tuercas y pernos de acero como se muestra en la Figura 3.7.



Figura 3.7 Cambio de pernos y tuercas.

Pruebas Mecánicas

En este caso se realizó la verificación correcta de la rotación de la turbina, la Tabla 3.5 muestra el resultado de las pruebas obtenidas del movimiento mecánico de la turbina.

Tabla 3.5 Pruebas mecánicas de movimiento.

Prueba	Resultado		Observaciones
	SI	NO	
Tracción.		✓	El eje roscado de la turbina genera tracción solo al momento de acoplarlo motor.
Vibración.		✓	Sin observaciones.
Rozamiento.	✓		El rozamiento solo se tiene en los extremos donde se acentúa la turbina, es importante comprobar que no exista rozamiento entre las hélices de la turbina y el canal donde circula el agua.
Alineación	✓		Sin observaciones.
Calentamiento		✓	Las revoluciones no son muchas por lo que no existe calentamiento.

Prueba	Resultado		Observaciones
	SI	NO	
Flexión		✓	La varilla roscada de acero es más recta por lo que no existe flexión al momento de girar la turbina,

Pruebas Eléctricas

Para estas pruebas se realizó la toma de datos e inspección visual de los equipos eléctricos, tanto para la parte de generación como de alimentación de la bomba.

Alimentación de la bomba.

La Tabla 3.6 muestra los valores obtenidos a plena carga del sistema eléctrico de la bomba.

Tabla 3.6 Datos eléctricos de la bomba.

Dato	Valor
Voltaje.	122.39 (V)
Corriente.	3.62(A)
Potencia consumida.	443.05 (W)
¿Calentamiento o sobretensión en los cables?	NO

Se considera que el tiempo de uso de la bomba debe ser el especificado en la hoja de datos para evitar el calentamiento u otros factores que pueden alterar el funcionamiento correcto.

Sistema de generación eléctrica.

En el caso del sistema de generación se tiene que para un caudal muy bajo el módulo resulta eficiente, considerando que el caudal y otros aspectos recomendados por la empresa Sumino Co., Ltd. Japan, la misma que es pionera en este tipo de sistemas, se

especifica que el caudal de referencia es de 10 (lts/seg), es decir de 15 a 20 veces menos lo usado para el presente proyecto, al igual se logra abastecer satisfactoriamente cargas LED de 3 (W), 12 (V). A continuación, la Tabla 3.7 se muestra los valores obtenidos en la salida del generador, es decir los valores de generación.

Tabla 3.7 Datos de generación del sistema.

Dato	Valor
Voltaje RMS.	6.63(V)
Corriente RMS.	174.7(mA)
Factor de potencia (asumido)	1
Potencia generada.	1.15 (W)

La Tabla 3.8 muestra los valores obtenidos en el punto óptimo en dónde tanto la carga instalada y el generador logran no oponer resistencia al movimiento de la turbina, estos datos son considerados como los consumidos del sistema.

Tabla 3.8 Voltaje, corriente y potencia consumida.

Dato	Valor
Voltaje DC.	8.1(V)
Corriente DC.	10.3(mA)
Potencia consumida.	83.43 (mW)

En el sistema se incrementó el número de cargas para conocer cuantas podrán ser abastecidas, por lo que se tomaron los datos para tres cargas LED de 3 (W), 12 (V), la tabla 3.9 muestra los valores para una carga máxima instalada.

Tabla 3.9 Voltaje, corriente y potencia consumida.

Dato	Valor
Voltaje DC.	7.85 (V)
Corriente DC.	8.10 (mA)
Potencia consumida.	63.58 (mW)

4 CONCLUSIONES

- La altura de la cabeza hidráulica no influye en el módulo construido, debido a que la variación existente de la misma no es muy amplia, por lo que se maneja una pendiente de 30° a 45° para un sistema relativamente pequeño en comparación a las turbinas de las centrales de micro generación hidráulica.
- Se concluye que las dimensiones para la realización de los planos no deben ser exacta debido a que en la industria la tolerancia y procesos de manufactura en ocasiones resultan dar un margen de error considerable que puede provocar problemas al momento del ensamblaje.
- En un módulo de micro generación el caudal de agua es el recurso más importante para generar el movimiento, ya que como se comprobó al realizar pruebas con un flujo de agua de 35 $\left(\frac{lt}{min}\right)$ el tornillo se mueve a una velocidad considerable, pero al aumentar más litros el equipo tiene una mayor eficiencia, generando un mejor torque y alimentando una mayor cantidad de cargas conectadas.
- Al momento de conectar el eje de la turbina con el generador se comprueba que es importante la consideración del sentido de las hélices, dado que con un sentido antihorario se comporta como un generador debido a la inducción de corriente, aunque este parámetro puede ser cambiado dado que si se consigue un generador de corriente alterna como en este caso.
- En este sistema el principal factor de pérdida es la fricción que se genera cuando el eje se encuentra en movimiento debido a que este tiende a rozar los extremos con los orificios donde se acentúa la varilla roscada. Teniendo así principalmente pérdidas mecánicas, además de pérdidas por el peso de la turbina y posterior las pérdidas que se tiene en el generador por las resistencias internas del mismo.
- Las pruebas de funcionamiento mecánicas corroboraron las pérdidas existentes y contempladas en el previo diseño realizado.
- Gracias al regulador de voltaje HW 668 se verificó algo importante que es la gran importancia de la fuerza del agua, ya que se tiene un punto óptimo en donde tanto la corriente que consume la carga como la rotación de la turbina son las más eficaces, dado que al aumentar más el valor de corriente el propio sistema genera esa resistencia que solo el recurso hídrico puede vencer.
- Para la poca cantidad de caudal que se suministró, el sistema resulta eficiente dado que la carga conectada pudo ser abastecida satisfactoriamente.

5 RECOMENDACIONES

- Para conectar las dos partes de la turbina es importante que la varilla sea lo más recta posible, por lo que es recomendable usar varilla roscada acerada, aunque es un poco más pesada que la varilla de hierro, al momento de instalarla no se tendrán ciertos desniveles en el eje cuando gire la turbina.
- No es recomendable el uso de chumaceras o rodamientos para acentuar los extremos del eje debido a que en este caso el sistema será usado para prácticas sencillas de micro hidro generación, por lo tanto, el tiempo en el que la turbina va a estar en reposo el lubricante de las chumaceras puede tender a secarse, obteniendo una gran fricción que impide el movimiento suave del sistema.
- Se debe considerar la correcta alineación del eje, es decir que se debe evitar que se tenga tracción en los extremos o fricción de las hélices con el canal por donde circula el agua, ya que esto produce pérdidas mecánicas rotacionales.
- Se recomienda no superar el límite establecido para llenar con agua el tanque de almacenamiento, ya que un exceso puede causar que la turbina roce con la superficie de agua haciendo que impida un correcto movimiento del eje y se obtengan pérdidas.
- Es de gran importancia no dejar la turbina expuesta a altos niveles de radiación solar, ya que al ser elaborada de PLA este material se puede calentar y deformar.
- En caso de fracturas en las hélices de la turbina se recomienda comprar el filamento PLA y con ayuda de una pistola de calor, rellenar con cuidado las partes en donde se produjeron las fisuras.
- Es importante que el tanque de almacenamiento se encuentre en un lugar apartado del sol para evitar corrosión, al igual que vaciar el agua cuando no se encuentre en uso para poder así evitar la oxidación.
- Para el desmontaje se debe usar las herramientas correctas para así evitar el aislamiento de tornillos, tuercas, roscas, tubos, etc.
- Es importante realizar el cebado de la bomba, por lo que se recomienda usar el embudo suministrado y evitar que el agua tenga contacto con la superficie de la bomba, los equipos eléctricos de maniobra o el sistema de generación.
- Antes de empezar a suministrar el agua se recomienda comprobar que las mangueras guíen el agua dentro del tornillo.

