



FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA

PROYECTO

DISEÑO Y PROTOTIPADO DE UNA MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE 15KW CON SISTEMA MODULAR EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO 2020
--

DESARROLLADO EN LA ASIGNATURA DE:

DISEÑO DE SISTEMAS MECÁNICOS

PRESENTADA POR:

Flores Lozano, Edwards

Guerrero Rojas, Anthony Jordan

Valenzuela Tello, Jhon

ASESORES:

Ing. Rafael De La Cruz Casaño

Ing. Alberto Jesús Torres Hinojosa

HUANCAYO – PERÚ

2020



AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradecer a nuestros formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarnos a llegar al punto en el que nos encontramos.

Este proceso de formación no ha sido sencillo, hemos logrado grandes objetivos como culminar este proyecto con éxito y culminar este periodo académico con satisfacción.

También nuestros agradecimientos especial a la Universidad Continental lo cual abrió sus puertas para formarnos como profesionales.



Universidad
Continental



Fab Lab
Universidad Continental

DEDICATORIA

A nuestros padres por habernos forjado como las personas que somos en la actualidad, muchos de nuestros logros se los debemos a ellos entre los que incluye este proyecto. A nuestros docentes de la universidad continental que nos ayudan constantemente en resolver nuestras dudas respecto a nuestra carrera.

Gracias



ÍNDICE

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	2
DEDICATORIA.....	3
ÍNDICE	4
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I	9
1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	9
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	9
1.1.1. Problema general.....	9
1.1.2. Problemas específicos	9
1.2. Objetivos.....	9
1.2.1. Objetivo general.....	9
1.2.2. Objetivos específicos	9
1.3. Justificación e importancia	10
CAPÍTULO II	10
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Bases teóricas.....	14
CAPÍTULO III	20
3. METODOLOGIA.....	20
3.1. Resultados esperados	20
3.2. Compresión de la solicitud.....	20
CAPÍTULO IV	23
4. ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	23
4.1. Identificación de requerimientos	23
4.2. Análisis de la solución.....	23
4.2.1. Estructura de funciones	23
• Análisis económico de los conceptos de solución.....	27
4.2.7. Diseño conceptual	28
4.3. Diseño	28
4.4 modelamiento matemático	29
CAPÍTULO V.....	41
5. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS.....	41
5.1. Construcción	41
5.2. Pruebas y resultados	43
5.3. Conclusiones.....	44



5.4. Recomendaciones.....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
Bibliografía.....	45
ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS:

TABLA 1:TIPOS DE TURBINA SEGÚN SU FUNCIÓN.....	17
TABLA 2:DATOS TÉCNICOS DE LOS RÍOS EN JUNÍN	22
TABLA 3:MATRIZ MORFOLOGICA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 4:DATOS TÉCNICOS DE LOS RÍOS DE JUNÍN:.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE FIGURAS:

ILUSTRACIÓN 1:UBICACION DE RIO PATIVILCA	15
ILUSTRACIÓN 2:RIO SHULLCA.....	15
ILUSTRACIÓN 3:FALTA DE ELECTRIFICACIÓN	15
ILUSTRACIÓN 4:TIPOS DE TUBINA.....	16
ILUSTRACIÓN 5:DELIMITACION DE UNA CUENCA	18
ILUSTRACIÓN 6:INDICE DE POBREZA	20
ILUSTRACIÓN 7:MAPA DE POBREZA EN HUANCAYO	21
ILUSTRACIÓN 8:PORCENTAJE DE POBLACION EN JUNIN	21
ILUSTRACIÓN 9:CAJA NEGRA	23
ILUSTRACIÓN 10:PROCESO TECNICO.....	24
ILUSTRACIÓN 11:CAJA BLANCA	25
ILUSTRACIÓN 12:SOLUCIÓN OPTIMA	27
ILUSTRACIÓN 13:DISEÑO CONCEPTUAL	28
ILUSTRACIÓN 14:DISEÑO EN SOLIDWORK DE PROTOTIPO	28
ILUSTRACIÓN 15:CAUDAL EN EL CANAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ILUSTRACIÓN 16:CARCASO DE TURBINA	41
ILUSTRACIÓN 17:SISTEMA DEL ALTERNADO	41
ILUSTRACIÓN 18:TOMA DE AGUA	42
ILUSTRACIÓN 19:MICROCENTRAL HIDROELECTRICA	42
ILUSTRACIÓN 20:CHASIS COMPLETO DEL PROTOTIPO	42
ILUSTRACIÓN 21:PROTOTIPO CON POLEA DE ACERO DE 25 CM	43
ILUSTRACIÓN 22:DESFOQUE DE PROTOTIPO	43
ILUSTRACIÓN 23:PROTOTIPO CON POLEA DE 40 CM	43

ÍNDICE DE ECUACIONES:

ECUACIÓN 1:FORMULA DE EFICIENCIA HIDRAULICA	17
ECUACIÓN 2:TRIANGULO DE VELOCIDADES.....	18



ECUACIÓN 3:FORMULA DE POTENCIA HIDRAULICA	18
---	----



RESUMEN

En las zonas rurales de Junín existe lugares donde el fluido no llega ni llegara por el olvido del gobierno central. Siendo este un problema para el desarrollar su vida con total normalidad ya que se busca brindar calidad de vida y una reorganización en el aprovechamiento de los recursos hídricos que existe en estos lugares.

Este proyecto de diseñar un generador de energía eléctrica con materiales fáciles de conseguir, a bajos costos para la construcción, duradero, de fácil mantenimiento y aprovechando las pequeñas corrientes de agua con la mayor eficiencia para generar energía eléctrica, en las zonas rurales de nuestro país, para el posterior uso en sus diversas formas. La investigación fue tomando datos de las tesis, fabricantes de materiales, y normas técnicas peruanas referidos a la energía eléctrica. Se fabricará un prototipo mediante la impresión de 3D a partir del diseño de software CAD (SolidWorks). Y haciendo un análisis de los resultados. (Presión del sistema, caudal, torque, torsión y flexión) donde se podrá comparar con los resultados obtenidos del prototipo.

Palabras claves: impresión 3D, riachuelos, generador eléctrico.

ABSTRACT

In the rural areas of Junín there are places where the fluid does not arrive or will not arrive because of the central government's oblivion. This being a problem for developing your life with total normality since it seeks to provide quality of life and a reorganization in the use of water resources that exist in these places.

This project to design an electric power generator with materials that are easy to find, at low construction costs, durable, easy to maintain and taking advantage of small water currents with the highest efficiency to generate electric power, in rural areas of our country, for later use in its various forms. The research was taking data from the theses, manufacturers of materials, and Peruvian technical standards related to electrical energy. A prototype will be manufactured using 3D printing from CAD software design (SolidWorks). And doing an analysis of the results. (System pressure, flow, torque, torsion and bending) where it can be compared with the results obtained from the prototype.

Keywords: 3D printing, streams, electric generator.



INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de investigación describe una propuesta llamada diseño de una Micro Central Hidroeléctrica de 15KW con sistema modular para las zonas rurales del Perú, con una metodología propia de ingeniería, analizando y validando cálculos realizados.

En el primer capítulo se revisa el contexto, la problemática, los objetivos y la justificación para el desarrollo de la investigación.

En el segundo se muestra el marco teórico establecidos con los antecedentes del problema, el estado de arte que nos dice todo el estado actual de la tecnología desarrollado en diferentes lugares. Luego de eso se tiene toda teoría y los conocimientos previos para conocer el prototipo.

En el tercer capítulo tendremos los resultados esperados, así mismo tendremos la metodología usada para el desarrollo del prototipo

En el cuarto capítulo se tiene el análisis de la solución y el diseño a si mismo todo lo necesario para la implementación del prototipo aquí se verá las características que debe tener y las limitaciones en este capítulo se complementa con el marco teórico ya que se partió de los conocimientos previos para poder construir el prototipo.

En el quinto capítulo se podrá ver la construcción las pruebas realizadas así como también los resultados y conclusiones

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el departamento de Junín algunos distritos de extrema pobreza no cuentan con algunas necesidades ya que el presupuesto destinado por el gobierno central no abastece para cubrir con las necesidades básicas como la energía eléctrica, para mejorar la calidad de vida de los pobladores de la zona rurales del distrito de Huancayo y sus anexos.

Ante esta necesidad se plantea promover un estudio en el diseño y prototipo de un generador de energía eléctrica mediante el uso de la hidráulica y como objetivo se tendrá el alcanzar una capacidad de 15kw de energía eléctrica con sistemas modulares, para así aprovechar la potencialidad energética de los riachuelos para la generación de energía eléctrica.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

Generar energía eléctrica por medio de una maquina hidráulica con capacidad de 15 kW que pueda abastecer a una población situada en las zonas rurales.

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- Accesos de riachuelos con caudal necesarios para generar la energía eléctrica de manera continua.
- Al terminar la instalación del prototipo deberá tener como mínimo 15 kW para abastecer a la población.
- la maquina no deberá generar problemas ambientales en la zona.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseño y prototipar una micro central hidroeléctrica de 15 kW con un sistema modular.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las Característica de afluentes, accesibilidad topográfica, necesidad eléctrica.
- Seleccionar componentes mecánicos.
- Diseñar la Micro Central Hidroeléctrica.
- Prototipar la Micro Central Hidroeléctrica.

- Conseguir mediante los módulos de 15kW de energía.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

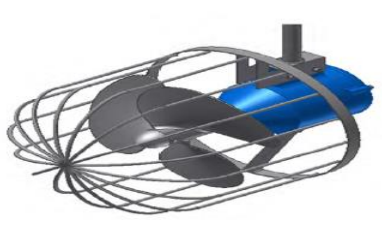
El diseño y construcción de la máquina hidráulica que se propone nace como fruto de la necesidad de la falta de fluido eléctrico en las zonas rurales de Huancayo y anexos. Para ello se realizará por medio de módulos ya que el caudal de los riachuelos no es constante durante todo el año.

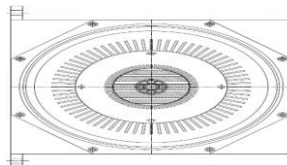
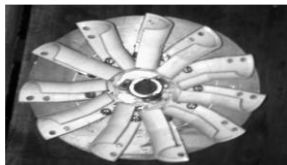
Asimismo, se pretende conseguir 15 kW de energía eléctrica que sería suficiente para abastecer a una fábrica de cualquier tipo de negocio que se desearía realizar en la zona y así generar puestos de trabajo con los mismos pobladores del lugar.

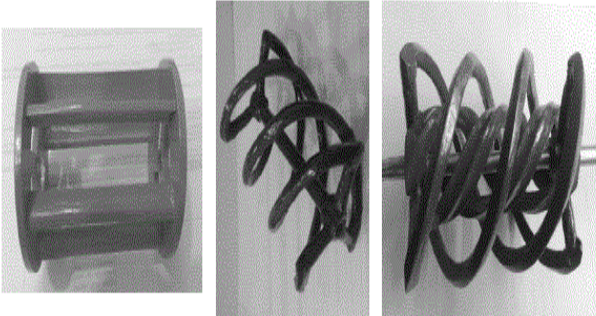
Por lo tanto, esta máquina hidráulica está dirigida a zonas rurales las cuales no cuentan con energía eléctrica por lo que la máquina será eficiente en su operación sin generar ningún perjuicio al medio ambiente ni donde se instale.

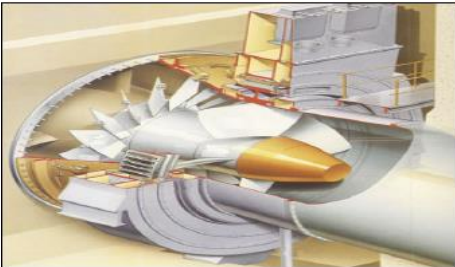
CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Estado	Lugar	Autor	Concepto clave
2017	Lima	AUTOR: • Mendoza Yupanqui Paul Yampier Título: “Diseño de generador hidroeléctrico portable para zonas rurales” URL: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20500.12404/9466	la máquina cumple con los requerimientos y exigencias de diseño que garanticen la generación de 10W de potencia eléctrica. Así mismo gracias a un generador de imanes permanentes acoplado al eje de la turbina en movimiento se puede generar electricidad alterna. Además, se resalta la importancia que significaría el uso de esta máquina en zonas remotas y la implicancia en la calidad de vida de las personas de estas regiones. (Yampier, 2017) 

2013	MEXICO	AUTOR: Martínez Villegas Israel TITULO: “diseño y análisis preliminar para un generador eléctrico de alta velocidad acoplado a una Microturbina.(Microturbogenerador)” URL: file:///C:/Users/HOME/Downloads/TESIS%20(2).pdf	Por lo tanto el objetivo principal de esta tesis es hacer un análisis preliminar para el diseño de un generador eléctrico de alta velocidad que pueda ser operado por un microturbina de gas, el cual llegue a ser una parte integral de un microturbogenerador que genere una potencia de salida de 60 Kilowatts . (israel, 2013) 
2016	colombia	AUTOR: - Javier andres Vargas - Fabian velasquez clavijo - Camilo torres gomez TITULO:”desarrollo de un prototipo de un hidrogenerador eléctrico como alternativa de generación de energía limpia en zonas rurales” URL: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5980557	“El objetivo del proyecto consistió en diseñar e implementar un generador eléctrico a partir de la energía suministrada por una fuente hídrica. La metodología utilizada fue la de un proyecto factible y experimental. La potencia eléctrica generada por el prototipo fue equivalente a un kilovatio de potencia eléctrica y tensión de salida de 12 voltios, con una eficiencia del 95%. El prototipo fue puesto en funcionamiento en un cuerpo de agua cercano al municipio de Villavicencio (Meta), en la Vereda La Argentina con coordenadas geográficas: en latitud 4° 12’6.82” N y longitud 73°38’24.51”O a 546 m sobre el nivel del mar.” (desarrollo del prototipo de un hidrogenerador electrico como alternativa de generacion de energia limpia en zonas rurales, 2016) 

2005	lima	AUTOR: Francisco Maldonado Quispe TITULO: “diseño de una turbina de río para la generación de electricidad en el distrito de Mazan-y región Loreto” URL: https://sisbib.unm-sm.edu.pe/BibVirtu/aldadata/monografias/basic/maldonado_qf/maldonado_qf.pdf	El sistema cuenta además con un generador de imanes permanentes de neodimio ferrítico el cual permite reducir la velocidad de generación por un lado y por el otro obtener un bajo costo del equipo, el mismo que es adaptado al rotor de la turbina de río generando corriente alterna y que a través de un sistema de diodos rectificadores transforma el voltaje de 12 V y potencia 250 W y 360 r.p.m. a corriente continua. Otro componente del sistema es el tablero de control el cual cuenta con instrumentos de medición básicos como voltímetro y amperímetro y los respectivos diodos rectificadores de 12 V. (francisco, 2005) 
2016	Cali Colombia	Autor: - Sergio Antonio Zarate - Orrego, Gerardo Andrés Torres - Casierra, Efraín Baldemar del Risco-Moreno Título: diseño de turbina modelos vórtice para la generación de energía eléctrica de 5KW URL: http://m.repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/161/Requejo_CEG_Cortez_CK.pdf?sequence=1&isAllowed=y	Se evaluó una máquina con alta resistencia a la forma para extraer energía de un arroyo, río o corriente oceánica y generar electricidad de 5KW. Sin los instrumentos adecuados forma un vórtice horizontal que hace girar un rotor cuyo eje impulsa un generador eléctrico. El trabajo experimental realizado mostró que es posible generar electricidad con este dispositivo a pesar de las condiciones adversas en las que fue probado debido a los bajos caudales de 0.9 m3/s solo se utiliza la energía para alumbrados públicos. (zarate orrego , y otros) 

