

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERIA MECANICA**

PROYECTO

**DISEÑO DE UN GENERADOR ELÉCTRICO DE 2,5 KW HIDROCINÉTICO
PARA ZONAS RURALES**

**DESARROLLADO EN LA ASIGNATURA DE:
DISEÑO DE SISTEMAS MECÁNICOS**

PRESENTADA POR:

- **CAMARGO AQUINO JHORVEL**
- **ENCARNACION CRUZ ALEXIS**
- **MURGA DELGADILLO JOHAN ENRIQUE**
- **TORRES AGUILAR JUAN CARLOS**

ASESORES:

Ing. RAFAEL DE LA CRUZ CASAÑO

Ing. ALBERTO JESÚS TORRES HINOSTROZA

HUANCAYO – PERÚ

2020

AGRADECIMIENTOS

A dios por bendecirnos y darnos sabiduría en la ejecución y desarrollo de este trabajo de investigación.

A nuestros padres por su ayuda y apoyo incondicional en todos los días de nuestras vidas.

A la Universidad Continental y la Facultad de Ingeniería Mecánica por ayudarnos a nuestra formación de llegar a ser un buen profesional.

A nuestros Ingenieros de la Facultad quienes nos enseñaron y compartieron sus conocimientos los cuales son de vital importancia para aportar a nuestro futuro.

DEDICATORIA

A nuestros padres y hermanos quienes dieron vida, educación, apoyo y consejos. A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos por el apoyo incondicional brindado durante la elaboración de esta tesis.

RESUMEN

Nuestro proyecto es el diseño y creación de un generador hidroeléctrico tomando como turbina una rueda hidráulica de 2 m de diámetro que será ubicada en cualquier fuente hídrica que con ayuda de la energía cinética de este recurso natural se producirá 2.5 kw de energía eléctrica y así ser útil para la zona de Yauli como también cualquier zona rural que carece de este recurso. Para desarrollar el proyecto se tomó en cuenta una serie de actividades y soluciones posibles para nuestro problema siendo el objetivo principal crear un generador de 2.5KW se optó por elegir esta opción la cual consta desde la selección del tipo de turbina, materiales, sistema de transmisión y generador eléctrico pues este también resulto eficaz y económico como también de fácil instalación y construcción, siendo un proyecto social y amigable con el medio ambiente. Y usando un diseño en 3D echo por la maquina ultimaker 2+ este constara de un material de CPE el cual hará un modelado a escala de 1 a 4 de la turbina (rueda hidráulica) ya que estos con tan solo contar con los planos correctos crean los componentes con las medias exactas y también por el ahorro de costos y también los demás componentes.

Obteniendo así resultados favorables como a un aproximado de 2.04 KW de energía contando con una velocidad de entrada a las paleras de 1.5 m/s y una velocidad angular de la rueda de 1.35 con un promedio de 3.397 de caudal.

Palabras claves: Ultimaker, Fuente hídrica, Turbina.

ABSTRACT

Our project is the design and creation of a hydroelectric generator using a 2 m diameter hydraulic wheel as a turbine that will be located in any water source that with the help of the kinetic energy of this natural resource will produce 2.5 kw of electrical energy and thus be useful for the Yauli area as well as any rural area that lacks this resource. To develop the project, a series of activities and possible solutions for our problem were taken into account, the main objective being to create a 2.5KW generator, it was decided to choose this option which consists of the selection of the type of turbine, materials, transmission system and an electric generator as this was also efficient and economical as well as easy installation and construction, being a social and environmentally friendly project. And using a 3D design made by the Ultimaker 2+ machine, it will consist of a CPE material which will make a modeling on a scale of 1 to 4 of the turbine (water wheel) since these with only having the correct plans create the components with the exact averages and also for cost savings and also the other components. Thus obtaining favorable results such as an approximate 2.04 KW of energy, counting on an input speed to the blades of 1.5 m / s and an angular velocity of the wheel of 1.35 with an average of 3,397 flow.

Keywords: Ultimaker, water source, turbine.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se existe una gran variedad de posibilidades para la generación de potencia mecánica a partir de recursos naturales. En esta ocasión trataremos a cerca de mecanismos que aprovechan la energía potencial del agua la se denominan turbinas hidráulicas y algunos de los más usados son: Turbinas Pelton, Kaplan y Francis, cada una más adecuada para determinada combinación de salto y caudal.

Todos los mecanismos anteriores suponen la existencia de un desnivel entre la toma y el desfogue de agua de la turbina, el cual es denominado salto hidráulico y sirve tanto para caracterizar la disposición del recurso como para evaluar cuantitativamente la capacidad energética del mismo. Así, un valor dado de salto y caudal determina, a grosso modo, la selección de una turbina en particular.

Considerando que no todo encauzamiento de agua posee un nivel apreciable de pendiente, es necesario evaluar el uso de ruedas hidráulicas para extraer potencia en caudales de agua donde, tanto el ingreso como la salida de agua de la turbina se realizan a la “misma” altura. Dichas turbinas se denominan ruedas hidráulicas de corriente libre.

Las turbinas de corriente libre no pueden aprovechar la energía potencial derivada de la diferencia de altura, de manera que su potencial energético total es menor que el de otros diseños. Sin embargo, tiene la ventaja cualitativa de operar en zonas sin desnivel que poseen canalizaciones de agua, sean naturales o artificiales.

El siguiente trabajo tiene como principal objetivo obtener una expresión confiable que relacione las principales variables involucradas en el intercambio energético. Para ello se hace uso de la experimentación, valiéndose de una rueda hidráulica de 2 m de diámetro construida expresamente en el río Yauli

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

.1 Planteamiento y formulación del problema

La energía eléctrica se nos ha convertido en un suministro muy importante desde su descubrimiento ya que gracias a ella logramos satisfacer muchas necesidades en nuestra vida cotidiana. Comúnmente la obtención de energía eléctrica se lograba gracias a las centrales termoeléctricas donde para su funcionamiento se tenía que quemar combustibles fósiles como carbón o el petróleo, pero a su vez generaban residuos contaminantes afectando el ambiente y agotando recursos no renovables. Hoy en día se viene buscando realizar estudios para la generación de energía eléctrica haciendo uso de recursos renovables y que al ser limpio e inagotable no perjudicamos el medio ambiente. En el uso de estas tenemos la obtención por medio de eólica, hidráulica, solar, entre otras. Estas energías vienen siendo aprovechadas cada vez más ayudando a conservar el medio ambiente.

Entre los principales temas de discusión que se plantea actualmente la sociedad, están las zonas rurales caracterizadas por presentar geografía accidentada generalmente sin acceso vial y con pequeñas poblaciones, debido a estas circunstancias usualmente no cuentan con servicio eléctrico, de la red interconectada nacional existe un plan nacional de electrificación rural 2016-2025 (RM N° 579-2015-MEM/DM), sin embargo, por sus requerimientos y por razones de presupuesto racionales no es posible que se electrifique al 100% el territorio nacional. Existen fuentes alternativas de electrificación por medio de las energías renovables como es las hidroeléctricas, este medio se pretende usar en la electrificación de las zonas rurales

.1.1 Problema general

- ¿Cómo será el diseño de un generador eléctrico hidrocínético de 2,5 KW para zonas rurales?

.1.2 Problemas específicos

- ¿Cómo será el diseño de la turbina hidráulica?
- ¿Cómo será el diseño del generador eléctrico?
- ¿Cómo se realizará la simulación del prototipo?
- ¿Cómo se realizará la construcción del modelo a escala?

.2 Objetivos

.2.1 Objetivo general

- Diseñar un generador eléctrico hidrocínético de 2.5 KW para zonas rurales.

.1.1 Objetivos específicos

- Diseño de la turbina hidráulica.
- Diseño del generador eléctrico.
- Simulación del prototipo.
- Construcción de un modelo a escala.

.2 Justificación e importancia

En lo metodológico:

El procedimiento, técnica e instrumentos utilizados en la presente investigación servirá para la generación de energía limpia que puede ser implementado y usado en muchas zonas rurales del territorio peruano, generando de esta manera una nueva metodología válida y confiable para el aprovechamiento de las energías renovables con las que se cuenta en el mundo

En lo práctico:

La presente investigación se realiza por que existe la necesidad de implementar sistemas de generación de energía eléctrica en zonas rurales, aplicar conocimientos tecnológicos para desarrollar las partes más alejadas donde se pueda aprovechar la energía hidráulica de los ríos.