- Se recomienda realizar un tanque de almacenamiento de acero inoxidable para poder aumentar la vida útil del reservorio, además que se lo podría usar con mayor frecuencia.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Tecnoturbines, «El potencial de la micro hidráulica,» 02 03 2017. [En línea]. Available: <https://tecnoturbines.com/blog/potencial-la-energia-micro-hidraulica-redes-abastecimiento-agua>. [Último acceso: 21 10 2021].
- [2] V. M. S. José Luis Lorenzo Escuín, «Canales sectoriales,» 27 10 2011. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Energia/Articulos/57268-Micro-Central-Vernis-energia-hidraulica-producida-en-casa.html>. [Último acceso: 21 10 2021].
- [3] E. M. Rull, «La Razón,» 16 01 2019. [En línea]. Available: <https://www.larazon.es/atusalud/medioambiente/lista-la-primera-central-de-tornillo-de-arquimedes-OB21464596/>. [Último acceso: 22 11 2021].
- [4] Ministerio de Energía Gobierno de Chile, « Microhidro,» [En línea]. Available: https://autoconsumo.minenergia.cl/?page_id=74. [Último acceso: 21 11 2021].
- [5] Sin Fin, «Hidrotornillo,» [En línea]. Available: <https://www.sinfinenergy.com/hidrotornillo/>. [Último acceso: 24 01 2022].
- [6] Japan Video Topics, «Generador de energía de agua ultra pequeño,» [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=XjEgFIngZ04&t=157s>. [Último acceso: 24 01 2022].
- [7] Tecnoturbines, «Caudal de una turbina,» [En línea]. Available: [https://tecnoturbines.com/blog/calcular-la-potencia-de-una-turbina-2#:~:text=Por%20lo%20tanto%2C%20la%20potencia,metros%20de%20columna%20de%20agua\)..](https://tecnoturbines.com/blog/calcular-la-potencia-de-una-turbina-2#:~:text=Por%20lo%20tanto%2C%20la%20potencia,metros%20de%20columna%20de%20agua)..) [Último acceso: 24 01 2022].
- [8] J. C. A. Mejía, «Universidad del Salvador,» 10 2011. [En línea]. Available: https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1788/1/DISE%C3%91O_DE_UNA_TURBINA_HIDR%C3%81ULICA_BASADA_EN_EL_TORNILLO_DE_ARQU%C3%8DMEDES.pdf. [Último acceso: 29 11 2021].

- [9] Amazon, «Amazon,» [En línea]. Available: <https://www.amazon.com/-/es/Neptune-Impresora-impresi%C3%B3n-compatible-filamento/dp/B07MWXZGDN>. [Último acceso: 11 12 2021].
- [10] KYWI, «KIWI,» [En línea]. Available: <https://kywitiendaenlinea.com/product/bomba-periferica-1-2hp-110v-triton/>. [Último acceso: 15 12 2021].
- [11] N. E. d. I. Construcción, «NEC,» 02 2018. [En línea]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>. [Último acceso: 24 01 2022].
- [12] L. Carvajal, Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado, 28 ed., Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139.

7 ANEXOS

Anexo I. Reporte de Similitud Generado por Turnitin

DMQ, 26 de enero de 2022

Yo, Alan Daniel Cuenca Sánchez, como Director del presente Trabajo de Integración Curricular, certifico que el siguiente es el resultado de la evaluación de similitud realizado por la plataforma Turnitin:

Autor de la entrega: Willian Farinango Galeano
Título del ejercicio: Tesis ESFOT
Título de la entrega: Tesis Farinango
Nombre del archivo: TESIS_Farinango.pdf
Tamaño del archivo: 1.73M
Total páginas: 40
Word count: 6,502
Total de caracteres: 31,876
Fecha de entrega: 24-ene.-2022 07:19p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 1747460930

Tesis Farinango

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

Excluir citas

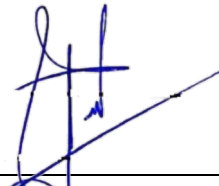
Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo



DIRECTOR

Ing. Alan Daniel Cuenca Sánchez., Msc.

Anexo II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración curricular

DMQ, 26 de enero de 2022

Yo, Alan Daniel Cuenca Sánchez, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de integración curricular, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del Microgenerador hidráulico (módulo 2) el cual fue implementado por el estudiante Willian Alexander Farinango Galeano.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los usuarios de la ESFOT puedan usar las instalaciones con seguridad para los equipos y las personas.



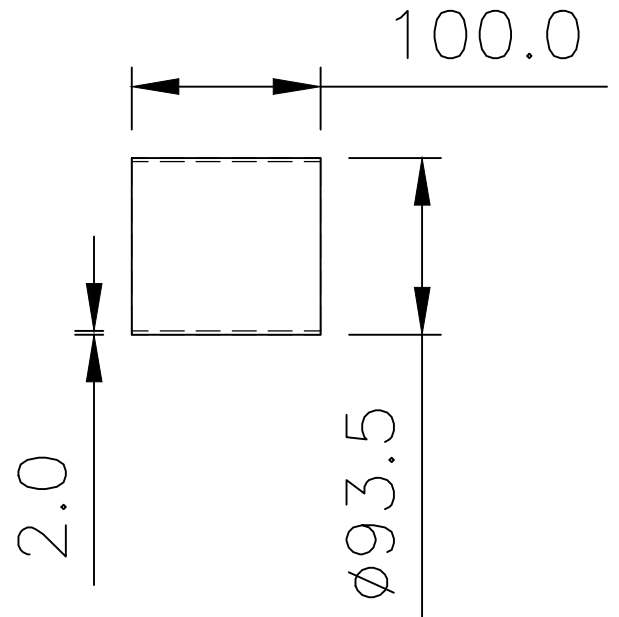
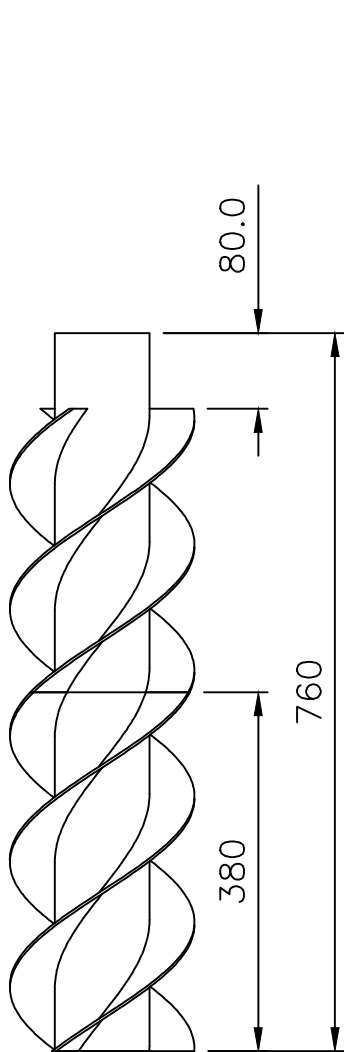
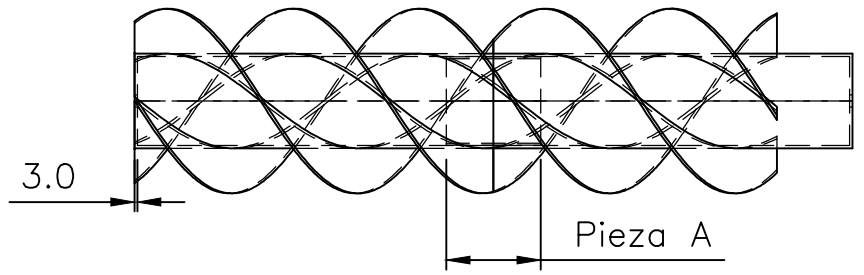
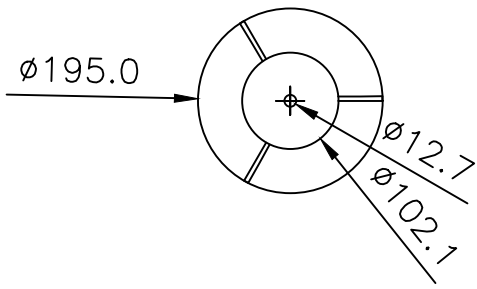
DIRECTOR

Ing. Alan Daniel Cuenca Sánchez., Msc.

Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía | Edificio N. 21 | Área 7 | Oficina 22

Correo: alan.cuenca@epn.edu.ec | **Ext:** 273

Anexo III. Planos Mecánicos



PIEZA A
Escala: 1:4

Otras especificaciones	
Ángulo de la hélice.	42°
Número de hilos	3
Paso	72 (mm)

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

TORNILLO DE ARQUÍMIDES

TRATAMIENTO
TÉRMICO:

MATERIAL: PLA

ESCALA: 1:8

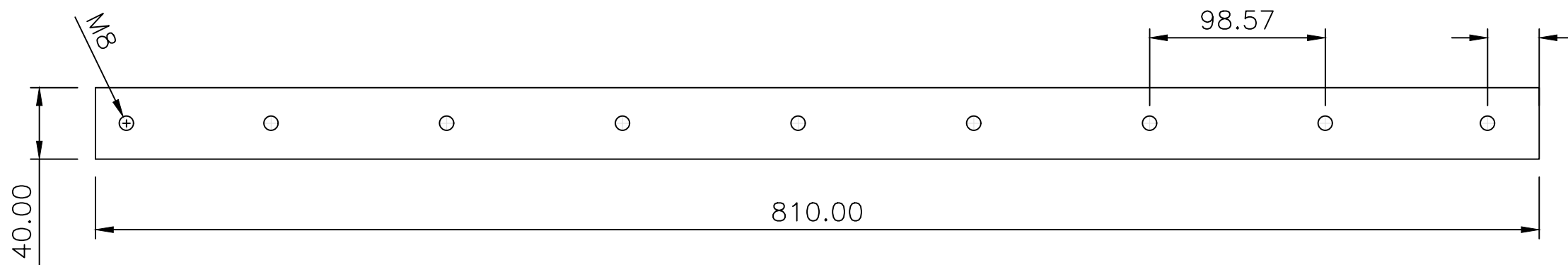
FORMATO: A4

DISEÑADO POR:
Farinango Galeano Willian Alexander

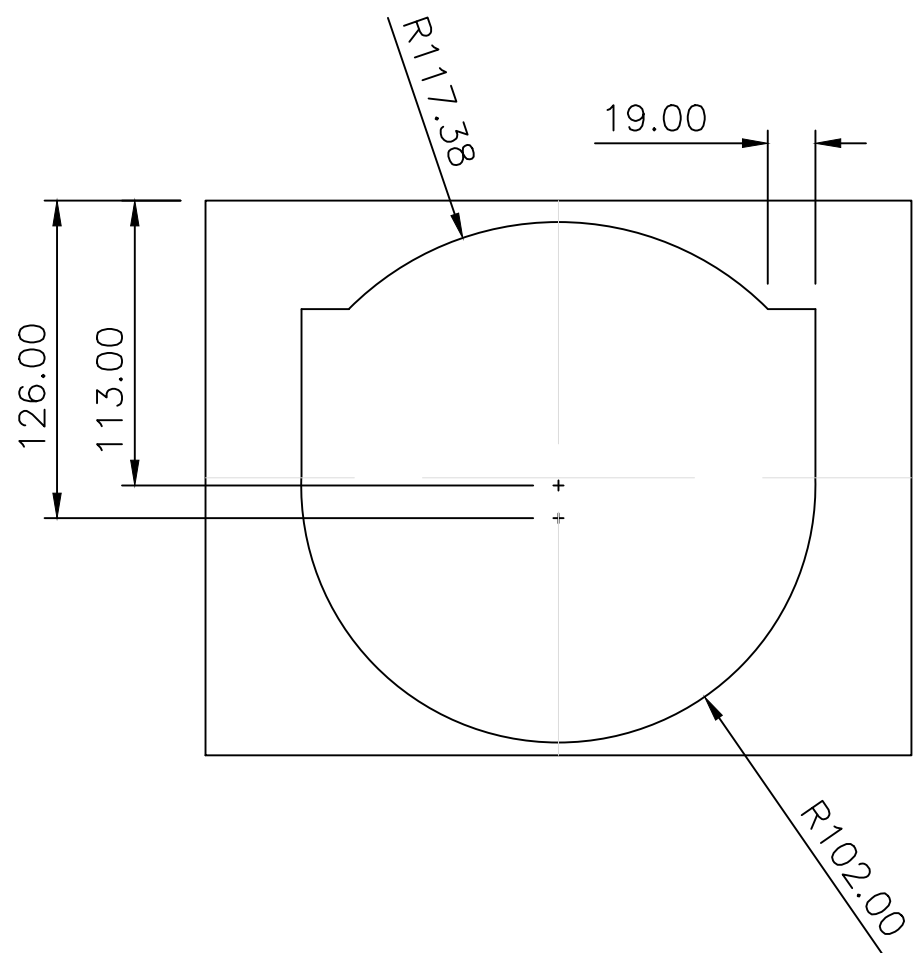
FECHA: 26/01/2022

LÁMINA: 1

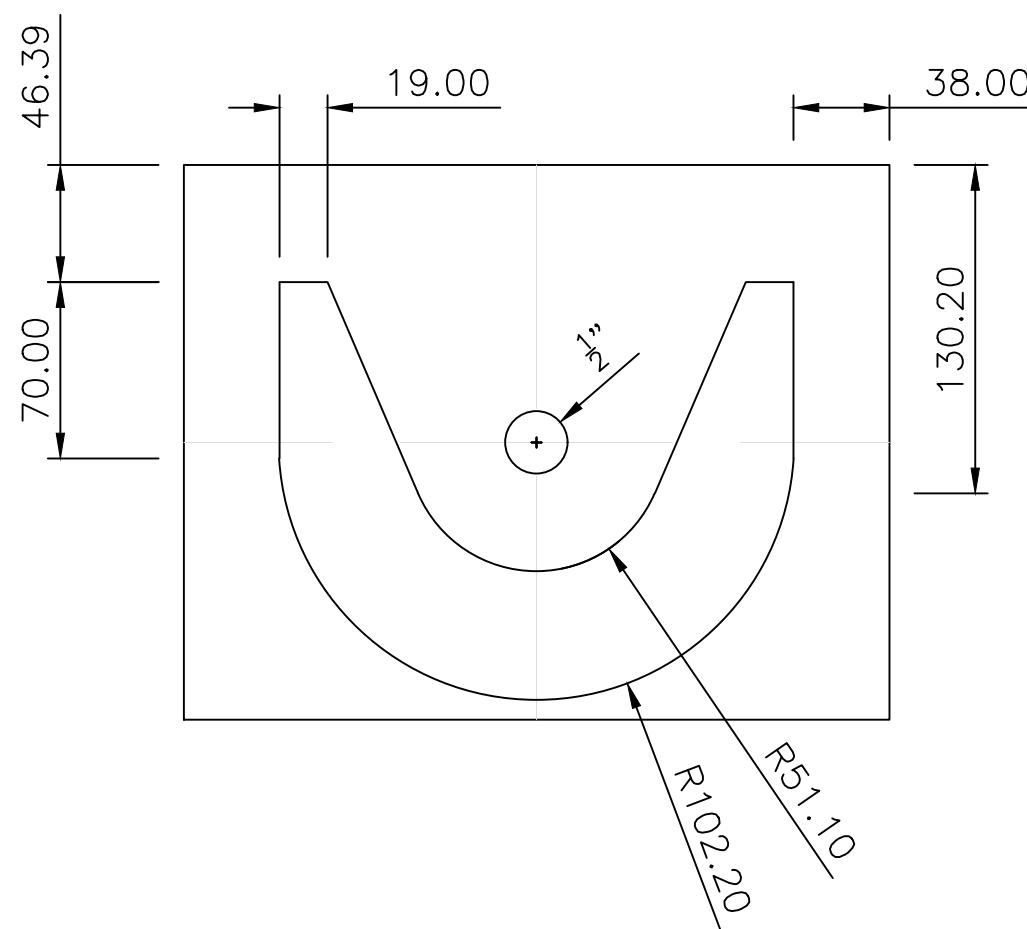
PIEZA 1



PIEZA 2



PIEZA 3



Nombre	Cant.
Pieza 1	2
Pieza 2	2
Pieza 3	1

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

BASE DE LA TURBINA

TRATAMIENTO
TÉRMICO:

MATERIAL: Tol 1.5 (mm)

ESCALA: 1:3

FORMATO: A3

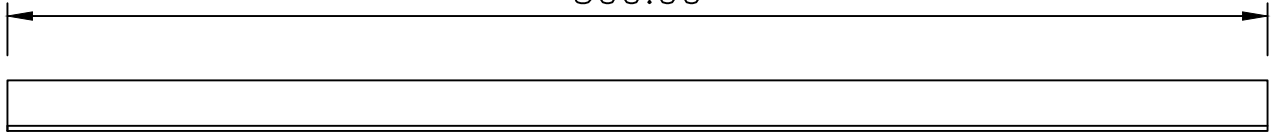
DISEÑADO POR:
Farinango Galeano Willian Alexander

