

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE
MOGROVEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**



**DISEÑO DE UN MÓDULO DE SIMULACIÓN DE
GENERACIÓN HIDROELÉCTRICO UTILIZANDO
TURBINAS PELTON Y FRANCIS ABASTECIDAS
POR UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

GIL BANCALLAN, LUIS ORLANDO

Chiclayo, 21 diciembre de 2017

**DISEÑO DE UN MÓDULO DE SIMULACIÓN DE
GENERACIÓN HIDROELÉCTRICO UTILIZANDO
TURBINAS PELTON Y FRANCIS ABASTECIDAS
POR UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN.**

Presentado por:

GIL BANCALLAN, LUIS ORLANDO

Presentada por la Facultad de Ingeniería de la Universidad
Católica Santo Toribio de Mogrovejo para optar el Título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR:

**Ing. Alexander Querevalú
Morante.
PRESIDENTE**

**Ing. Luis Gonzáles Bazán
SECRETARIO**

**Ing. Hugo Walter Mundaca
Guerra.
ASESOR**

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la fuerza
Para lograr este objetivo, una de
Las etapas más importantes en mi vida;
A mi abuela Rosa por sus sabios y
Piadosos consejos del día a día.
A mi madre Clara por nunca rendirse,
Confiar y apostar siempre por mí
A pesar de las situaciones.
A mis tíos Juan y Alberto por
Enseñarme a salir adelante y hacerme
Entender que nada es fácil en esta vida.
Y a la última morada de mi padre que
Siempre lo recuerdo a pesar de todo

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo por los conocimientos que se me impartieron durante mi paso por carrera en ingeniería mecánica eléctrica.

Al Ing. Hugo Mundaca Guerra como mi docente universitario, guía y mayor colaborador de mi conocimiento aprendido en ingeniería mecánica eléctrica.

Al Ing. Alexander Querevalu Morante como mi jurado, docente y de haber transmitido conocimiento, sabiduría y a querer ser mejor cada día.

Al Ing. Luis Gonzales Bazán por su instrucción y formación que me implanto durante mi carrera profesional.

Al Ing. Iván Sipion por su aporte en el sistema mecánico aplicando SolidWorks para la culminación de mi tesis.

Y a mi hermano Kevin por su apoyo y su ayuda a que esto sea posible.

RESUMEN

El presente proyecto, es un módulo de pruebas dotado por dos turbinas una pelton y una francis que simula el funcionamiento de una pequeña central hidroeléctrica y permite disponer como herramienta para capacitar e incentivar a estudiantes en energías limpias y renovables. La tesis desarrollada abarca la construcción de un sistema que muestra el funcionamiento de dos turbinas, aprovechando la operación de una electrobomba centrífuga para simular el salto hidráulico. El trabajo comprende; la construcción del módulo “Montaje de las turbinas, sistema eléctrico, electrobomba y simulación de la caída de agua”, la selección de los instrumentos y dispositivos así como los procedimientos de evaluación y diseño, se utilizara datos comerciales. Que se propone permitirá: visualizar los diferentes comportamientos hidráulicos y eléctricos que se presenten

ABSTRACT

This project is a test module equipped with two Pelton turbines francis and simulating the operation of a small hydroelectric power and makes available as a tool to train and encourage students in clean and renewable energy. The thesis developed involves the construction of a system showing operation of two turbines, using the operation of a centrifugal electric pump to simulate the hydraulic jump. The work includes; the construction of the "Installation of the turbines, electrical systems, and simulation of electric waterfall", the selection of instruments and devices as well as assessment procedures and design, business data module is used. Proposed will: show different hydraulic and electrical behavior.

INDICE

I. PROBLEMÁTICA.....	13
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
III.OBJETIVOS	13
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
IV.JUSTIFICACION.....	13
V. MARCO REFERENCIAL DEL PROBLEMA.....	14
5.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	14
5.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	18
5.2.1. Turbinas hidráulicas.....	18
5.2.2. Clasificación de las turbomáquinas hidráulicas.....	19
5.2.3. Ruedas hidráulicas	20
5.2.4. Partes de las turbinas hidráulicas.....	21
5.2.5. Clasificación de las turbinas según la entrada del agua.....	23
5.2.6. Descripción algunos tipos de turbinas hidráulicas.....	25
VI. DISEÑO DEL SISTEMA.....	27
6.1. PARTES DEL SISTEMA.....	27
6.1.1. Turbina pelton.....	27
6.1.2. Turbina francis	38
VII. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO.....	57
VIII. METODOLOGIA Y DEFINICION DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA.....	60
8.1. DISEÑO DE LA TURBINA PELTON.....	61
8.1.1. Los números específicos de revoluciones.....	61
8.1.2. Velocidad del chorro	62
8.1.3. Diámetro del Chorro	63
8.1.4. Diámetro Pelton.....	63
8.1.5. Diámetro por fuera del rodete	63
8.1.6. Número de álabes o cazoletas	63
8.1.7. Ancho del álabe	63
8.1.8. Profundidad del álabe	63
8.1.9. Largo del álabe	63
8.1.10. Ancho en el destalonamiento	64
8.1.11. Punto de cruce de las trayec de los puntos exteriores	64
8.1.12. Espesor del álabe o cazoleta	64
8.1.13. Medidas en el plano del álabe	64
8.2. DISEÑO DE LA TURBINA FRANCIS:	64
8.2.1. Dimensiones del álabe	65
8.2.2. Numero de álabes.....	68

8.2.3.	<i>Coefficiente de cavitación</i>	68
8.2.4.	<i>Dimensiones del caracol</i>	68
8.2.5.	<i>Dimensionamiento en el tubo de aspiración</i>	70
8.3.	CÁLCULO DE TUBERÍAS	71
8.3.1.	<i>Velocidad del agua en la tubería:</i>	71
8.3.2.	<i>El número de Reynolds</i>	72
8.3.3.	<i>La rugosidad de los materiales a utilizar.</i>	72
8.3.4.	<i>El factor de fricción en tubería.</i>	73
8.3.5.	<i>Intercepción en con el Diagrama de Moody.</i>	73
8.4.	CALCULO DE LA POTENCIA DE LA ELECTROBOMBA	75
8.4.1	<i>Calculo del caudal máximo:</i>	75
8.4.2	<i>Calculo de pérdidas en tuberías lisas</i>	75
8.4.3	<i>Calculo de pérdidas en codos</i>	75
8.4.4	<i>Calculo de la potencia de la electrobomba.</i>	76
8.5.	TABLERO DE CARGA	78
8.6.	CÁLCULO DE SECCIÓN DE CONDUCTOR	79
8.7.	EL GENERADOR	81
8.8.	CONTENEDOR	81
IX.	ACTIVIDADES TÉCNICAS QUE SE PUEDEN REALIZAR CON EL SIS	82
9.1.	ALTURA VS PRESION	83
9.2.	ALTURA VS POTENCIA	84
9.3.	POTENCIA VS CAUDAL	85
9.4.	PRUBEAS CON CIERRE DE VÁLVULAS	86
9.5.	POTENCIA CONSTANTE	87
X.	COSTOS DE FABRICACION	90
	FACTOR DE SEGURIDAD EN EJES APLICANDO SOLIDWORKS	93
8.1	SIMULACION EJE DE LA TURBINA PELTON	93
8.1.1.	<i>Información de la pieza</i>	94
8.1.2.	<i>Propiedades del estudio</i>	95
8.1.3.	<i>Unidades de medida</i>	95
8.1.4.	<i>Propiedades del material</i>	96
8.1.5.	<i>Cargas y sujeciones</i>	96
8.1.6.	<i>Información de malla – detalles</i>	97
8.1.7.	<i>Fuerzas resultantes y de reacción</i>	98
8.1.8.	<i>Momentos de reacción</i>	98
8.1.9.	<i>Resultados del estudio</i>	98
8.2	SIMULACION EJE DE LA TURBINA FRANCIS	101
8.2.1.	<i>Información de la pieza</i>	101
8.2.2.	<i>Propiedades del estudio</i>	102
8.2.3.	<i>Unidades</i>	102
8.2.4.	<i>Propiedades del material</i>	103
8.2.5.	<i>Cargas Y Sujeciones</i>	103

8.2.6. Información de malla – detalles	104
8.2.7. Fuerzas resultantes y de reacción	105
8.2.8. Momentos de reacción	106
8.2.9. Resultados Del Estudio	106
XII. CUADRO COMPARATIVO.....	108
XII. CONCLUSIONES:.....	110
XIII. BIBLIOGRAFIA	111

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Ruedas hidráulicas.	21
FIGURA 2. Turbina de flujo axial.	23
FIGURA 3. Turbina de flujo radial.	23
FIGURA 4. Turbina De Flujo Tangencial.	24
FIGURA 5. Esquema De Una Turbina Francis.	25
FIGURA 6. Esquema De Una Turbina Kaplan.	26
FIGURA 7. Esquema de una turbina peltón.	26
FIGURA 8. Esquema De Una Michel O Banki	27
FIGURA 9. Detalle De Un Rodete Pelton	28
FIGURA 10. Detalle De Un Alabe.	28
FIGURA 11. Turbina Pelton Con Un Chorro Por Rodete.	29
FIGURA 12. Turbina Pelton De Un Chorro Eje Horizontal.	30
FIGURA 13. Posición Del Eje En Vertical.	31
FIGURA 14. Corte De La Cazoleta O Álabe Atacado Por El Chorro De Agua	33
FIGURA 15. Detalle de los ángulos del alabe pelton.	34
FIGURA 16. Plano Del Álabe Pelton Con Sus Parámetros De Diseño	38
FIGURA 17. Turbina Francis (Eje Horizontal- Eje Vertical)	39
FIGURA 18. Componentes Turbina Francis.	40
FIGURA 19. Camara Espiral Turbina Francis.	41
FIGURA 20. Distribuidores	42
FIGURA 21. Rodete Turbina Francis.	43
FIGURA 22. Tubo De Aspiración.	44
FIGURA 23. Dimensiones De La Pala Del Rodete	47
FIGURA 24. Dimensiones De La Carcasa.	48
FIGURA 25. Dimensiones Del Tubo De Aspiración	49
FIGURA 26. Contenedor De 2000 Litros	51
FIGURA 27. Tubería De Acero.	52
FIGURA 28. Manómetro.	52
FIGURA 29. Inyectores De Turbinas	53
FIGURA 30. Válvula.	53

FIGURA 31. Generador Síncrono	55
FIGURA 32. Lámpara – 30 W.	56
FIGURA 33. Módulo De Simulación - Vista Isométrica.....	57
FIGURA 34. Módulo De Simulación - Vista Frontal	58
FIGURA 35. Módulo De Simulación - Vista Planta.....	58
FIGURA 36. Módulo De Simulación - Vista Posterior	59
FIGURA 37. Módulo De Simulación - Vista Perfil Izquierdo.....	59
FIGURA 38. Módulo De Simulación - Vista Perfil Derecho.....	60
FIGURA 39. Número Específico Vs Altura.....	62
FIGURA 40. Dimensiones Del Álabes.....	67
FIGURA 41. Rugosidad De Los Materiales.....	72
FIGURA 42. Diagrama De Moody	73
FIGURA 43. Grafica Q Vs H.....	76
FIGURA 44. Circuito De Bombillas En Paralelo.	78
FIGURA 45. Formulas Del Para El Cálculo Del Conductor	79
FIGURA 46. Contenedor En Vista Isométrica.....	82

ANEXOS

ANEXO A. Ficha Técnica Del Generador	113
ANEXO B. Ficha Técnica - Electrobomba	114
ANEXO C. Ficha Técnica - Manometro	115
ANEXO D. Ficha Técnica - Medidor Multifuncional	116
ANEXO E. Ficha Técnica - Tuberia De Acero.....	117
ANEXO F. Ficha Técnica - Codo De Acero Soldable	117
ANEXO G. Ficha Técnica - Brida De Acero	118
ANEXO H. Ficha Técnica - Tee.....	118
ANEXO I. Ficha Técnica – Valvula De Bola	119
ANEXO J. Ficha Técnica – Calibre Del Conductor	120
ANEXO K. Ficha Técnica – Caudalimetro De Fluido.....	121
ANEXO L. Ficha Técnica – Tacometro Dijital.....	122
ANEXO M. Ficha Técnica – Gabinete Eléctrico (Tablero).....	124
ANEXO N. Ficha Técnica – Tuberias Electricas.....	126
ANEXO N. Ficha Técnica – Plancha De Acero	127
ANEXO Ñ. Ficha Técnica – Accesorios Del Tablero De Puesta En Marcha	128

I. PROBLEMÁTICA

En las diferentes universidades del departamento de Lambayeque cuentan con muy poca investigación dedicada al diseño y construcción de módulos de simulación para la generación hidroeléctrica, Por tal motivo se inició en ejecutar el diseño y cálculos necesarios para realizar dicho modulo y así permitir la capacitación de los alumnos que pondrá en una posición de ventaja frente a otras universidades, mejorando así nuestra calidad educativa relacionado a generación de energía eléctrica.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Será posible diseñar un módulo de simulación hidroeléctrico que permitirá medir los parámetros de operación de un sistema de generación?

III. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño de módulo de simulación de generación hidroeléctrico utilizando turbinas pelton y francis abastecidas por un sistema de recirculación.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir la potencia para cada generador.
- Establecer los parámetros de tamaño en las turbinas pelton y francis.
- Diseñar y seleccionar el sistema recirculación que abastecería a las turbinas.
- Determinar los parámetros eléctricos tanto en la turbina pelton como en la francis.

IV. JUSTIFICACION

Nuestro presente diseño, se justifica ya que algunos alumnos desconocen su funcionamiento como tal, en ese sentido un diseño de un módulo hidroeléctrico, que sería una herramienta poderosa para analizar los distintos parámetros, que permitirá calcular el rendimiento de las bombas utilizadas como turbinas, las

magnitudes como presión, caudal, altura, rpm etc. Utilizando datos comerciales, experimentales y de esta manera conocer su eficiencia e importancia en nuestra universidad

V. MARCO REFERENCIAL DEL PROBLEMA

5.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

5.1.1. BANCO DE PRUEBAS CON TURBINA PELTON PARA ENSEÑANZA DE LABORATORIO EN LA UNSA

Ing. Pedro Bertin Flores Larico

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica - UNSA

Av. Independencia SIN, Arequipa – Perú

RESUMEN DELTRABAJO

En la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica (1993) se vio la necesidad de reemplazar una turbina Pelton accionada por una bomba de un banco de tuberías, por la de un módulo de pruebas con turbina Pelton con el objetivo de simular el comportamiento de micro centrales hidroeléctricas y utilizarla como material educativo en los cursos de Turbo máquinas y Laboratorio de Hidráulica -Maquinas Hidráulicas. La unidad consta de un rodete Pelton de 16 cm. de diámetro, contiene un deposito, manómetro, tuberías etc.

El módulo indicado se viene utilizando para la determinación de torques, eficiencias, etc.