En lo social:

Por que facilitara el acceso a energía eléctrica que es deficiente en las poblaciones rurales, promoverá la comunicación, el acceso a servicios básicos, posibilidad de transformar su estilo de vida. La implementación del proyecto en zonas rurales generara cambios beneficiosos el la vida de los pobladores de las zonas rurales

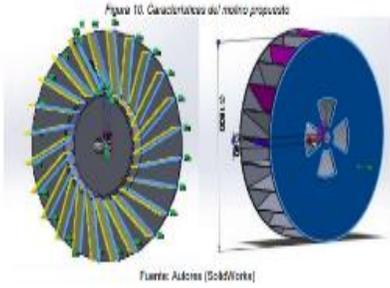
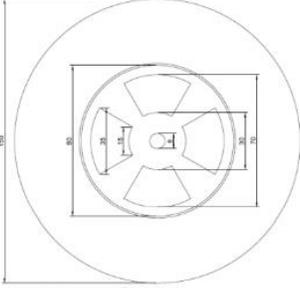
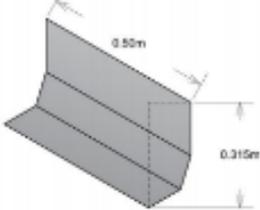
CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

Año	Lugar	Autor	Concepto clave
1795	Francia	Diderot	Describe muchos procedimientos de secado o desecación de alimentos que se llevaban a cabo en Francia pero no fue sino hasta 1795 que se inventó el cuarto de deshidratación de agua caliente (a 105 °F) sobre tajadas delgadas de hortalizas.(1)
2016	Argentina	<u>Andrés Vargas,</u> <u>Javier Velásquez</u> <u>Clavijo, Fabián</u> <u>Torres Gómez,</u> <u>Camilo</u> DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE UN HIDROGENERADOR ELÉCTRICO COMO ALTERNATIVA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA LIMPIA EN ZONAS RURALES	El artículo sintetiza los resultados de la investigación titulada “Diseño e implementación del prototipo de un hidrogenerador eléctrico”, realizada en el grupo de investigación Macrypt de la Facultad de Ingenierías de la Universidad de los Llanos. 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. Palabras clave: Generador eléctrico, hidrogenerador, energía alternativa, energía limpia.(2)





<p>2019</p>	<p>Bucaramanga</p>	<p>Ernesto López Suarez, Javier Mera Vega</p> <p>PROTOTIPO DE GENERADOR HIDROELÉCTRICO CON MOLINO D AGUA PARA UNA GRANJA Y SU SISTEMA DE RIEGO EN ZONA VEREDAL</p>	<p>El generador hidroeléctrico con molino de agua produce 0.93 kw de potencia a una velocidad de la corriente de agua promedio de 1,857 m/s y un caudal del rio de 7.60 m³ /s.</p> <p>El consumo estimado en la granja estudiada que cuenta con una motobomba de ½ HP, equipo de sonido, lavadora, nevera, licuadora, tv e iluminación es de 1.758 KW.(4)</p>  <p>Figure 10. Características del molino propuesto Fuente: Adónex (SobalVorte)</p>  <p>Figure 11. Detalles tapa lateral del molino (cm) Fuente: Autores</p>
<p>2020</p>	<p>Perú</p>	<p>Osmer Tantaleán Barboza, Cristian Enrique Polo</p> <p>IMPLEMENTACIÓN DE UNA TURBINA HIDROCINÉTICA DE EJE HORIZONTAL, PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CANALES</p>	<p>El diámetro de la rueda hidráulica de 1.40 m de diámetro y cuenta con nueve alabes con la intención que al menos tres alabes mantengan contacto con el fluido, la potencia que genera es de 5,040 kw, La potencia de la rueda es de 3.276 kw y el torque generado es de 1.195 KN/m</p>  

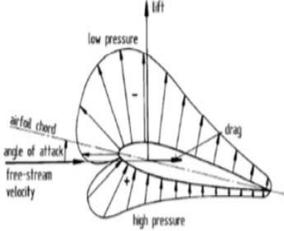
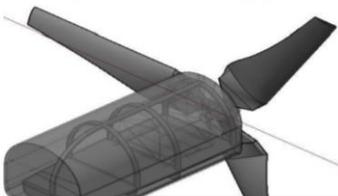
<p>2018</p>	<p>Guayaquil</p>	<p>Torres Ríos Juan Andrés ESTUDIO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CANAL ABIERTO MEDIANTE LA RUEDA HIDRÁULICA EN EL RÍO ARENILLAS, EL ORO ECUADOR</p>	<p>El proyecto de estudio de un sistema de generación de energía eléctrica mediante la rueda hidráulica cuenta con un caudal de agua promedio en el río de 0.67 m³/s , en esta investigación también se determina la construcción de una canal donde será montado la rueda hidráulica de 13 m de largo, 3.5 m de profundidad, ancho A2 de 4 m hasta los 11 m y A2 de 5 m desde los 11 m. se realiza también el cálculo de la pendiente obteniendo 0.00049 m por m, la rueda cuenta con un diámetro de 5.36m, el ancho de alabe es de 1.70 m y se utilizan paletas tipo curvo(5)</p>
<p>2017</p>	<p>Perú</p>	<p>MENDOZA YUPANQUI DISEÑO DE GENERADOR HIDROELÉCTRICO PORTABLE PARA ZONAS RURALES</p>	<p>“El uso de la energía eléctrica es indispensable en la vida diaria de las personas. Demográficamente, gran parte del sector urbano cuenta con acceso a este servicio; sin embargo, en el sector rural existen grupos humanos que no tienen acceso a este recurso. Es por ello que se hizo un trabajo para generar energía con un generador portable que produzca 10W de potencia con velocidades de corriente mayor a 1m/s para lo cual e diámetro de turbina será de 12cm con una batería de 5000 mah con salida de puertos usb trabajando a una temperatura de 5-40°C y la turbina tendrá una velocidad de giro de 250RPM este consistirá con un generador de energía de tipo PROPELLER.”(6)</p> 

Figura 2.11 Fuerzas aerodinámicas actuando sobre un perfil

2020	Perú	<p>Jordan Oliver Guerra Zurita</p> <p>DISEÑO MECÁNICO DE UNA TURBINA HIDROCINÉTICA PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN RÍOS AMAZÓNICOS</p>	<p>“El aprovechamiento del agua para generar energía ha sido utilizado por muchas décadas y este ha favorecido enormemente para la electrificación a nivel mundial de millones de personas. Sin embargo, aún en estos días los servicios básicos como este no llegan a todo el mundo y sobre todo a las personas de bajos recursos económicos. Finalmente, 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 1.20m de longitud y que operará con una velocidad mínima de 0.77m/s (época de estiaje) y una máxima de 1.9m/s (época de avenidas). 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.” (7)</p> 
2017	PERU	<p>ISAAC GONZALES</p> <p>“Propuesta de metodología para el diseño estructural de ruedas hidráulicas Overshot para aplicaciones en zonas rurales”</p>	<p>Se propondrá una metodología para el diseño estructural de rueda hidráulica que este dependerá mucho del caudal y la caída en este caso contaremos con 0.06 m³/s y una altura de caída de 2.5 m. Este servirá para tener en cuenta cuanto de potencia creará. Así también se calcularon carga de impacto, volumétrico, que producen movimiento. Se tendrá en cuenta el factor de seguridad que será mayor a 3. Teniendo en cuenta esto la rueda contará con 1200 mm de diámetro exterior y 900 mm interior, con un alabe de ancho 200 mm con un ángulo de 160°, se contará(7)</p> 

2.2 Bases teóricas

Es la exposición organizada de los elementos teóricos generales y particulares, así como la explicación de los conceptos básicos en que se apoya el trabajo.

En esta sección el investigador expondrá la información recolectada a partir de fuentes primarias y secundarias que estén directamente relacionados con el tema.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1 Resultados esperados

En el presente proyecto se ve por conveniente el estudio de la transformación de energía pasando de energía mecánica a energía eléctrica por ello planteamos el uso de una rueda hidráulica para poder obtener nuestro objetivo principal que es la obtención de energía eléctrica para zonas rurales la cual ayudaran a los pobladores a cubrir los requerimientos de energía de diferentes artefactos eléctricos sin embargo en el presente estudio nos enfocamos a cubrir como mínimo una bomba de 2 Hp para el bombeo de agua y ayudar en el regadío de zonas pastizales o en sembríos y obtener productos de primera necesidad

3.2 Compresión de la solicitud

De acuerdo a la última Encuesta Nacional de Hogares realizada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el 42% de las zonas rurales de la selva peruana no cuentan con energía eléctrica, frente a las zonas rurales de la costa y sierra, que cuenta con el servicio en un 78.5% y 72.4%, respectivamente.