FECHA: 26/01/2022

LÁMINA: 2

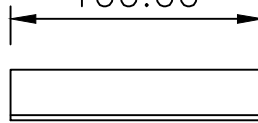
PIEZA 4

500.00

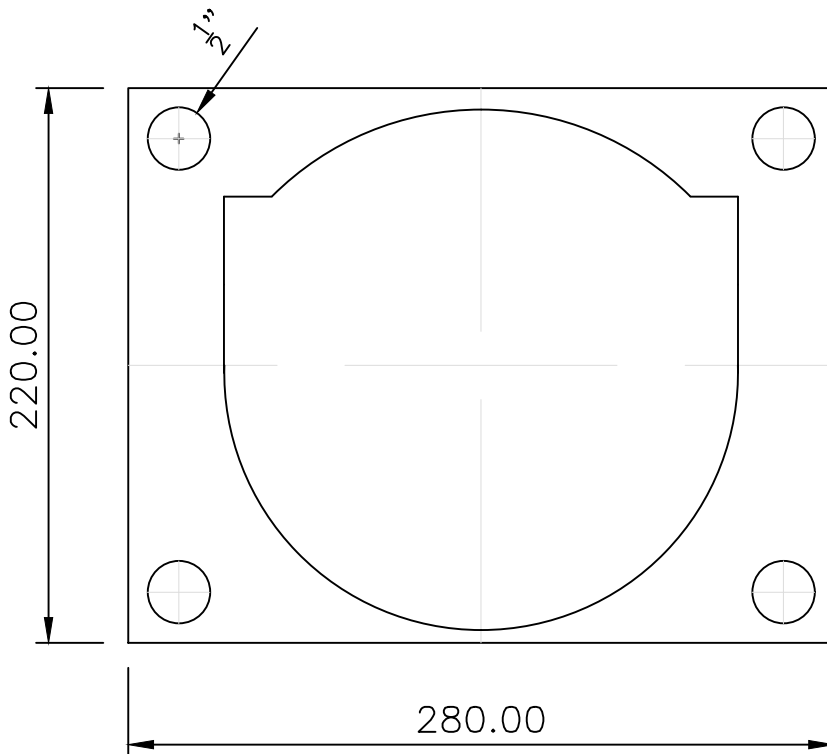


PIEZA 5

100.00



PIEZA 6



Nombre	Cant.
Pieza 4: Ángulo 20x2(mm)	2
Pieza 5: Ángulo 20x2(mm)	2
Pieza 6	1

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

BASE DE LA TURBINA

**TRATAMIENTO
TÉRMICO:**

MATERIAL: Tol 1.5 (mm)

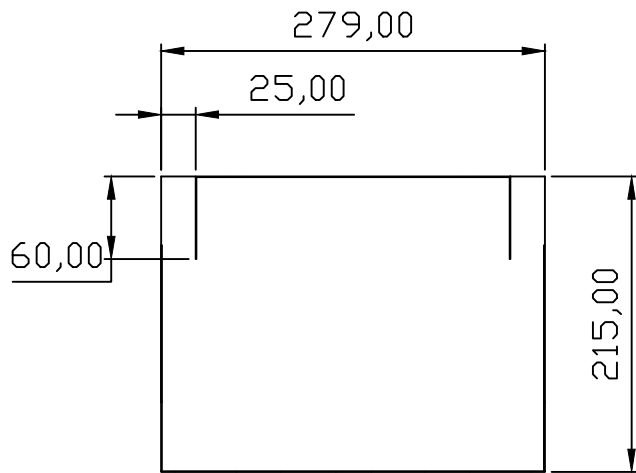
ESCALA: 1:3

FORMATO: A4

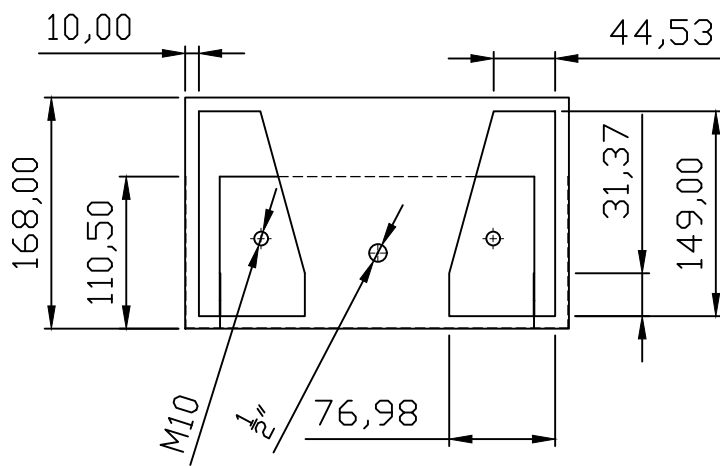
DISEÑADO POR:
Farinango Galeano Willian Alexander

FECHA: 26/01/2022

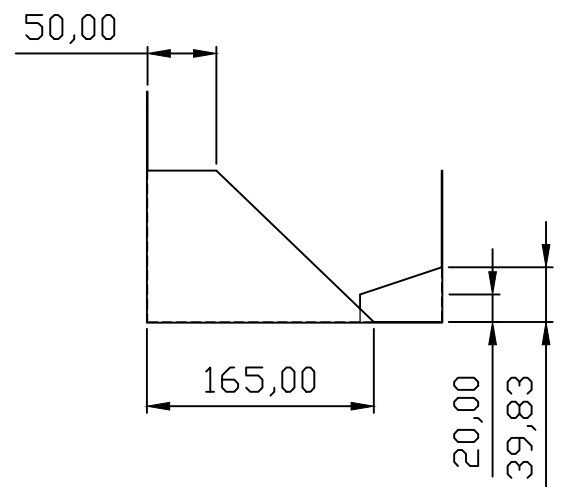
LÁMINA: 3



Vista superior



Vista frontal



Vista lateral

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

**BASE DE LA TURBINA: SOPORTE
PARA GENERADOR Y UNIÓN A
TURBINA**

**TRATAMIENTO
TÉRMICO:**

MATERIAL: Tol 2 (mm)