2018	Colombia	AUTOR: • Daniela palma reyes • Cristian David Peña Espitia Título: diseño de una Turbina tipo Kaplan para la generación de energía hidráulica URL: https://www.researchgate.net/publication/267569387_Preliminary_Design_and_Analysis_for_a_High_Speed	El sindicato Energético S.A es una empresa peruana que posee 2 centrales hidroeléctricas de 12.5 MW que poseen turbinas tipo Kaplan y tubulares de alabes regulables donde se puede utilizar en centrales donde la variación de caudal es constante. (palma reyes, y otros, 2018) 
2020	Perú	AUTOR: • Mantari laureano jose luis Título: diseño mecánico de una turbina hidráulica para generación de electricidad en ríos amazónicos URL: https://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualdata/monografias/basic/maldonado_qf/maldonado_qf.pdf	El diseño se concluye con el diseño de un rotor de 3 álabes distanciados a 120° con 2.82m de diámetro que cuenta con un rotor de 1.00m de longitud y que operará con una velocidad mínima de 0.77m/s y una máxima de 1.9m/s Esta generará una potencia de 6.73kW y cumplirá con la demanda anual de la comunidad de Río Santiago con un total de 2445.6kW anual por familia. (luis, 2020) 

2.1. BASES TEÓRICAS

DISEÑO

De acuerdo a su etimología trata de la configuración de objetos bidimensionales y tridimensionales. Además, según (reswich, 1982) “el diseño es una actividad creativa que supone la existencia de algo nuevo y útil sin existencia previa”

Tipos

- Diseño industrial, aquel que trata de diseños de objetos.
- Diseño arquitectónico, aquel que trata d proyectos de edificio, casa, oficina, asimismo de decoraciones de interiores.
- Diseño de moda, abarca el diseño de la indumentaria como son las prendas de vestir accesorio y demás.
- Diseño gráfico, compete a la construcción de todo tipo de mensajes gráficos como lo son revistas, portadas, libros, etc.

SOLIDWORKS

Es un software de diseño CAD 3D, es decir, un diseño asistido por computadora para modelar piezas y ensamblajes en 3 D y planos en 2D. Ofreciendo diversas funciones con el fin de verificar el desarrollo del producto en el proceso. Permitiendo no solo diseñar, proyectar la fabricación, ensamblar y gestionar datos del proceso de diseño.

Historia y evolución

Corporación fundad en 1993 por Jon Hirschtick con sede en Massachusetts. Con En el año 1995 lanzó su primera versión del CAD 3D al mercado y en 1997 fue adquirida por Dassault Systemes convirtiéndose en una filial de ésta. Desarrollando así en 1993 la primera tecnología CAD en 3D ejecutable en la plataforma de Windows. Pero en 1995 lanzando su primera versión al mercado. Siendo hoy en día reconocido a nivel mundial.

Productos

Como todo gran servicio el software SOLIDWORKS trata de cubrir las necesidades del diseñador, ofreciendo lo siguiente:

- SOLIDWORKS CAD 3D, para el diseño mecánico.
- SOLIDWORKS Simulation, para el análisis, calculo y validación de las piezas o ensamblajes, simulando las condiciones que experimentaría en la realidad. Contando este con subproductos para abarcar los distintos aspectos a los que se sometería un proyecto.
- SOLIDWORKS Simulation con tres paquetes disponibles: Simulation Standard, Professional y Premium
- SOLIDWORKS Flow Simulation dedicado a la dinámica de fluidos.

- SOLIDWORKS Plastics dedicado a la simulación de moldes y piezas de plástico con tres paquetes disponibles: SOLIDWORKS Plastics Standard, Professional y Premium.
- SOLIDWORKS Electrical, encargado del diseño eléctrico.
- SOLIDWORKS PCB, para la realización de diseños electrónicos.

MANUFACTURA:

Es el resultado de convertir materias primas en un producto elaborado por medio de un proceso industrial. De ese modo se obtienen los bienes terminados, listos para su venta en los distintos mercados. (javier, 2016)

La creación de una maquina en la manufactura hidráulica es un avance tecnológico e innovador en nuestra zona pues además de solo generar energía eléctrica generara una fuente de oportunidad tanto en lo económico como en lo social.

DATOS BASICOS DE LA INVESTIGACION:

El proyecto se llevará a cabo en cochas distrito de huancayo estar ubicada en el rio pativilca ya que se observa una buena cantidad de agua para poder realizar nuestros módulos.

Ilustración 1:ubicacion de rio pativilca



Fuente:

google maps,2020.

“En esta ubicación el caudal promedio en épocas de avenida alcanza los 5 m³/s y en estiaje su caudal baja hasta 1.5 m³/s esta comparación se da con el rio shullcas” (huancayo, 2020)

Ilustración 2:rio shullca



Fuente:ecsa,2020.

En la figura (N°3) se muestra las deficiencias que tiene el sistema eléctrico en esta población ya que no se cuenta con una supervisión de parte de la empresa supervisora. Siendo esta población afectada tanto en lo social como en lo económico.

Ilustración 3:falta de electrificación



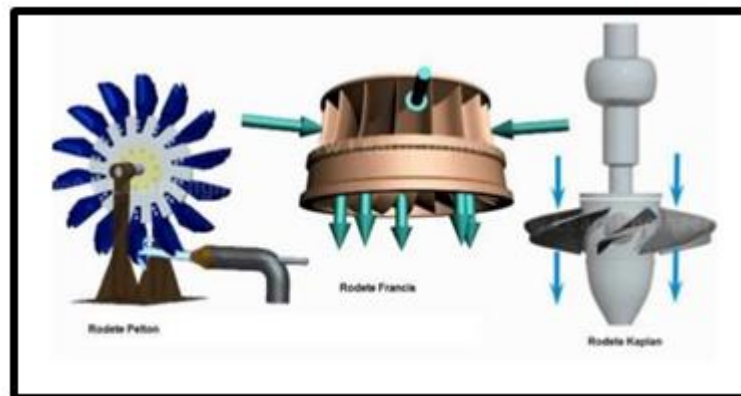
Fuente: diario Perú

21,2020.

TURBINA

Las turbinas son máquinas diseñadas para entregar un momento o par de torsión y potencia en el eje como resultado de la variación de la cantidad de movimiento del fluido que pasa a través de ellas (marcelo, 2007)

Ilustración 4: tipos de turbina



Fuente: (marcelo, 2007)

ANÁLISIS DE TURBINAS

Esta es la relación entre la construcción y dimensiones que posee una turbina y el tipo de flujo o corrientes que se presentan en el movimiento angular de este dispositivo, obteniendo relación alguna, las cuales son medibles, además de comprender la generación de energía producto de la interacción y transformación de movimientos mecánicos en irritación de partículas a través de un material conductor, también se analiza la energía cinética de estas, no solamente con el agua, sino se aplica a otros fluidos como el aire, aceite, etc (ruben, 2019)

TURBINAS DE RÍO O DE CAÍDA CERO

La Turbina de Río no es más que un aerogenerador subacuático con un rotor de dos o tres palas. El rotor se suspende desde un pontón flotante, con la transmisión, generador, etc. por encima de la cubierta. Una turbina de río transforma la energía cinética de una masa fluida de agua.

TURBINAS HIDRÁULICAS

Es la máquina destinada a transformar la energía hidráulica, de una corriente o salto de agua, en energía mecánica. Por lo tanto, toda turbina convierte la energía del agua, manifestada bien en su forma de presión (energía potencial o

de posición) como en la de velocidad (energía cinética), en el trabajo mecánico existente en un eje de rotación (Salas).

TIPOS DE TURBINAS:

Tabla 1: tipos de turbina según su función

TIPO DE TURBINA	ALTURA		
	ALTA	MEDIA	BAJA
IMPULSO	Pelton	Mitchell/ Bankin	Mitchell/ Bankin
	Turgo	Turgo	
	Multi-jet Pelton	Multi-jet Pelton	
REACCIÓN		Francis	Hélice
		(PAT) Pump as Turbine	Kaplan

Es más conveniente clasificar las turbinas en una matriz o cuadro de doble entrada ya que así se puede mostrar las características que los diferencian (cesar, 2011) como se muestran en el siguiente recuadro.

EFICIENCIA DE UNA TURBINA:

Es el cociente o resultado de la división de la energía producida bruta y la energía aprovechable o neta (cesar, 2011)

Ecuación 1: formula de eficiencia hidraulica

$$\eta_t(\%) = \frac{P_a + \delta_a + \delta_v + \delta_c + \delta_g}{\rho \cdot g \cdot Q_t \cdot H_n} 100$$

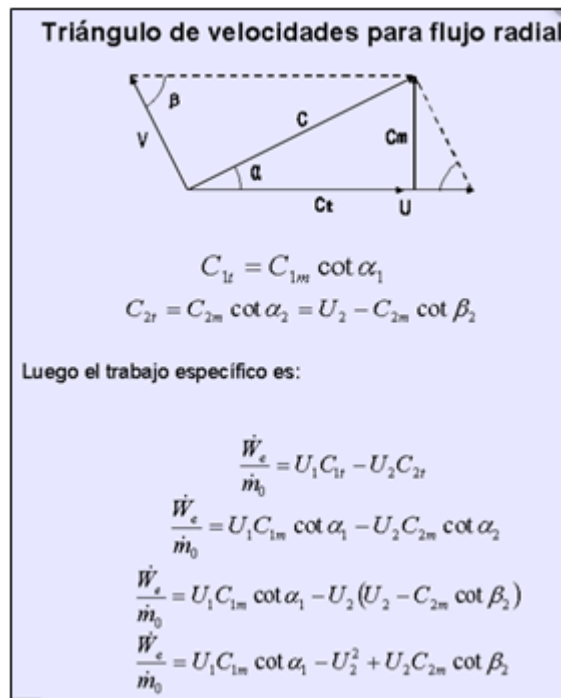
Donde
 P_a = potencia en barras del alternador, en kW;
 δ_a = pérdidas del alternador, en kW;
 δ_v = pérdidas en volantes de inercia, en kW;
 δ_c = pérdidas en cojinetes, en kW;
 δ_g = pérdidas en engranajes, en kW.
 ρ = densidad del agua, en kgm^{-3} ;
 g = aceleración local de la gravedad, en ms^{-2} ;
 Q_t = caudal turbinado, en m^3s^{-1} ;
 H_n = salto neto, en m.

Fuente: (ruben, 2019)

TRIÁNGULO DE VELOCIDADES

El intercambio de energía se obtiene por una acción mutua (acción-reacción) entre las paredes de los álabes y el fluido. La acción resultante del rodete sobre el fluido, será una fuerza, cuyo valor podrá calcularse mediante el principio de la cantidad de movimiento. Calculada esta fuerza, y su momento con relación al eje de la máquina, el cálculo de la energía que la máquina comunica al fluido es inmediato. De la misma manera se obtiene la energía que el fluido comunica a la máquina en una turbina. La energía que el fluido intercambia con el rodete puede ser de dos clases: energía de presión y energía cinética. La ecuación que expresa la energía por unidad de masa intercambiada en el rodete es la ecuación de Euler. Esta ecuación constituye una base analítica para el diseño del órgano principal de una turbomáquina: el rodete. La ecuación es de tal importancia que recibe el nombre de ecuación fundamental.

Ecuación 2: triángulo de velocidades



Fuente: (cesar, 2011)

POTENCIA DE TURBINA

La potencia es la energía teórica aprovechable la cual es calculada idealmente, está dada por la siguiente expresión (gonzalo, 2011)

Ecuación 3: fórmula de potencia hidráulica

$$P = 9.81 H_n Q \eta \text{ [kW]}$$

Donde:

- H_n : Cabeza neta de diseño en metros.
- Q : Caudal nominal en m^3/s .
- η : Eficiencia de la turbina.

Fuente: (gonzalo, 2011)

LA CUENCA HIDROGRÁFICA

Es el espacio o lugar en donde se logra extender cualquier tipo de flujo de agua que sea significativa, en cuyos alrededores se desarrollan diferentes tipos de vida e incluso poblaciones o asentamientos humanos (docs, 2011)

Ilustración 5: delimitación de una cuenca



Fuente: (docs, 2011)

CANTIDAD DE MOVIMIENTO

La fórmula de cantidad de movimiento en mecánica de fluidos se basa a partir de la Segunda Ley de Newton, en la que se afirma que la razón de cambio de la cantidad de movimiento un punto o ubicación de algún fluido es igual a la resultante de las fuerzas que actúan en esta dicha parte. Actualmente se aprecian múltiples variaciones de dichas ecuaciones (R., 2003)

ALTERNADOR

Un alternador es una máquina eléctrica, capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando una corriente alterna mediante inducción electromagnética.

Los alternadores están creados, siguiendo el principio de que, en un conductor sometido a un campo magnético variable, durante un determinado tiempo se va a inducir una tensión eléctrica o fuerza electromotriz, cuya polaridad depende del sentido del campo y el valor del flujo que lo atraviesa (autofacil, 2020)

FLUIDO

De aquí podemos definir al fluido como una sustancia en estado líquido o que posee las propiedades de un líquido como es desplazamiento y la forma no definida lo que le permite fluir.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGIA

3.1. RESULTADOS ESPERADOS

- Se espera alcanzar los 15 kW de forma modular y en serie par así aprovechar un solo canal según el diseño.
- Se espera que la micro central hidroeléctrica abastezca por lo menos 10 hogares o generar fluido eléctrico que permita el funcionamiento de un motor de 3 Hp de manera continua y las 24 horas.
- Se espera que el prototipo sea de materiales comerciales y que estén al alcance del bolsillo del cliente, ya sea para un cambio de repuesto o mantenimiento.
- Se espera que el prototipo sea de fácil mantenibilidad y que permita realizar el montaje y mantenimiento con 2 personas.
- Se espera que los cálculos obtenidos y el resultado de la simulación concuerden con el prototipado final del diseño.
- Se espera que el prototipo realizado sea eficiente y poder determinar el número de equipos alcancen los 15 kW.

3.2. COMPRESIÓN DE LA SOLICITUD

Ilustración 6: índice de pobreza



Fuente: diario correo huancayo

En Junín habría más de 336 mil personas en esa condición ubicando a la región en el onceavo lugar.