5.1.2. DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA MÁQUINAS REVERSIBLES APLICADAS A MICROCENTRALES HIDROELÉCTRICAS HASTA 2000 L/MIN, Y 70 M

Obregón Gálvez Diego Enrique

Ramírez Llanos, Víctor Ángelo

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica eléctrica

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN

Abril del 2013 Pimentel – Perú

RESUMEN DELTRABAJO

Este proyecto está centrado en el diseño de un banco de pruebas, que permitirá ensayar una bomba centrífuga como turbina y un motor asíncrono como generador eléctrico, analizando su operación y eficiencia, a fin de ser probado como una alternativa de bajo costo, a comparación de las turbinas y generadores utilizada en grandes centrales hidroeléctricas

La ventaja más visible del uso de bombas centrífugas en lugar de turbinas para la generación de energía eléctrica es principalmente el costo. Al saber que el precio de una bomba centrífuga está entre tres a cinco veces, menos que el costo de una turbina, para las mismas condiciones de operación.

En este trabajo de investigación se realizará un diseño hidráulico de un banco de pruebas para máquinas reversibles, encontrando la altura neta, caudal de diseño, potencia y rendimiento, además de la selección de la tubería que conducirá el fluido y los accesorios, y están basados en las investigaciones y experiencias realizadas por la Nottingham Trent University, con ayuda de Intermediate Technology Development Group (ITDG) para utilizar Bombas Centrífugas como Turbinas.

5.1.3. DISEÑO DE UN GRUPO HIDROENERGÉTICO MICHELL-BANKI DE 120 kW

Johel Víctor Benites Príncipe

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Ingeniería Mecánica Pontificia Universidad Católica Del Perú

Lima – Perú junio 2014

RESUMEN DELTRABAJO

El presente trabajo busca ser una buena alternativa en la instalación de grupos hidroenergéticos en las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas que se construyen en el Perú y de este modo cubrir el déficit de electrificación en zonas rurales.

Para ello, se ha planteado el diseño de un grupo hidroenergético que opere con una turbina estandarizada Michell- Banki debido a que esta turbina tiene una buena eficiencia dentro de un amplio rango de caudal, bajo costo y es de fácil fabricación local. La función principal del grupo hidroenergético es aprovechar la energía cinética de una

Caída de agua y transformar el trabajo técnico en el eje de la turbina en energía eléctrica para su uso en zonas rurales, de manera que se pueda mejorar la calidad de vida de los habitantes de estas localidades.

Para el desarrollo de este trabajo se ha realizado el diseño hidráulico del rodete y del inyector, que son los principales componentes de la turbina. Esto se ha realizado mediante una metodología en la cual los únicos parámetros de entrada son la potencia de 120 kW generada en el eje de la turbina y el rango de variación de la velocidad específica de la turbina Michell-Banki.

5.1.4. CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA UNA TURBINA HIDRAULICA 2 NZ

Ramón Gózales Cano

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

Universidad pontificia bolivariana - Bucaramenga – Bolivia 2012

RESUMEN DELTRABAJO

El presente proyecto, es un banco de pruebas dotado por una turbina Turgo que simula el funcionamiento de una pequeña central hidroeléctrica y permite disponer como herramienta para capacitar e incentivar a estudiantes en energías limpias y renovables. La tesis desarrollada abarca la construcción de un sistema que muestra el funcionamiento de una turbina Turgo, aprovechando la operación de 3 bombas centrifugas para simular el salto hidráulico. El trabajo comprende; la construcción del banco “Montaje de la turbina, acometida eléctrica, bombas y simulación de la caída de agua”, la selección de los instrumentos y dispositivos para el control y el registro de las variables y los

protocolos de ensayo así como los procedimientos de evaluación y diseño de la prueba de laboratorio

para dicho banco- El banco de pruebas que se propone permitirá: visualizar el proceso de Transformación de energía, determinar las zonas de aplicación de la turbina hidráulica, determinar las curvas de funcionamiento y evaluar el comportamiento de la turbina. Las características nominales de la turbina son las siguientes: 1kW de potencia eléctrica, velocidad de rotación de hasta 1000 RPM, 93% de eficiencia, abarca un salto mínimo de

5m, el rango para el caudal es de 1.37 GPM hasta 939 GPM. Se utiliza 3 bombas centrifugas que simularan el salto hidráulico, para accionar la turbina, considerando un volumen para el llenado del tanque número 1 de 1000 It y para el tanque número 2 de 600 Lt por medio del cual se garantiza la recirculación del agua para la realización de los diversos ensayos- La turbina Turgo utiliza un alterador sin escobillas para la generación de energía de la turbina y junto a la instalación de luminarias simularan la demanda de electricidad de una central hidráulica, de esta manera se tendrá un panorama real de todo el funcionamiento del proyecto. De energía de la turbina y junto a la instalación de luminarias simularan la demanda de electricidad de una central hidráulica, de esta manera se tendrá un panorama real de todo el funcionamiento del proyecto.

5.1.5. DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA TURBINA BANKI Y PROPUESTA DEL BANCO DE PRUEBAS.

Juan Eduardo Apontes Santos

Marvin Alonso Cubias Alas

Alfredo Ernesto Portillo Sigüenza

William Guillermo Romero Martínez

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela De Ingeniería Mecánica

Universidad De El Salvador – Argentina

Ciudad universitaria, noviembre de 2011.

RESUMEN DELTRABAJO

Cada año la demanda de energía va en creciente aumento, con lo cual las fuentes de energía convencionales como el petróleo sufren un deterioro o escasez irreversible, a esto hay que agregar el excesivo aumento de los gases producto de la combustión de este petróleo y sus derivados; gases que afectan a todo el sistema ecológico del Planeta tierra, ocasionando muchos fenómenos climáticos como el efecto invernadero o el calentamiento global que desencadena grandes catástrofes en algunos lugares, además de provocar muchas enfermedades respiratorias y del corazón en los seres humanos.

Debido a todo lo antes mencionado surge la necesidad urgente de buscar nuevas formas de energía, las cuales puedan aplicarse para los mismos fines y obtenerse mejores resultados que con los combustibles convencionales, además de garantizar el desarrollo sostenible y asegurar la existencia a futuro de estas fuentes de energía alternativas que hoy en día se conocen como energía renovables. Es por ello que este trabajo está dirigido a dar a conocer aspectos importantes de la turbina Michell Banki como lo son el diseño de las partes importantes, rotor, inyector, álabes, etc. Todo esto con el fin de contribuir a mejorar o salvaguardar el clima de nuestro planeta, mediante la reducción en la emisión de gases de invernadero a la atmósfera, aportando de una forma práctica a disminuir la excesiva contaminación que sufrimos hoy día, a través de la utilización de energía limpia e inagotable proveniente de la naturaleza como lo son los ríos.

5.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

5.2.1. TURBINAS HIDRÁULICAS.

Una máquina hidráulica es un dispositivo capaz de convertir energía hidráulica en mecánica; puede ser motrices (turbinas), o generatrices (Bombas), modificando la energía total de la vena fluida que las atraviesa. En el estudio de las turbo maquinas hidráulicas no se tienen en cuenta efectos de tipo térmico, aunque a veces habrá necesidad de recurrirá determinados conceptos termodinámicos: todos los fenómenos que se estudian serán en régimen

permanente, caracterizados por una velocidad de rotación de la máquina y un caudal constantes. En una maquina hidráulica, el agua intercambia energía con un dispositivo mecánico de revoluciones que gira alrededor de su eje de simetría; este mecanismo lleva una o varias ruedas, (rodetes o rotores), provistas de alabes, de forma que entre ellos existen unos espacios libres o canales, por los que circula el agua. [11]

Los métodos utilizados para su estudio son, el analítico, el experimental y el análisis dimensional.

- El método analítico se fundamenta en el estudio del movimiento del fluido de los alabes, según los principios de la mecánica de fluidos.
- El método experimental, se fundamenta en la formulación empírica de la Hidráulica, y la experimentación.

El análisis dimensional ofrece grupos de relaciones entre las variables que intervienen en el proceso, confirmando los coeficientes de funcionamiento de las turbinas, al igual que los diversos números adimensionales que proporcionan información acerca de la influencia de las propiedades del fluido en movimiento a través de los órganos que las componen. [11]

5.2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS TURBOMÁQUINAS HIDRÁULICAS.

Una primera calificación de las turbo maquinas hidráulicas, (de fluido incompresible), se puede hacer con arreglo a la función que desempeñan, en la forma siguiente:

5.2.2.1. Turbomáquinas motrices. Que recogen la energía cedida por el fluido que las atraviesa, y la transforman en mecánica, pudiendo ser de dos tipos:

Dinámicas o cinéticas, turbinas y ruedas hidráulicas.

Estáticas o de presión, celulares (paletas), de engranajes, helicoidales, etc.

5.2.2.2. Turbomáquinas generatrices. Que aumentan la energía del fluido que las atraviesa de forma potencial, (aumento de presión), o cinética; la energía mecánica que consumen en sus entradas por un motor, pudiendo ser:

Bombas de alabes, entre las que se encuentran las bombas centrífugas y axiales.

Hélices marinas, cuyo principio es diferente a las anteriores: proporcionan un empuje similar al requerido para un buque.

5.2.2.3. Turbomáquinas reversibles. Tanto generatrices como motrices, que ejecutan una serie de funciones que quedan aseguradas, mediante un rotor específico, siendo las más importantes:

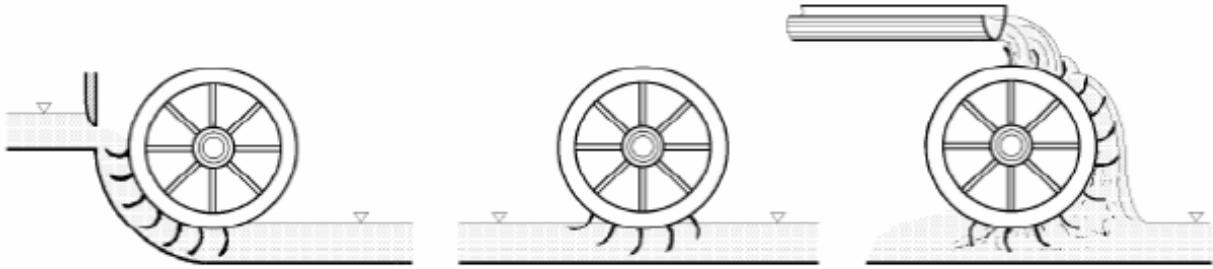
Grupos turbina-bomba, utilizados en centrales eléctricas de acumulación por bombeo. Grupos Bulbo, utilizados en la explotación de pequeños saltos de centrales mareomotrices.

5.2.2.4. Grupos de transmisión o acoplamiento. Que son una combinación de máquinas motrices y generatrices, es decir, un acoplamiento (bomba-turbina), alimentadas en circuito cerrado por un fluido, en general aceite; a este grupo pertenecen los cambios de par.[14]

5.2.3. RUEDAS HIDRÁULICAS

Las ruedas hidráulicas son máquinas capaces de transformar la energía del agua, cinética o potencial, en energía mecánica de rotación. En ellas, la energía potencial del agua se transforma en energía mecánica como se muestra en la figura 1

Figura 1. Ruedas Hidráulicas.



Fuente: Fernández, Pedro D. Departamento de ingeniería eléctrica y energética, Turbinas Hidráulicas, Universidad de Cantabria

Se clasifican en:

- a) Ruedas movidas por el costado.
- b) Ruedas movidas por debajo.
- c) Ruedas movidas por arriba.

Su diámetro decrece con la altura H del salto del agua.

Los cangilones crecen con el caudal.

Los rendimientos son del orden del 50% debido a la gran cantidad de engranajes intermedios.

El número de RPM es de 4 a 8.

Las potencias son bajas, y suelen variar entre 5 y 15 KW, siendo pequeñas si se las compara con las potencias de varios cientos de MW conseguidas en las turbinas. [6]

5.2.4. PARTES DE LAS TURBINAS HIDRÁULICAS

Una turbo maquina elemental o mono celular tiene, básicamente una serie de alabes fijos, (distribuidor), y otra de alabes móviles, (rueda, rodete, rotor). La asociación de un órgano fijo y una rueda móvil constituye una célula; una turbo maquina mono celular se compone de tres órganos diferentes que el fluido va atravesando sucesivamente, el distribuidor, el rodete y el difusor.

- 5.2.4.1. El distribuidor.** Es un órgano fijo cuya misión es dirigir el agua, desde la sección de entrada de la máquina hacia la entrada en el rodete, distribuyéndola alrededor del mismo. (turbinas de admisión total), o una parte, (turbinas de admisión parcial), es decir, que permite regular el agua que entra en la turbina, desde cerrar el paso totalmente, caudal cero, hasta lograr el caudal máximo. Es también un órgano que transforma la energía de presión en energía de velocidad; en las turbinas helicocéntricas y en las axiales esta precedido de una cámara espiral (voluta) que conduce el agua desde la sección de entrada asegurando un reparto simétrico de la misma en la superficie de entrada del distribuidor.
- 5.2.4.2. El rodete.** El elemento esencial de la turbina, estando provisto de alabes en los que tiene lugar el intercambio de energía entre el agua y la máquina. Atendiendo a que la presión varíe o no en el rodete, las turbinas se clasifican en turbinas de acción y de reacción.
- 5.2.4.3. Difusor o tubo de aspiración.** Es un conducto por el que desagua el agua, generalmente ensanchamiento progresivo, recto o acodado, que sale del rodete y la conduce hasta el canal de fuga, permitiendo recuperar parte de la energía cinética a la salida del rodete para lo cual debe ensancharse; si por razones de explotación el rodete está instalando a una cierta altura por encima del canal de fuga, un simple difusor cilíndrico permite su recuperación, que de otra forma se perdería. Si la turbina no posee tubo de aspiración, se la llama de escape libre, en las turbinas de acción, el empuje y la acción del agua, coinciden, mientras que en las turbinas de reacción, el empuje y la acción del agua, coinciden, mientras que en las turbinas de reacción, el empuje y la reacción del agua son opuestos. Este empuje es consecuencia de la diferencia de velocidades entre la

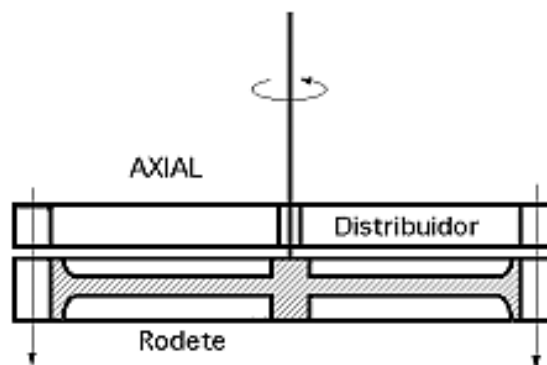
Entrada y la salida del agua en el rodete, según la proyección de la misma sobre la perpendicular al eje de giro. [1]

5.2.5. CLASIFICACION DE LAS TURBINAS SEGÚN LA ENTRADA DEL AGUA

Atendiendo a la dirección de entrada del agua en las turbinas, estas pueden clasificarse en, axiales, radiales y tangenciales.

5.2.5.1. Axiales. (Kaplan, Hélice, bulbo), el agua entra paralelamente al eje, tal como se muestra

Figura 2. Turbina de flujo axial.