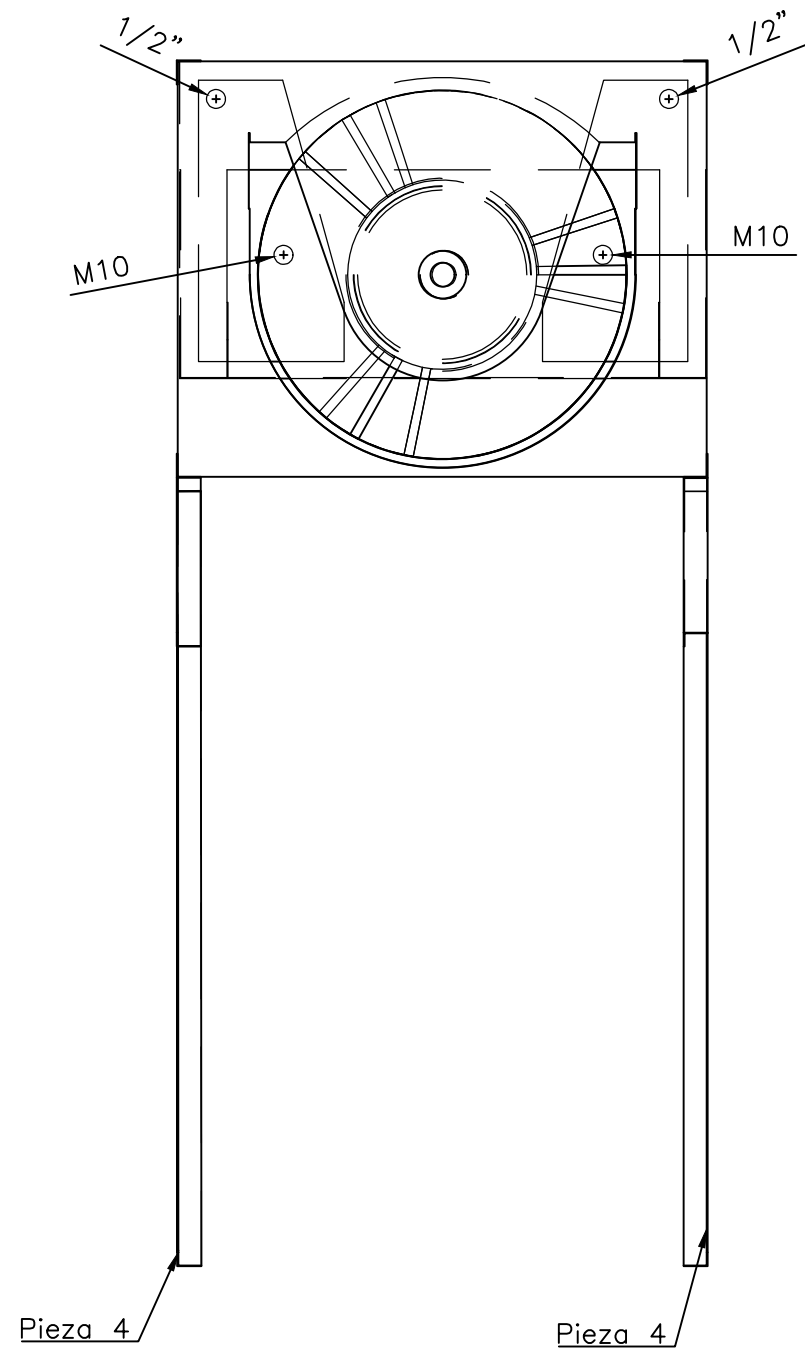
ESCALA: 1:4

FORMATO: A4

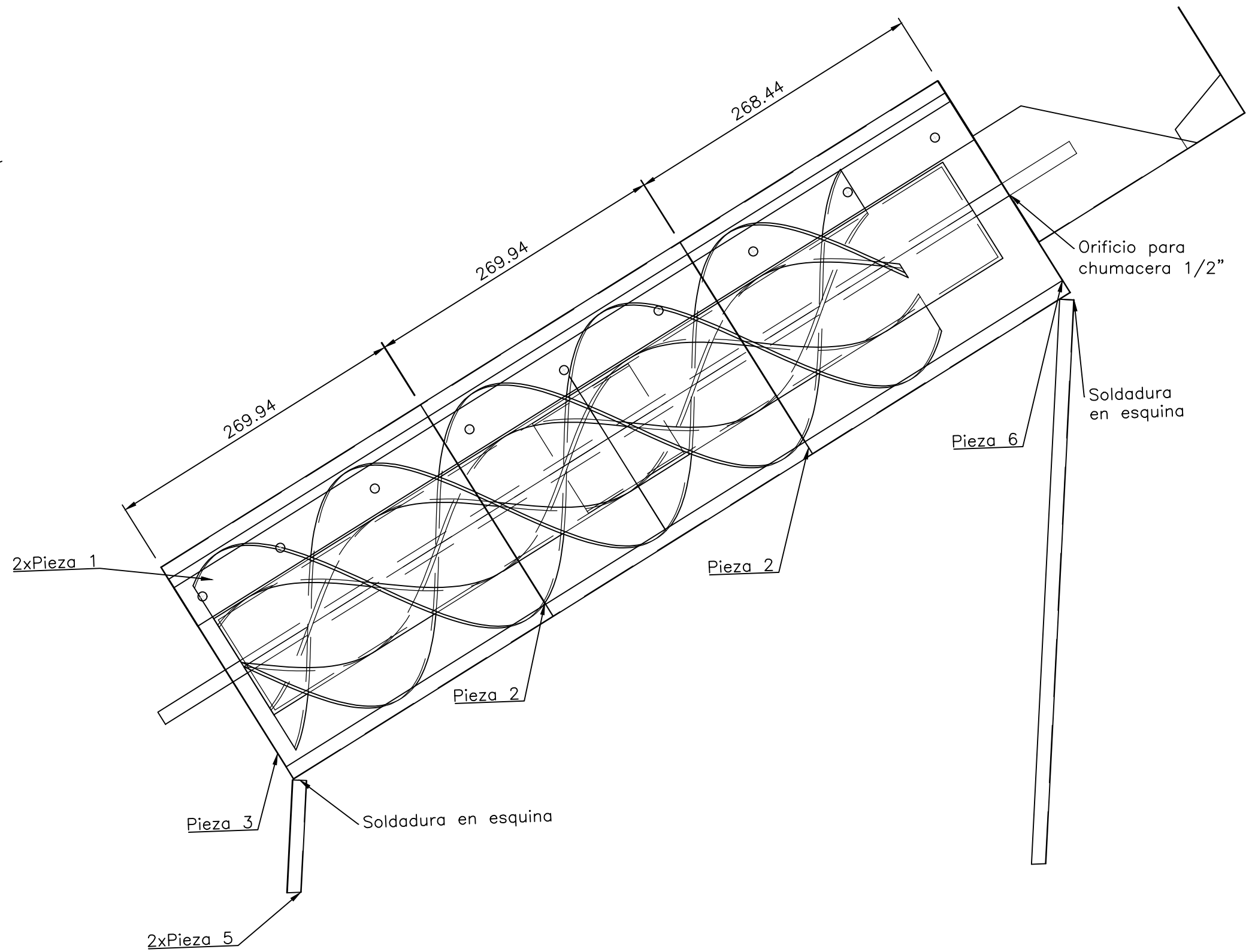
DISEÑADO POR:
Farinango Galeano Willian Alexander

FECHA: 26/01/2022

LÁMINA: 4



VISTA FRONTAL

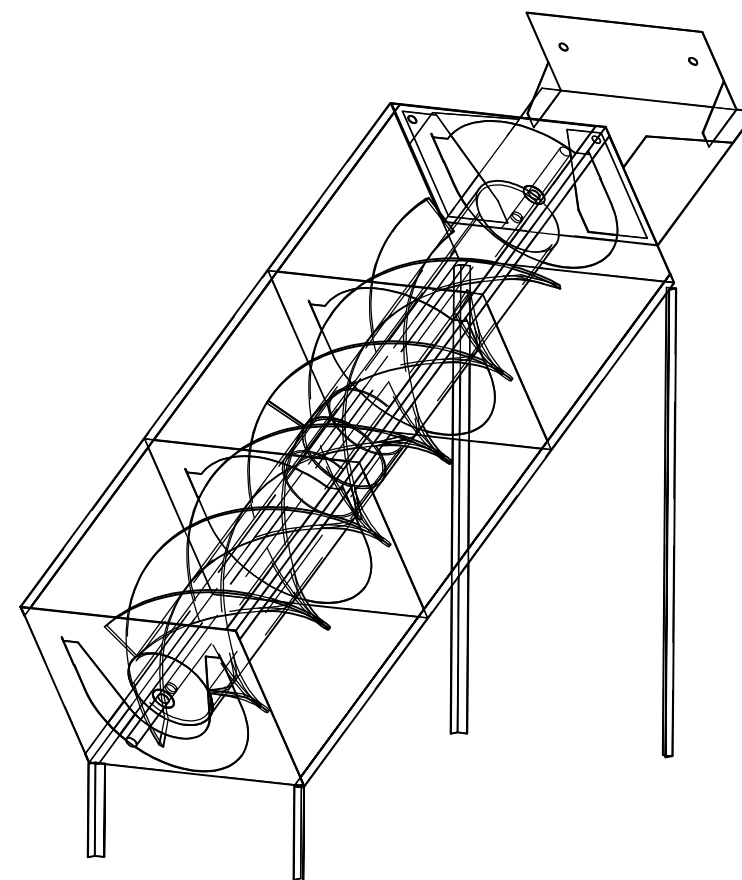
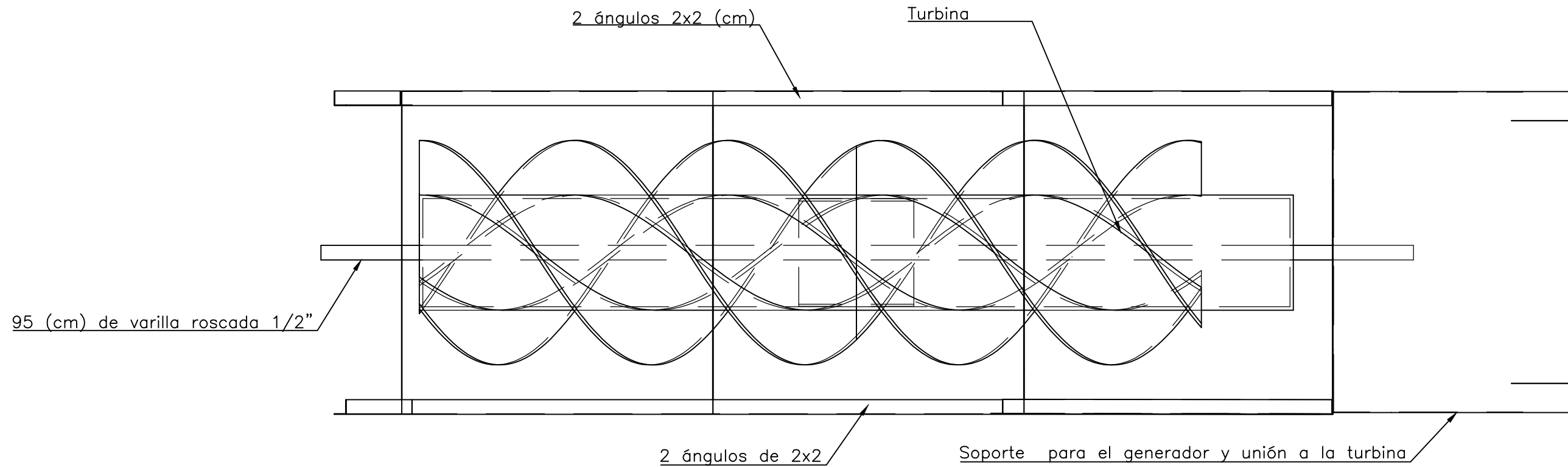