Es inaceptable que, en nuestro país, que posee abundantes recursos energéticos renovables suficientes para atender a toda la población, siga habiendo hoy en día peruanos que viven sin electricidad en sus hogares, escuelas, centros de trabajo, etc., esto sin duda se debe a la falta de políticas gubernamentales claras que hagan posible solucionar esta necesidad básica”, sostiene Franklin Acevedo, gerente general de la Sociedad Peruana de Energías Renovables (SPR)

“Recordemos que el Presidente de la República, Martín Vizcarra, declaró en diversas oportunidades que una de las metas de su gobierno es que todos los peruanos tengan agua y energía eléctrica y que para lograr ese objetivo se tiene que recurrir a las energías renovables. Desde la Sociedad Peruana de Energías Renovables estamos al servicio del país para que esa visión se haga realidad para el Bicentenario”, concluyó Franklin Acevedo, gerente general de la SPR. }

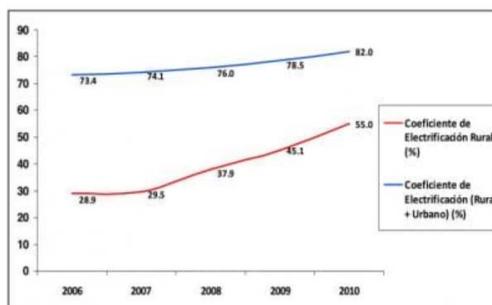


Figure 1 cobertura energía eléctrica en zonas rurales del Perú

La selección de la tecnología correcta para suministrar energía a las poblaciones apartadas y el involucramiento de las comunidades en todas las fases de los proyectos, son hitos fundamentales para garantizar la prestación de un servicio confiable, seguro, sostenible y de calidad. La energía hidráulica puede ser de grandes potencias para su uso masivo y de pequeñas potencias para usos locales.

El desarrollo del generador eléctrico de 2,5 KW hidrocínético para zonas rurales utilizará la energía hidráulica de los ríos, lo convertirá a través de un generador en electricidad para ser usado localmente en el funcionamiento de una bomba de agua de 2 HP

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1 Identificación de requerimientos

Deben indicarse requerimientos funcionales y no funcionales. Así mismo debe señalar, cómo dichos requerimientos resuelven el problema planteado y cómo fueron obtenidos.

Comprensión de la solicitud

LISTA DE EXIGENCIAS		EDICION:	Pág.: 1 de: 1
PROYECTO:		CLIENTE:	Fecha: 15/09/20
" Diseño de un generador hidrocínético para zonas rurales"		No	Redactado por: Torres Aguilar Juan Carlos
Cambios	D/E	Exigencias	Responsable
	E	Función principal: La idea central con la que se desarrolla el proyecto tiene la finalidad de generar 2.5 KW mediante una rueda hidráulica con la cual serán beneficiados los pobladores en las zonas rurales con energía eléctrica.	Grupo
	E	Geometría: Para el diseño se realizara una rueda hidráulica con 3.80m x 60 cm. de ancho usando planchas de metal de 2mm. de espesor, contará con 38 cangilones y el eje medirá 2.5 pulgadas la cual ayuda a soportar y mover la rueda hidráulica.	Grupo
	E	Cinemática: El movimiento ha de ser rotacional.	Grupo
	E	Fuerzas: Las fuerzas aplicables serán diversas, pues permitirán cumplir con las normas de seguridad.	Grupo
	E	Montaje: Los elementos a utilizar en el ensamblaje serán comerciales y de fácil manejo.	Grupo
	E	Seguridad: Para evitar algún tipo de accidente se hará uso de los EPP al momento de trabajar.	Grupo
	E	Operación: El manejo adecuado del producto requiere conocimientos básicos de eléctrica.	Grupo
	E	Uso: Como uso se tiene la generación de energía.	Grupo
	E	Calidad: El uso de los materiales en la elaboración del proyecto ofrecerá mayor estabilidad.	Grupo
	E	Simulación: Los componentes de la rueda hidráulica serán diseñados previamente en Solidwork para analizar el funcionamiento de cada uno de sus componentes para su posterior armado físico.	Grupo

4.2 Análisis de la solución (concepto de solución)

4.2.1 Estructura de funciones

4.2.1.1 Caja Negra



Figura 1 Caja Negra (fuente: elaboración propia)

ENTRADA

- Materia: Agua
- Energía: Hidráulica
- Caudal: Hidráulico

SALIDA

- Materia: Agua
- Energía: Eléctrica
- Energía: 2.5 KW



4.2.1.2 Determinar la secuencia de operaciones o sistemas técnicos:

redirección de agua

- canalizar por debajo de la turbina
- canalizar por encima de la turbina
- toma directa del río

bocatoma

- captar directo del río
- construcción de infraestructura

canalización del flujo de agua

- canales de concreto
- tuberías de pvc

paso de agua por turbina

- rueda hidráulica con canal de alimentación superior
- rueda hidráulica con canal de alimentación inferior
- rueda hidráulica con canal de alimentación en la altura de su eje de giro

transmisión de energía al multiplicador

- directa por eje
- por engranajes
- por cadena
- por fajas

generador eléctrico

- alternador
- dinamo
- generador trifásico

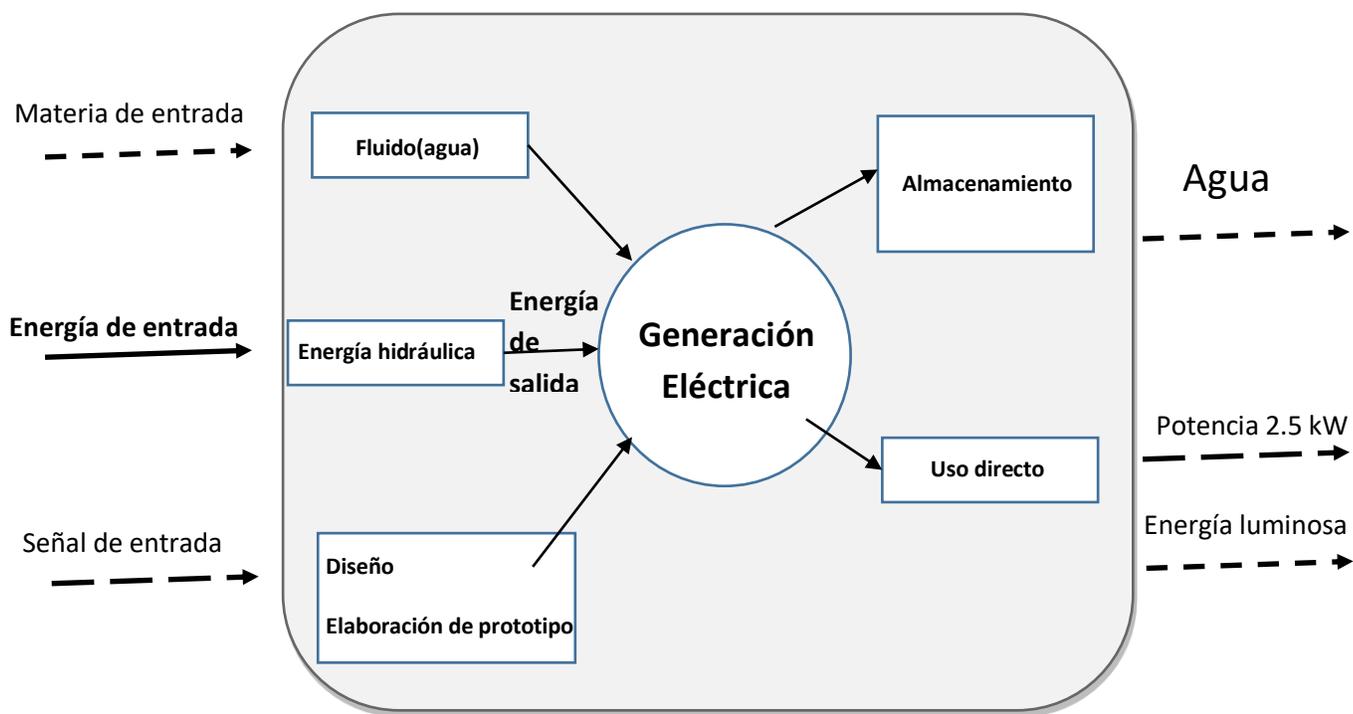
sistema de transformación de corriente

- alterna
- inversor
- rectificación trifásica

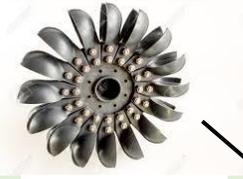
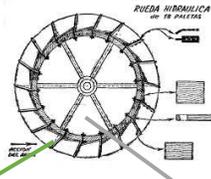
desfogue de agua al río