A nivel nacional el 20% de la población se encuentra en situación de pobreza, más de 6.4 millones, informo el instituto de Estadísticas e Informática (INEI). En tanto la región Junín está en el tercer grupo de incidencia de pobreza que va entre 21.6% y 24,6% (Vivanco, 2020)

Ilustración 7: mapa de pobreza en huancayo



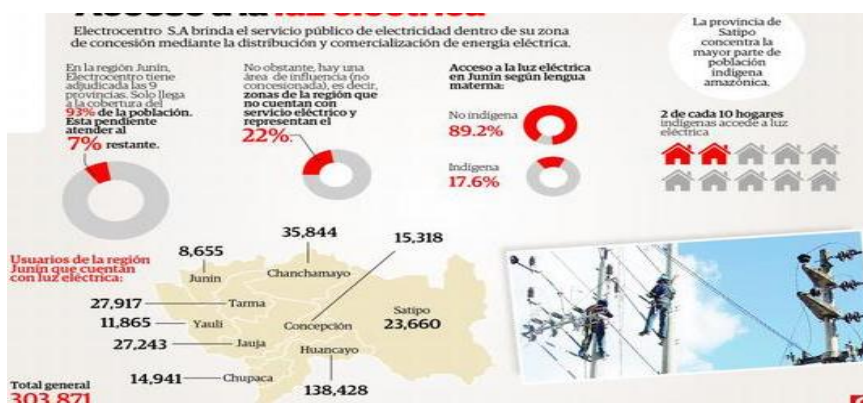
Fuente:inei

El INEI

presento el mapa de pobreza Provincial y Distrital, en donde se precisan cifras de los 28 distritos que conforman la provincia de Huancayo.

Según las cifras de la entidad estadística, el distrito con mayor tasa de pobreza en Huancayo es Chacapampa, que tiene 888 habitantes y de estos el 50.9% y 68.9% son pobres, seguido se encuentra Huacrapuquio que tiene 1,284 habitantes y de estos el 34.2% y 51.5% son pobres, Viques con 2,222 habitantes y el 8.3% al 41.1% son pobres, Sicaya con 7.988 habitantes cuenta con 22.1% y 31.3% de pobreza (INEI, 2015)

Ilustración 8: porcentaje de población en junin



Fuente:

diario corre, morales rojas.

El 7% de la Población de Junín no cuenta con electricidad.

Electrocentro tiene un área de concesión en la región de Junín, lo cual tiene una cobertura del 93% de la población, y que falta el 7% sin embargo se cuenta con proyectos de ampliación (Morales Rojas, 2015)

Cuenca del Mantaro:

Tiene su origen en el nudo de Pasco, en la laguna de Junín o Chinchaycocha. Hace su recorrido sobre la vasta meseta del Bombón, en dirección al sur este, formando un importante valle aluvial llamado Valle del Mantaro, de gran producción agrícola, donde se localizan importantes ciudades como La Oroya, Jauja, Concepción y Huancayo. La cuenca de río Mantaro está conformado por las subcuencas en ambas márgenes (Junin, 2011)

Rio Mantaro:

Es un río de una longitud de 265 Km, que nace del río Chinchaycocha y el río San Juan, a lo largo de su recorrido este río tiene varios afluentes entre ellos se tiene los ríos: Conococha, Tingo, Santa Ana, Shiricancha, Atoc Huarco, Yauli, Huari, Pachacayo, Quishuarcancha, Yacus, Seco de Apata, Axchamayo, Cunas, Shullcas y Chanchas, por la conformación del lecho del río accidentado, siendo torrencial en algunos tramos amplio hasta el terminar el Valle del Mantaro.

Este río cuenta con un caudal que varía de 37.10 m³/s a 293.00 m³/s reporte de la Estación en el puente Stuart. En el presente estudio se reporta que el río Mantaro presenta velocidad media de 1.16 m/s y velocidad máxima de 2.57 m/s.

Tabla 2:datos técnicos de los ríos en Junín

RIO	CAUDAL (m ³ /s)	ALTITUD (m.s.n.m.)	CORDENADAS		USO
			E	S	
1. Río Canipaco	4.34	3184	0495706	8612133	Riego
2. Río Chanchas	0.551	3308	0476393	8660483	Riego
3. Río Sulcas	1.432	3342	0480046	8671968	Riego y consumo humano
4. Río Cunas	6.28	3348	0458584	8668579	Riego y consumo humano
5. Río Achamayo	3.05	3360	0468325	8685529	Riego y consumo humano
6. Río Seco (Apata)	0.312	3373	0465108	8692632	Riego y consumo humano
7. Río Yacus	3.486	3382	0447761	8700988	Riego y consumo humano
8. Río Grande	0.643	3472	0439815	8700005	Riego
9. Río Quishuarcancha	1.082	3429	0437186	8697371	Ninguno
10. Río Pachacayo	12.864	3658	0420583	8693056	Riego y energético
11. Río Huari	6.654	3668	0410079	8713089	Ninguno
12. Río Yauli	1.282	3887	0395046	8718183	Ninguno
13. Río Atoc Huarco	0.452	3939	0400107	8738281	Riego
14. Río Shiricancha	0.76	3963	0382716	8741391	Ninguno
15. Río Santa Ana	2.48	3985	0378852	8697371	Riego
16. Río Tingo	0.85	3992	0371932	8758294	Riego
17. Río Conocancha	3.40	3990	0371335	8756849	Riego
18. Río Chinchaycocha	6.46	4089	0361647	8792444	Riego
19. Río San Fernando	5.24	1086	0538422	8674333	Ninguno
20. Río Pariahuanca	6.16	1328	0530453	8666913	Ninguno

Fuente: (Junin, 2011)

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS

4.1.1. Requerimientos generales:

Los requerimientos generales se basan en las cualidades que debe presentar el prototipo:

- El prototipo debe ser de fácil mantenimiento para los pobladores de las zonas rurales.
- El prototipo debe ser de bajo costo y con materiales acorde al mercado local.

4.1.2. Requerimientos mecánicos:

Los requerimientos mecánicos del sistema que se debe cumplir son los siguiente:

- El prototipo no debe pesar más de 20 kg.
- La turbina deberá girar a un torque necesario
- El prototipo de deberá sobrepasar las dimensiones de 1mx 2m
- El prototipo será capaz de generar energía eléctrica por medio del torque sin generar alteración en el entorno donde será instalado

4.1.3. Requerimiento eléctrico

Los requerimientos eléctricos del prototipo que se debe cumplir son los siguientes:

- El prototipo deberá recibir un caudal máximo de 1.432 para generar energía eléctrica de 15 kw.
- El sistema de almacenamiento deberá de ser d época complejidad.
- El sistema deberá contar con inversor y alternador.

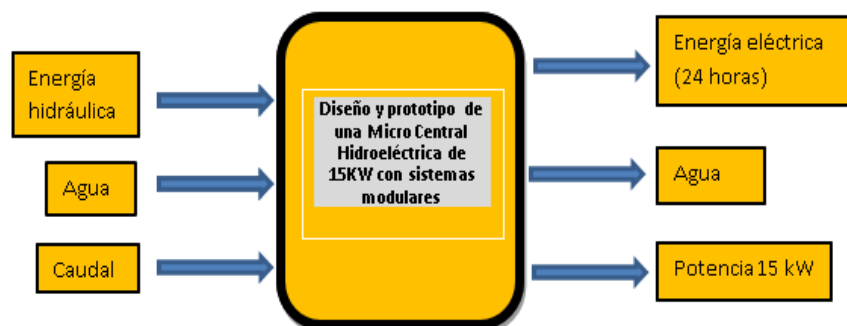
4.2. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN

4.2.1. ESTRUCTURA DE FUNCIONES

Se realizará u análisis basado en la caja negra teniendo como entradas el tipo de energía, material y señal para obtener como salida los resultados de cada uno de las entradas e iremos desglosando el funcionamiento del prototipo.

Fuente: elaboración propia, 2020.

Ilustración 9:caja negra



ENTRADAS:

- Material: agua con caudal
- Energía: energía cinética de un riachuelo

SALIDAS:

- Material: agua con caudal ya suministrado
- Energía: energía eléctrica
- Señal: indicador de un buen funcionamiento del generador.

4.2.2. Secuencia de operaciones:

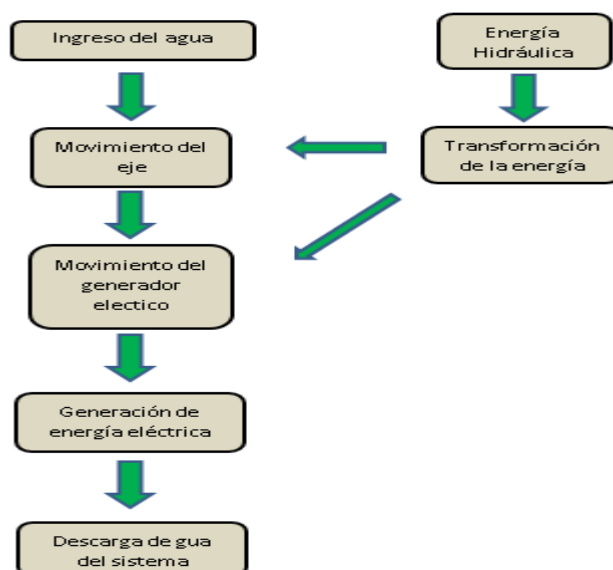
La distribución de los procesos dependerá del diseñador deberá estar basado en los sistemas técnicos y las secuencias de las operaciones que tendrá el prototipo.

- Admisión de agua.
- Bocatoma
- Canalización de agua
- Paso de agua por la turbina
- Transmisión de energía mecánica al generador
- Conversión de energía mecánica a eléctrica
- Desfogue del agua al río.

4.2.3. Procesos técnicos

Los procesos técnicos es un esquema donde se puede observar como es el funcionamiento del prototipo para tener una idea clara del sistema como será.

Ilustración 10: proceso tecnico

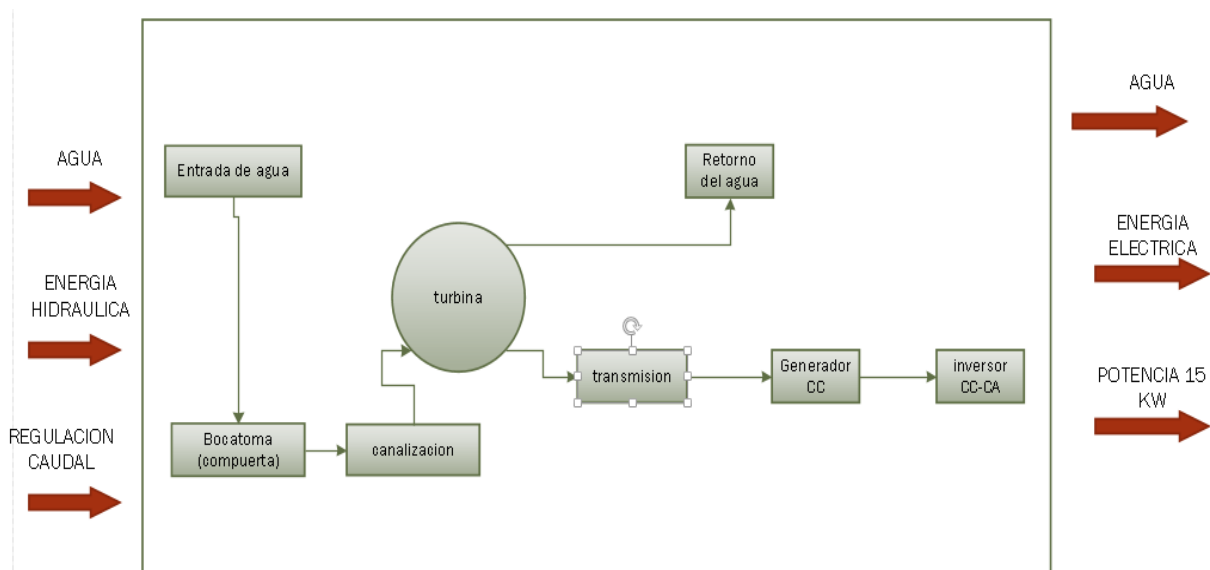


Fuente: elaboración propia, 2020.

4.2.4. estructura de funciones

la estructura de funciones es un esquema donde se puede observar las secuencias que seguirá el prototipo, pues aquí se deberá cumplir con las consideraciones del trabajo que realizaría.

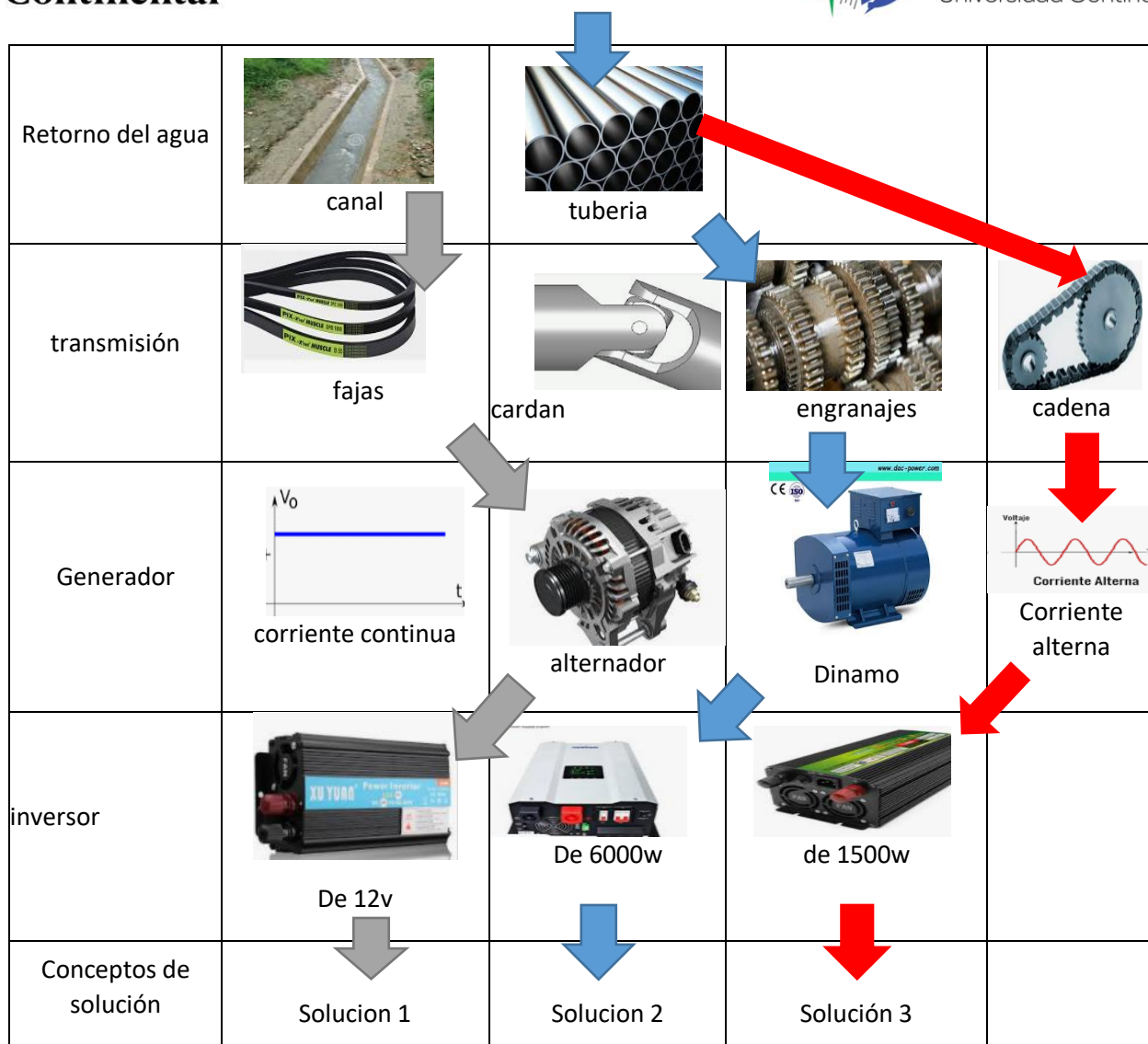
Ilustración 11:caja blanca



Fuente: elaboración propia, 2020.