VISTA LATERAL IZQUIERDA

Nota: Las soldaduras realizadas se recomienda hacerlas en MIG, y con acabados en pintura electrostática.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
BASE DE LA TURBINA: ENSAMBLAJE	TRATAMIENTO TÉRMICO:	MATERIAL: Tol 1.5 (mm); ángulos de hierro
	ESCALA: 1:4	FORMATO: A3
DISEÑADO POR: Farinango Galeano Willian Alexander	FECHA: 26/01/2022	LÁMINA: 5

VISTA SUPERIOR



VISTA 3D
Escala (1:8)

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

BASE DE LA TURBINA

TRATAMIENTO
TÉRMICO:

MATERIAL: Tol 1.5 (mm);
ángulos de hierro.

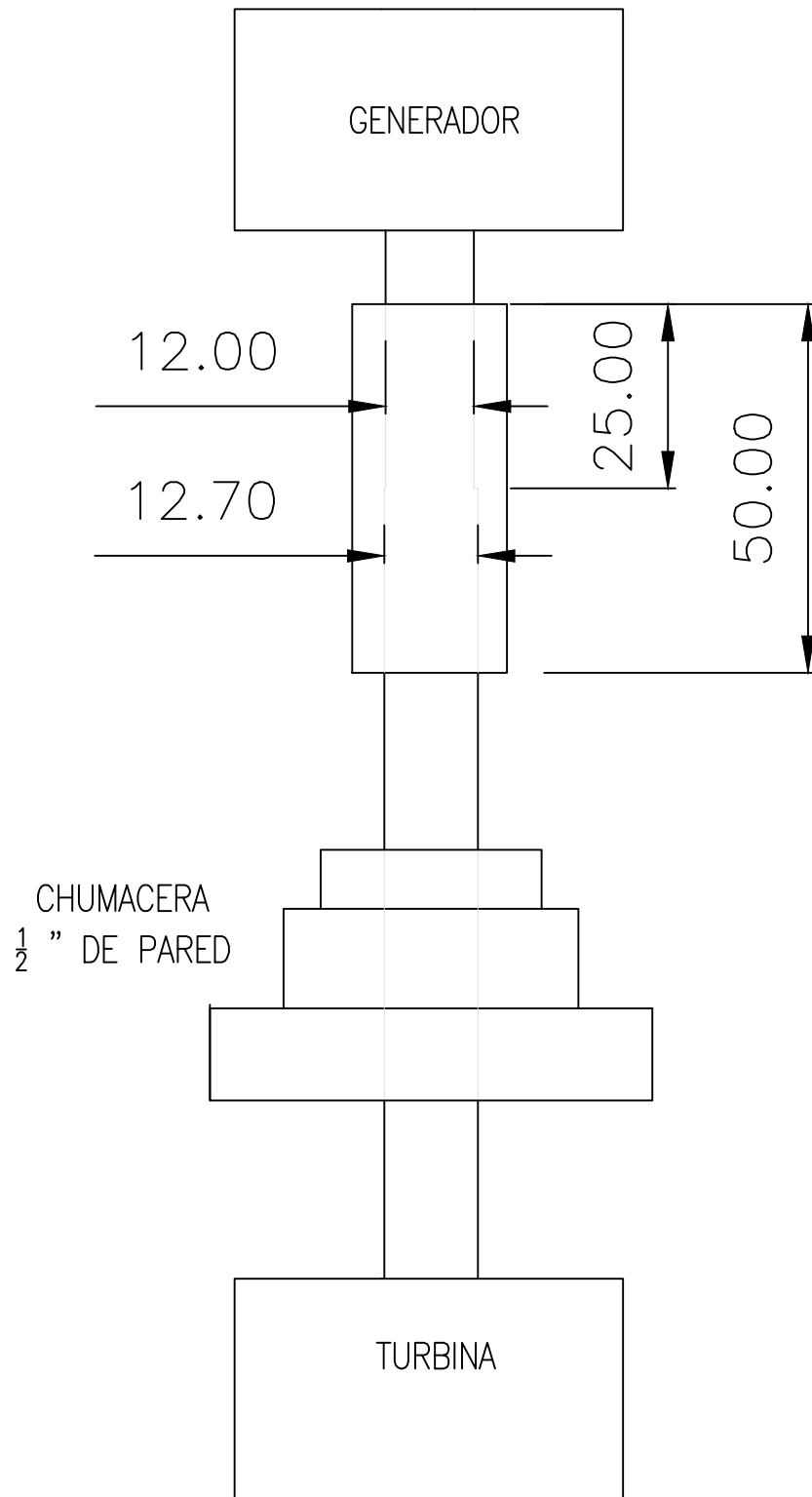
ESCALA: 1:4

FORMATO: A3

DISEÑADO POR:
Farinango Galeano Willian Alexander

FECHA: 26/01/2022

LÁMINA: 6



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

**SISTEMA MECÁNICO DE
GENERACIÓN.**

**TRATAMIENTO
TÉRMICO:**

**MATERIAL: Acople de Acero
A36**

ESCALA: 1:1

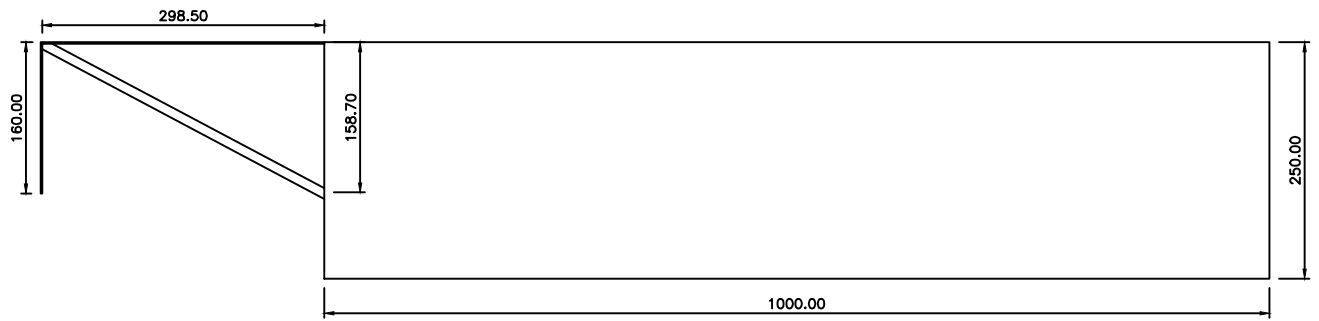
FORMATO: A4

DISEÑADO POR:
Farinango Galeano Willian Alexander

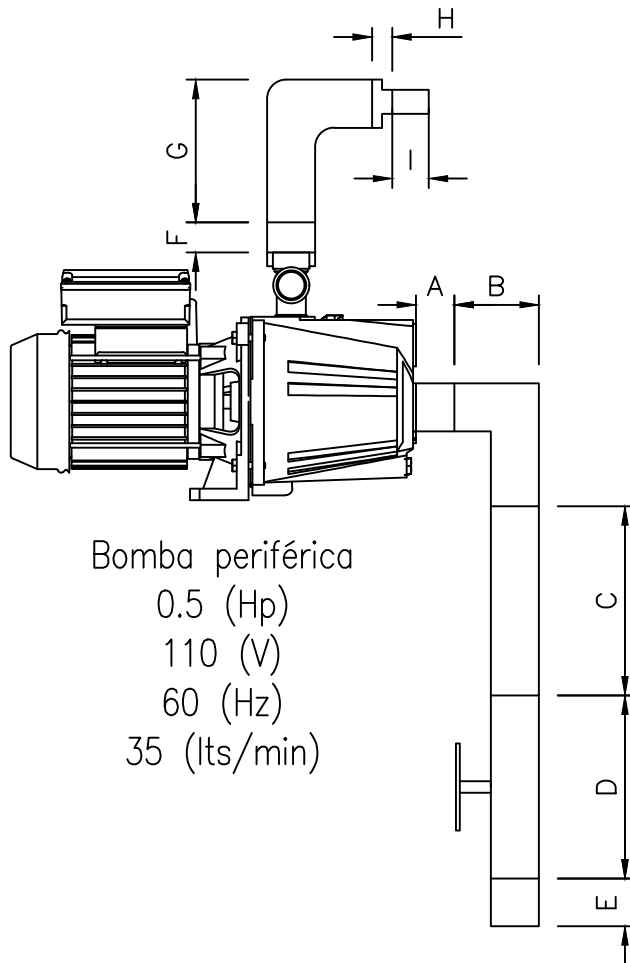
FECHA: 26/01/2022

LÁMINA: 7

Anexo IV. Plano Hidráulico



Recipiente de Almacenamiento.
(Escala 1:8)



Nombre	TIPO
A	Neplo 1" x 3 (cm)
B	Codo 1"
C	Neplo 1" x 10 (cm)
D	Válvula de paso 1"