- tuberías
- canalizado
- directa al río

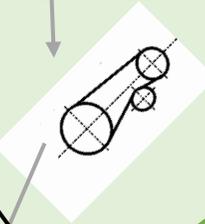
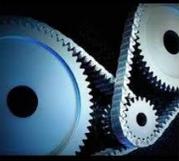
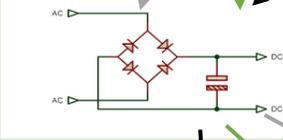
4.2.1.3 caja blanca



4.2.2 Diseño conceptual
4.2.2.1 elaboración de la matriz morfológica

FUNCIONES PARCIALES	PORTADORES DE FUNCIONES (características o principios de solución)			
	1	2	3	4
TIPO DE TURBINA	 <p>PELTON</p>	 <p>RUEDA</p>		
SUJECION DE				
ACOPLE DE	 <p>Acople de mandíbulas</p>	 <p>Unión Universal</p>		



TRANSMISI	 Tornillo	 Faja	 Engranos
GENERADO	 Motor Generador	 Generador eléctrico diesel	
RECTIFICA CION DE			
REGULADO R DE	 A	 B	 C
CONCEPTO S			

4.2.2.3 Análisis Técnico y económico.

Según los criterios de evaluación se consideró un puntaje de 1 al 4

Donde 1 = Pésimo; 2 = Poco Aceptable; 3 = Aceptable; 4 = Optimo

CRITERIO TÉCNICO	VARIANTES		
	A	B	C
Tipo de turbina	3	3	4
Sujeción de turbina	3	3	4
Acople de transmisión	2	3	3
Tipo de transmisión generador	3	1	3
Rectificación de corriente	3	2	4
Regulador de tensión	3	3	3
TOTAL	20	17	24

CRITERIO ECONOMICO	VARIANTES		
	A	B	C
Cumple con el rendimiento económico	3	3	3
Bajo costo del material	2	2	2
Materiales accesibles	3	2	3
Procesos de fabricación accesibles	2	2	3
Fácil montaje	3	3	3
Fácil transporte	2	2	2
Ergonomía accesible	3	2	3
Fácil manipulación	2	2	2
TOTAL	20	18	21

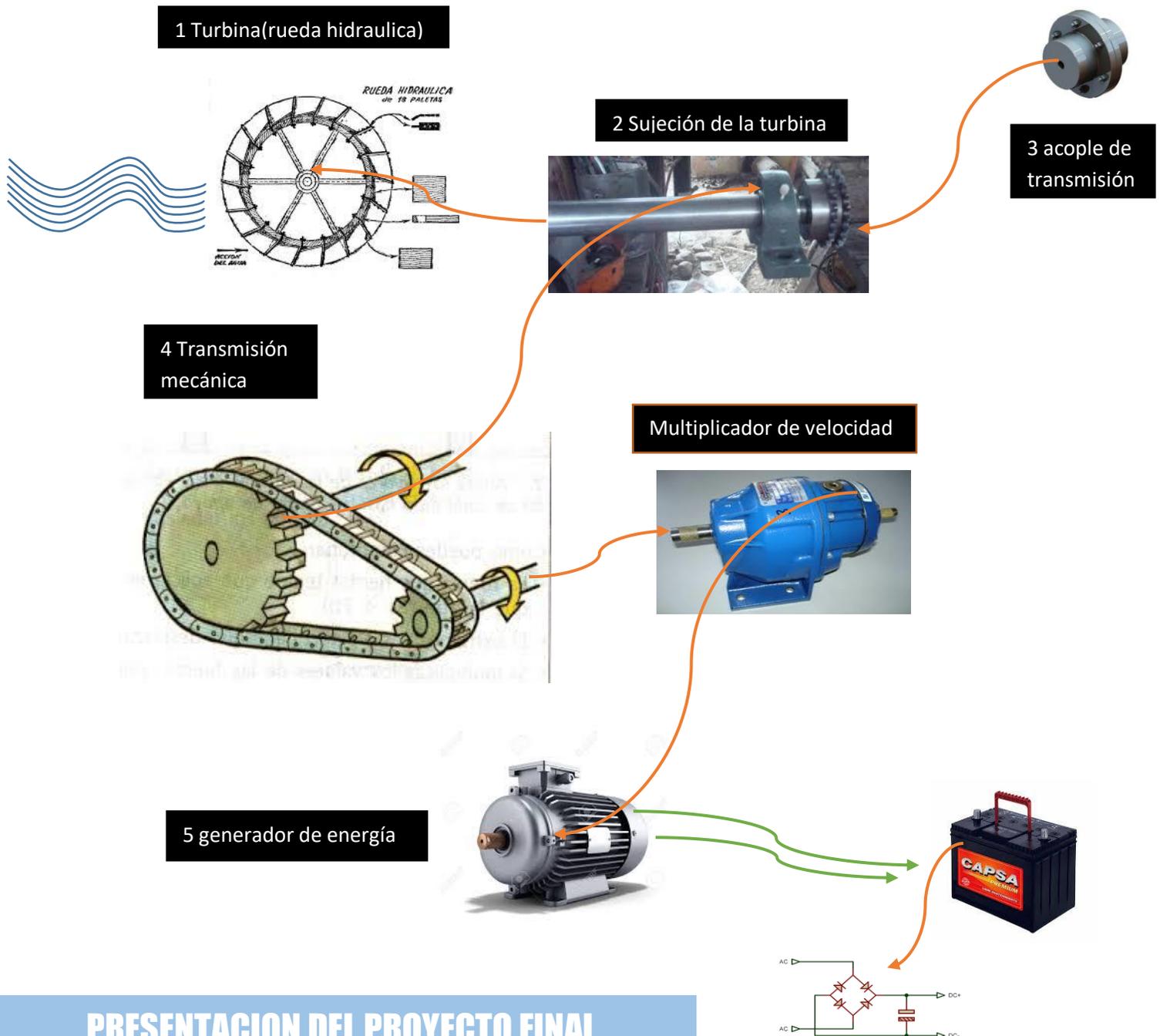
4.2.2.4 Concluir cual es el concepto solución adecuado para el diseño

El concepto de solución tiene las siguientes características.

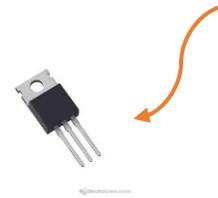
- a) El tipo de turbina elegida fue la de rueda hidráulica, pues su estructura y diseño se adapta a las características del lugar donde ser montado con un diámetro de 200 cm de ancho, y 35cm de ancho y con 16 cangilones. Usando planchas de metal de 4mm de espesor y pintada con una pintura anticorrosiva. El cual el ingreso de agua será tomado por medio del caudal producido por el agua.
- b) La sujeción de la turbina será por medio de un eje de un diámetro de 2.5 pulgadas y material adecuado pues este servirá de soporte con la rueda hidráulica, el cual también estará constituido por rodamientos y engranajes que este a su vez brindará el movimiento para generar energía.
- c) El acople de transmisión se dará por medio de una cadena y engranajes que se unirá al eje y este dará el movimiento a otro engranaje que estará unido al multiplicador de velocidad, las cuales multiplicaran las vueltas por medio de un sistema como un multiplicador de revoluciones de acuerdo a lo que necesite el generador para producir mayor cantidad de energía.
- d) El generador deberá ser trifásico para obtener mayor cantidad de potencia requerida a 2.5KW para lo que se tendrá que tener en cuenta el número de vueltas por minuto producido por el tipo de transmisión.
- e) La cantidad de potencia obtenida se rectificará en dos líneas que transmitirá energía mediante los sistemas electromagnéticos o llaves cuchilla para el cargado de baterías utilizadas para la repartición de energía.