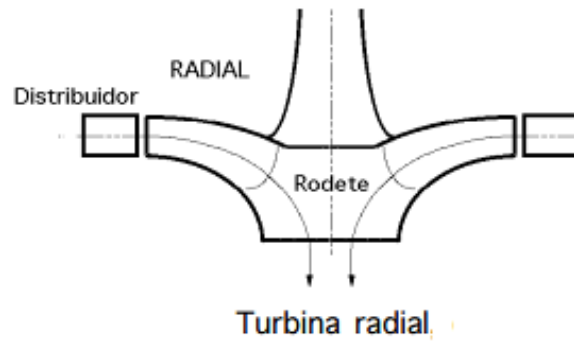


Turbina axial

Fuente: Fernández, Pedro D. Departamento de Ingeniería eléctrica y energética, Turbinas Hidráulicas

5.2.5.2. Radiales. El agua entra perpendicularmente al eje siendo centrifugas cuando el agua vaya de dentro hacia fuera, y centrípetas, cuando el agua vaya de afuera hacia adentro (Francis). Ver figura 3

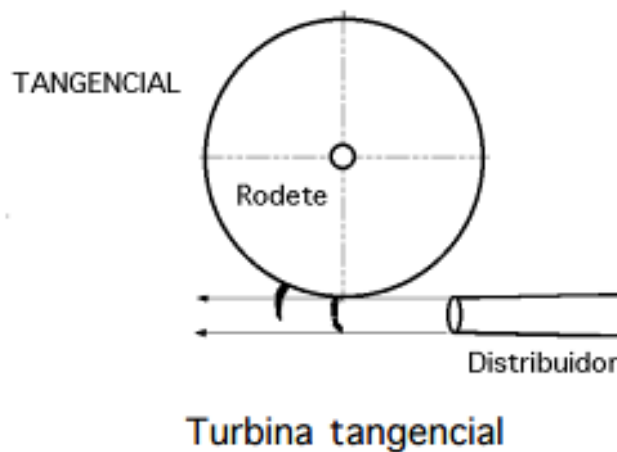
Figura 3. Turbina de flujo radial.



Fuente: Fernández, Pedro D. Departamento de Ingeniería eléctrica y energética, Turbinas Hidráulicas

5.2.5.3. Tangenciales. El agua entra lateral o tangencialmente (Peltón) contra las palas, cangilones o cucharas de la rueda. Ver figura 4.

Figura 4. Turbina de flujo tangencial.



Fuente: Fernández, Pedro D. Departamento de Ingeniería eléctrica y energética, Turbinas Hidráulicas,

Atendiendo a la disposición del eje de giro, se pueden clasificar en:

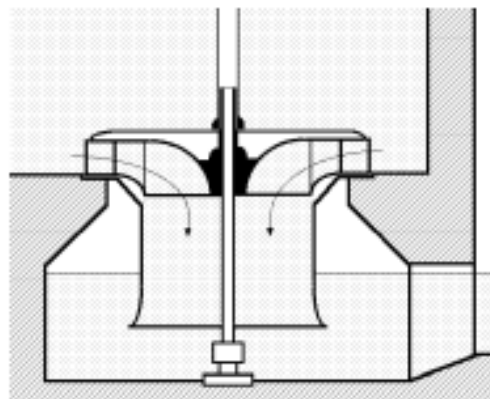
- Turbinas de eje horizontal.
- Turbinas de eje vertical.

5.2.6. DESCRIPCIÓN ALGUNOS TIPOS DE TURBINAS HIDRAULICAS.

5.2.6.1. Turbinas de reacción: En este tipo de turbina, el elemento de rotación o estator está totalmente sumergido en el agua y encerrado en una caja de presión. El flujo del agua sobre las aspas causa diferencias de presión del agua que hacen girar al estator. Entre las cuales tenemos:

5.2.6.1.1. Turbina francis (1849). Es radial centrípeta, con tubo de aspiración; el rodete es de fácil acceso, por lo que es muy práctica. Es fácilmente regulable y funciona a un elevado número de revoluciones; es el tipo más empleado, y se utiliza en saltos variables, desde 0.5 m hasta 180m pueden ser, lentas normales, rápidas y extra rápidas. Ver figura 5.

Figura 5. Esquema de una Turbina Francis.



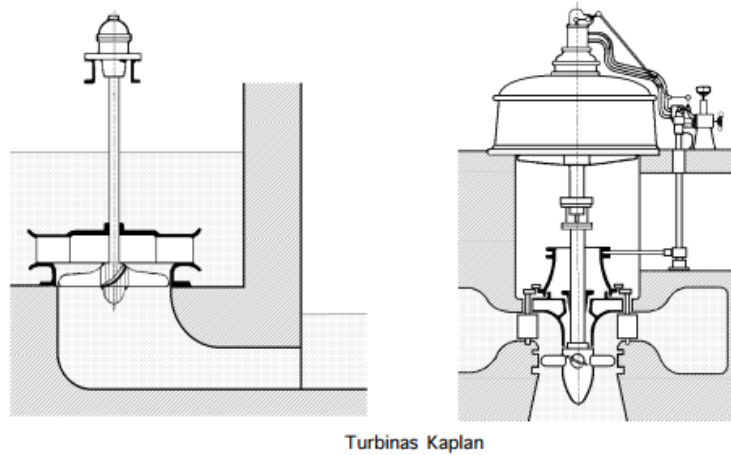
Turbina Francis

Fuente: Fernández, Pedro D. Departamento de Ingeniería eléctrica y energética, Turbinas Hidráulicas, Universidad de Cantabria

5.2.6.1.2. Turbina kaplan (1912). Las palas del rodete tienen forma de hélice; se emplea en salto de pequeña altura, obteniéndose con ella elevados rendimientos, siendo las palas orientables lo que

implica paso variable. Si las palas son fijas, se denominan turbinas hélice. Ver figura .6

Figura 6. Esquema de una turbina kaplan.

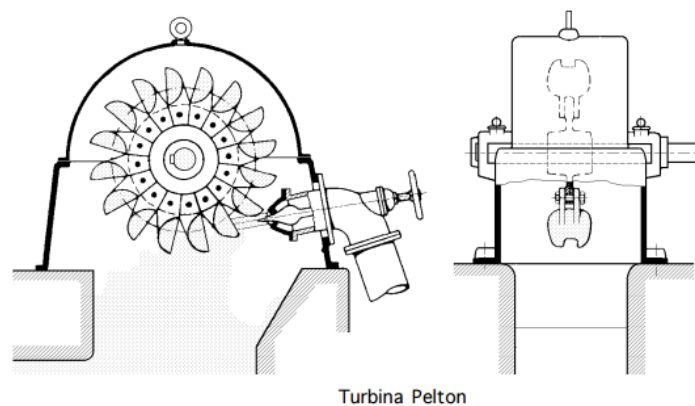


Fuente: Fernández, Pedro D. Departamento de Ingeniería eléctrica y energética, Turbinas Hidráulicas, Universidad de Cantabria

5.2.6.2. Turbinas de acción. El estator de una turbina de acción opera en aire y se propulsa por la energía cinética del agua que lo impacta a alta velocidad, provocada por uno o más chorros de agua. Entre las cuales tenemos:

5.2.6.2.1. **Turbina peltón.** Es tangencial, y la más utilizada para grandes saltos. Ver Figura 7

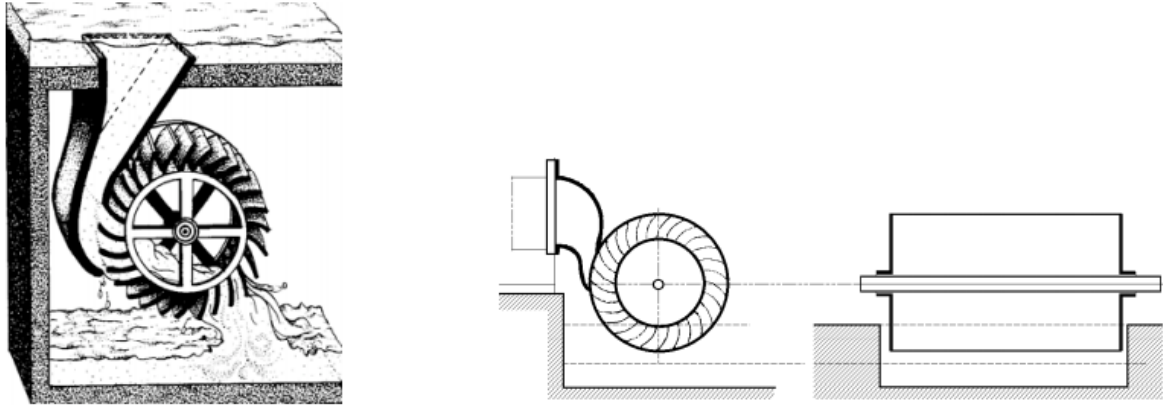
Figura 7. Esquema de una Turbina Peltón.



Fuente: Fernández, Pedro D. Departamento de Ingeniería eléctrica y energética, Turbinas Hidráulicas, Universidad de Cantabria

5.1.5.2.1. Turbina michel o banki. El agua pasa dos veces por los alabes del rodete, construido en forma de tambor; se utiliza para pequeños y grandes saltos. Ver figura 8

Figura 8. Esquema de una Michel o Banki



Turbina Michel o Banki

Fuente: Fernández, Pedro D. Departamento de Ingeniería eléctrica y energética, Turbinas Hidráulicas, Universidad de Cantabria

Con frecuencia, la elección del tipo de turbina se presentan entre las turbinas Pelton y Francis, debido a su buena comercialización, condición y por qué se presenta con mucho más número en todo nuestro país. [2]

VI. DISEÑO DEL SISTEMA

6.1. PARTES DEL SISTEMA

6.1.1. TURBINA PELTON

6.1.1.1. Rodete

En toda turbina hidráulica el elemento principal es el (rodete, rueda o rotor), esta pieza es muy importante ya que es la encargada de transformar la energía hidráulica del agua en: energía cinética, energía mecánica o energía de movimiento o rotacional. Está constituido de las siguientes partes ver figura 9 [5]

Figura 9. Detalle de un rodete pelton

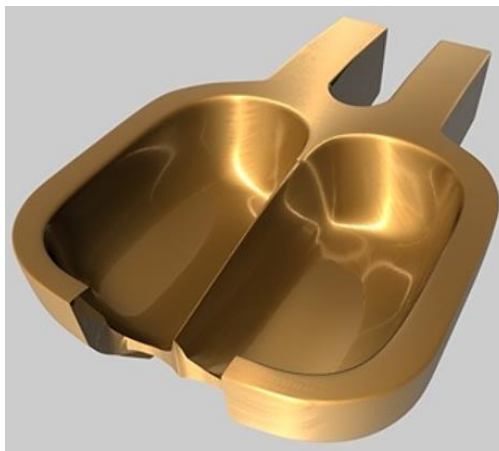


Fuente: <http://www.cmhydro.es/turbina-pelton.php>

6.1.1.2. Álaves

Los álaves, cucharas o palas están diseñadas para recibir la fuerza directa del chorro de agua, están construidas en forma de doble cuchara (ver figura 10), y justo en la arista media donde se dividen las dos cucharas es donde pega el chorro. [5]

Figura 10. Detalle de un alabe.



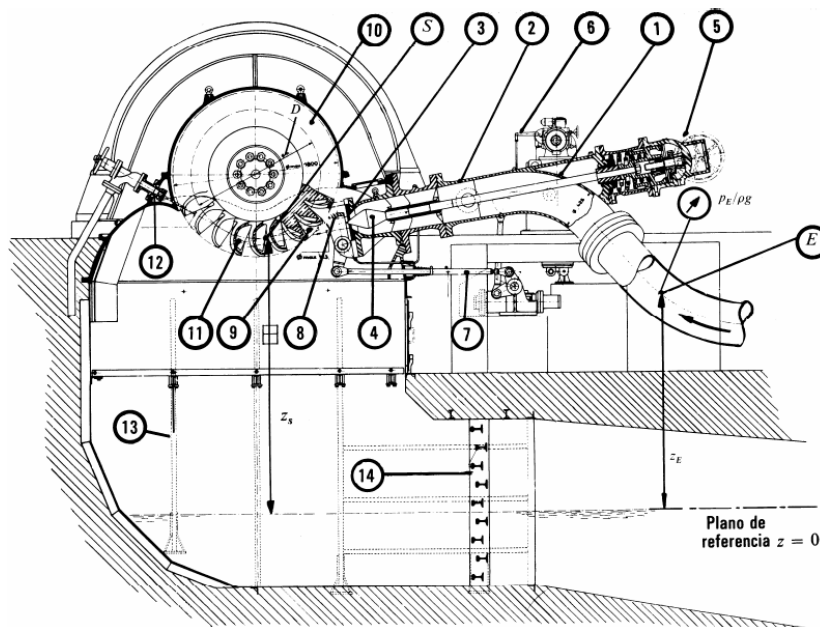
Fuente: <http://www.turbosquid.com/3d-models/pelton-paddle-3d-model/540743>

6.1.1.3. Inyector

El inyector es el encargado de regular el caudal del chorro, está formado por la tobera que es una boquilla con orificio de sección circular, instalada al final de la cámara de distribución, y tiene como función dirigir el chorro hacia el rotor de tal forma que la prolongación de la tobera forma un ángulo de 90° con los radios de este. [5]

6.1.1.4. Diagrama de una turbina Pelton

Figura 11. Turbina Pelton con un chorro por rodete.



Fuente: CAMACHO, Pedro. Apuntes de Maquinas hidráulicas. Instituto Tecnológico de Acapulco. Ingeniero Asesor. México

- Codo de entrada
- Inyector
- Tobera
- Válvula de aguja
- Servomotor
- Regulador

- Mando del deflector
- Deflector o pantalla deflectora
- Chorro
- Rodete
- Alabes o cucharas
- Freno de la turbina por chorro de agua
- Blindaje
- Destructor de energía. [7]

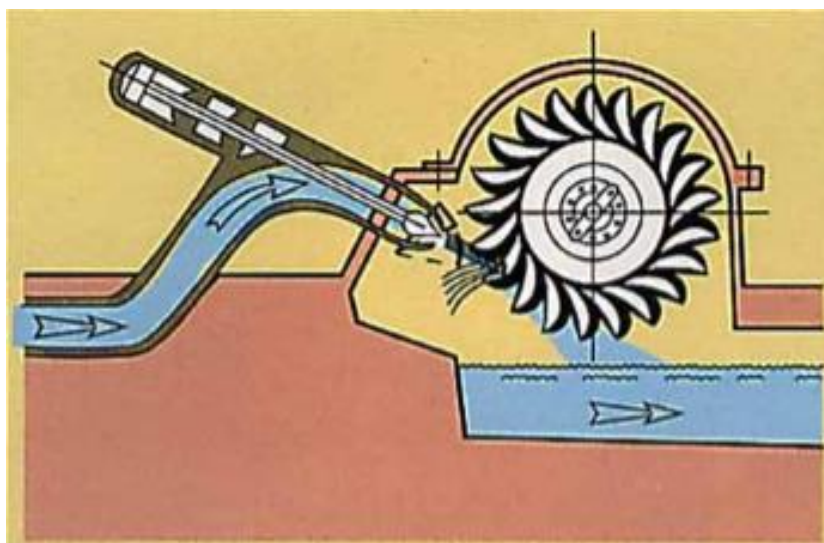
6.1.1.5. Clasificación de las turbinas Pelton

Las turbinas pelton por lo general se clasifican de acuerdo a la posición del eje que mueven, podemos encontrar de tipo vertical ò horizontal. [7]

6.1.1.5.1. Posición Horizontal

En esta posición se pueden colocar como máximo dos inyectoros debido a su complicada instalación, la ventaja es la facilidad del mantenimiento de la rueda sin necesidad de desmontar la turbina. [7]

Figura 12. Turbina pelton de un chorro eje horizontal.