E	Neplo 1" x 3 (cm)
F	Acople para manguera 1"
G	Manguera corrugada de 1" 50 (cm)
H	Reductor 1" a 1/2"
I	Acople manguera 1"
Recipiente de almacenamiento	Vol. Total: 125 (lts) Vol. Óptimo: 45 (lts)

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

SISTEMA HIDRÁULICO

TRATAMIENTO
TÉRMICO:

MATERIAL: Estanque de tol 1.5 (mm).
Tubos de PVC.

ESCALA: 1:4

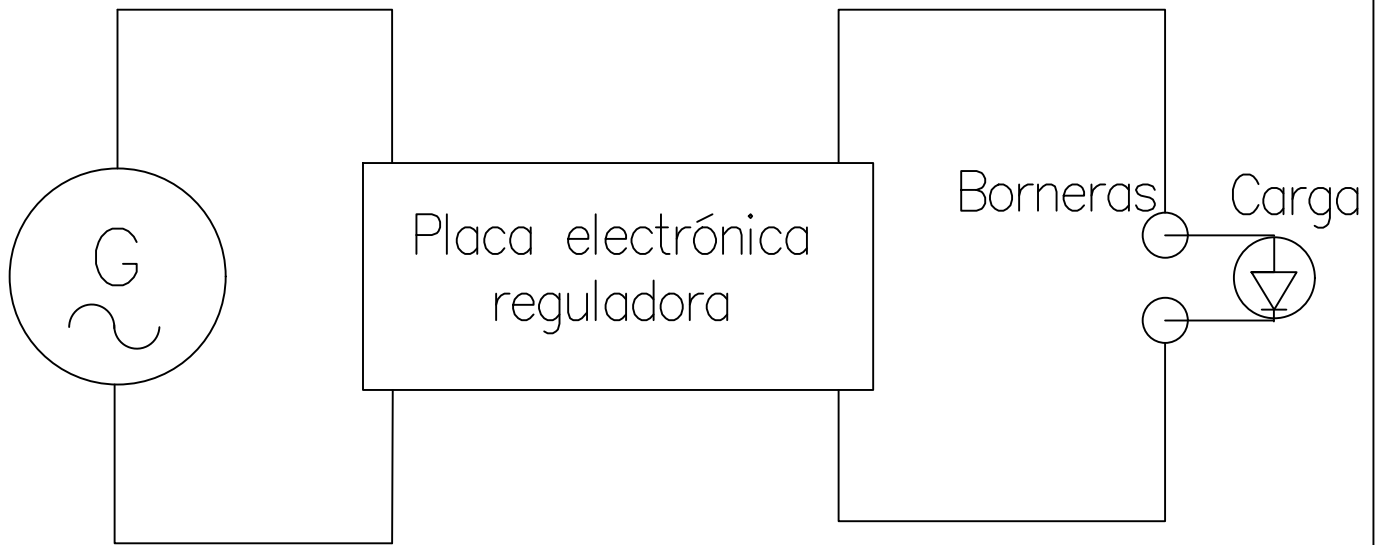
FORMATO: A4

DISEÑADO POR:
Farinango Galeano Willian Alexander

FECHA: 26/01/2022

LÁMINA: 1

Anexo V. Planos Eléctricos



COMPONENTES
Generador: Motor lavadora LG Inverter
Cable flexible 14.
Capacitor 2200 uF
Capacitor 50 uF
Resistencia 100 k
Placa electrónica HW 668
Borneras
Carga LED 3W, 12 V

Nota: La disposición de los componentes para la placa electrónica se detalla en la Figura 2.4.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

**SISTEMA ELÉCTRICO Y
ELECTRÓNICO DE
GENERACIÓN.**

**TRATAMIENTO
TÉRMICO:**

MATERIAL: Varios

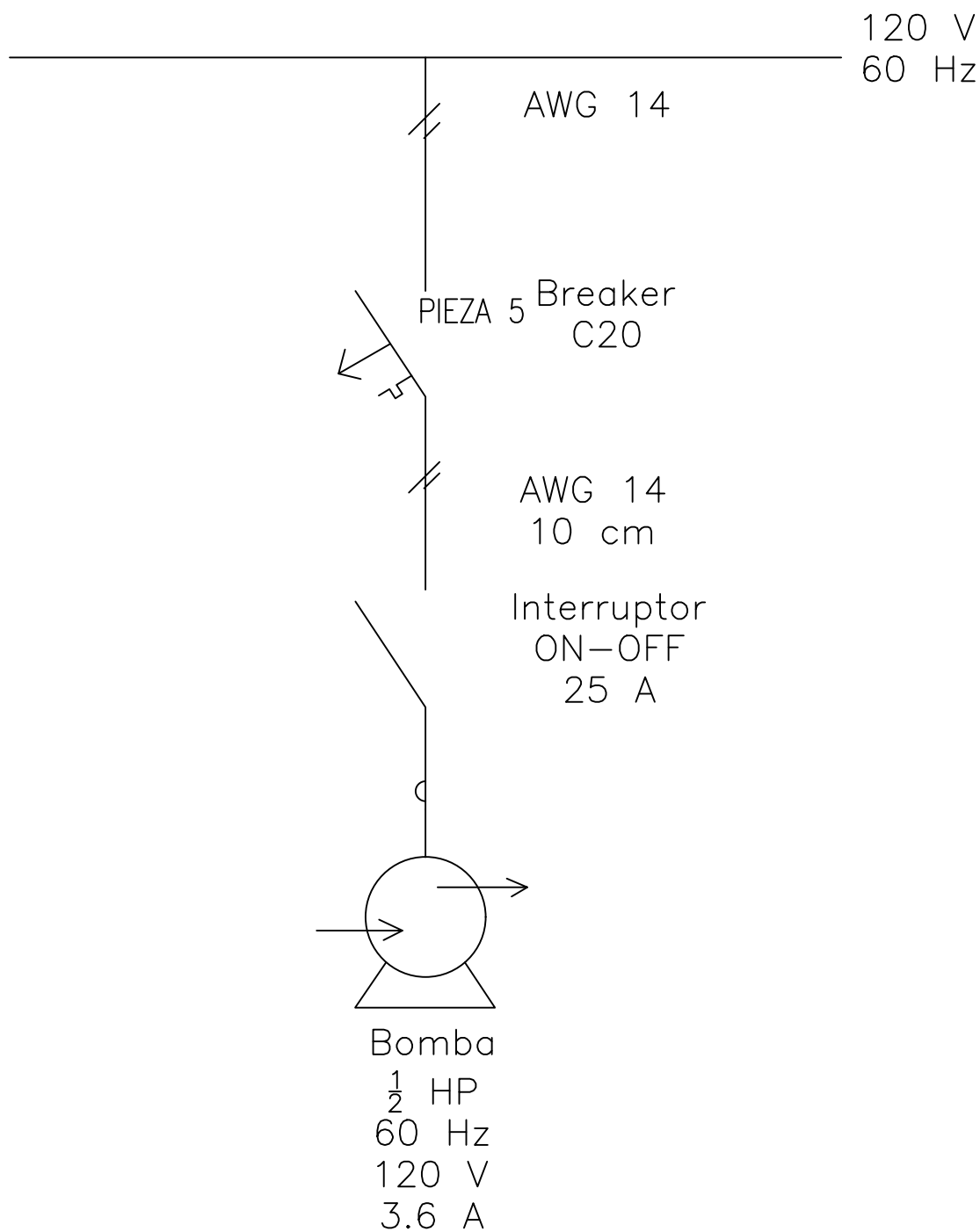
ESCALA: N.A

FORMATO: A4

DISEÑADO POR:
Farinango Galeano Willian Alexander

FECHA: 26/01/2022

LÁMINA: 1



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

DIAGRAMA UNIFILAR ALIMENTACIÓN BOMBA

TRATAMIENTO
TÉRMICO:

MATERIAL: Varios

ESCALA: N.A

FORMATO: A4

DISEÑADO POR:
Farinango Galeano Willian Alexander

FECHA: 26/01/2022

LÁMINA: 2

Anexo VI. Hoja de datos de referencia

Spiral Hydraulic Power Unit "PicoPica"

Manufactured by Sumino Co., Ltd. Japan

November 27, 2020

Specification

Model		PicoPica 10	PicoPica 100	PicoPica 500		
Generator (1)	Rated Power	10W		500W(300rpm)		
	Number of Revolutions	-		100rpm	200rpm	300rpm
	Voltage	6.0V		59.7V	119.7V	178.6V
	Current	0.4A	-	1.00A	2.01A	2.99A
	Power	2.4W		59.7W	240.3W	534.2W
Structural Dimensions (2)	Length	Main Body (L1)	1085mm		3100mm (incl. protrusion)	
		with Foundation (L2) (3)	-		3000mm (incl. protrusion)	
	Width	Main Body (W1)	280mm		656mm	
		with Foundation (W2) (3)	-		764mm	
	Height	Main Body (H1)	385mm		700mm	
		with Foundation (H2) (3)	-		2150mm	
	Weight		17.5kg		Main Body 500kg, Foundation 75kg	

(1) Output mode for PicoPica 100 and PicoPica 500 is three-phase alternating current.

(2) The values of Structural Dimensions are subject to change without notice.

(3) Foundation Frames for PicoPica 100 and PicoPica 500 are optional auxiliary attachments (removable).

Main Components

Model	Pico Pica 10	Pico Pica 100	Pico Pica 500
Spiral Blade	φ 198mm		φ 540mm
Generator	see Specification		see Specification
Rotary Ball Bearings	Inner φ 12mm		Inner φ 40mm
Accelerator	-		Speed increase ratio 4

Auxiliary Attachments

Model	PicoPica 10	PicoPica 100	PicoPica 500
6V LED Light designed for exclusive use	○		-
Battery (1)	-		Optional
Voltage Controller (1)	-		Optional
Foundation Frame (2)	-		Optional

Optional auxiliary attachments are available at cost by order.

(1) Battery and Voltage Controller should be paired and synchronized to the voltage specified by the buyer.

(2) Foundation Frame is designed to provide a 30-degree elevation to the inflow end of the main body when installed on a flat and horizontal (without inclination) channel bed (see Elevation Angle in Effective Channel Conditions below).

Effective Channel Conditions (for reference only)

Model	PicoPica 10	PicoPica 100	PicoPica 500
Channel Platform Length (horizontal)	300mm		780mm
Rated Water-Flow Volume	10L/sec		100L/sec
Hydraulic Head	100mm		700mm
Elevation Angle	-	Inflow end of the main body to be elevated and placed at an angle of 30 degrees against the water surface at the hydraulic head	

Caution: All matters related to electricity must be handled by professional electricians.
The manufacturer shall be free of liability for any accident or mechanical and/or human damage caused by mishandling.

Notes:

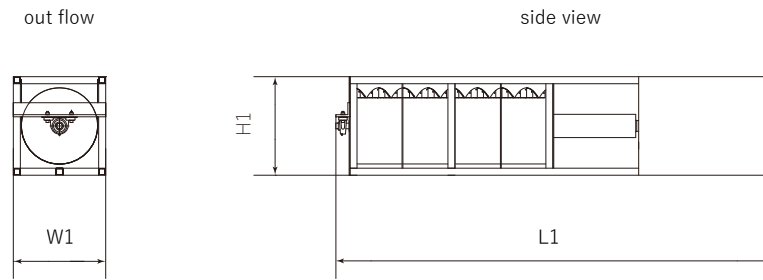
- PicoPica 10 is an educational model and it is not recommended for practical use. It will be shipped in a dismantled form in a cardboard casing.
- PicoPica 100 and PicoPica 500 can be used for practical purposes. Each model will be shipped in a fully assembled form in fumigated wooden casing. Availability of PicoPica 100 is to be announced.
- The rotary ball bearing is subject to wear. However, it can be removed and replaced without difficulty by screwing it off and on. Replacement bearings are available upon order at cost.

Spiral Hydraulic Power Unit "PicoPica500"

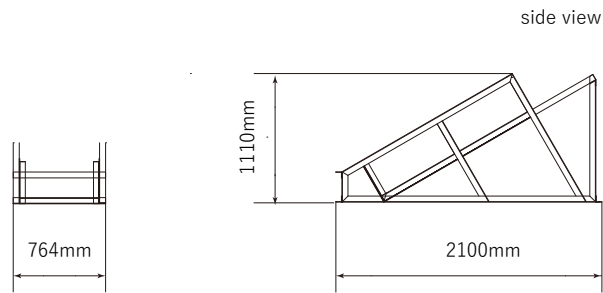
Manufactured by Sumino Co., Ltd. Japan

November 27, 2020

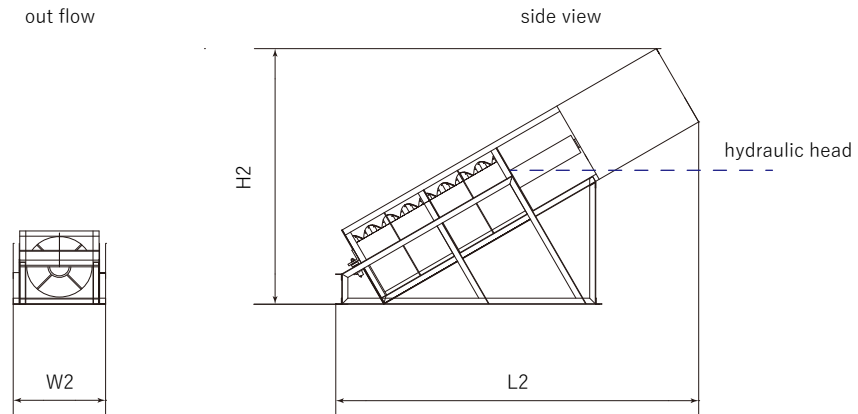
Main Body



Foundation Frame



Main Body attached to Foundation Frame



For stability Foundation Frame is supported on both sides by additional frame work to fit the structure of the channel.



The steel plate(Block Plate) blocks the flow of water to level up the water surface to the hydraulic head.

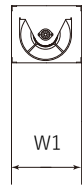
Spiral Hydraulic Power Unit "PicoPica10"

Manufactured by Sumino Co., Ltd. Japan

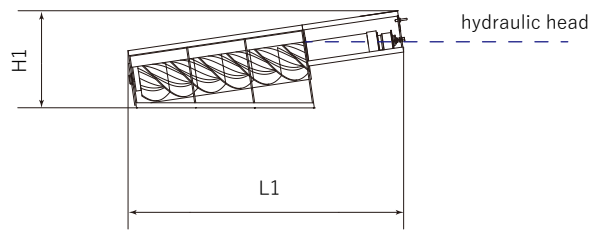
November 27, 2020

Main Body

out flow



side view



Children discussing how to assemble the parts.



PicoPica 10 is structured with an appropriate elevation and a block plate to the inflow end and can be placed as it is on a flat and horizontal channel bed. The 6V LED light is a specially made auxiliary. It lights up when the generator is functioning normally. It can be used to light up the walkway or for security.



PicoPica 10 is shipped in a dismantled form in a cardboard casing. Children will have fun assembling the parts.