- f) Estas llaves cuchilla serán controladas por unos controladores que verificarán las cargas de las baterías en cada posición. Esto es porque hay sobrecargas, entonces usaremos dos componentes para disipar la energía un foco el cual nos indicara que la batería ya está cargada y en una resistencia que disipara la carga excedente.

4.2.2.5 concepto de solución mediante un diagrama

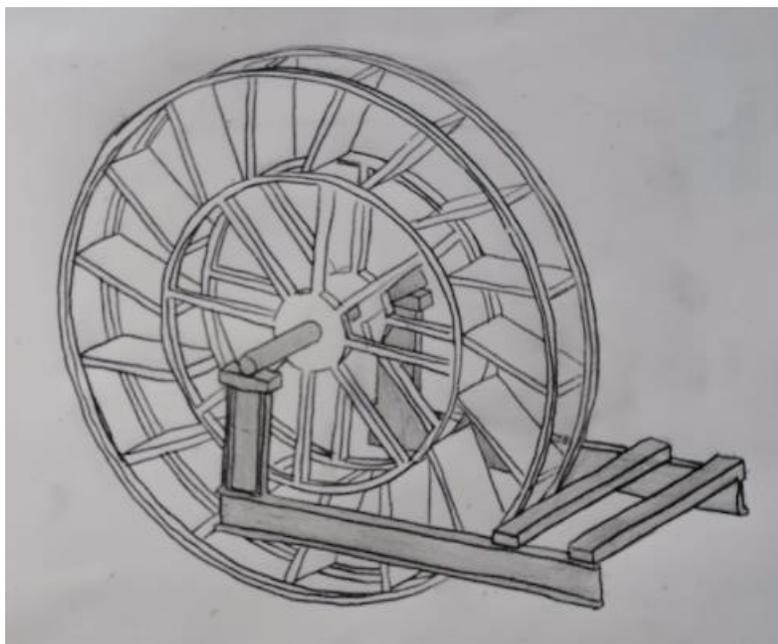


6 Rectificador
de



7 Regulador de tensión

Bosquejo inicial del proyecto



4.3 Diseño

4.3.1 Cálculos

a) Numero de paletas

Se tiene un total de 16 alabes de madera con una dimensión de 35x35x2 cm., posee un ángulo de inclinación de 28 grados respecto al radio. Para una proporción simétrica se usa la siguiente formula:

Donde:

Diámetro exterior: 2m.

Entonces:

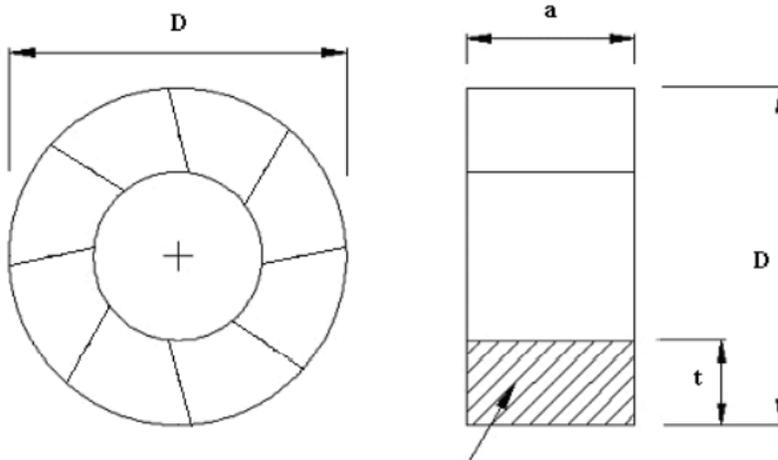
Numero de paletas = $2 \times 8 = 16$ paletas

b) Proporciones- Rueda Hidráulica

Tenemos como medida del diámetro exterior 2m. y los alabes 35x35x2 cm. existen recomendaciones para la proporción entre las mismas

$$t/D < 0.125 \quad \dots\dots\dots(a)$$

$$a < D/2 \quad \dots\dots\dots(b)$$



Donde:

t: altura del alabe (2 cm.)

D: diámetro exterior (200 cm.)

a: ancho de alabe (35 cm.)

Reemplazando:

$$\frac{2 \text{ cm.}}{200 \text{ cm.}} < 0.125$$

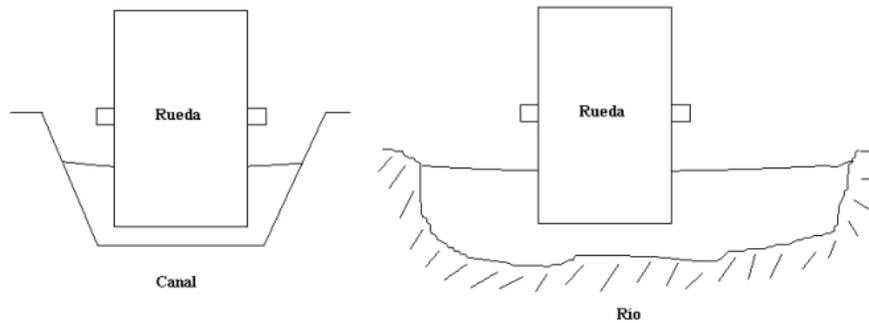
0.01 < 0.125(a) “Cumple con la condición”

$$35 < \frac{200 \text{ cm.}}{2 \text{ cm.}}$$

35 < 100(b) “Cumple con la condición”

c) Velocidad de corriente y caudal

Tanto para canales artificiales como naturales es correcto adoptar una medida promedio de velocidad de corriente para efectos de caracterización; considerando siempre las salvedades con las que fue obtenido y el nivel de error que supone. Este valor es necesario para determinar el potencial energético aprovechable en la rueda hidráulica.



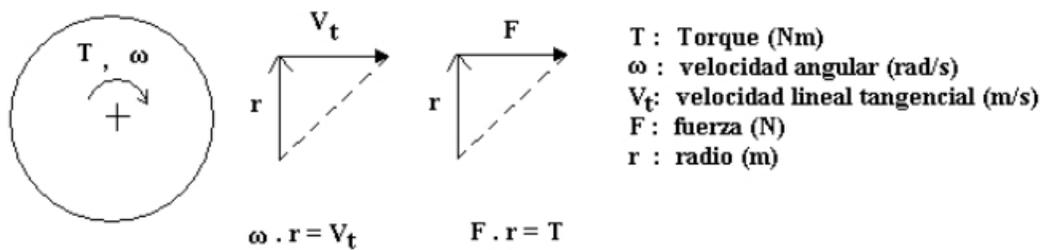
Ruedas hidráulicas operando en corrientes distintas

Se considera un valor máximo de 2 m/s en la velocidad de corriente, valido tanto para canales artificiales como naturales.

$$V = 2 \text{ m/s}$$

d) Torque y Velocidad Angular

El torque y la velocidad angular son variables que proveen la información necesaria para caracterizar a la rueda hidráulica.



e) **Transferencia de energía**

Potencia mecánica:

Se tiene que considerar todos los factores involucrados para plantear relaciones sencillas para efectos de ponderación preliminar.

$$P = 0.41 \times \rho \times A \times V^3$$

Donde:

P: Potencia mecánica en la rueda (W)

ρ : Densidad del fluido (kg/m³)

A: Área sumergida proyectada de la rueda (m²)

V: Velocidad de corriente (m/s)

Como factor de seguridad se está considerando 0.41 ya que es análogo a la eficiencia, en relación a un óptimo teórico.