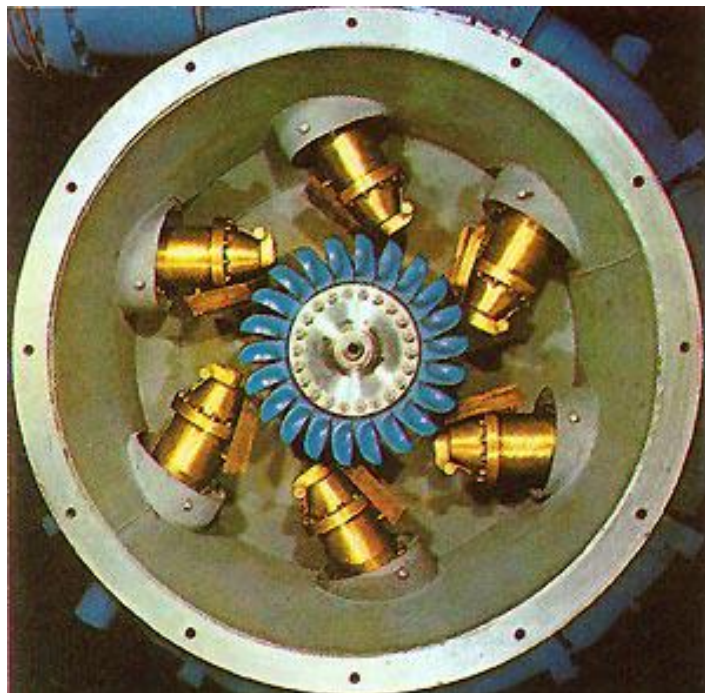
Fuente: CAMACHO, Pedro. Apuntes de Maquinas hidráulicas. Instituto Tecnológico de Acapulco. Ingeniero Asesor. México.

6.1.1.5.2. Posición Vertical

En esta posición se facilita la distribución de alimentación en un plano horizontal y con esto se puede aumentar el número de chorros sin aumentar el caudal, y así tener mayor potencia por cada inyector.

Se debe tener en cuenta que en la posición vertical, se hace más difícil y por lo tanto más caro su mantenimiento, lo cual hace que esta posición sea más conveniente para aquellos lugares en donde se tengan aguas limpias y que no produzcan gran efecto abrasivo sobre los álabes o cucharas. [7]

Figura 13. Posición del eje en vertical.



Fuente: http://members.tripod.com/mqhd_ita.mx/u3.htm

6.1.1.6. Factores que pueden afectar la eficiencia en las turbinas

- a) Fricción en la carcasa
- b) fricción y turbulencia en las superficies guías
- c) Turbulencia según el agua que ingresa al rodete
- d) Fricción en la estructura del rodete.
- e) Porosidad en los alabes y mal acabado de estos [11]

6.1.1.7. ESTUDIO TEÓRICO DE LA TURBINA PELTON

a) Triángulos de velocidades

Para hacer los cálculos se asumió que el chorro pegará por completo y Constantemente en la cazoleta o álabe, y que el este siempre ataca en dirección perpendicular a la arista o nervio central de ésta.

En la práctica no es así, ya que la cazoleta solo recibe el chorro completo en una parte de su arco de actividad y el ángulo de ataque no es constante.

En la Figura 9 se observa una vista en corte de la cazoleta o cuchara en el plano que siempre es atacado por el fluido. La velocidad absoluta del agua a la entrada (\vec{c}_1) tiene igual dirección que la velocidad tangencial del rodete (\vec{u}), por lo cual se obtiene un triángulo de velocidades que obliga a tener un ángulo β_1 de entrada nulo, situación que en la práctica no es posible debido a que la arista o nervio central no puede tener un espesor nulo. Esto se traduce en la existencia de un choque entre el chorro y el álabe en su arista o nervio central, pero será despreciado para fines de cálculo. [1]

A la entrada se tiene $\vec{c}_1, \vec{u}_1, \vec{w}_1$ con la misma dirección y sentido. Así,

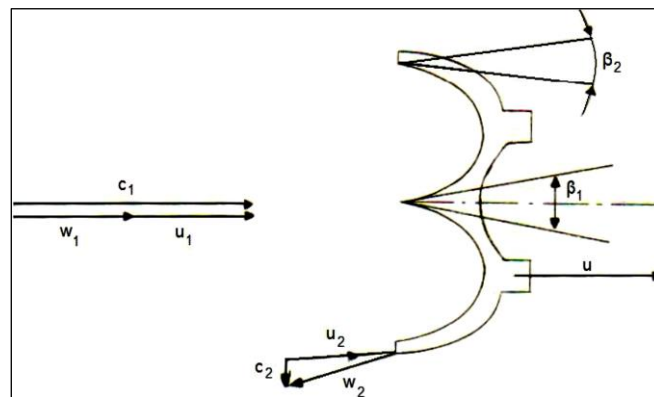
$$\vec{c}_1 = \vec{u}_1 + \vec{w}_1$$

Donde (\vec{c}_1) es igual a la velocidad de salida del chorro desde el inyector (C1). Por otro lado, a la salida la velocidad relativa (\vec{w}_2) tiene la dirección del ángulo β_2 . Luego, la magnitud de la proyección de (\vec{c}_2) en la dirección de \vec{u}_1 (C_{u2}) es:

$$C_{u2} = u_2 - w_2 \cos \beta_2$$

Como los puntos de entrada (1) y salida (2) del agua pertenecen a la cazoleta, se tiene que las velocidades tangenciales deben ser iguales. Así,

Figura 14. Corte de la cazoleta o álabe atacado por el chorro de agua



Fuente: CAMACHO, Pedro. Apuntes de Maquinas hidráulicas. Instituto Tecnológico de Acapulco. Ingeniero Asesor. México.

$$\vec{u} = \vec{u}_1 = \vec{u}_2$$

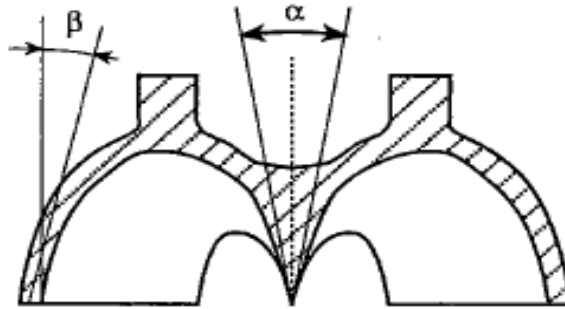
La magnitud de la proyección de \vec{c}_1 en la dirección de \vec{u}_1 (C_{u1}) es:

$$\vec{c}_{u1} = \vec{u} + \vec{w}_1$$

➤ Ángulos de los álabes

En la Figura 6 se observan los ángulos α y β . El ángulo α es el formado entre las dos caras interiores del alabe y mide alrededor de 20° , lo ideal era que fuera de 0° pero de ser así debilitaría la arista o nervio central donde pega el chorro. Mientras que el ángulo β está entre 8° y 12° . [7]

Figura 15. Detalle de los ángulos del alabe pelton.



Fuente: Máquinas hidráulicas - Wilfredo Jara T. Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica

b) Velocidad del chorro

La velocidad teórica del chorro a la salida del inyector se determina así

$$C_1 = K_c \cdot \sqrt{2gH_n}$$

Dónde:

K_c : Coeficiente de velocidad absoluta (coeficiente de tobera)

H_n : Altura neta de la turbina

g : Aceleración de gravedad

El coeficiente $c K$ varía entre 0,96 y 0,98%, esto debido a la forma del inyector. [1]

c) Potencia Hidráulica

La máxima potencia que se puede obtener con un salto de agua H y un caudal Q es:

$$P_H = Q * \rho * g * H$$

Dónde:

Q : Caudal

ρ : Densidad del agua

g : Aceleración de gravedad

H : Altura neta de la turbina [1]

d) Velocidad Específica

La velocidad específica representada normalmente por N_s , también es denominada velocidad específica absoluta o velocidad angular específica. Corresponde al número de revoluciones por minuto (rpm) que daría una turbina semejante a la que se desea proyectar (de igual forma pero dimensiones reducidas), la cual, instalada en un salto de 1 m. de altura, proporcionaría una potencia de 1 CV.

Se calcula como:

$$N_s = N * \frac{P^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{5}{4}}}$$

Dónde:

N : Revoluciones por minuto de la turbina (r.p.m)

P : Potencia en el eje de la turbina [CV]

H : Altura neta de la turbina [8]

e) Diámetro del Chorro

En base a este diámetro se calculan las dimensiones de la cazoleta o alabe.

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * C_1}}$$

Dónde:

Q : Caudal

C_1 : Velocidad del chorro

π :3,1416 [8]

f) Diámetro Pelton

Se define diámetro pelton al diámetro de la rueda que es tangente al centro del chorro.

$$\frac{D_p}{d} = 9 \rightarrow D_p = 9 * d$$

Dónde:

g: Valor sacado de la relación de la tabla de rodetes.

d : Diámetro del chorro [8]

g) Diámetro de Puntas

Esta dimensión corresponde al diámetro de las puntas de las aristas de corte de dos cazoletas opuestas.

$$d_{puntas} = D_p + \frac{7}{3}d$$

Dónde:

D_p : Diámetro pelton

d : Diámetro del chorro [8]

h) Diámetro por fuera del rodete

$$D_a = D_p + 1,2h \text{ [8]}$$

i) Número de álabes o cazoletas

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$N_{cu} = 15 + 0.5 * \left(\frac{D_p}{d}\right)$$

Donde

D_p : Diámetro pelton

d : Diámetro del chorro [8]

j) Dimensiones de las cazoletas o álabes

Las dimensiones de la cazoleta o álabe son proporcionales al diámetro del chorro, y en base a este se hacen los cálculos para las respectivas dimensiones. [8]

k) Ancho del álabe

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$b = 2.85d$$

Dónde:

d : Diámetro del chorro [8]

l) Profundidad del álabe

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$t = 0.9d$$

Dónde:

d : Diámetro del chorro [8]

m) Largo del álabe

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$h = 2.4d$$

Dónde:

d : Diámetro del chorro [8]

n) Ancho en el destalonamiento

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$a = 1.2d$$

Dónde:

d : Diámetro del chorro [8]

o) Punto de cruce de dos álabes contiguas

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$K = 0.135 * D_p$$

Dónde:

D_p : Diámetro pelton [8]

p) Espesor del álabe o cazoleta

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$X = K - t$$

Donde

K : Punto de cruce de las trayectorias de los puntos exteriores de dos álabes contiguas

t : Profundidad de la cuchara [8]

q) Medidas en el plano del álabe

Se calcula con la siguiente ecuación:

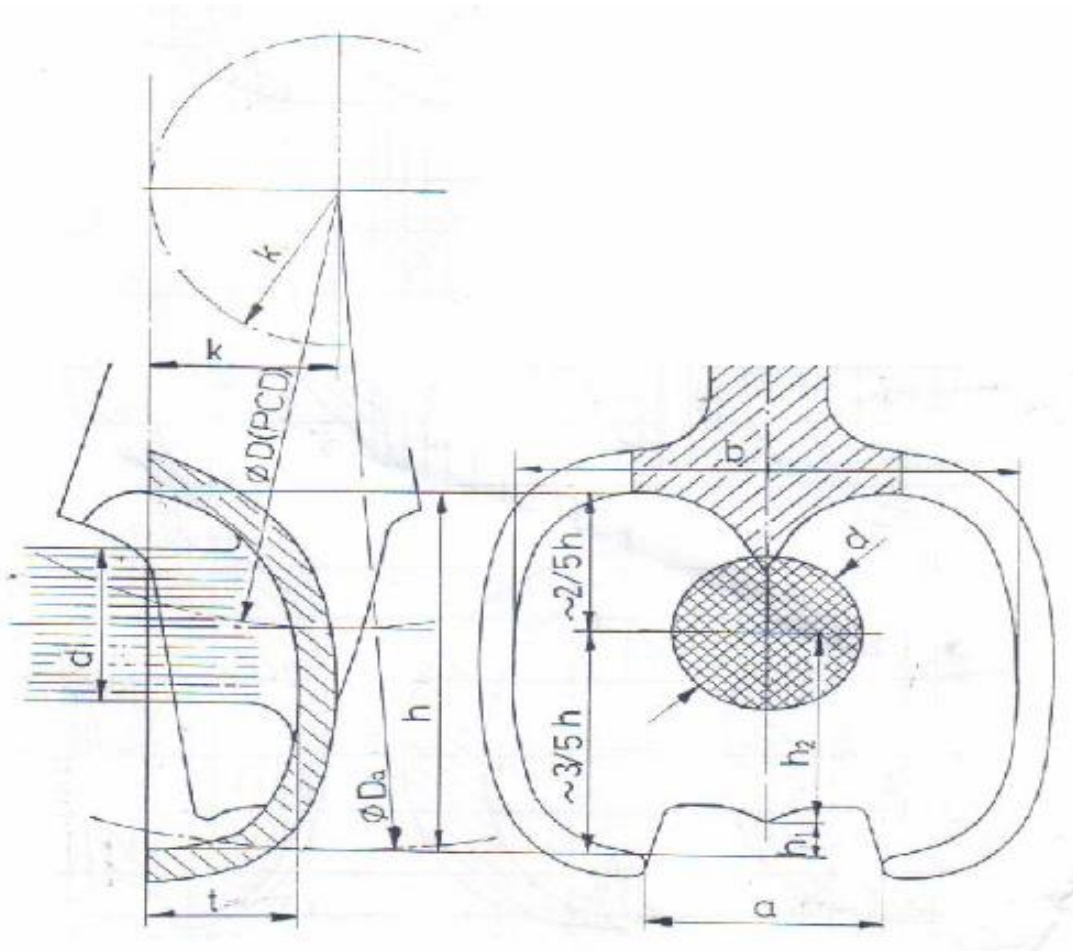
$$h_1 = 0.175d$$

$$h_2 = 1.175d$$

Dónde:

d : Diámetro del chorro [8]

Figura 16. Plano del álabre pelton con sus parámetros de diseño [8]



Fuente: EISENRING, Markus. Micro Pelton Turbines. Switzerland 1991. [8]

6.1.2. TURBINA FRANCIS

Son conocidas como turbinas de sobrepresión por ser variable la presión en las zonas del rodete, o de admisión total ya que éste se encuentra sometido a la influencia directa del agua en toda su periferia. También se conocen como turbinas

radiales-axiales y turbinas de reacción, conceptos que se ampliarán en su momento. El campo de aplicación es muy extenso,

dado el avance tecnológico conseguido en la construcción de este tipo de turbinas. Pueden emplearse en saltos de distintas alturas dentro de una amplia gama de caudales entre 2 y 200 m³/s aproximadamente.