4.2.5. matriz morfológica

FUNCIONES PARCIALES	PORTADORES DE FUNCIONES (características o principios de solución)			
	1	2	3	4
entrada	 presa	 bocatoma	 desvió	
Regulación de caudal	 compuerta vertical	 compuerta radial	 Compuerta mariposa	tipo
canalización	 canal	 tubería		
turbina	 savonius	 Rueda hidráulica		



Fuente : elaboración propia,2020.

4.2.6. análisis técnico y económico

- Análisis técnico de los conceptos de solución

Peso	criterio
1	Pésimo
2	aceptable
3	regular
4	bien

CRITERIO TÉCNICO	VARIANTES				
	A	B	C	D	E
Canalización del fluido	4	3	2		
Eje central.	3	3	3		

Cojinetes.	4	3	3		
Compuerta de parada de emergencia	2	2	2		
Generador eléctrico.	5	2	4		
Multiplicador y sistema de trasmisión.	5	4	4		
Acumulador de energía	2	2	2		
TOTAL	25	19	20		

- Análisis económico de los conceptos de solución.

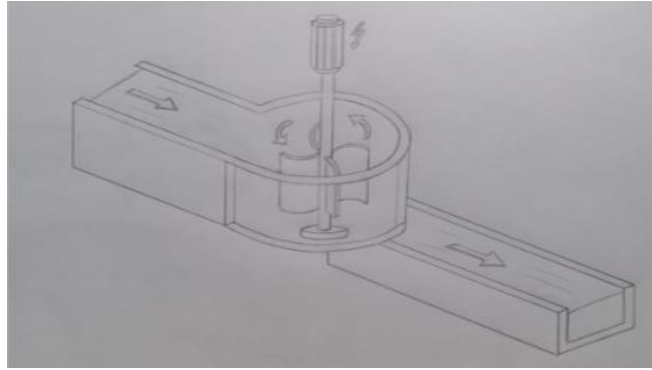
Proyecto: Diseño y Prototipado de una Micro Central Hidroeléctrica de 15 Kw con sistema Modular					Diseño de Sistemas Mecánicos					
p: puntaje del 0 al 4					0 = No Satisface		2 = Regular			
g: Peso ponderado en función de los criterios de evaluación					1 = Aceptable a las Justas		3 = Bien			
					4 = Muy Bien (ideal)					
Criterios de evaluación para diseños en fase de conceptos o proyectos										
variables del concepto			Solución S1		Solución S2		Solución S3		Solución Ideal	
Nº	Criterios de Evolución	g	p	g*p	p	g*p	p	g*p	p	g*p
1	Costo del Material	0.3	3	0.9	3	0.9	2	0.6	4	1.2
2	Costo de Fabricación	0.3	3	0.9	3	0.9	2	0.6	4	1.2
3	Costo de Mantenimiento	0.2	4	0.8	2	0.4	2	0.4	4	0.8
4	Costo de Mano de Obra	0.2	4	0.8	3	0.6	3	0.6	4	0.8
Puntaje Máximo		1	14	3.4	11	2.8	9	2.2	16	4
Valor Económico				0.85		0.7		0.55		1

	Solución S1	Solución S2	Solución S3
Valor Técnico	0.83	0.65	0.55
Valor Económico	0.85	0.7	0.55

Solución 1:

Se toma la opción del material de la turbina será de PVC por ser de mediana peso y ser ligero al momento del contacto con el agua y nos genere una velocidad suficiente para mover nuestro eje de acero inoxidable pues al estar en contacto con el agua no desprenderá óxido pues con eso se busca que no genere una alteración en el ecosistema del riachuelo. Se usará una chumacera de pie por el diseño usado ya que será de manera vertical el colocado todo el sistema contaremos con un sistema de canalización tipo vórtice por la velocidad que esta genera. Se construirá en el mismo riachuelo con paredes de acero inoxidable.

Ilustración 12: solución optima



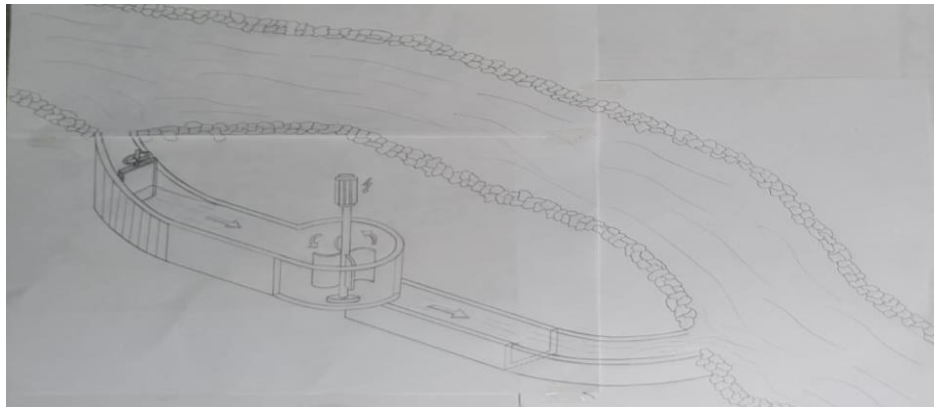
4.2.7. DISEÑO CONCEPTUAL

El material de la turbina será de PVC por ser de mediana peso y ser ligero al momento del contacto con el agua y nos genere una velocidad suficiente para mover nuestro eje de acero inoxidable pues al estar en contacto con el agua no desprenderá óxido pues con eso se busca que no genere una alteración en el ecosistema del riachuelo. Se usará una chumacera de pie por el diseño usado ya que será de manera vertical el colocado todo el sistema contaremos con un sistema de canalización tipo vórtice por la velocidad que esta genera. Se construirá en el mismo riachuelo con paredes de acero inoxidable.

Ilustración 13: diseño conceptual

Fuente: elaboración

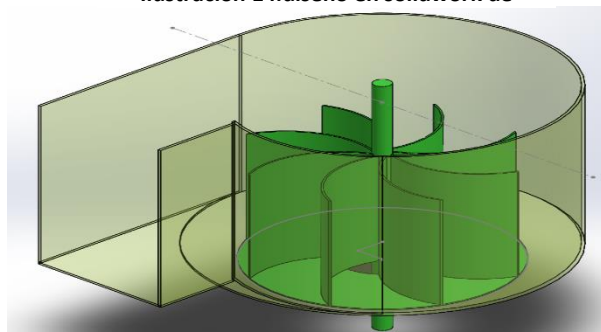
propia, 2020.



4.3. DISEÑO

El prototipo presenta un diseño ergonómico y de fácil entendimiento que permita al operador dar solución a cualquier eventualidad.

Ilustración 14: diseño en solidwork de



elaboración propia,

2020.

Fuente

4.4 MODELAMIENTO MATEMÁTICO

Cálculo del número de alabes y dimensiones:

$$C = (6.49 * n_s^{-0.403}) * D_e$$

Donde:

$$n_s = 180 \text{ rpm}$$

$$D_e = 0.40 \text{ m}$$

$$C = (6.49 * 180^{-0.403}) * 0.40$$

$$C = 0.342 \text{ m}$$

$$H_i = (0.38 + (5.17 * 10^{-5} * n_s)) * D_e$$

$$H_i = (0.38 + (5.17 * 10^{-5} * 180)) * 0.40$$

$$H_i = 0.156 \text{ m}$$

Altura de alabe:

$$a_{alabe} = \frac{1}{3}(C + H_i)$$

$$a_{alabe} = \frac{1}{3}(0.342 + 0.156)$$

$$a_{alabe} = 0.166 \text{ m}$$

Espacio entre alabe:

$$t = \frac{a_{alabe}}{\tan_{45}}$$

$$t = \frac{0.166}{\tan_{45}}$$

$$t = 0.166$$

Numero de alabes:

Z: número de alabes

$$Z = \frac{\pi * D_e}{t}$$

$$Z = \frac{\pi * 0.40}{0.166}$$

$$Z = 7.57 \Rightarrow 8 \text{ alabes}$$

Cálculos de diámetro de paso:

$$P_Z = \frac{\pi * D}{Z}$$

$$P_Z = \frac{\pi * 0.58}{8}$$



$$P_z = 0.22m$$

$$P_z = \frac{360^\circ}{Z}$$

$$P_z = \frac{360^\circ}{8}$$

$$P_z = 45^\circ$$

para el proyecto se tendrá en cuenta la alimentación del fluido al prototipo donde se puede decir que el caudal de entrada aproximado de 1 litro por segundo ya que por razones constructivas el diámetro mayor del tanque se fijó en 0.58 m

Por lo tanto:

Para hallar la altura del líquido en el tanque se partió del caudal de entrada.

$$Q = \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}}$$

H:0.4m

R:0.29m

Tiempo: 3 s

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

$$V = \pi * 0.29^2 * 0.4$$

$$V = 0.11m^3$$

Por lo tanto:

$$Q = \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}}$$

$$Q = \frac{0.11m^3}{3 s}$$

$$Q = 0.03667 \frac{m^3}{s}$$

Cálculo de altura del líquido del tanque:

$$Q = \frac{\pi * r^2 * h_{\text{liquido}}}{\text{tiempo}}$$

Q: caudal de entrada (m^3/s)

R: radio del tanque (m)



$h_{liquido}$: altura de líquido en el tanque (m)

T: tiempo de llenado o vaciado en el tanque (s)

Reemplazamos:

$$h_{liquido} = \frac{Q * t}{r^2 * \pi}$$

$$h_{liquido} = \frac{0.0364 * 2}{0.29^2 * \pi}$$

$$h_{liquido} = 0.28m = 28cm$$

Cálculo corregido con los datos obtenidos en campo

- Cálculo de Área de salida o bocatoma de agua

$$A = \pi * r^2$$

Donde:

Diámetro de salida de agua (d) = 0.1524 m

$$A = \pi * 0.0762^2$$

$$A = 0.01824 m^2$$

- Cálculo de la velocidad del rio

Donde:

d = distancia (m)

t = tiempo (s)

$$V = \frac{d}{t} \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$V = \frac{2}{1} \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$V = 2 \left(\frac{m}{s} \right)$$

- Cálculo de caudal obtenido en campo

$$Q = V * A$$

$$Q = 2 \left(\frac{m}{s} \right) * 0.01824 m^2$$

$$Q = 0.0365 \frac{m^3}{s}$$

- Cálculo de la altura del líquido en la maquina

Donde:

Diámetro del cilindro (D) = 0.58 m

$$Q = \frac{\pi * r^2 * h_{liquido}}{tiempo}$$

$$h_{liquido} = \frac{Q * t}{\pi * r^2}$$

$$h_{liquido} = \frac{0.0364 \frac{m^3}{s} * 3 s}{\pi * 0.29^2}$$

$$h_{liquido} = 0.4133 m = 41.33 cm$$

- Cálculo del área de desagüe

$$t = 2 \frac{A_1}{A_2} \sqrt{\frac{1 - \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2}{2 * g}} * h^{\frac{1}{2}}$$

$$A_2 = \frac{\sqrt{2} * A_1 * \sqrt{h_{liquido}}}{\sqrt{(2 * h_{liquido}) + (g * t^2)}}$$

$$A_2 = \frac{\sqrt{2} * 1.0568 * \sqrt{0.4133}}{\sqrt{(2 * 0.4133) + (9.81 * 3^2)}}$$

$$A_2 = 0.10178 m^2$$

Hallando el radio

$$A_2 = \pi * r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{0.10178}{\pi}}$$

$$r = 0.18 m$$

- Cálculo del área del cilindro

Diámetro del cilindro (D) = 0.058 m => r = 0.029 m

$$A = \pi * 0.029^2$$

$$A = 0.00264 m^2$$

- Cálculo de la velocidad de salida del agua

$$v_{salida} = \frac{Q}{A_2}$$

$$v_{salida} = \frac{0.0364 \frac{m^3}{s}}{0.0264 m^2}$$

$$v_{salida} = 1.379 \frac{m}{s}$$

- Cálculo de RPM obtenido

Donde:

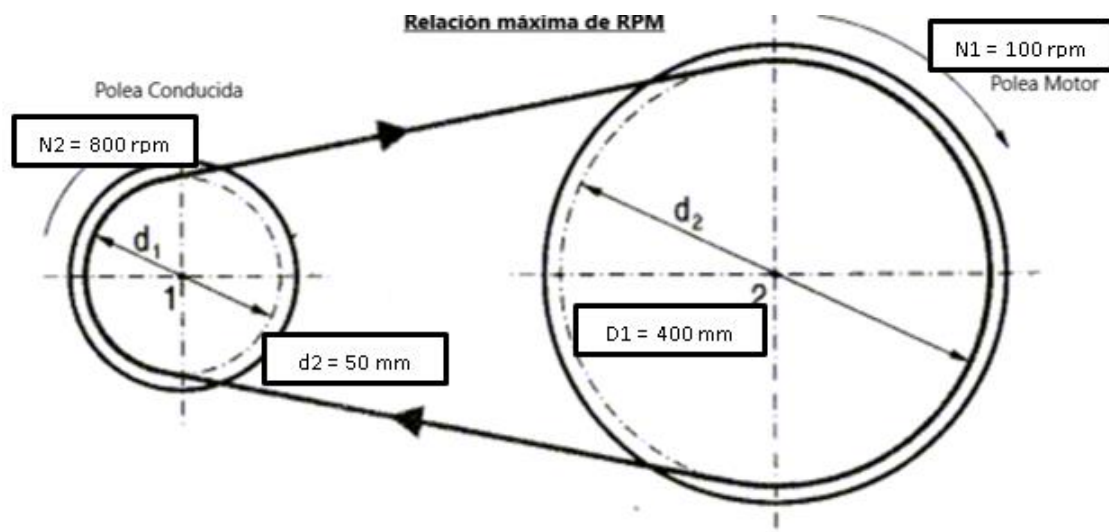
- Polea motriz:
N1 = 100 rpm
D1 = 40 cm = 0.4 m
- Polea conducida:
n2 = ?
d2 = 5 cm = 0.05 m

$$N1 * D1 = n2 * d2$$

$$n2 = \frac{N1 * D1}{d2}$$

$$n2 = \frac{100 * 40}{5}$$

$$n2 = 800 \text{ RPM}$$



Sección	Diámetro primitivos (mm)	Desarrollos primitivos (MM)	Carga (Q, N)
Z	57,6	180	110
A	95,5	300	200
B	127,3	400	300
C	228,8	700	750
D	318,3	1000	1400
E	573,0	1800	1800

Fuente: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>

- Cálculo para el diseño del eje

Donde:

Potencia requerida (P) = 15 kW = 20.1153 Hp

Densidad de fluido (σ) = 1000 kg/m³

N1 = 100 rpm

Par de torque del eje

$$T = \frac{6300 * P}{n}$$

$$T = \frac{6300 * 20.1153}{100}$$

$$T = 1267.26 \frac{Lb}{Plg}$$

$$T = 143.18115 \text{ N.m}$$

Calculo de potencia

$$P = T_{necesario} * \omega$$

$$P = 143.18115 * 800 * \frac{2\pi}{60}$$

$$P = 11995.11 \text{ watts} = 11.995 \text{ kw}$$

Para llegar a los 15kw de potencia se necesitara de dos modulos para alcanzar nuestro objetivo planteado.