Potencia ideal:

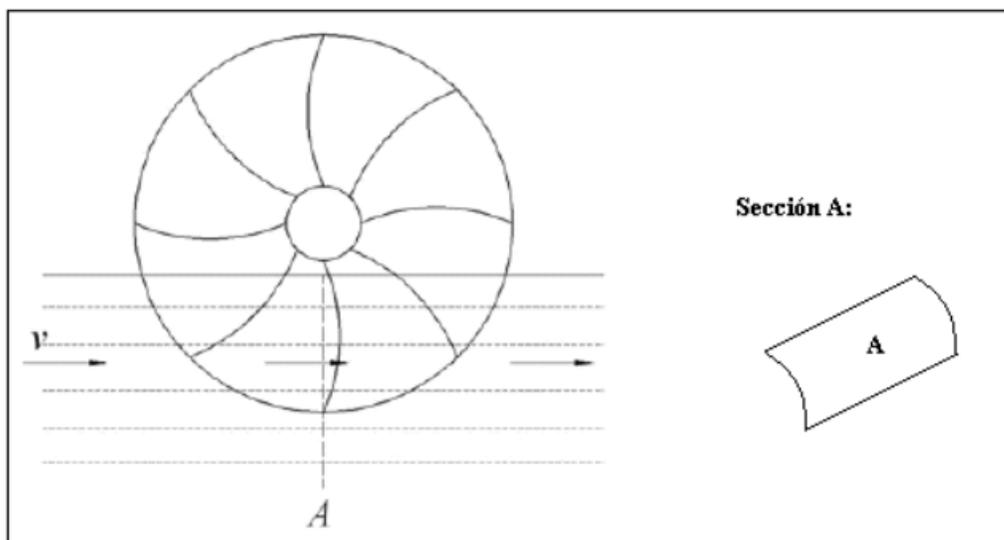
La fórmula de la potencia ideal es similar a la planteada para la potencia mecánica. Estas fórmulas toman en cuenta el área sumergida transversal del alabe sobre la que incide el agua.

$$P_{ideal} = 0.5 \times \rho \times A \times V^3$$

Donde:

P_{ideal} = Potencia ideal maxima extraible (W)

Estas fórmulas toman en cuenta el área sumergida transversal del alabe sobre la que incide el agua.



Flujo incidente sobre rueda hidráulica

CÁLCULO DEL DIAMETRO DE EJE

Cálculo del torque

$$\tau = I \cdot \alpha$$

$$\tau = m a_t$$

$$\tau = m \cdot r \cdot \alpha$$

$$\tau = Q \cdot r^2 \cdot w$$

Donde:

τ : torque (Nm)

m : masa (kg)

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

w : velocidad angular ($\frac{1}{s}$)

r : radio de la rueda (m)