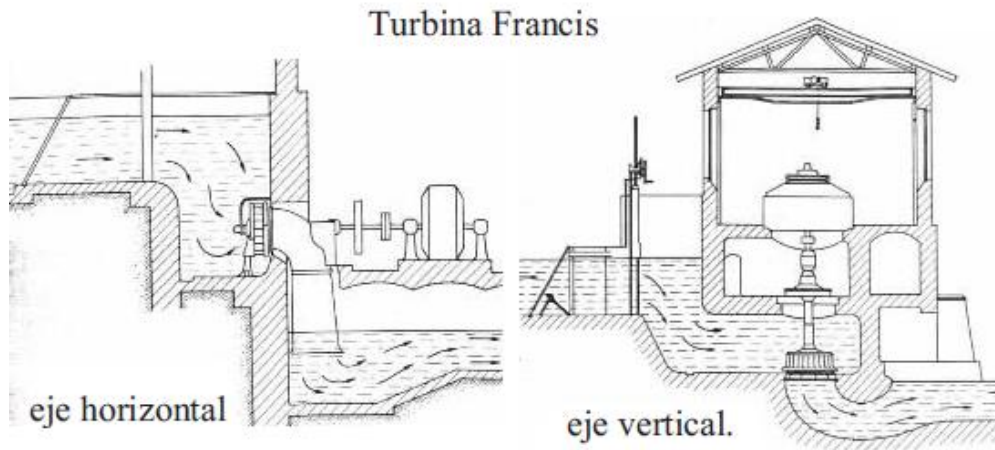
Estas turbinas se clasifican, en función de la **velocidad específica** del rodete, cuyo número de revoluciones por minuto depende de las características del salto.

- Turbina Francis **lenta**. Para saltos de gran altura (alrededor de 200m o más).
- Turbina Francis **normal**. Indicada en saltos de altura media (entre 200 y 20m)
- Turbinas Francis **rápidas y extra rápidas**. Apropriadas a saltos de pequeña altura (inferiores a 20m). [1]

Las turbinas Francis, son de rendimiento óptimo, pero solamente entre unos determinados márgenes (para 60 % y 100 % del caudal máximo), siendo una de las razones por la que se disponen varias unidades en cada central, al objeto de que ninguna trabaje, individualmente, por debajo de valores del 60 % de la carga total.

Al igual que las turbinas Pelton, las turbinas Francis pueden ser instaladas con el eje en posición horizontal o vertical figura 17, siendo la vertical con más disposición y más generalizada por estar ampliamente experimentada, especialmente en el caso de unidades de gran potencia. Para describirlas, nos basaremos en turbinas de eje vertical

Figura 17. Turbina francis (eje horizontal- eje vertical) [1]

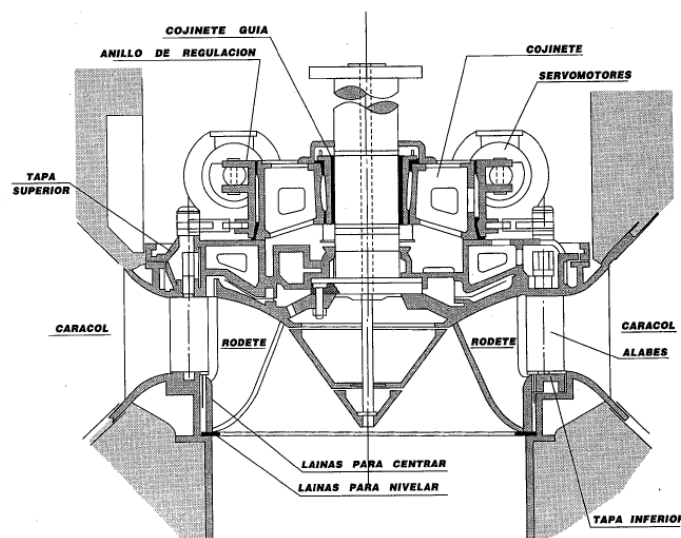


Fuente:http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/maquinashidraulicas/turbina_francis/turbina_francis.html

6.1.2.1. Partes de una turbina Francis

La relación de componentes fundamentales, considerando como , siempre que ello sea factible, el sentido de circulación del agua por la turbina, figura 18

Figura 18. Componentes turbina francis



Fuente: Máquinas de ingeniería mecánica hidráulicas - Wilfredo jara t. Instituto de investigación de la facultad

a) Cámara espiral de una turbina Francis

Aunque existen varios diseños de cámaras, nos referimos concretamente a cámaras espirales, por ser las de instalación más frecuente.

Está constituida por la unión sucesiva de una serie de virolas troncocónicas, cuyos ejes respectivos forman una espiral. Desde el acoplamiento con la tubería forzada, donde el diámetro interior de la virola correspondiente alcanza su valor máximo, la sección interior, circular en la mayoría de los casos, va decreciendo paulatinamente hasta la virola que realiza el cierre de la cámara sobre sí misma, cuyo diámetro interior se reduce considerablemente. Esta disposición se conoce como el caracol de la turbina, en el que, debido a su diseño, se consigue que el agua circule con velocidad aparentemente constante y sin formar torbellinos, evitándose pérdidas de carga. [3]

Figura 19. Cámara espiral turbina francis.



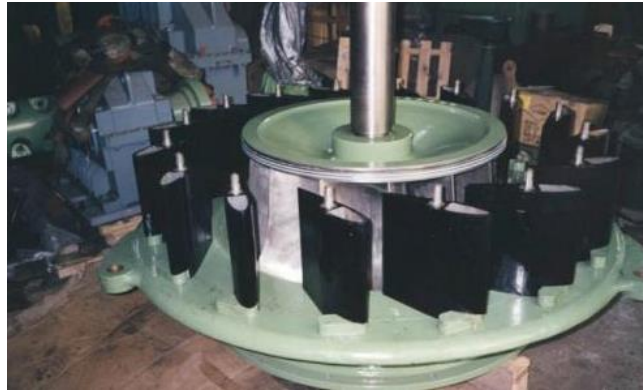
Fuente: <https://faeitch2012.wordpress.com/2012/02/29/turbinas-francis/>

b) Distribuidor de una turbina Francis

El distribuidor propiamente dicho, está formado por un determinado número de palas móviles, cuyo conjunto constituye un anillo que está situado concéntricamente y entre las mismas cotas en altura que el ante

distribuidor, descrito al exponer la cámara espiral, siendo, en definitiva, camino continuado del agua en su recorrido hacia el centro de la turbina. Su función es la de distribuir, y regular o cortar totalmente, el caudal de agua que fluye hacia el rodete. [3]

Figura 20. Distribuidores



Fuente: <https://faeitch2012.wordpress.com/2012/02/29/turbinas-francis/>

c) Rodete de una turbina Francis.

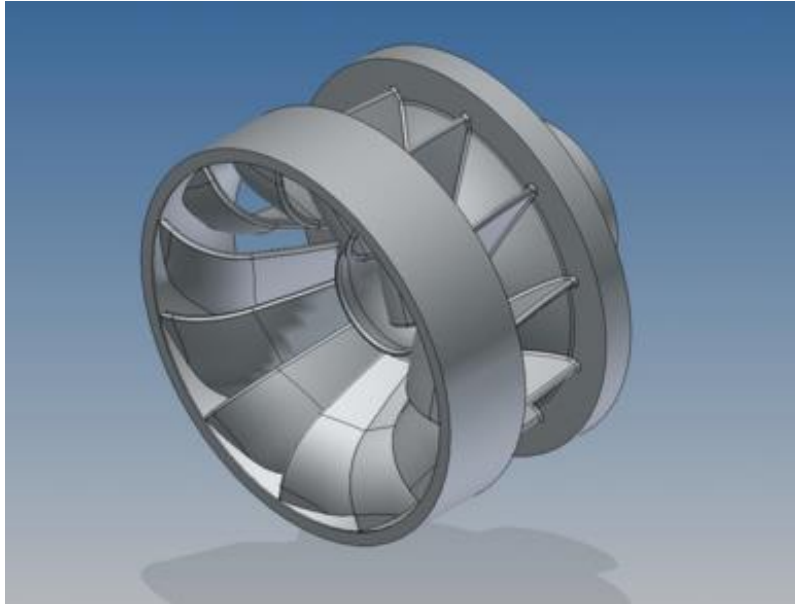
Se trata de la pieza fundamental donde se obtiene la energía mecánica deseada, como decíamos al mencionar el rodete de la turbina Pelton. No obstante, las diferencias constructivas entre ambos son bastante considerables. [3]

Está unido rígidamente a la parte inferior del eje de la turbina, en situación perfectamente concéntrica con el distribuidor, ocupando el espacio circular que éste delimita.

Consta de un núcleo central, alrededor del cual se encuentra dispuesto un número determinado de palas de superficie alabeada, aproximadamente entre 12 y 21, equidistantemente repartidas y solidarias al mismo, formando pieza única en bloque por fundición o soldadura, es decir, sin uniones ni fijaciones accesorias. Las patas están unidas entre sí, por su parte externa inferior, mediante una llanta o banda que hace cuerpo con las mismas. Unos anillos de acero, anillos intersticiales, colocados a presión sobre el núcleo y la llanta, perfectamente centrados, realizan el

cierre hidráulico al girar muy próximo a los escudos superior e inferior respectivamente. [3]

Figura 21. Rodete turbina francis



Fuente: <https://grabcad.com/library/francis-turbine-->

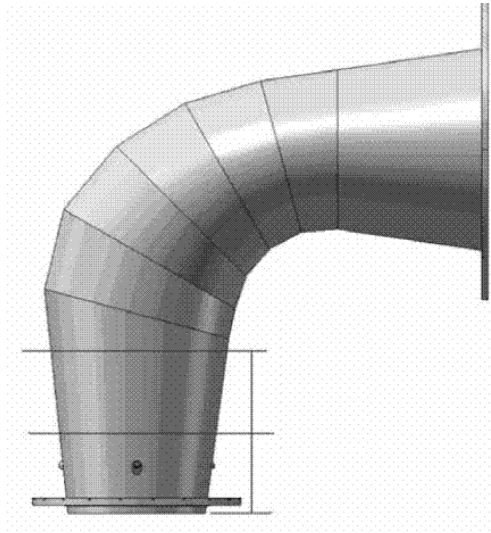
d) Tubo de aspiración

Consiste en un conducto, normalmente acodado, que une la turbina con el canal de desagüe tiene como misión recuperar al máximo la energía cinética del agua a la salida del rotor.

En su unión con la turbina se trata de un conducto metálico de sección circular que va aumentando gradualmente de diámetro tomando forma tronco-cónica, tramo conocido como cono de aspiración.

En algunas turbinas, para conseguir un equilibrio de presiones entre la parte inferior y superior del rotor, se establece una comunicación entre ambas zonas por medio de un conducto, que partiendo del cono de aspiración permite el paso de agua, colocándose en dicho conducto una válvula conocida como válvula de compensación. [3]

Figura 22. Tubo de aspiración



Fuente:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012062302010000100003&script=sci_arttext

e) Eje de una turbina francis

El eje de un grupo tiene ciertas peculiaridades cuando se encuentra instalado en posición vertical. Por medio del eje de turbina, al estar rígidamente unido mediante acoplamiento al eje del alternador, se transmite al rotor de éste el movimiento de rotación necesario. Ahora bien, en este tipo de turbinas, es en la zona de eje correspondiente al alternador donde se suele disponer el medio para soportar todo el peso del conjunto, formado por ejes, rotor, rodete y empuje del agua sobre los álabes de este último. Tal medio, es el denominado cojinete de empuje. [3]

6.1.2.2. Estudio teórico de una turbina francis

a) Método de bovet

Para desarrollar este método, Bovet recurre a un primer parámetro, la velocidad específica adimensional n_0 , llamado también parámetro de Bovet, definido de la siguiente forma:

$$n_o = \frac{N_o * \sqrt{\frac{Q}{\pi}}}{(2gH_n)^{\frac{3}{4}}}$$

Donde,

N_o : Velocidad de rotación rad/s

Q : Caudal de diseño m^3/s

H_n : Altura neta m

g : Aceleración de la gravedad m/s^2 [4]

La turbina francis con un buen funcionamiento se encuentra dentro del siguiente ámbito de velocidad específica adimensional:

$$0.1 < n_o < 0.8$$

La velocidad específica según la definición clásica, n_o , no es adimensional y depende del sistema de unidades utilizando. En este caso se debe trabajar con el sistema internacional para poder utilizar la siguiente ecuación:

$$n_o = \frac{N_o * \sqrt{p_a}}{(H_n)^{5/4}}$$

N_o : Velocidad de rotación, rpm .

H_n : Caída neta, m

p_a : Potencia KW . [4]

El cálculo de la velocidad de rotación rad/s se hace con base en la velocidad sincrónica del generador, por lo que depende del número de pares de polos, n_p

:

$$N_o = 2\pi f / n_p$$

Dónde:

f : Frecuencia (en Hertz). Para obtener la velocidad de rotación en rpm se utiliza la siguiente conversión

$$N_s = N_o 30 / \pi$$

La eficiencia total de una turbina, η , está en función de la potencia hidráulica (P_h en KW):

$$\begin{array}{ll} \eta = 0.835 & P_h < 1500 \\ \eta = 0.840 + 6.67 \cdot 10^{-4} P_h & 1500 < P_h < 6000 \\ \eta = 0.890 & P_h > 6000 \end{array}$$

Las coordenadas de las curvas i y e junto con todas las otras dimensiones definidas respecto a una dimensión básica r_{2e} que se toma como unidad al radio del punto 2_e (intersección de la corona externa con la arista de salida). De la selección del punto 2_e depende conseguir el rendimiento óptimo con relación al caudal. R_{2e} es la dimensión principal y se calcula con la siguiente ecuación: [4]

$$R_{2e} = \sqrt[3]{Q/0.27\pi N_o}$$

En forma análoga ocurre con el punto l_i y de su selección depende el rendimiento óptimo con relación al salto, R_{li} es: [4]

$$R_{li} = R_{2e} * 0.493/n^{2/3}_o$$

El parámetro dimensional se obtiene al multiplicar los datos adimensionales por R_{2e} para la curva interior (corona interna):

$$\begin{aligned} R_{li} &= R_{2e} * 0.493/n^{2/3}_o \\ L_i &= R_{2e}(3.2 + 3.2(2 - n_o)n_o) \end{aligned}$$

Para la curva exterior (corona externa):

$$L_e = R_{2e}(2.4 + 1.9(2 - n_o) n_o)$$

Las otras dimensiones se definen con las siguientes relaciones:

$$X_{2e} = 0.5 R_{2e}$$

$$Y_{2e} = R_{oe} - R_{2e}$$

$$R_{oe} = R_{2e} 0.493 n_o^{-2/3}$$

$$n_o < 0.275$$

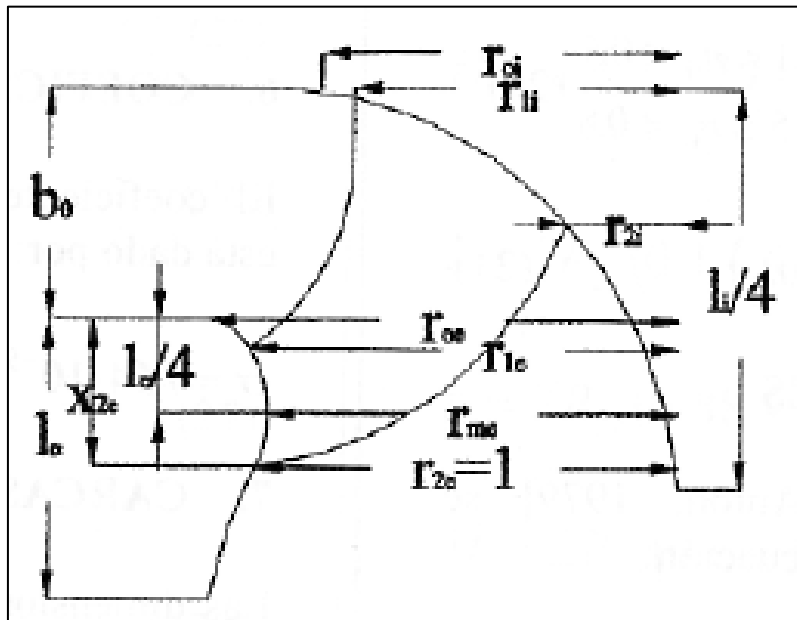
$$B_o = R_{2e} (0.8(2 - n_o) n_o)$$

$$R_{me} = R_{oe} - Y_{me}$$

$$R_{1e} = R_{oe} \quad 0.1 < n_o < 0.5$$

$$R_{2i} = R_{2e} (0.288 - 0.171 \log n_o)$$

Figura 23. Dimensiones de la pala del rodete:



Fuente: Máquinas hidráulicas - Wilfredo Jara T. Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica

➤ **Número de álabes:**

El número de álabes se determina con la siguiente ecuación: [4]

$$Z_y = 14.054 - 0.011 n_s$$

➤ **Coefficiente de cavitación:**

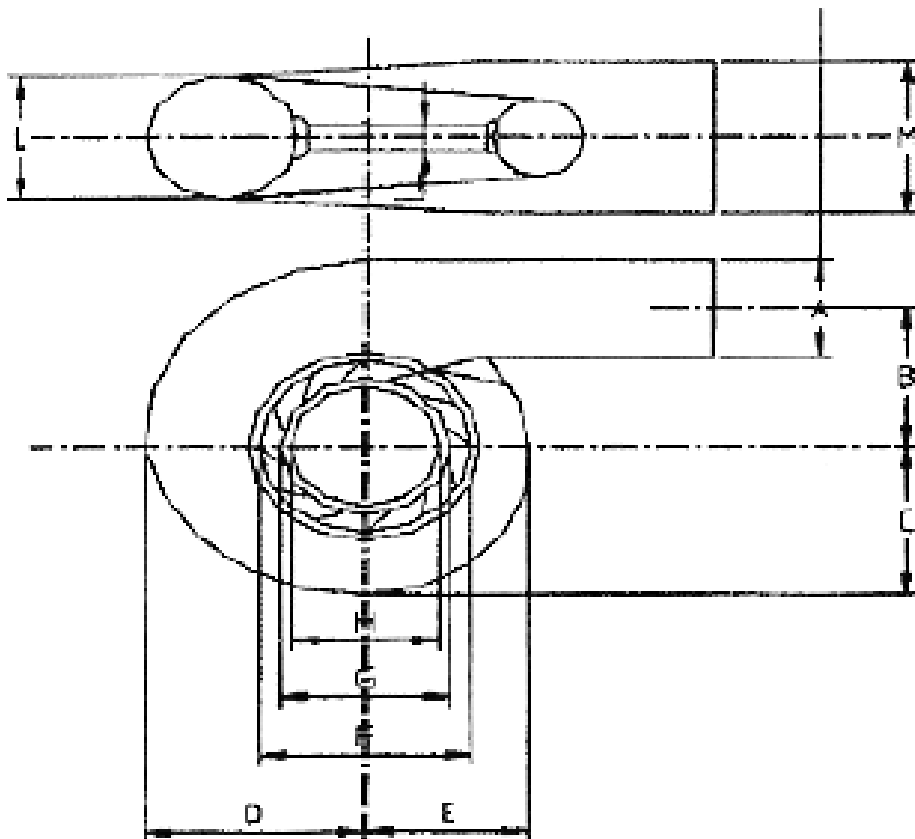
El coeficiente de cavitación está dado por: [4]

$$\sigma = 7.5 * 10^{-5} * n_s^{1.41}$$

➤ **Carcasa:**

Las dimensiones de la carcasa también están en función del diámetro de la descarga ($D_{2e} = 2R_{2e}$) y dependen esencialmente del valor de la velocidad del agua en la sección de entrada. Por medio de este valor se calculan las secciones transversales a lo largo del eje de la carcasa. [4]

Figura 24. Dimensiones de la carcasa



Fuente: Máquinas hidráulicas - Wilfredo Jara T. Instituto de Investigación de la facultad de Ingeniería Mecánica

En forma promedio la velocidad absoluta del agua en la sección de entrada de la carcasa está dada por [4]

$$V_{ec} = 84.4 * n_s^{-0.44}$$

$$A = 2R_{2e} \left(1.2 - \frac{19.56}{n_s} \right)$$

$$B = 2R_{2e} \left(1.1 + \frac{54.8}{n_s} \right)$$

$$C = 2R_{2e} \left(1.32 + \frac{49.25}{n_s} \right)$$

$$D = 2R_{2e} \left(1.5 + \frac{48.8}{n_s} \right)$$

$$E = 2R_{2e} \left(0.98 + \frac{63.6}{n_s} \right)$$

$$F = 2R_{2e} \left(1 + \frac{131.4}{n_s} \right)$$

$$G = 2R_{2e} \left(0.89 + \frac{96.5}{n_s} \right)$$

$$H = 2R_{2e} \left(0.79 + \frac{81.75}{n_s} \right)$$

$$I = 2R_{2e} (0.1 + 6.5 * 10^{-4} * n_s)$$

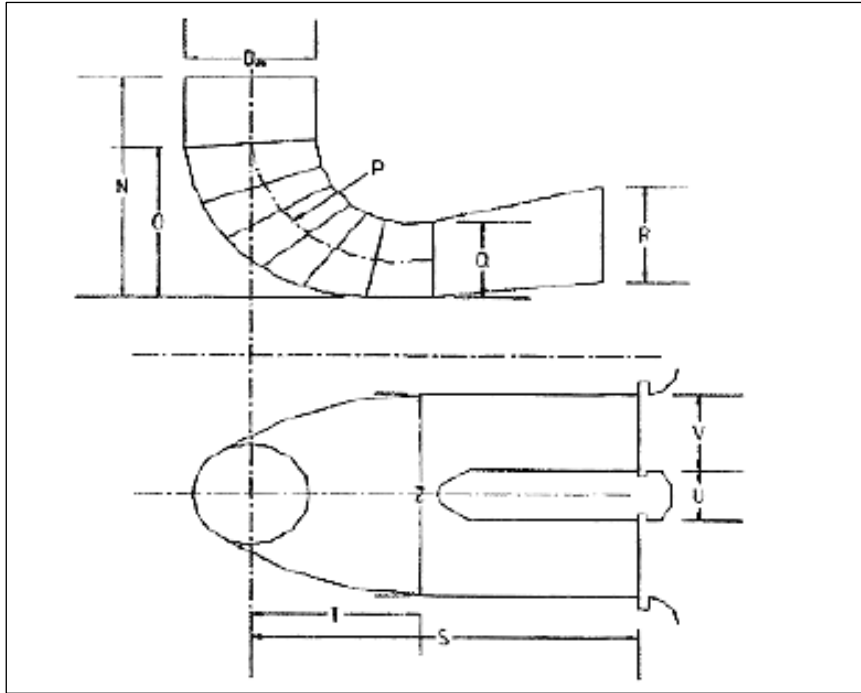
$$L = 2R_{2e} (0.88 + 4.9 * 10^{-4} * n_s)$$

$$M = 2R_{2e} (0.6 + 1.5 * 10^{-5} * n_s)$$

➤ Tubo de aspiración

Las dimensiones del tubo también dependen del diámetro de la descarga ($D_{2e} = 2R_{2e}$) y de la velocidad absoluta en la sección de la entrada del tubo que es igual a la velocidad de descarga en el rodete. El diseño del tubo de aspiración se representa en la siguiente figura [4]

Figura 25. Dimensiones del tubo de aspiración



Fuente: Máquinas hidráulicas - Wilfredo Jara T. Instituto de Investigación de la facultad de Ingeniería Mecánica

La velocidad de descarga en el rodete tiene un valor de [4]

$$v_{et} = 8.74 + \frac{248}{n_s}$$

$$N = 2R_{2e} \left(1.54 + \frac{203.5}{n_s} \right)$$

$$O = 2R_{2e} \left(0.83 + \frac{140.7}{n_s} \right)$$

$$P = 2R_{2e} (1.37 - 5.6 * 10^{-4} n_s)$$

$$Q = 2R_{2e} \left(0.58 + \frac{22.6}{n_s} \right)$$

$$R = 2R_{2e} \left(1.6 + \frac{1.3 * 10^{-3}}{n_s} \right)$$

$$S = \frac{2R_{2e} * n_s}{-9.28 + 0.25 * n_s}$$

$$T = 2R_{2e} (1.5 - 1.9 * 10^{-4} n_s)$$

$$U = 2R_{2e} (0.51 - 7 * 10^{-4} n_s)$$

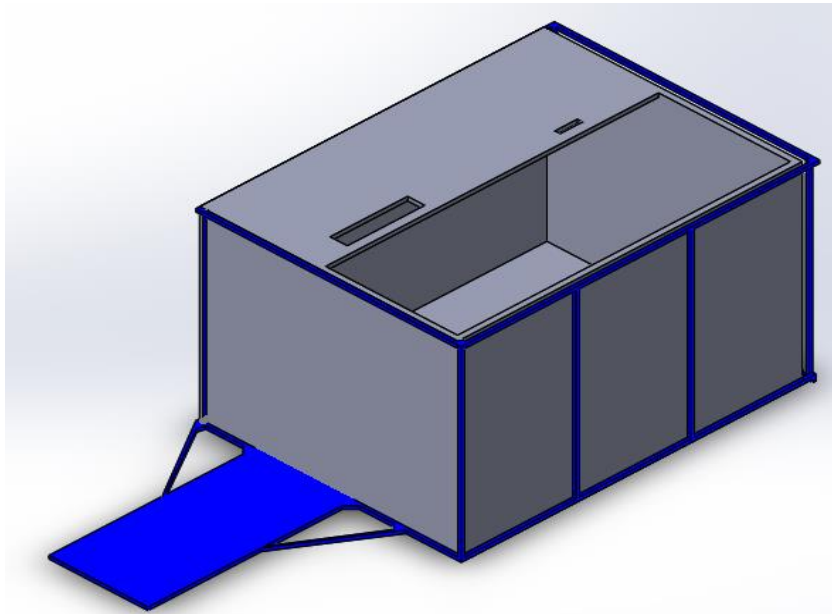
$$V = 2R_{2e} \left(1.1 + \frac{53.7}{n_s} \right)$$

$$Z = 2R_{2e} \left(2.63 + \frac{33.8}{n_s} \right)$$

6.1.3. Contenedor:

Capacidad 2000 Litros indispensables para este sistema. Este tanque simulara la presa necesaria para alimentar bien la turbina pelton o francis para dicho fin [9] Ver figura 26

Figura 26. Contenedor de 2000 Litros



Fuente: Elaboración propia.

6.1.4. Tubería:

Transporta el agua desde el contenedor hasta una de las turbinas (pelton o francis) puede ser construida en acero o en PVC. En la construcción se prefieren utilizar las tuberías de PVC por su bajo costo, en comparación al acero. Una condición de uso de la tubería de PVC es que siempre deben estar enterradas para evitar daños por su exposición al sol y eso es una desventaja en comparación a las tuberías de acero.

Figura 27. Tubería de acero



Fuente:

<http://www.topeintl.com/index.php?c=main&a=section&intl=es§ion=54>

6.1.5. Manómetro:

Medidor de presión en tuberías. Las opciones de medidores de presión que se encuentran en el mercado son bastante variadas al igual que su precio, para el caso particular de este proyecto todas las opciones son compatibles con el desarrollo del mismo, por tal motivo se realizó la elección de un manómetro en glicerina de hasta 60 psi. [10] Ver figura 28.

Figura 28. Manómetro.



Fuente: instrumentación y control HR.

6.1.6. Inyectores.

En el mercado encontramos inyectores de polietileno para realizar el montaje y contar con 2 repuestos.

Inyectores [12]

Figura 29. Inyectores de turbinas



Fuente: grabcad community - inyector

6.1.7. Válvulas.

Las válvulas son aparatos mecánicos o electromecánicos, cuya función es la apertura y cierre (ON-OFF) y regulación de flujo, pudiendo ser este, líquido, gas, vapor o líquidos con sólidos en suspensión. El buen funcionamiento de un sistema de cañerías depende en gran parte de la elección adecuada y de la ubicación de las válvulas que controlan y regulan la circulación de los fluidos en la instalación.

Figura 30. Válvula



Fuente http://www.flowserve.com/es_ES/Products/Valve

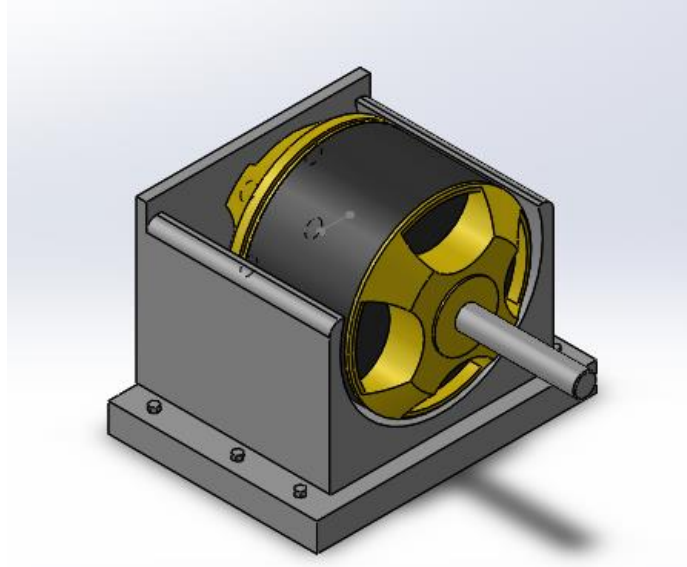
Podemos clasificar las válvulas de acuerdo a su diseño y su composición química del (material). Los principales y más conocidos tipos de válvulas son, compuerta, mariposa, bola, globo, retención, diafragma, etc. [12]

6.1.8. Generador:

El generador tiene como misión transformar en energía eléctrica la energía mecánica suministrada por la turbina. En un principio se utilizaban generadores de corriente continua; actualmente, salvo rarísimas excepciones, solo se utilizan alternadores trifásicos de corriente alterna. En función de la red que debe alimentar. Manual de la pequeña represa

Existen varios tipos de generadores eléctricos: Los generadores de imanes permanentes se utilizan para sistema pequeños menores de 1kW de potencias, la utilización de motores de inducción como generadores se ha incrementado especialmente en pequeños grupos hidroenergético de hasta 12 kW, debido a que permiten reducir costos. [12]

Figura 31. Generador síncrono



Fuente: Elaboración propia

6.1.9. Tablero de carga.

Este tablero de carga, posee un amperímetro y voltímetro útil para medir la corriente y voltaje por medio de un banco de lámparas incandescentes durante la operación de las turbinas pelton o francis y darnos a conocer el consumo y diversos parámetros, Estas lámparas serán las cargas para así determinar la eficiencia de las turbinas Turbinas, pues la potencia se mide a partir de la corriente consumida tanto en pruebas con carga como en vacío.

El funcionamiento de una lámpara incandescente es muy sencillo. Al atravesar la corriente un filamento resistivo, este alcanza una gran temperatura (unos 2.000 °C) poniéndose al rojo blanco, o sea incandescente. Lo que provoca una emisión de radiaciones luminosas. .
[12] Ver figura 26.