Tabla 3:resistencias de aceros

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Proce- samiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg. %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Selección del tipo de acero:

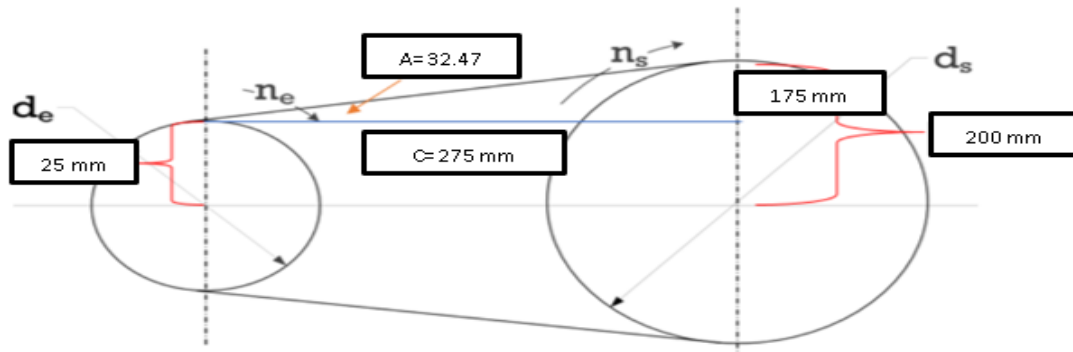
Material SAE 1020 CD

Sy = 390 Mpa

Sut = 470 Mpa

Hb = 131

Hallando las fuerzas de las poleas



Hallando la distancia entre centros

$$C = \frac{D1 + 3(d2)}{2}$$

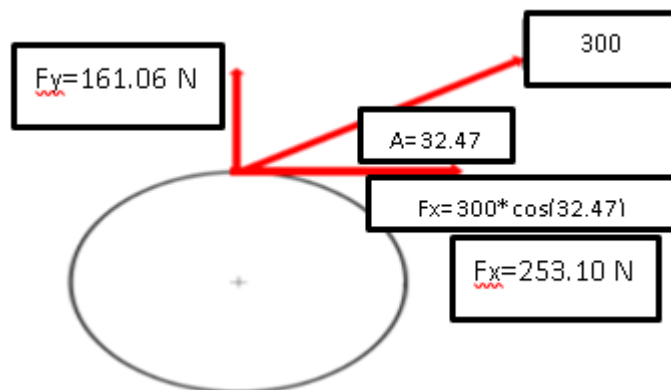
$$C = \frac{400 + 3(50)}{2}$$

$$C = 275 \text{ mm}$$

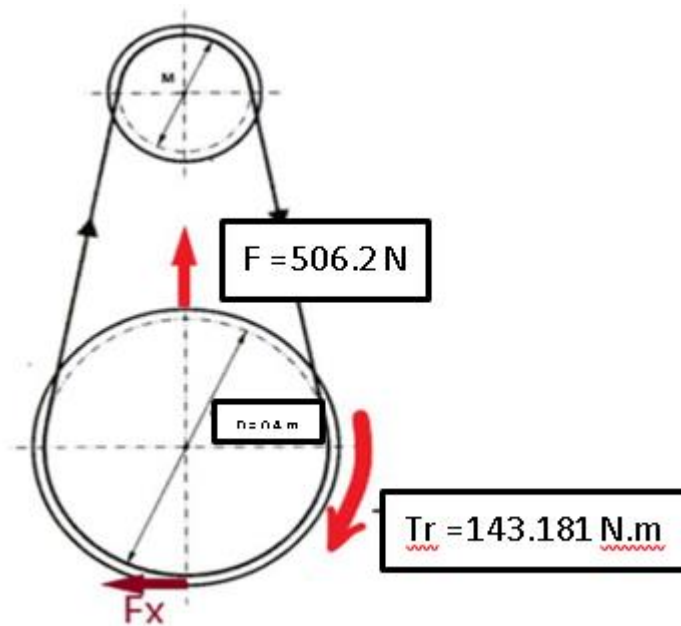
Hallando el ángulo

$$\tan^{-1} \alpha = \frac{175}{275}$$

$$\alpha = 32.47$$



Por lo tanto: $300 \cdot \cos(32.47) = 253.10 \text{ N}$ se multiplicara por 2 por ser polea
506.2 N

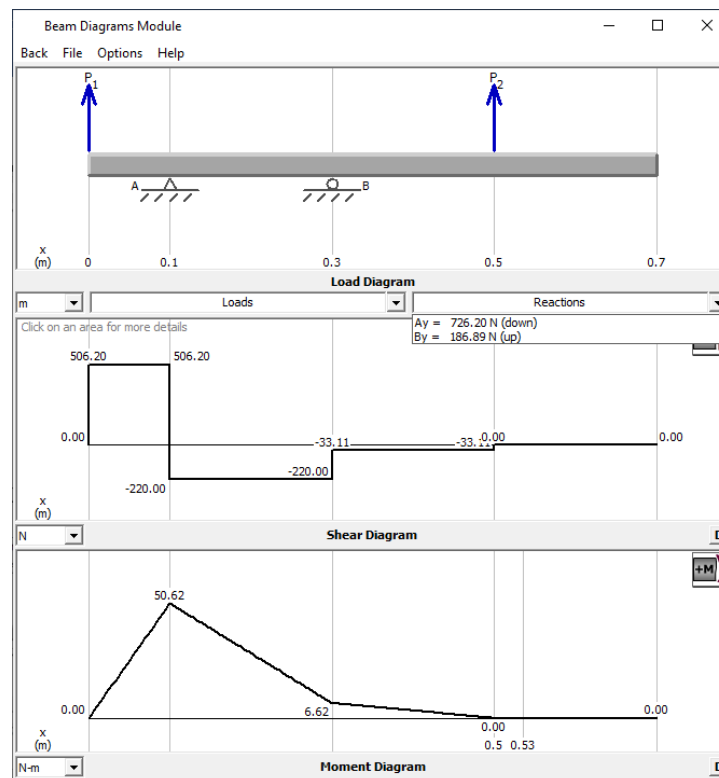


$$T = Fx \cdot d$$

$$143.181 \text{ Nm} = Fx \cdot 0.4 \text{ m}$$

$$Fx = 357.95 \text{ N}$$

Momento en el plano X



$$\sum A = 0$$

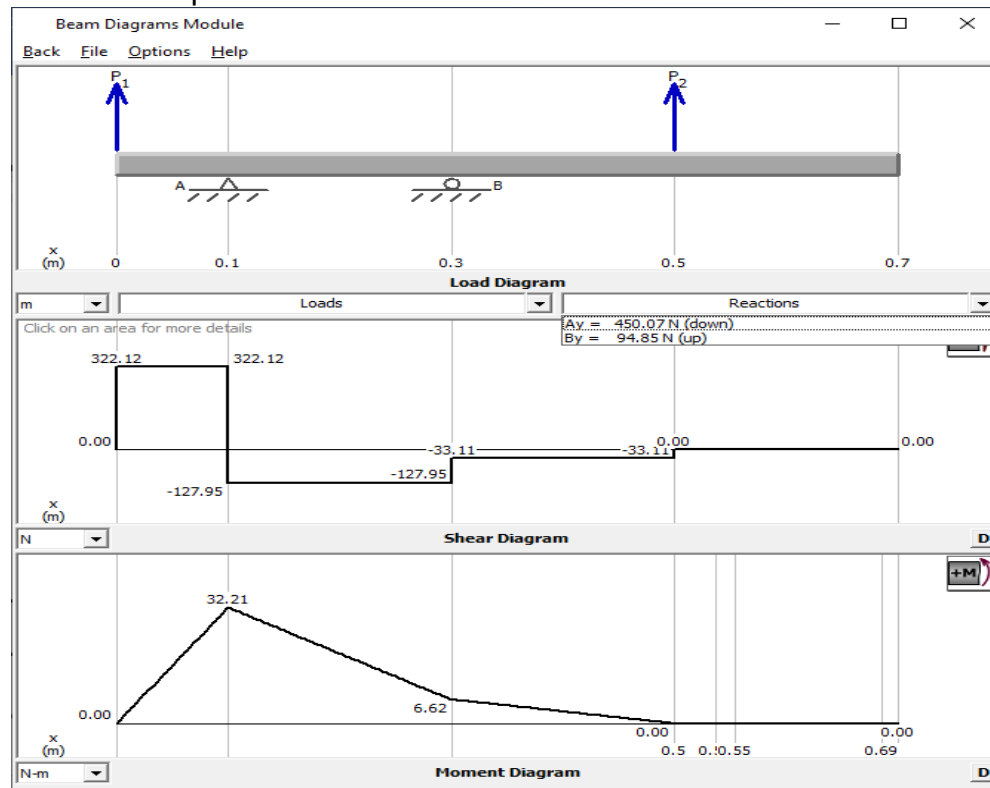
$$-506.2 \cdot 0.1 + B \cdot 0.2 + P_2 \cdot 4 = 0$$

$$R_A = 726.2 \text{ N}$$

$$R_b = 186.89 \text{ N}$$

$$M_{max} = 50.62 \text{ N.m}$$

Momento en el plano Y



$$\sum A = 0$$

$$-322.12 * 0.1 + B * 0.2 + P_2 * 0.4 = 0$$

$$R_A = 450.07 \text{ N}$$

$$R_b = 94.85 \text{ N}$$

$$M_{max} = 32.21 \text{ N.m}$$

$$M_{xy} = 50.62 \text{ N.m}$$

$$M_{xz} = 32.21 \text{ N.m}$$

$$M_{max} = \sqrt{(50.62^2 + 32.21^2)}$$

$$M_{max} = 59.99 \text{ N.m}$$

- **Análisis por la energía de distorsión (von mises)**

$$Kf = 1 + 0.7(2.7 - 1)$$

$$Kf = 2.2$$

$$Kfs = 1 + 0.9(2.2 - 1)$$

$$Kfs = 2.1$$

Tabla 7-1

Estimaciones de primera iteración de los factores de concentración del esfuerzo K_f .

Advertencia: Estos factores sólo son estimaciones que pueden usarse cuando las dimensiones reales aún no se determinan. No utilice estos valores cuando ya se cuente con las dimensiones reales.

	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ($r/d = 0.02$)	2.7	2.2	3.0
Filete de hombro: bien redondeado ($r/d = 0.1$)	1.7	1.5	1.9
Cuñero fresado ($r/d = 0.02$)	2.2	3.0	—
Cuñero de patín o trapezoidal	1.7	—	—
Ranura para anillo de retención	5.0	3.0	5.0

Los valores faltantes en la tabla no pueden obtenerse con facilidad.

- **Cálculo del diámetro del eje**

$$d = \left\{ \frac{16 * n}{\pi * S_y} [4(K_f * M)^2 + 3(K_{fs} * T)^2] \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d = \left\{ \frac{16 * 2}{\pi * 390 * 10^6} [4(2.2 * 59.99)^2 + 3(2.1 * 143.181)^2] \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0.02479 \text{ m}$$

$$d = 24.79 \text{ mm}$$

Conclusión: Dado los resultados con el análisis de Von Mises se optó por trabajar con un eje de 1" o 25.4 mm con un ligero factor de seguridad y por ser más comercial.