$$1000kg = 1000 l = 1m^3$$

$$\tau = 1000 \cdot Q \cdot r^2 \cdot w$$

$$\tau = 1000 \cdot 3,397 \frac{kg}{s} \cdot 1^2 m^2 \cdot 1,35 s^{-1}$$

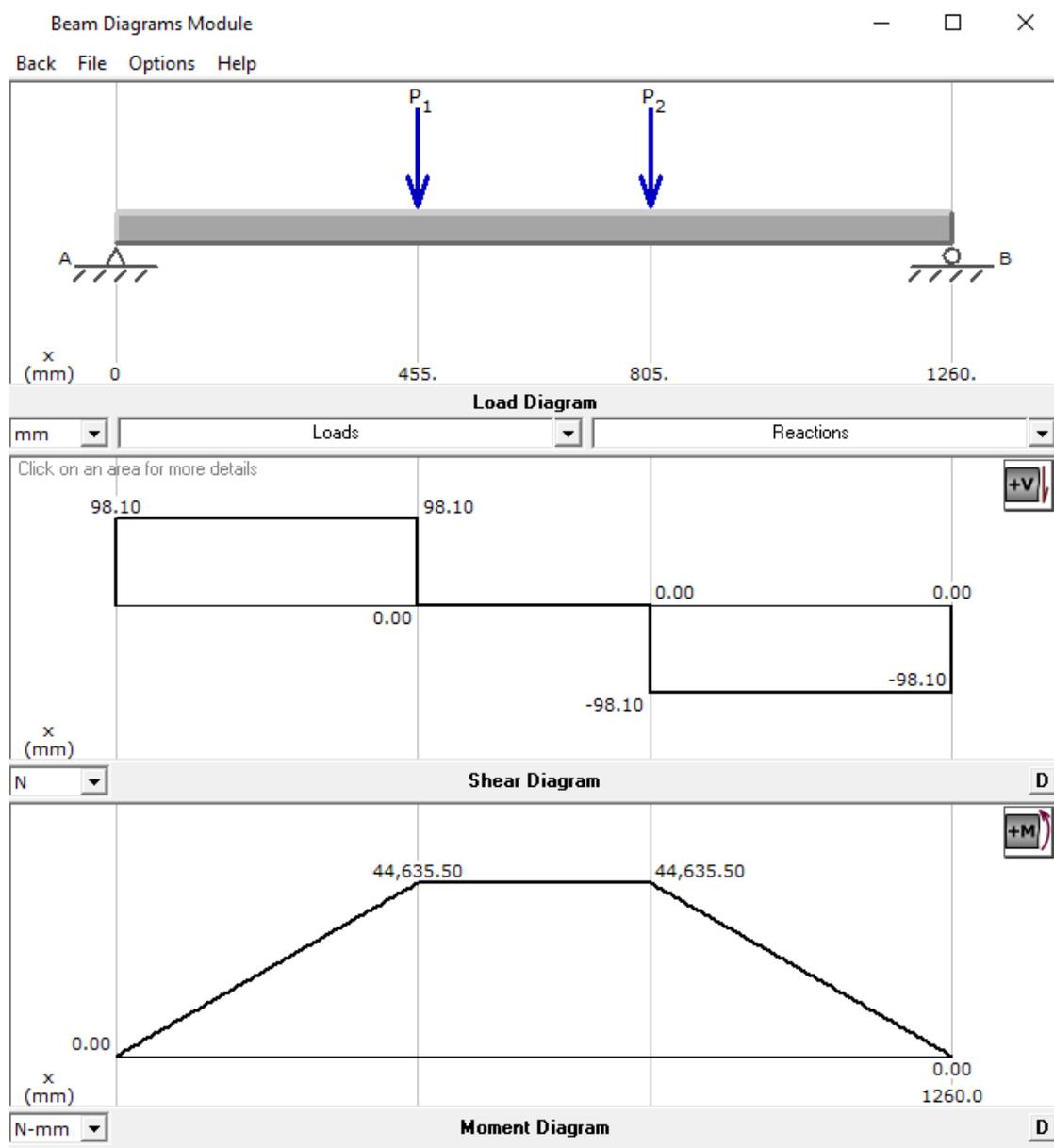
$$\tau = 4585,95 Nm$$

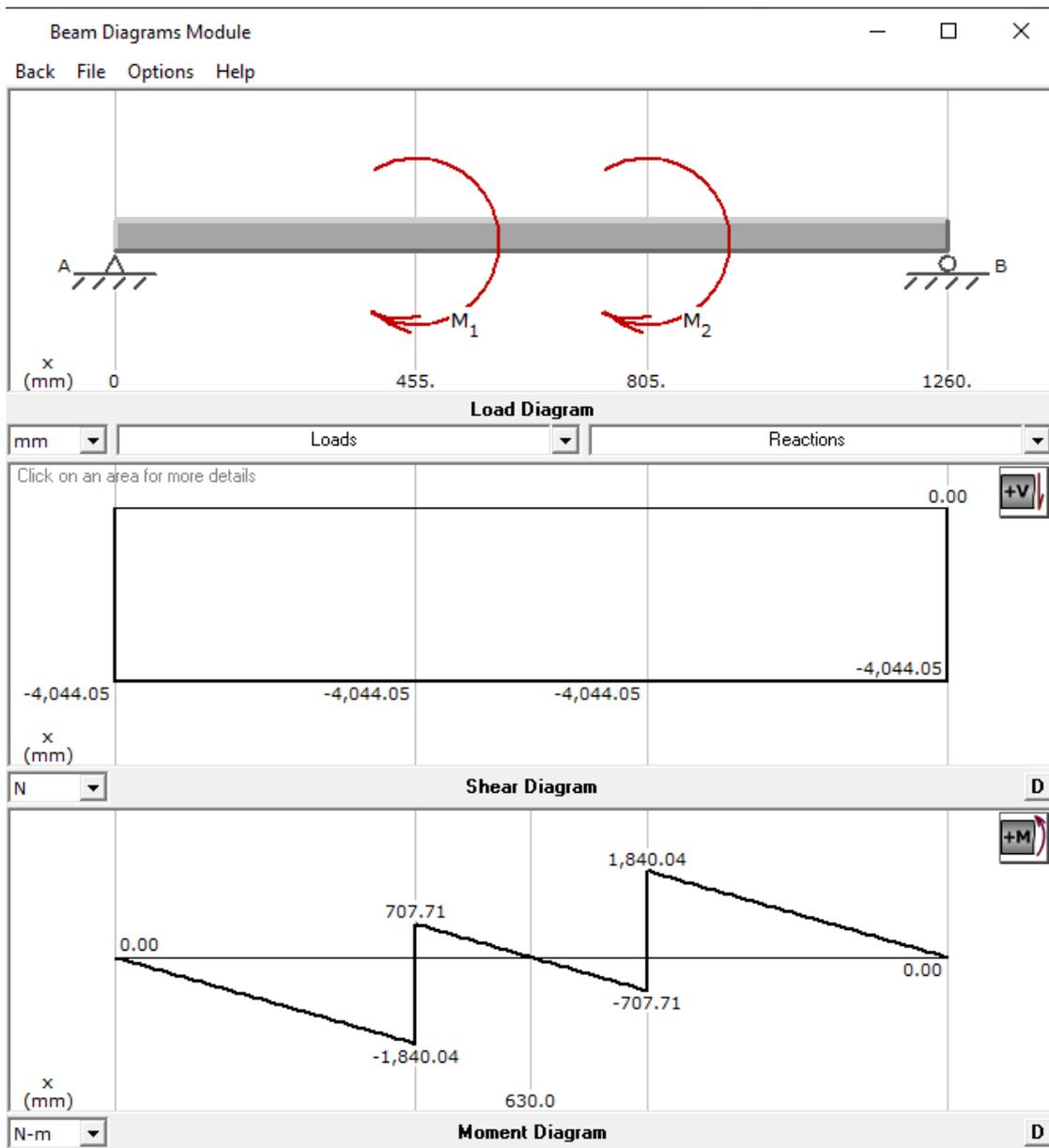
Selección del material del eje

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	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

Se elige un acero SAE 1040 laminado en frío que tiene una resistencia a la fluencia de 490 Mpa

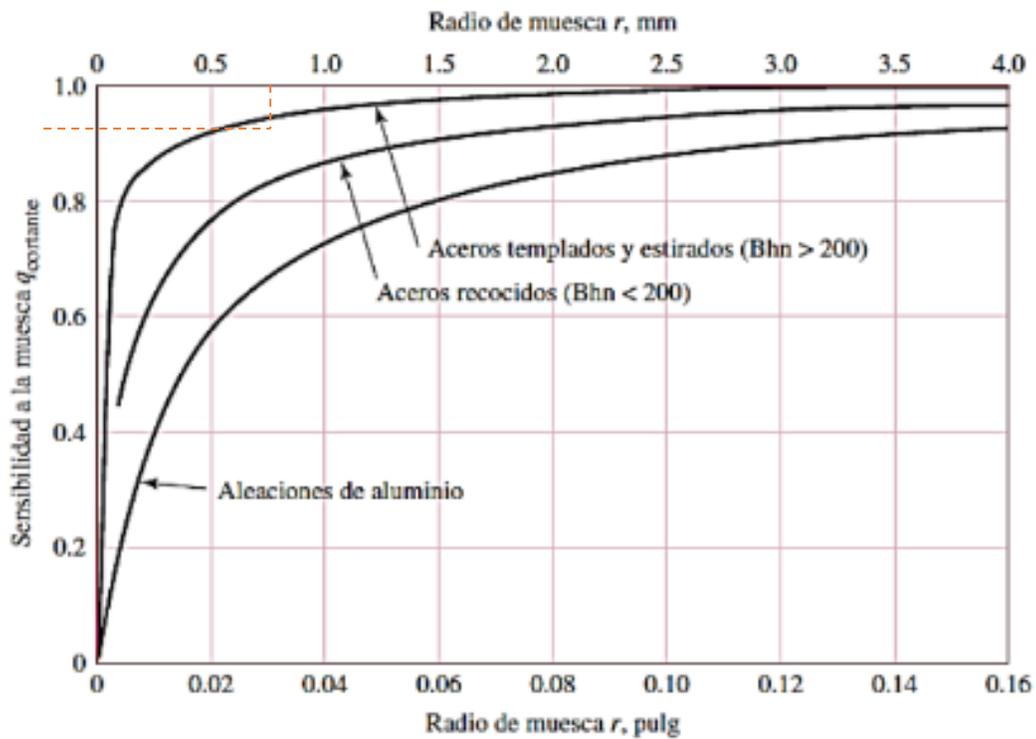
Calculos de las fuerzas a las que esta sometido el eje

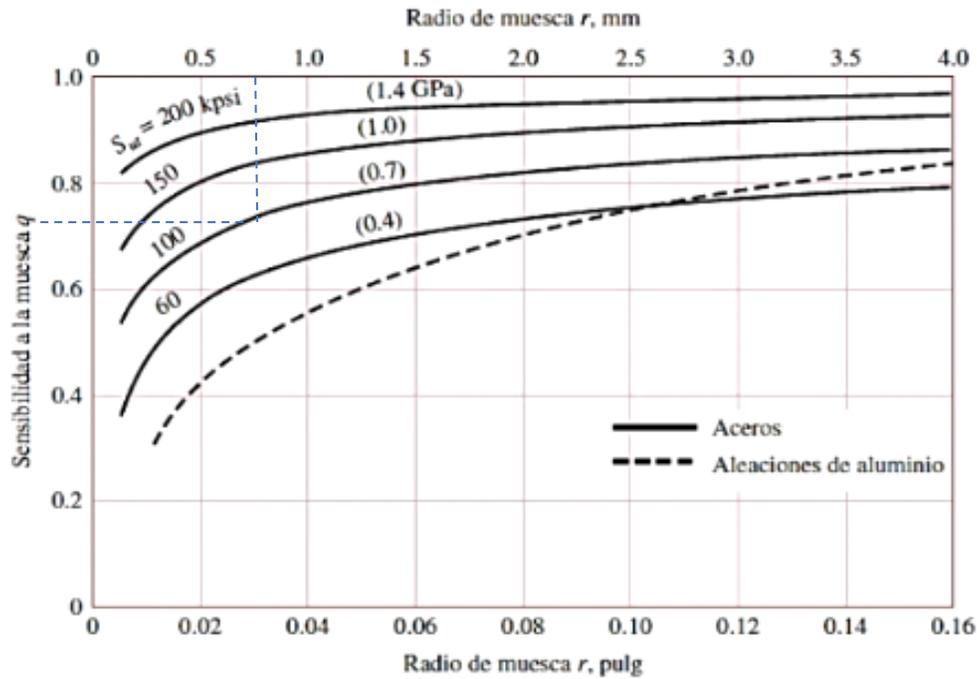




$$M_{max} = \sqrt{98.1^2 + 1840.04^2}$$

$$M_{max} = 1842.65$$





	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.

$$k_f = 1 + q(kt - 1)$$

$$k_f = 1 + 0.76(2.7 - 1)$$

$$k_f = 2.292$$

$$k_{fs} = 1 + q_{cort}(Kts - 1)$$

$$k_{fs} = 1 + 0.92(2.2 - 1)$$

$$k_{fs} = 2.104$$

Diámetro de eje

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

$$d = \left\{ \frac{16 \times 2.5}{\pi \times 490 \times 10^6} [4(2.292 \times 1842.65)^2 + 3(2.104 \times 4585.95)^2]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$d = 0.0786531m = 78,65mm \approx 80mm$$

- En conclusión, consideramos un eje de 80 mm de diámetro

CAPÍTULO V

CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS

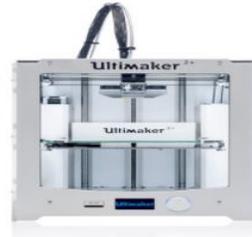
5.1 Construcción

El diseño del proyecto fue construido con la ayuda de una maquina Ultimaker 2+.

5.1.1 Ultimaker 2+

La Ultimaker 2+ es silenciosa y de alta precisión. La nueva versión de la Ultimaker, tiene una serie de adiciones que la hacen más rápida y precisa, tales como: Un nuevo sistema de extrusión que permite el cambio de boquilla de manera sencilla; un mejorado sistema de alimentación de material que garantiza largas horas de impresión, y un evolucionado sistema de enfriamiento del plástico que mejora la calidad de las piezas. Cuenta con plataforma calefactada y está optimizada para imprimir ABS, PLA, CPE, en resolución de 20 a 600 micras. (imagen 1)

Imagen 1 ultimaker 2+



Fuente IDEAZ 3D

Este nos ayudara a la construcción de nuestro diseño en una escala de 1 a 4 pues también por el tema económico es muy viable ya que el material también usado a la construcción es de buena resistencia a las fuerzas bruscas he aquí el avance de nuestra construcción con este material.