Figura 32. Lámpara – 30 W.



Fuente: Elaboración propia.

Las lámparas incandescentes son muy utilizadas por su bajo coste y por la facilidad de su montaje. Sin embargo, poseen un rendimiento luminoso bastante bajo frente a otro tipo de lámparas., como por ejemplo las fluorescentes. Además, la duración de las mismas no suele superar las 1.000 horas de funcionamiento.[12]

6.1.10. Electrobomba.

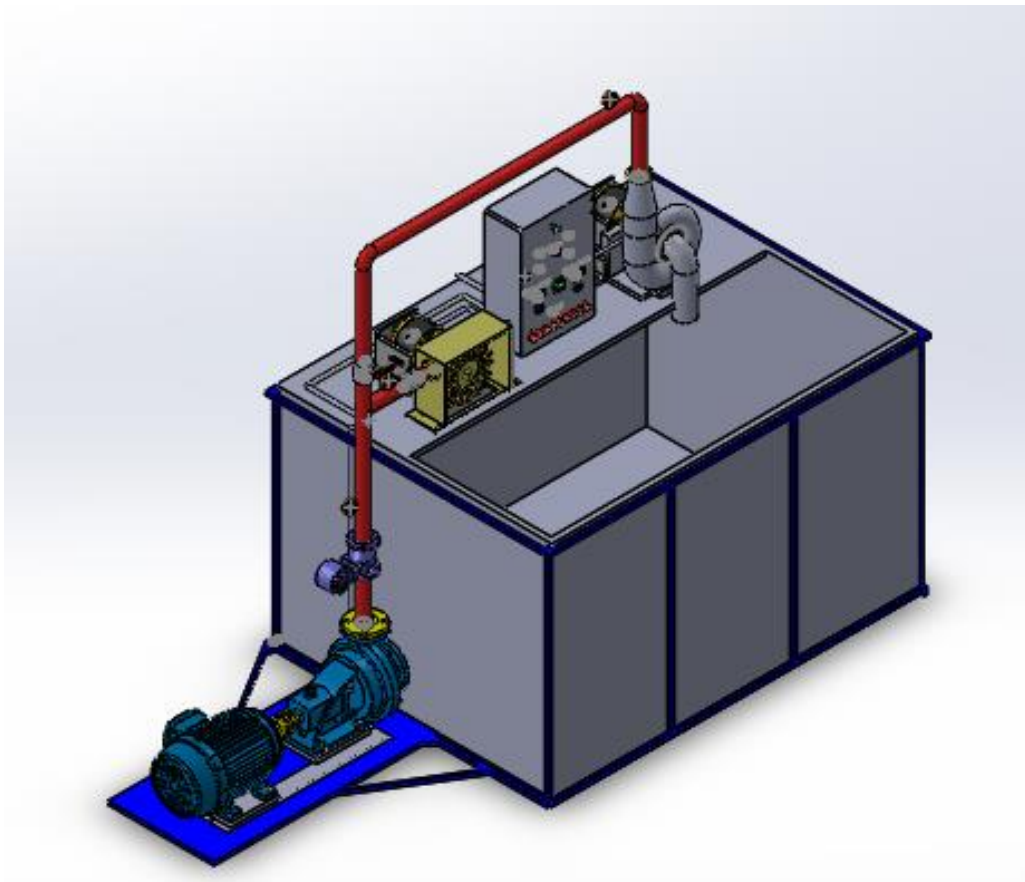
“Para fines solo académicos, se utilizaran bombas centrifugas que permitirán crear un ciclo para el banco de pruebas”. es una máquina que absorbe energía mecánica y restituye al líquido que la atraviesa *Energía Hidráulica*.

Las electrobombas se emplean para impulsar toda clase de líquidos (agua, aceites de lubricación, combustibles, ácidos, líquidos alimentos [12]

VII. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO

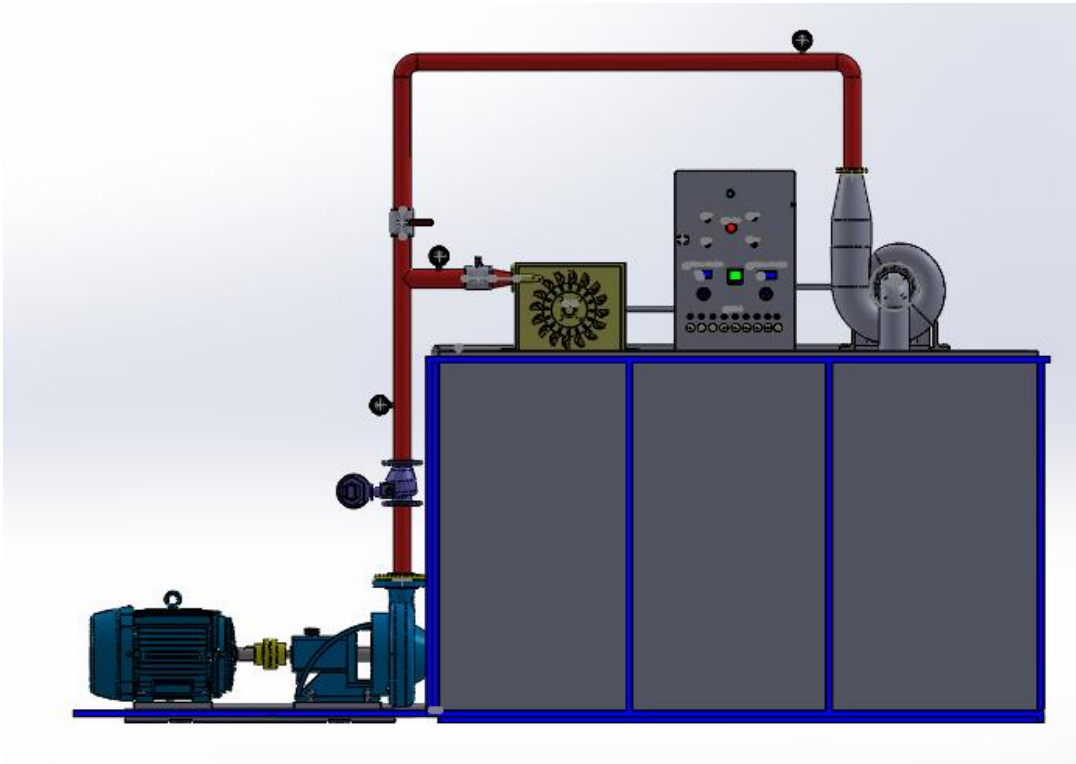
Utilizando la energía potencial del agua, para generar energía eléctrica, se dispondrá de una electrobomba de 5.5 hp (**Anexo B**) para simular una caída de agua de aproximadamente de 15 m o 10m, seguida de estos y con ayuda de manómetros (**Anexo C**) se determinara dicha altura en función a la presión de forma real, así mismo el caudal que proporcione esta caída con tubería de 4" de diámetro (**Anexo E**) atravesara hasta una de las turbinas pelton o francis, que recibirá dicho impulso proporcionado por el chorro de agua, girara y transmitirá este impulso de rotación al generador (**Anexo A**) y el cual aremos uso de un medidor multifuncional (Anexo D) para así obtener un amperaje, voltaje, potencia, factor de potencia etc. ,dependiente de las características del generador ,a la misma ves la salida de agua de dichas turbinas caerá a un contenedor de 2000 litros para así recrear un ciclo que recirculará el agua en todo el sistema.

Figura 33. Módulo de simulación - Vista isométrica



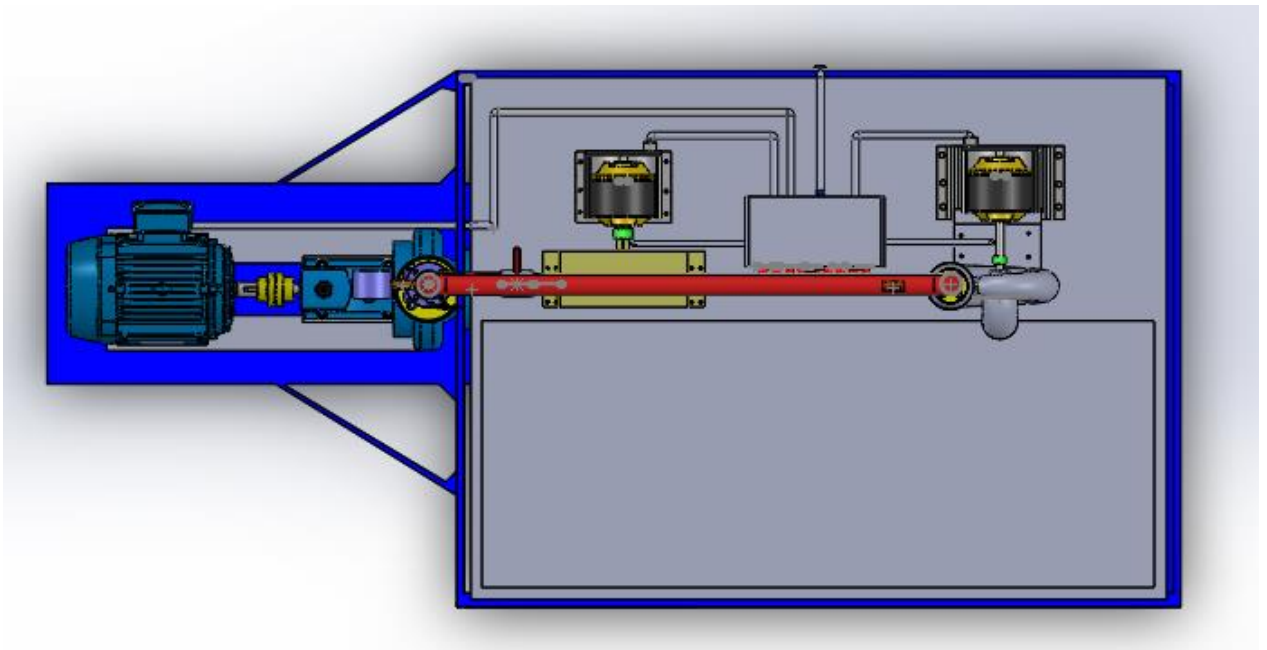
Fuente: Elaboración propia

Figura 34. Módulo de simulación - Vista frontal



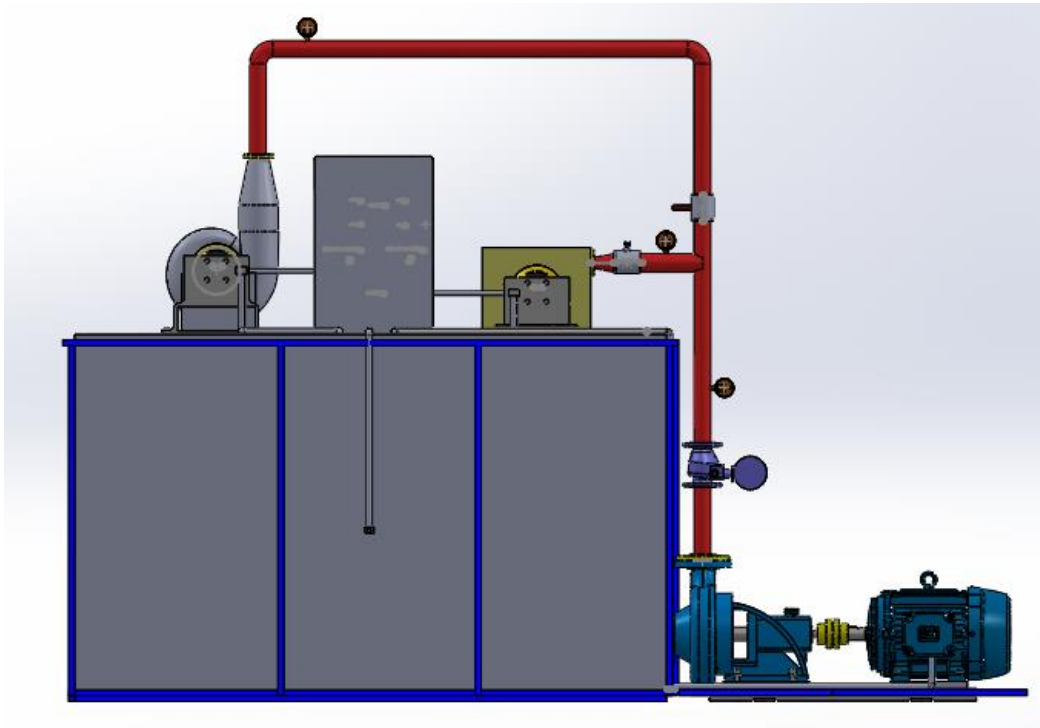
Fuente: Elaboración propia

Figura 35. Módulo de simulación - Vista planta



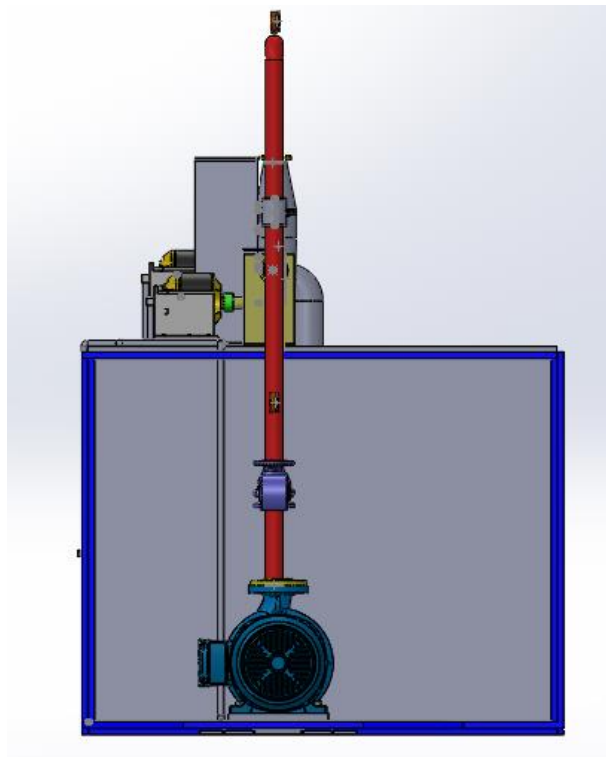
Fuente: Elaboración propia

Figura 36. Módulo de simulación - Vista posterior



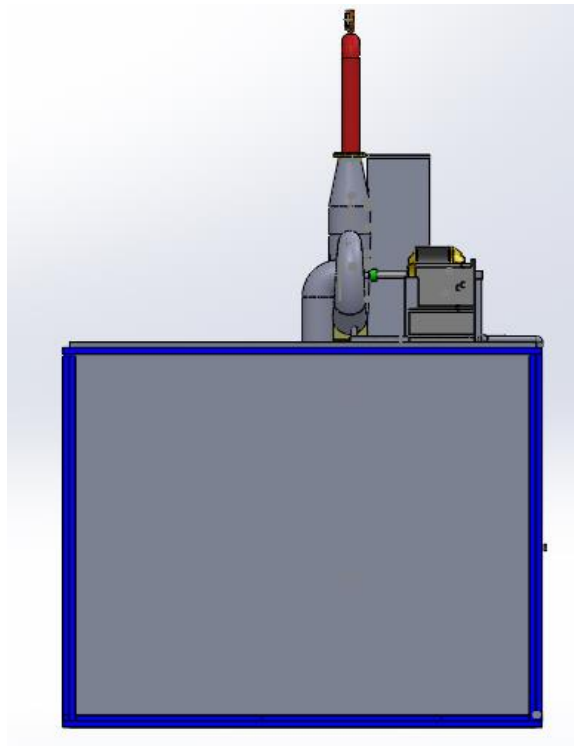
Fuente: Elaboración propia

Figura 37. Módulo de simulación - Vista perfil izquierdo



Fuente: Elaboración propia

Figura 38. Módulo de simulación - Vista perfil derecho



Fuente: Elaboración propia

VIII. METODOLOGIA Y DEFINICION DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

El tipo de investigación que se llevara a cabo es de tipo:

Análítico Descriptivo – experimental

Nuestro tipo de estudio es Analítico Descriptivo, debido a que calcularemos los equipos que conforman nuestro módulo de simulación hidroeléctrico, para así poder determinar la capacidad de nuestro módulo, Luego de haber obtenido la información analizaremos de manera experimental el funcionamiento y comportamiento de la misma. Con lo que hallaremos curvas características de la turbina, generadores y los distintos parámetros de la misma

Hipótesis

Si Diseñamos un módulo de simulación hidroeléctrico Entonces analizaremos los parámetros de operación las turbinas y generadores, y así obtendremos los datos experimentales para su respectivo estudio.