- **Análisis estático**

Material SAE 1020 CD
 $S_y = 390 \text{ Mpa}$
 $S_{ut} = 470 \text{ Mpa}$
 $H_b = 131$

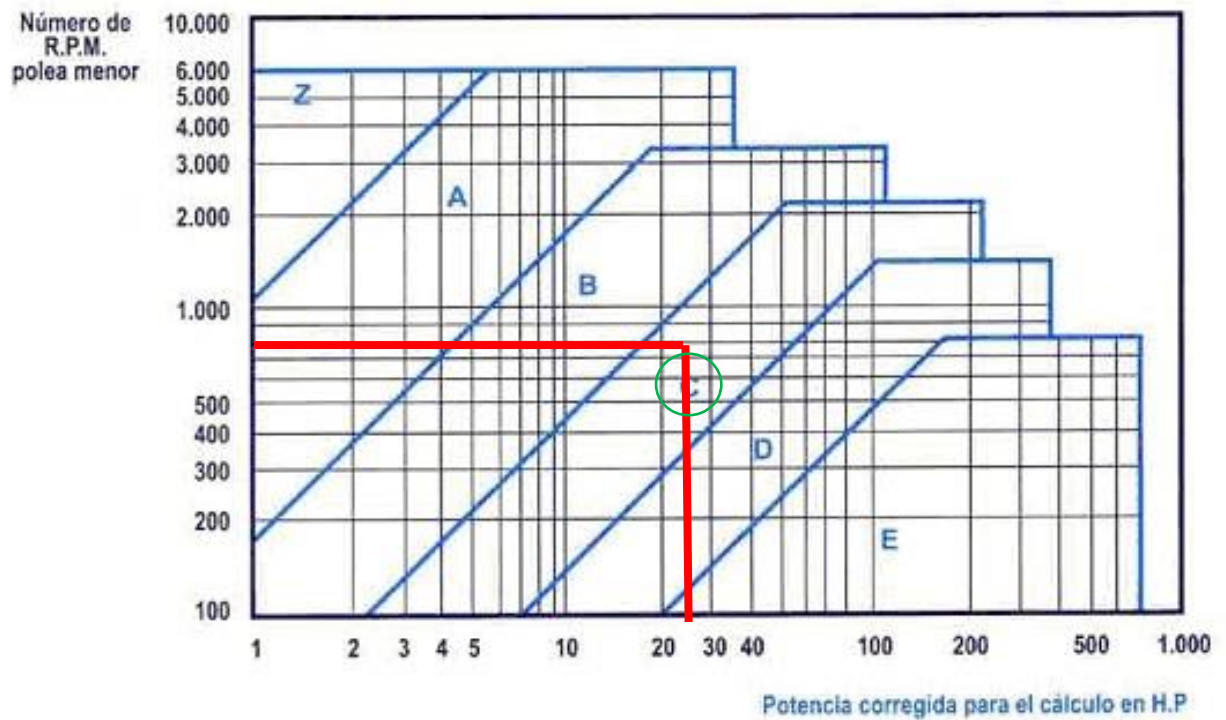
$$F.s = \frac{S_y}{\sqrt{\left(\frac{32 * M}{\pi * d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{16 * T}{\pi * d^3}\right)^2}}$$

$$F.s = \frac{390 * 10^6}{\sqrt{\left(\frac{32 * 59.99}{\pi * 0.02479^3}\right)^2 + 3\left(\frac{16 * 143.181}{\pi * 0.02479^3}\right)^2}}$$

$$F.s = 4.2346$$

- **Selección de banda y polea**

Selección de polea
 $n_2 = 800 \text{ rpm}$
 $d_2 = 0.050 \text{ m}$
 $d_1 = 0.4 \text{ m}$
 $Ph_p = 20.1153 \text{ hp}$



Conclusión: se selecciono la correa trapezoidal tipo C

Distancia entre centros

$$C = \frac{D1 + 3(d2)}{2}$$

$$C = \frac{400 + 3(50)}{2}$$

$$C = 275 \text{ mm} = 0.275 \text{ m}$$

Longitud de la banda

$$L_p = 2C + \pi * \frac{(D + d)}{2} + \frac{(D + d)^2}{4C}$$

$$L_p = 2 * 0.275 + \pi * \frac{(0.4 + 0.05)}{2} + \frac{(0.4 - 0.05)^2}{4 * 0.275}$$

$$L_p = 1.36 \text{ m} = 1360 \text{ mm}$$

$$L_p = 53.54 \text{ pulgadas} = 54 \text{ pulgadas}$$

TRANSMISIÓN POR CORREAS

TRANSMISIÓN POR FRICCIÓN

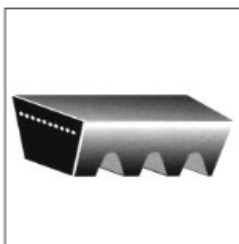
G1

CORREAS TRAPECIALES (SEGÚN NORMAS BS-3790, ISO-4184, DIN-7753, DIN-2215)

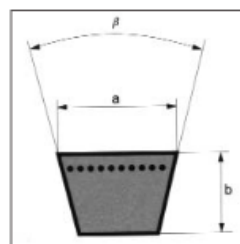
PERFIL CLÁSICO



TIPO C (RECUBIERTAS)



TIPO CX DE FLANCOS ABIERTOS



$$\begin{aligned} a &= 22 \\ b &= 14 \\ \beta &= 40^\circ \end{aligned}$$

Desarrollo primitivo (mm.): L_w s/tabla
Desarrollo exterior (mm.): L_a L_w+30
Desarrollo interior (mm.): L_i L_w-52

GOODYEAR			GOODYEAR		
Referencia	Lw	Código	Referencia	Lw	Código
CX 42	1120	389.152	CX 100	2600	389.216
CX 43	1150	389.153	CX 101	2620	389.217
CX 45	1210	389.154	CX 102	2650	389.218
CX 47	1260	389.155	CX 103	2670	389.219
CX 48	1275	389.156	CX 104	2700	389.220
CX 49	1300	389.157	CX 105	2720	389.222
CX 50	1330	389.158	CX 106	2750	389.223
CX 50.75	1350	389.159	CX 108	2800	389.224
CX 51	1355	389.160	CX 110	2850	389.226
CX 52	1380	389.161	CX 111	2880	389.227
CX 53	1410	389.162	CX 112	2900	389.228
CX 54	1430	389.163	CX 114	2950	389.229
CX 55	1450	389.164	CX 116	3010	389.230
CX 56	1480	389.165	CX 118	3050	389.231
CX 57	1510	389.166	C 119	3080	389.232
CX 58	1530	389.167	C 120	3100	389.233
CX 59	1560	389.168	C 124	3210	389.234
CX 60	1580	389.169	C 126	3260	389.235
CX 61	1610	389.170	C 128	3310	389.236
CX 62	1630	389.171	C 130	3360	389.237

Conclusión: se selecciona una banda en V tipo C de 1355 mm o 1380 mm de diámetro interior según la longitud calculada.

• Selección de tornillo prisionero

Según la tabla:

Tabla 6-2 Cuñas estándar y tamaños de tornillos prisioneros en medidas estadounidenses y métricas para ejes

Diámetro del eje (in)	Ancho nominal de la cuña (in)	Diámetro del tornillo prisionero (in)	Diámetro del eje (mm)	Ancho x alto de la cuña (mm)
$0.312 < d \leq 0.437$	0.093	#10	$8 < d \leq 10$	3 x 3
$0.437 < d \leq 0.562$	0.125	#10	$10 < d \leq 12$	4 x 4
$0.562 < d \leq 0.875$	0.187	0.250	$12 < d \leq 17$	5 x 5
$0.875 < d \leq 1.250$	0.250	0.312	$17 < d \leq 22$	6 x 6
$1.250 < d \leq 1.375$	0.312	0.375	$22 < d \leq 30$	8 x 7
$1.375 < d \leq 1.750$	0.375	0.375	$30 < d \leq 38$	10 x 8
$1.750 < d \leq 2.250$	0.500	0.500	$38 < d \leq 44$	12 x 8
$2.250 < d \leq 2.750$	0.625	0.500	$44 < d \leq 50$	14 x 9
$2.750 < d \leq 3.250$	0.750	0.625	$50 < d \leq 58$	16 x 10
$3.250 < d \leq 3.750$	0.875	0.750	$58 < d \leq 65$	18 x 11
$3.750 < d \leq 4.500$	1.000	0.750	$65 < d \leq 75$	20 x 12
$4.500 < d \leq 5.500$	1.250	0.875	$75 < d \leq 85$	22 x 14
$5.500 < d \leq 6.500$	1.500	1.000	$85 < d \leq 95$	25 x 14

Conclusión: se selecciona un tornillo prisionero de 0.312 pulgadas de diámetro según tabla.

CAPÍTULO V

5. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS

5.1. CONSTRUCCIÓN

La construcción del prototipo, se hizo teniendo uso de cálculos sacados anterior mente ya realizados donde nos indica que elemento mecánico se deberá usar en la construcción del prototipo de la micro central hidroeléctrica.

5.2.1 construcción del prototipo:

Ensamble de la estructura de acero que cumple como carcasa.



Ilustración 15:carcaso de turbina

Se deberá tener en cuenta la estructura de acero ya que es de fácil soldado y moldeado a la vez.

La turbina se encontrará en la parte de adentro de la estructura ya que le diseño es caprichosa el diseño.

Debe indicar como se implementa la solución para luego ser probadas.

Debe detallar las tecnologías usadas para la fabricación del producto y/o prototipo, características específicas de la fabricación como: tiempos, propiedades físicas y mecánicas, cantidad de material usado, entre otros.

El generador contara con su testigo para que nos indique cuando empezara a cargar o generar el fluido

Ilustración 16:sistema del alternado



Fuente: elaboración propia

El eje estará sujetado por dos chumaceras que permitirán fijar, para generar el movimiento mecánico correcto.

proceso de análisis y validación:

Medición de velocidad de agua en la entrada de toma de agua



Ilustración 17:toma de

Se obtuvo de manera práctica mediante cuanto tiempo demora en salir disparado cualquier cosa que no sea denso hacia una distancia escogida.

Modelamiento de planta:

La planta deseada se realizó mediante un esquema que nos muestra como poder construirla de manera que no perjudique a ningún poblador ni al ecosistema.

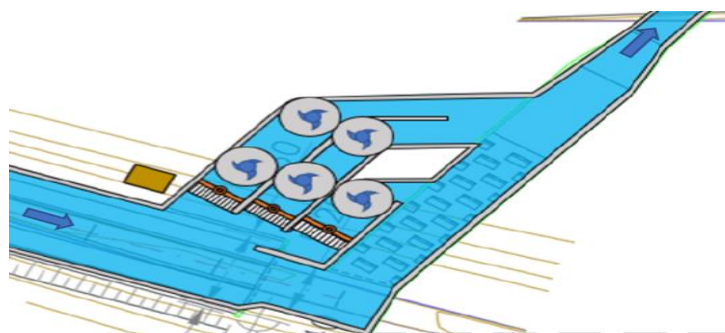


Ilustración 18: microcentral

Fuente: (riquelme, 2019)

Al ser modular se deberá tener este diseño plasmado en la ilustración n°19 donde se puede observar todo el sistema.

Chasis de prototipo a usar:

Se usó plancha de acero inoxidable para poder evitar la oxidación que este podría ocasionar con respecto al impacto ambiental según norma técnica peruana.

Ilustración 19:chasis completo del prototipo



Fuente: elaboración propia

5.2. PRUEBAS Y RESULTADOS

El ensamble de poleas al principio mostro dificultades al no generar los rpm necesarios ya que eran de un tamaño mínimo a lo que se pensó llegar en velocidad, com se puede observar en la figura se tiene una polea de 25 cm de diámetro.

Ilustración 20:prototipo con polea de acero de 25 cm



Fuente: elaboración

propia.

El desfogue de agua se tuvo que incrementar por que al inicio la velocidad de giro de las paletas era mucho menor a lo que se necesitaba se tuvo que incrementar ya que nos dice (victor, 2013)que debe ser el 10% de la entrada.

Ilustración 21:desfoque de



Fuente: elaboración

propia

Para una segunda prueba realizada se utilizó una polea de 40 cm de diámetro que según nuestros cálculos deberíamos haber usado desde el inicio de la construcción.

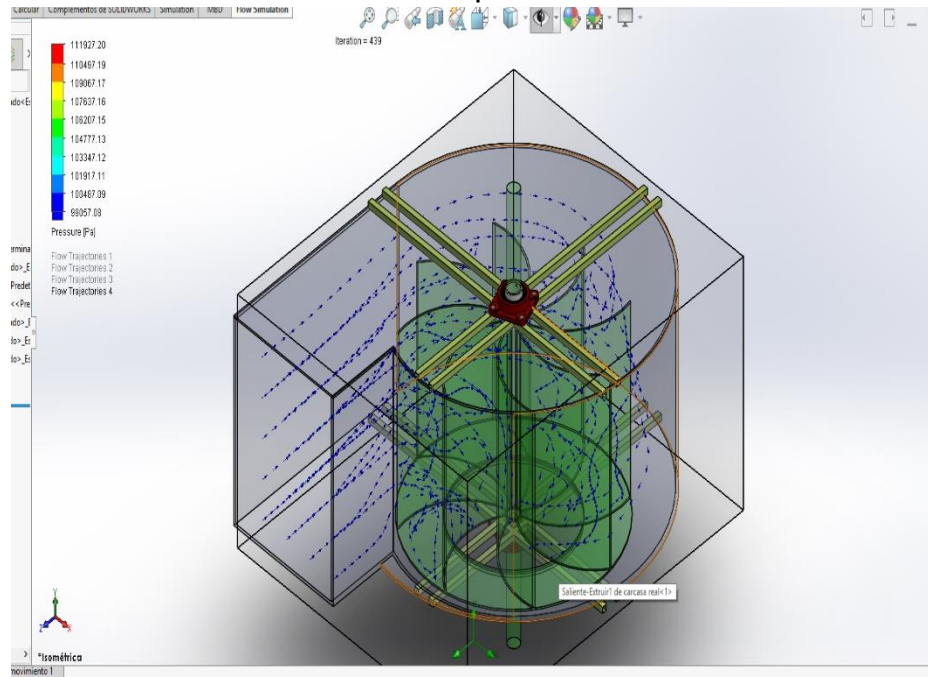
Ilustración 22:prototipo con polea de 40 cm



Fuente: elaboración propia

El análisis computacional muestra diferentes elementos mecánicos donde se puede validar nuestro proyecto.

Ilustración 23: análisis computacional



Fuente: elaboración propia

En la conversión de energía se optó por el uso de un generador y un inversor que nos permite varias las intensidades de fluido eléctrico para que sea de fácil uso en los pobladores.

5.3. CONCLUSIONES

Por parte del diseño del sistema se concluye que el prototipo permite generar energía eléctrica de forma modular.

Se pudo validar los cálculos con el análisis computacional.

Se determinó que el diseño puede ser transportable y colocado en zonas donde exista afluencia de agua.

Cada elemento mecánico fue elegido por medio de cálculos y mediciones.

Se logró fabricar el prototipo con elemento mecánicos reutilizables.

5.4. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un análisis del computacional o un nuevo modelo en caso de modificación el diseño

Se recomienda respetar las dimensiones de algunos elementos mecánicos que nos arroje nuestros cálculos.



Se debe tener en cuenta las estaciones de clima pues se deberá trabajar con un caudal ya específico.

Se recomienda hacer las pruebas en lugares que permitan el acceso y llevar todas las herramientas necesarias para poder armar o desarmar el prototipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

autofacil. 2020. autofacil.es. [En línea] 2020. [Citado el: 15 de octubre de 2020.] <https://www.autofacil.es/tecnica/2014/11/13/sirve-alternador-funciona/21469.html>.

cesar, alberto mejia julio. 2011. repositorio us. [En línea] 2011. [Citado el: 15 de octubre de 2020.] http://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.

desarrollo del prototipo de un hidrogenerador electrico como alternativa de generacion de energia limpia en zonas rurales. **andres vargas, javier, velasquez clavijo, fabian y torres gomez, camilo. 2016.** colombia : researchgate, 2016.

docs, ocean. 2011. [En línea] 2011. [Citado el: 15 de octubre de 2020.] <https://www.oceandocs.org/handle/1834/4877>.

francisco, maldonado quispe. 2005. repositorio universidad nacional mayor de san marcos. [En línea] 2005. [Citado el: 10 de agosto de 2020.] https://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualdata/monografias/basic/maldonado_qf/maldonado_qf.pdf.

gonzalo, orozco aceves. 2011. repositorio ipn. [En línea] 2011. [Citado el: 15 de octubre de 2020.] <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/17460/1/Diseno%20y%20construccion%20de%20un%20prototipo%20de%20turbina%20para%20generacion%20de%20energia.pdf>.

huancayo, sedam. 2020. mindeb. [En línea] 2020. [Citado el: 12 de octubre de 2020.] http://www.mindeb.com/sedam/main.php/paginas/id/2013051250_fuentes_y_lagunas/#:~:text=La%20localidad%20de%20Huancayo%20se,baja%20hasta%201.5%20m3%2Fs..