5.2 Pruebas y resultados

Para poder demostrar la funcionalidad de nuestro proyecto, diseño o prototipo decidimos en coordinación de todo el grupo buscar una fuente hídrica con suficiente caudal para impulsar nuestro prototipo a escala, por lo que decidimos ir al rio de cochabamba ya que este contaba con las mejores condiciones.



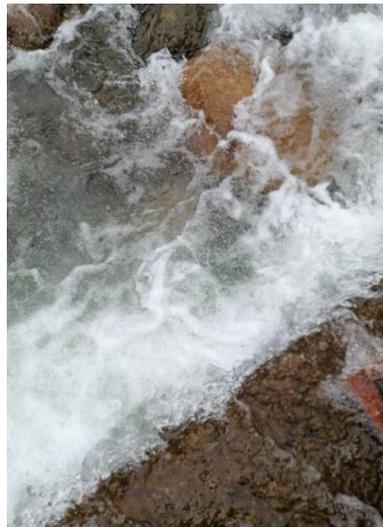
Este momento fue justo la llegada al lugar indicado para la prueba de nuestra maqueta.



En este punto ya se estaba trasladando la maqueta para ser posicionada y probada.



En primer lugar, se verifico el caudal mas fuerte, por ello esta primera prueba se realizo a unos 4 metro de la orilla del rio, dándonos resultados que serán explicados en la tabla.



Observando la dificultad de que esta tenía una profundidad grande y el cual dificultaba el posicionamiento de nuestra maqueta se decidió mover el prototipo a otro lado del rio para un mejor posicionamiento y resultados.



Como se observa llegamos a ubicar la maquina en un punto mas accesible del rio a unos 2 metros de la orilla y también viendo que este nos votaba un buen caudal, dándonos mejores resultados que se midieron con ayuda de un multímetro y con la referencia de este explicaran en la tabla 1.

	CAUDAL	VOLTAJE
PRUEBA 1	$15 \frac{m^3}{s}$	1.3v

PRUEBA 2	$20 \frac{m^3}{s}$	1.6v
----------	--------------------	------

Usando una semejanza hidráulica:

Las leyes de semejanza son una buena herramienta para analizar el comportamiento de las turbomáquinas, ya sea para comparar entre sí las de una misma familia geoméricamente semejante o para analizar una de ellas cuando se la hace funcionar en condiciones diferentes. Además, el ensayo con modelos sigue siendo el procedimiento habitual para el diseño definitivo de las turbomáquinas.

Las consideraciones generales de semejanza hidráulica aplicadas a las turbomáquinas, intentan describir el funcionamiento de una máquina dada, por comparación con el funcionamiento de otra máquina modelo, o bien de la misma máquina bajo condiciones de operación modificadas, tales como un cambio de velocidad de rotación o en el salto.

Para demostrar nuestro objetivo que sería el voltaje a hallar en nuestra maqueta empezaremos hallando la semejanza lineal.(3)

Semejanza lineal

$$Le = \frac{\phi_p}{\phi_m} = \frac{200}{40} = 5$$

ϕ_p = diametro del prototipo

ϕ_m = diametro de la maqueta

Le = escala lineal

$$Le = 5$$

Semejanza de potencia

$$Pe = \delta e * Le^{\frac{7}{2}}$$

$$me = \delta e * Le^3$$

$$\delta e = \frac{me}{Le^3}$$

Pe= escala de potencia



m_e = escala de masa

δ_e = escala de densidad

Por lo tanto:

$$P_e = \delta_e * L_e^{\frac{7}{2}}$$

$$P_e = \frac{m_e}{L_e^3} * L_e^{\frac{7}{2}}$$

$$P_e = m_e * L_e^{\frac{1}{2}}$$

$$P_e = \frac{1500}{8.05} * 5^{\frac{1}{2}}$$

$$P_e = 416.6$$

$$P_e = \frac{P_p}{P_m}$$

$$P_m = \frac{2500}{416.6} = 6w$$

Entonces nuestro objetivo de potencia de nuestra maqueta sería de 6w

Entonces nuestro objetivo base para desarrollar era de 6w y contando con una intensidad de corriente de 3.2 A tendríamos que nuestro voltaje base era de 1.9 v.

Para este punto se observa que según la tabla nos dio un resultado máximo de 1.6v, con esto nos aproximamos mucho a nuestro objetivo base que era de 1.9v, lo que al final esto dependió mucho del caudal. Siendo este nuestro resultado final de 1.6v teniendo una diferencia de 0.3v.

5.3 Conclusiones

- 1 Se obtuvo un parámetro muy importante para poder pasar del modelo al prototipo haciendo uso de la semejanza geométrica y la semejanza cinemática dándonos un objetivo final para nuestra potencia de la maqueta de 6w siendo este muy factible.
- 2 Se realizó el diseño con un programa llamado SOLID WORKS con este se pudo organizar y determinar el esfuerzo que se necesitaría en el proyecto, es importante la selección de la turbina también con ayuda de una buena matriz morfológica el cual se desarrolló con una rueda hidráulica.
- 3 Queriendo un proyecto económico y que sea amigable con el medio ambiente se escoge un generador hidráulico de 2.5kw producido con una turbina de rueda hidráulica que estos a su vez serán impulsados con apoyo de un sistema de ejes y poleas que transmitirán el movimiento y el giro respectivo al generador para poder alimentar las zonas rurales.
- 4 Con uso del programa solidworks, se simula el prototipo ya que este da datos confiables que mejoran el diseño del prototipo.
- 5 Teniendo distintas ideas la mejor opción y más económica siendo esta última un detalle muy importante se concluye usar una escala de 5:1 y con el uso de la máquina de impresión en 3D para facilitar el armado del diseño.

5.01 Recomendaciones

- Es necesario realizar un ensayo similar en una corriente de mayores proporciones, donde la sección del canal sea muy superior al área de paleta. Bajo estas condiciones sería útil verificar la validez de la expresión anteriormente planteada y extraer el rango de valores para el coeficiente de ajuste.
- La rueda ensayada utilizó paletas de dimensiones y ángulo de inclinación constante. Una rueda de ensayo que permita alterar tales valores permitiría un mayor número de pruebas y una extensión más generalizada de las conclusiones derivadas de ellas.
- Ruedas hidráulicas de álabes curvos suelen producir incrementos de eficiencia respecto a las de álabes rectos. Un ensayo adicional realizado con álabes curvos no reportó mejoras en ningún aspecto, pero los cambios estructurales introducidos en la rueda impiden establecer una comparación en igualdad de condiciones. De corroborarse esta observación, con ensayos más rigurosos, se concluiría que los álabes curvos no incrementan la potencia extraíble en ruedas hidráulicas de eje horizontal de sumersión parcial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CASTILLO GARCÍA, Montaña. DISEÑO ELECTROMAGNÉTICO DE UN GENERADOR ELÉCTRICO PARA TURBINA EÓLICA DE 100 kW. *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID ESCUELA*. 2017. P. 83.
2. MENDOZA YUPANQUI, Paul Yampier. DISEÑO DE GENERADOR HIDROELÉCTRICO PORTABLE PARA ZONAS RURALES. *PUCP* [online]. 2017. P. 61. Available from: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/9466>
3. TAMAYO, Carla and SILVA, Irene. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *universidad catolica los angeles de chimbote* [online]. 2015. P. 201–247. Available from: <http://iyanu.blogspot.es/i2008-07/>
4. MERTINEZ, Israel. Diseño y Analisis Preliminar para un Generador Electrico de Alta Velocidad Acoplado a una Microturbina. *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO*. 2013. P. 329.
5. VARGAS, Javier Andrés, VELÁSQUEZ CLAVIJO, Fabián and TORRES GÓMEZ, Camilo. Desarrollo del prototipo de un hidrogenerador eléctrico como alternativa de generación de energía limpia en zonas rurales. *Ingeniare*. 2016. No. 20, p. 91. DOI 10.18041/1909-2458/ingeniare.20.411.
6. MANTENIMIENTO PLANIFICADO. MANTENIMIENTO PREVENTIVO. *www.mantenimientoplanificado.com Artículos y productos de bajo coste para mantenimiento*. 2015. Vol. 0, no. 0, p. 1–13.
7. CAMPUZANO-MARTÍNEZ, Ignacio R. Diagnóstico de generadores eléctricos de potencia con técnicas de monitoreo en línea y fuera de línea. *Informacion Tecnologica*. 2016. Vol. 27, no. 2, p. 11–20. DOI 10.4067/S0718-07642016000200003.



ANEXOS