INEI. 2015. La pobreza en Huancayo. *Wanka.pe*. 2015.

israel, martinez villegas. 2013. repositorio universidad autonoma de mexico. [En línea] 2013. [Citado el: 10 de agosto de 2020.] <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/6361/TESIS.pdf?sequence=1>.

javier, sanchez galan. 2016. economipedia. [En línea] 2016. [Citado el: 12 de octubre de 2020.] <https://economipedia.com/definiciones/manufactura.html>.

Junin, Comision tecnica Regional. 2011. *Memoria descriptiva del estudio Hidrobiologico*. Dpto. Junin : Zonificacion ecologica y economica de la region Junin, 2011.

luis, mantari laureano jose. 2020. repositorio utec. [En línea] febrero de 2020. [Citado el: 10 de agosto de 2020.] file:///C:/Users/HOME/Downloads/Guerra%20Zurita_Tesis.pdf.



marcelo, betancourt jurado. 2007. repositorio utp. [En línea] 2007. [Citado el: 15 de octubre de 2020.] <https://carlosmartinezc.files.wordpress.com/2012/01/tesismoduloturbinas.pdf>.

Morales Rojas, David. 2015. El 7% de la poblacion de junin no cuentan con electricidad. *Diario Correo*. jefe de tarifas y contratos de Electrocentro S.A., 2015.

palma reyes, daniela y peña espitia, crsitian david. 2018. repositorio universidad catolica de colombia. [En línea] 31 de octubre de 2018. [Citado el: 10 de agosto de 2020.] <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22838/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20-%20DISE%C3%91O%20DE%20TURBINA%20KAPLAN.pdf>.

R., joubran S. Diaz. 2003. *mecanica racional dinamica de los sistemas materiales*. caracas : andres bello, 2003.

reswich. 1982. repositorio issuu. [En línea] 1982. https://issuu.com/facom/docs/tesis_roc__o_mishell_de_le__n_marti/65.

riquelme, dario villanueva. 2019. repositorio u chile. [En línea] 2019. [Citado el: 29 de noviembre de 2020.]

ruben, hanco cruz. 2019. repositorio unsa. [En línea] 2019. [Citado el: 15 de octubre de 2020.] <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9411>.

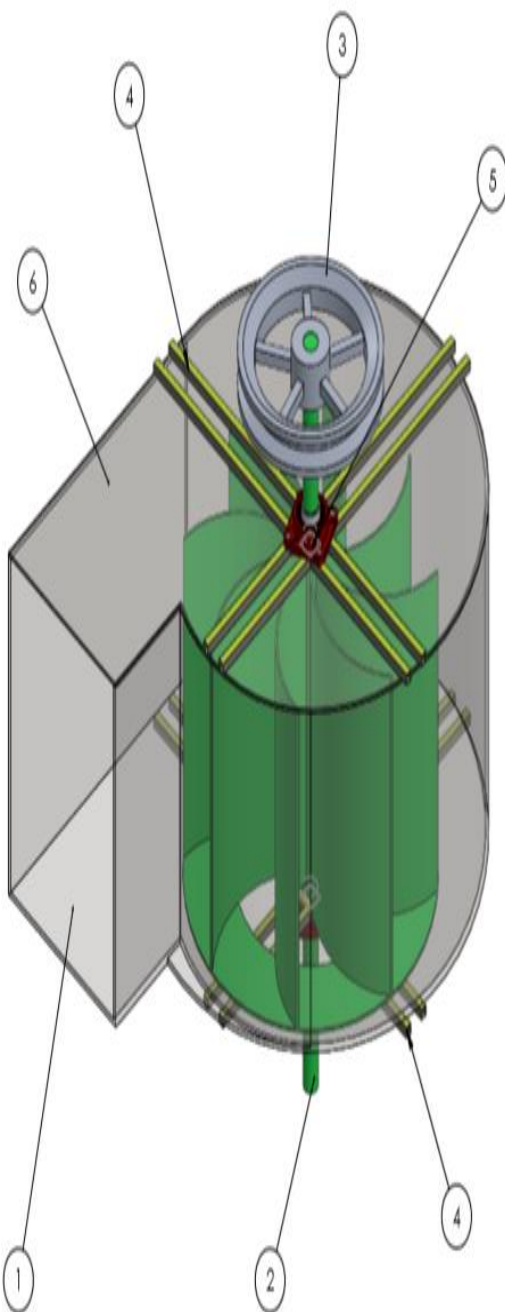
Turbulent. 2015. Turbulent. *planta micro central hidroelectrica creada enbelgica para aprovechar la energia renovable de las correientes de poca altura*. [En línea] 2015. <https://www.ideassonline.org/public/pdf/turbulentturbine-esp.pdf>.

victor, rojas flores. 2013. repositorio uct. [En línea] 2013. [Citado el: 2020 de setiembre de 27.]

Vivanco, Thalia. 2020. Pobreza alcanzaria al 27% de la población. *Diario Correo*. Jueves 20 de Febrero, 2020, 2.

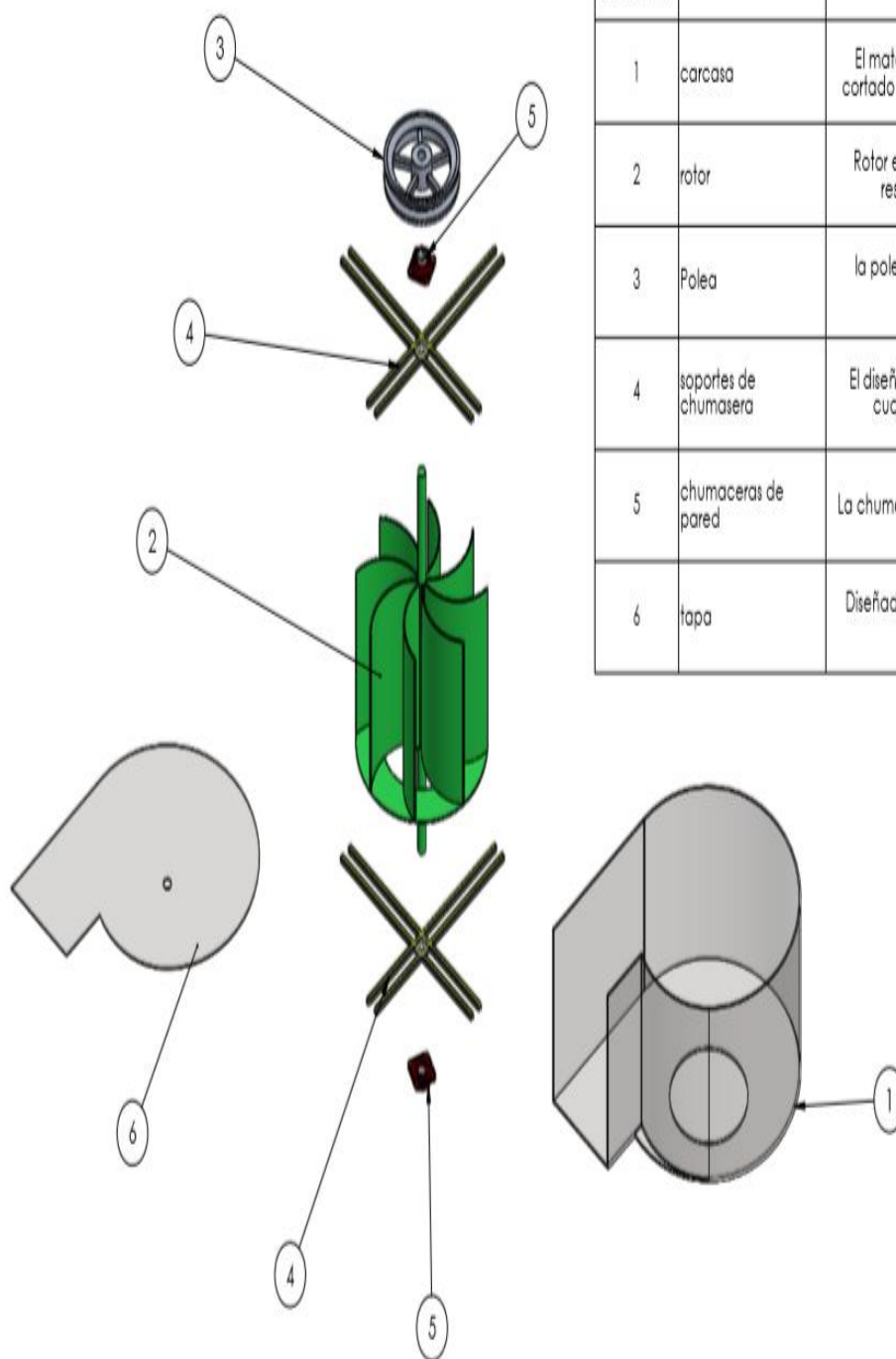
yampier, mendoza yupanqui. 2017. repositorio pontificia universidad catolica del peru. [En línea] 2017. [Citado el: 10 de agosto de 2020.] <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9466>.

zarate orrego , sergio antonio, torres casierra, andres y baldemar del risco moreno, efrain. repositorio uss. [En línea] [Citado el: 10 de agosto de 2020.] <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/60>.



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	carcasa	El material es de un cilindro cortado de diámetro de 58cm	1
2	rotor	Rotor esta diseñado con los resostos del cilindro	1
3	Polea	la polea es de 1 6" pulg. de aluminio	1
4	soportes de chumacera	El diseño se realizo con tubos cuadrados de 1"pulg.	2
5	chumaceras de pared	La chumacera es de tipo pared	2
6	tapa	Diseñada con lo sobrante del cilindro	1

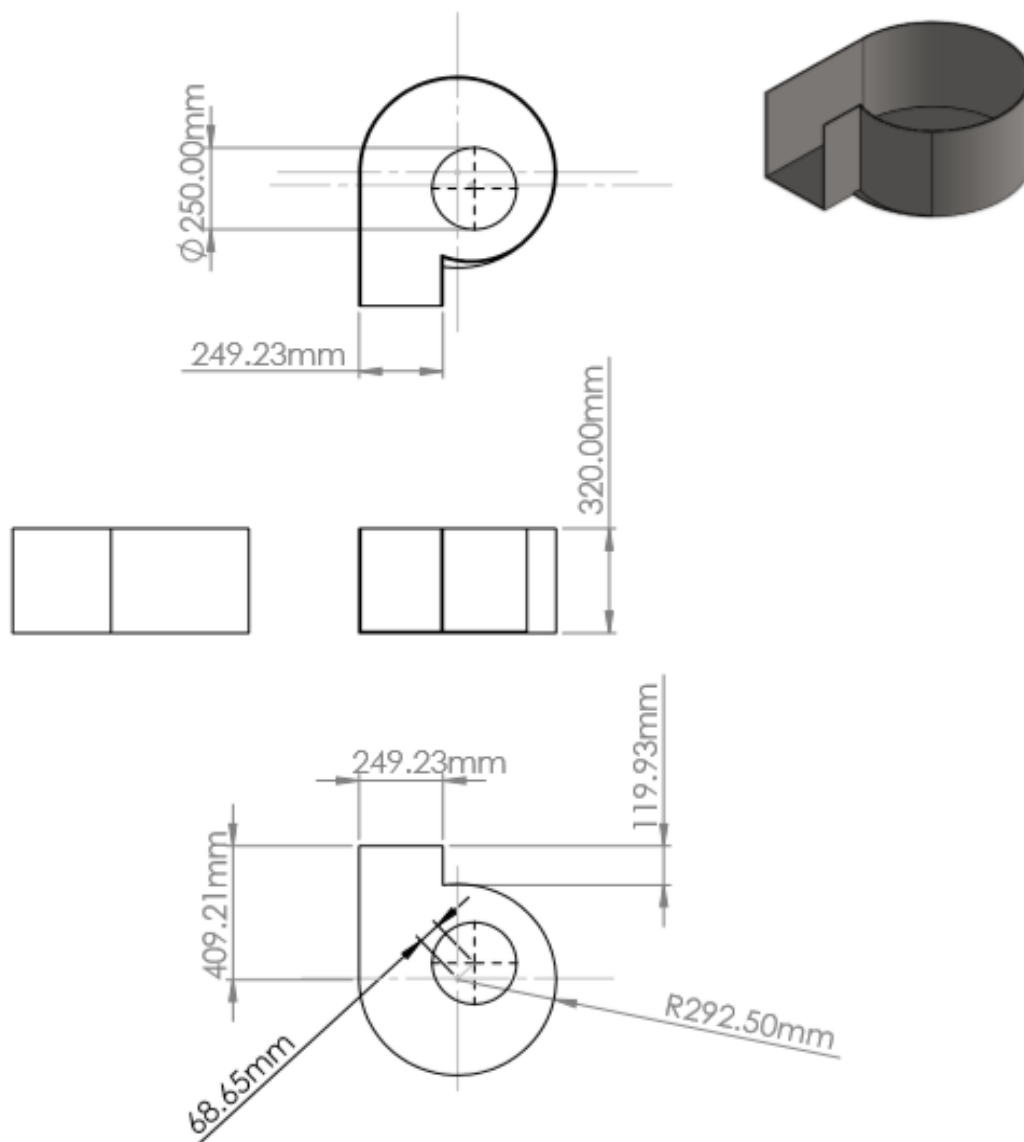
Fecha:	Nombre:	Firma:	 UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P.INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado:			
Revisado:			
Escala:	Título: Plano de ensamblado		Hoja: 1 De: 1
	Diseño y Prototipado de una Micro Central Proyecto: Hidroeléctrica de 15KW con sistema modular		Formato: A3



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	carcasa	El material es de un cilindro cortado de diametro de 58cm	1
2	rotor	Rotor esta diseñado con los restosos del cilindro	1
3	Polea	la polea es de 16" pulg. de aluminio	1
4	soportes de chumacera	El diseño se realizo con tubos cuadrados de 1"pulg.	2
5	chumaceras de pared	La chumacera es de tipo pared	2
6	tapa	Diseñada con lo sobrante del cilindro	1

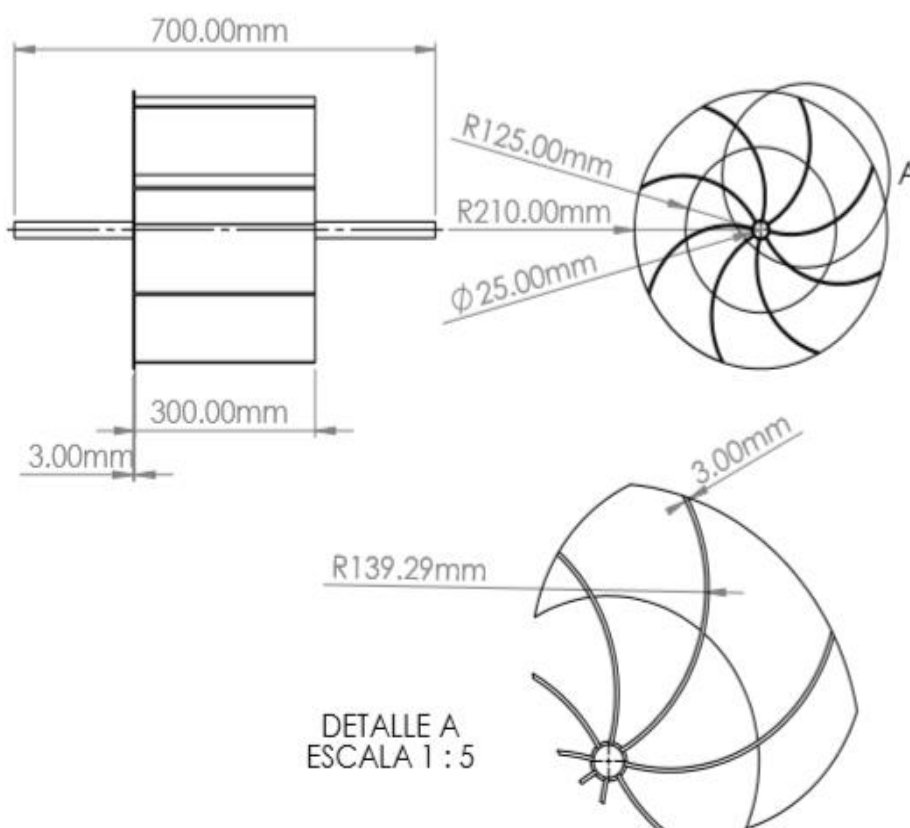
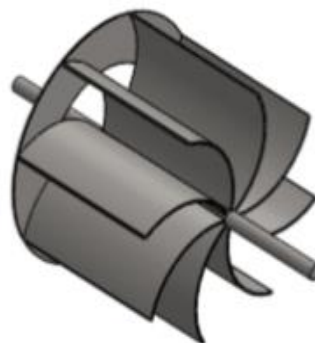
Fecha:	Nombre:	Firma:	 UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P.INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado:			
Revisado:			
 Escala: 1:10	Titulo: plano explotonado del prototipo		Hoja: 1 De: 1
	Proyecto: Diseño y Prototipado de una Micro Central Hidroeléctrica de 15KW con sistema modular		Formato: A3

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	carcasa	El material es de un cilindro cortado de diametro de 58cm	1



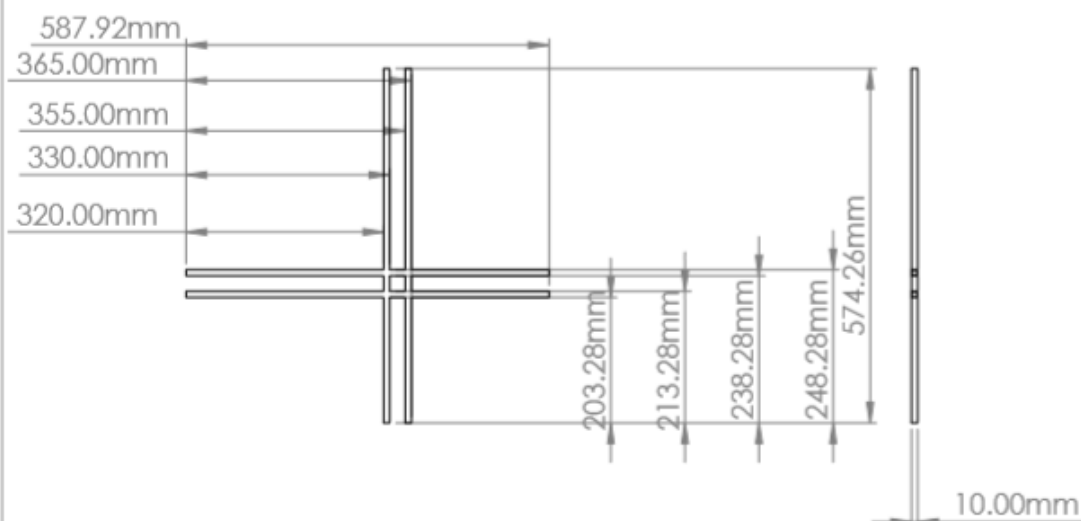
	Fecha:	Nombre:	Firma:	 UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P.INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado:				
Revisado:				
	Escala:	Titulo: carcasa		Hoja: De:
	1:20	Proyecto: Diseño y Prototipado de una Micro Central Hidroeléctrica de 15KW con sistema modular.		Formato: A4

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	rotor	Rotor esta diseñado con los restos del cilindro	1



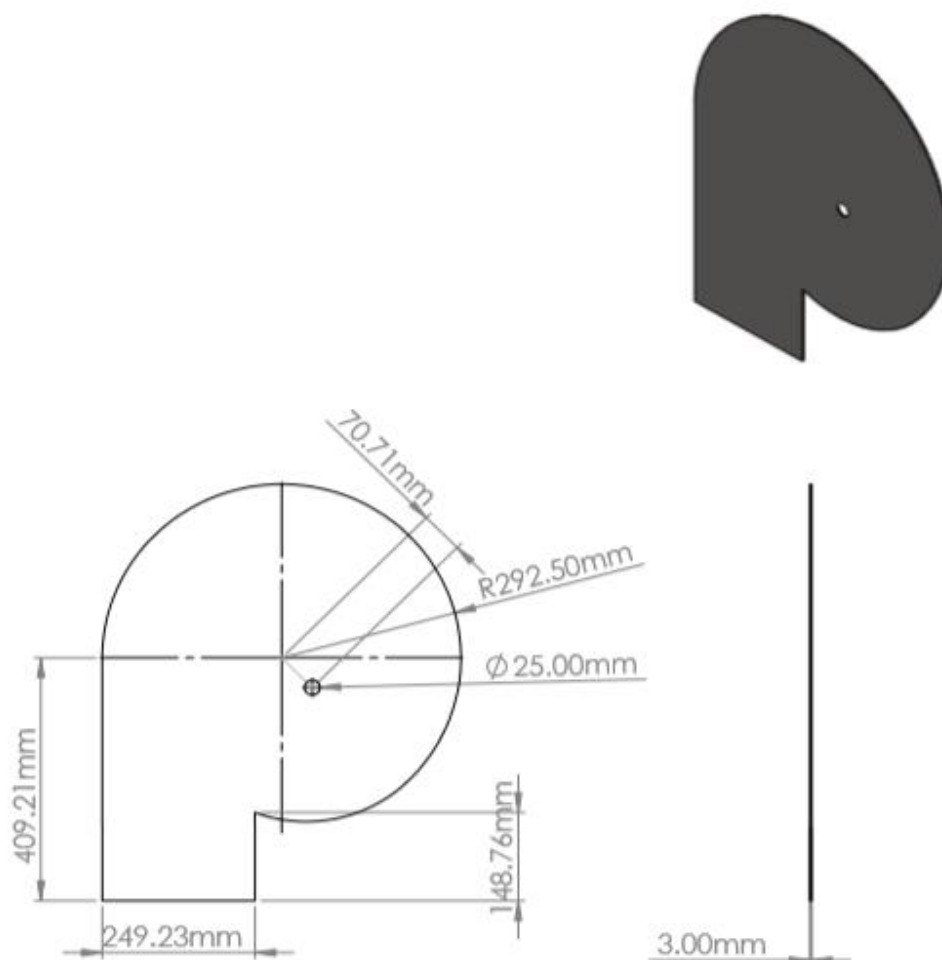
	Fecha:	Nombre:	Firma:	 UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P.INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado:				
Revisado:				
	Escala:	Titulo: rotor		Hoja: De:
	1:10	Proyecto: Diseño y Prototipado de una Micro Central Hidroeléctrica de 15KW con sistema modular.		Formato: A4

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	soportes de chumacera	El diseño se realizo con tubos cuadrados de 1"pulg.	1

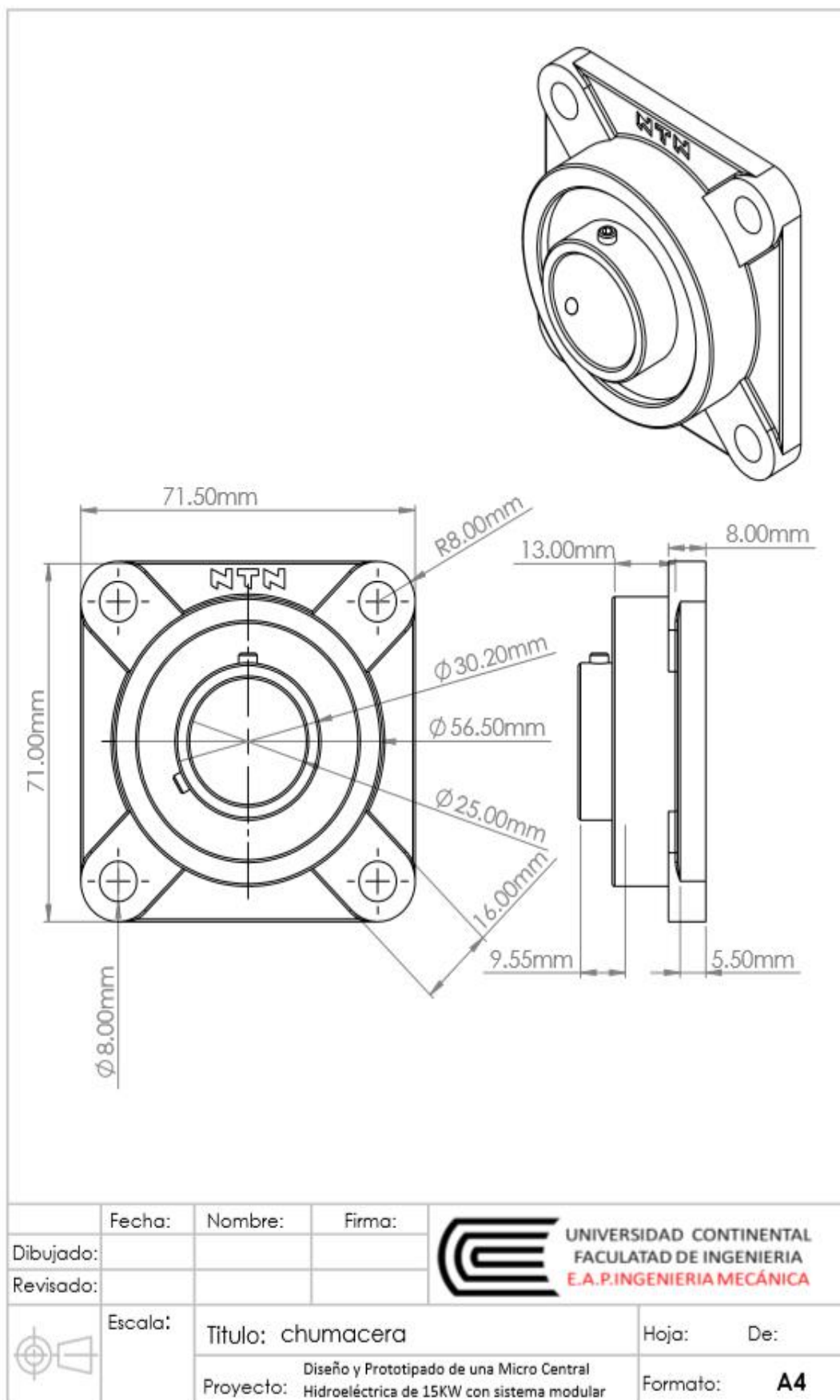


	Fecha:	Nombre:	Firma:	 UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P.INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado:				
Revisado:				
	Escala:	Titulo: soporte de chumacera		Hoja: De:
		Proyecto: Diseño y Prototipado de una Micro Central Hidroeléctrica de 15KW con sistema modular.		Formato: A4

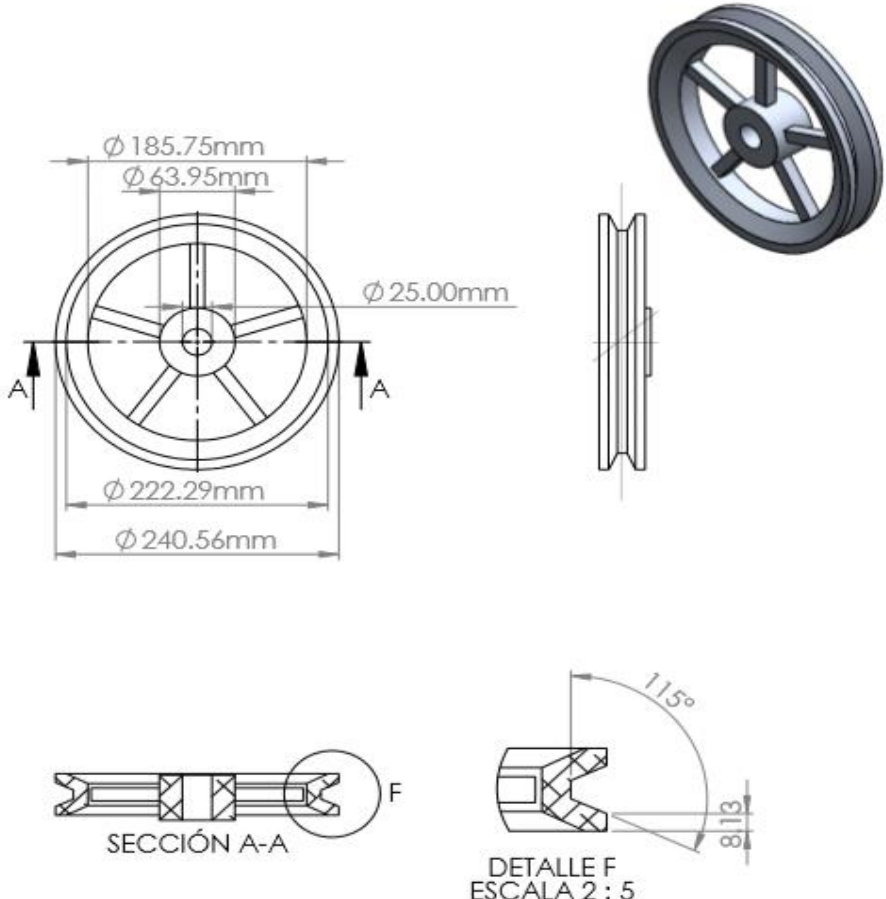
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	tapa	Diseñada con lo sobrante del cilindro	1



	Fecha:	Nombre:	Firma:	 UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P.INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado:				
Revisado:				
	Escala:	Titulo: tapa		Hoja: De:
		Proyecto: Diseño y Prototipado de una Micro Central Hidroeléctrica de 15KW con sistema modular		Formato: A4



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Polea	la polea es de 16" pulg. de aluminio	1



Fecha:	Nombre:	Firma:	 UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P.INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado:			
Revisado:			

 Escala: 1:5	Título: polea	Hoja: De:
	Proyecto: Diseño y Prototipado de una Micro Central Hidroeléctrica de 15KW con sistema modular	Formato: A4