8.1. DISEÑO DE LA TURBINA PELTON:

Tabla No 1 - Datos comerciales de la electrobomba		
<u>Simbolo</u>	<u>Datos</u>	<u>Unidad</u>
<i>P</i>	1.4	<i>Kw</i>
<i>Q</i>	500	<i>lt/min</i>
<i>H</i>	17	<i>m</i>
<i>D</i>	4	<i>pulg.</i>
<i>f</i>	60	<i>Hz</i>
<i>g</i>	9.81	<i>m/s²</i>

Fuente: elaboración propia

Tabla No 2 – Datos comerciales del generador		
<u>Simbolo</u>	<u>Datos</u>	<u>Unidad</u>
<i>N</i>	450	<i>RPM</i>
<i>#</i>	4	<i>polos</i>
<i>f</i>	60	<i>Hz</i>
<i>v</i>	220 – 110	<i>V</i>

Fuente: Elaboración propia

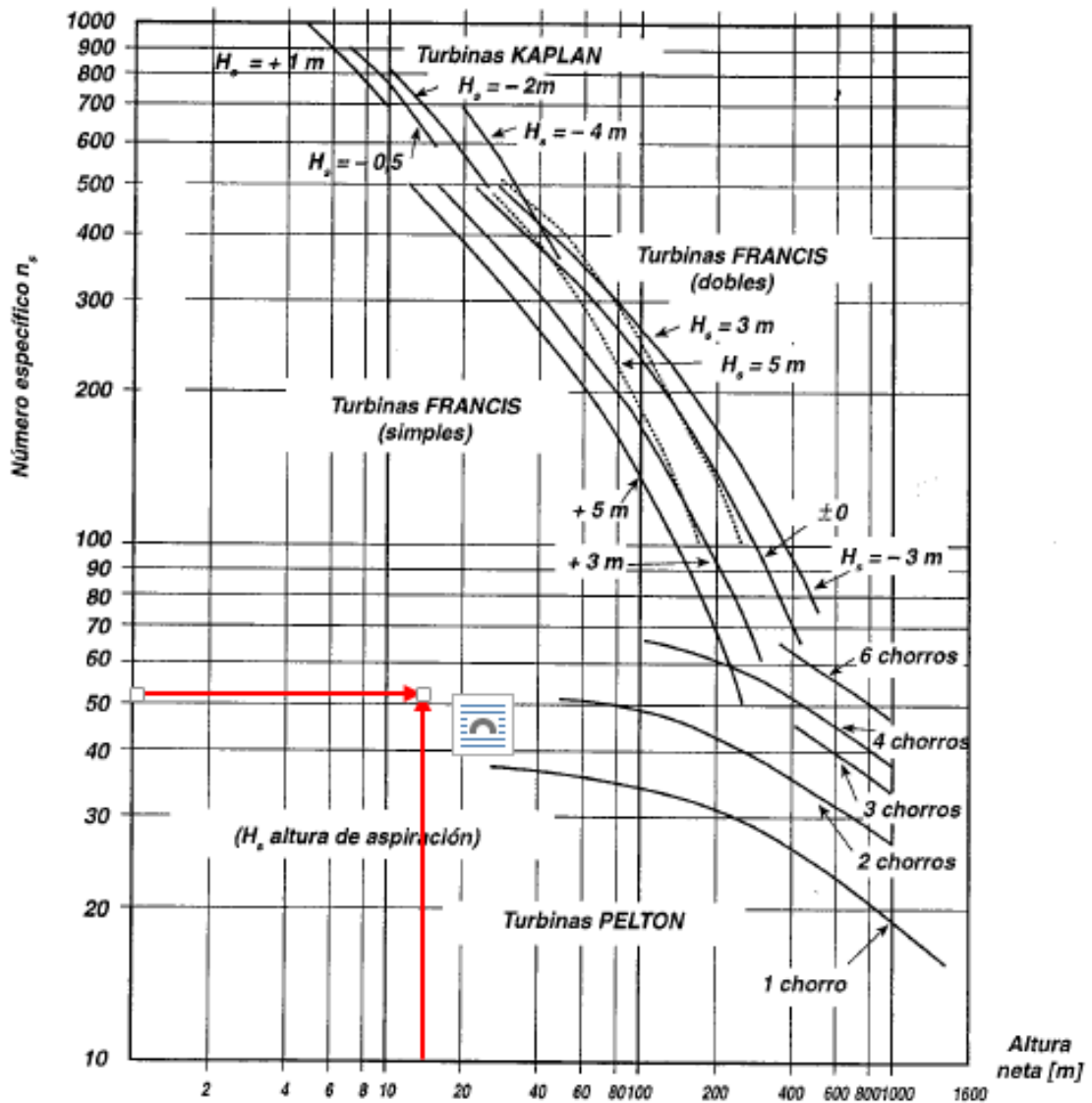
8.1.1. Los números específicos de revoluciones:[8]

$$N_s = N * \frac{p^{1/2}}{H^{5/4}}$$

$$N_s = 450 * \frac{\left(\frac{1400}{746}\right)^{1/2}}{15^{5/4}}$$

$$N_s = 20.88$$

Figura 39. Número específico vs altura



Fuente: Máquinas hidráulicas - Wilfredo jara t. - Instituto de investigación de la facultad de ingeniería mecánica

8.1.2. Velocidad del chorro [8]

$$C_1 = K_c \sqrt{2gH}$$

$$C_1 = 30.38$$

8.1.3. Diámetro del Chorro [8]

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * C_1}}$$

$$d_0 = 3.30 \text{ cm}$$

8.1.4. Diámetro Pelton [8]

$$\frac{D_p}{d} = 9 \rightarrow D_p = 9 * d$$

$$D_p = 20.70 \text{ cm}$$

8.1.5. Diámetro por fuera del rodete [8]

$$D_a = D_p + 1,2h$$

$$D_a = 39.21 \text{ cm}$$

8.1.6. Número de álabes o cazoletas [8]

$$N_{cu} = 13 + 0.5 * \left(\frac{D_p}{d}\right)$$

$$N_{cu} = 13.37$$

8.1.7. Ancho del álabe [8]

$$b = 2.85d$$

$$b = 9.40 \text{ cm}$$

8.1.8. Profundidad del álabe [8]

$$t = 0.9d$$

$$t = 2.97 \text{ cm}$$

8.1.9. Largo del álabe [8]

$$h = 2.4d$$

$$h = 7.92 \text{ cm}$$

8.1.10. Ancho en el destalonamiento [8]

$$a = 1.2d$$

$$a = 3.96 \text{ cm}$$

8.1.11. Punto de cruce de las trayectorias de los puntos exteriores de dos álabes contiguas [8]

$$K = 0.135 * D_p$$

$$K = 4.01 \text{ cm}$$

8.1.12. Espesor del álabe o cazoleta [8]

$$X = K - t$$

$$X = 1.03 \text{ cm}$$

8.1.13. Medidas en el plano del álabe [8]

$$h_1 = 0.175d$$

$$h_1 = 0.57 \text{ cm}$$

$$h_2 = 1.175d$$

$$h_2 = 3.87 \text{ cm}$$

8.2. DISEÑO DE LA TURBINA FRANCIS:

Tabla No 3 - Datos comerciales seleccionados		
<u>Simbolo</u>	<u>Datos</u>	<u>Unidad</u>
<i>P</i>	1	<i>Kw</i>
<i>Q</i>	1600	<i>lt/min</i>
<i>H</i>	10	<i>m</i>
<i>D</i>	4	<i>pulg.</i>
<i>f</i>	60	<i>Hz</i>
<i>g</i>	9.81	<i>m/s²</i>

Fuente: Elaboración propia

$$n_o = \frac{N_o * \sqrt{\frac{Q}{\pi}}}{(2gH_n)^{\frac{3}{4}}}$$

$$n_o = 0.273$$

La turbina francis con un buen funcionamiento se encuentra dentro del siguiente ámbito de velocidad específica adimensional: **Aplicando el método de bovet**

$$0.1 < n_o < 0.8$$

Cálculo de la velocidad de rotación [4]

$$N_o = 2\pi f / n_p$$

$$N_o = 47.124 \text{ rad/s}$$

$$N_s = N_o 30 / \pi$$

$$N_s = 450.00$$

8.2.1. Dimensiones del álabe

Las coordenadas de las curvas: [4]

$$R_{2e} = \sqrt[3]{Q / 0.27\pi N_o}$$

$$R_{2e} = 6.40 \text{ cm}$$

$$R_{li} = R_{2e} * 0.493 / n_o^{2/3}$$

$$R_{li} = 7.60$$

$$R_{oi} = R_{2e} \left(0.7 + \frac{0.16}{n_o + 0.08} \right)$$

$$R_{oi} = 7.60$$

$$L_i = R_{2e} (3.2 + 3.2(2 - n_o)n_o)$$

$$L_i = 29.27$$

$$Y_{me} = Y_{2e}/3.08 \left(1 - \frac{x}{l}\right)^{3/2} \sqrt{\frac{x}{l}}$$

$$Y_{me} = 1.67 \text{ cm}$$

$$L_e = R_{2e}(2.4 + 1.9(2 - n_o) n_o)$$

$$L_e = 10.10 \text{ cm}$$

$$X_{2e} = 0.5 R_{2e}$$

$$X_{2e} = 3.20 \text{ cm}$$

$$Y_{2e} = R_{oe} - R_{2e}$$

$$Y_{2e} = 1.63 \text{ cm}$$

$$R_{oe} = R_{2e} 0.493 n_o^{-2/3}$$

$$n_o < 0.275$$

$$R_{oe} = 8.00 \text{ cm}$$

$$B_o = R_{2e}(0.8(2 - n_o) n_o)$$

$$B_o = 2.20 \text{ cm}$$

$$R_{me} = R_{oe} - Y_{me}$$

$$R_{me} = 6.37 \text{ cm}$$

$$R_{1e} = R_{oe} \quad 0.1 < n_o < 0.5$$

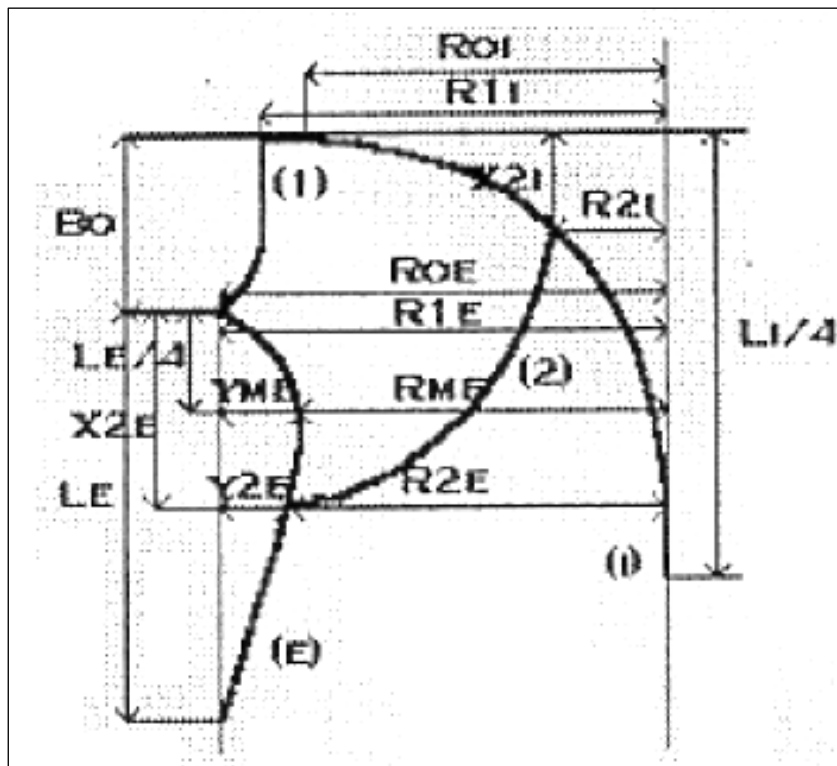
$$R_{2i} = R_{2e}(0.288 - 0.171 \log n_o)$$

$$R_{2i} = 3.00$$

Tabla No 4 - Dimensiones del álabe	
R_{2e}	6.40 cm
R_{ti}	7.60 cm
R_{oi}	7.60 cm
L_i	29.27 cm
Y_{me}	1.67 cm
L_e	10.10 cm
X_{2e}	3.20 cm
Y_{2e}	1.63 cm
R_{oe}	8.00 cm
B_o	2.20 cm
R_{me}	6.37 cm
R_{2i}	3.00

Fuente: Elaboración propia

Figura 40. Dimensiones del álabe



Fuente: Universidad de Costa Rica - Mary P. Morales - Diseño de turbinas francis en C++ builder

8.2.2. Numero de álabes [4]

$$Z_y = 14.054 - 0.011 n_s$$

$$Z_y = 9.10$$

8.2.3. Coeficiente de cavitación [4]

$$\sigma = 7.5 * 10^{-5} * n_s^{1.41}$$

$$\sigma = 0.41$$

$$V_{ec} = 84.4 * n_s^{-0.44}$$

$$V_{ec} = 5.74 \text{ m/s}$$

8.2.4. Dimensiones del caracol [4]

$$A = 2R_{2e} \left(1.2 - \frac{19.56}{n_s} \right)$$

$$A = 13.09 \text{ cm}$$

$$B = 2R_{2e} \left(1.1 + \frac{54.8}{n_s} \right)$$

$$B = 20.33 \text{ cm}$$

$$C = 2R_{2e} \left(1.32 + \frac{49.25}{n_s} \right)$$

$$C = 22.53 \text{ cm}$$

$$D = 2R_{2e} \left(1.5 + \frac{48.8}{n_s} \right)$$

$$D = 24.77 \text{ cm}$$

$$E = 2R_{2e} \left(0.98 + \frac{63.6}{n_s} \right)$$

$$E = 19.83 \text{ cm}$$

$$F = 2R_{2e} \left(1 + \frac{131.4}{n_s} \right)$$

$$F = 27.87 \text{ cm}$$

$$G = 2R_{2e} \left(0.89 + \frac{96.5}{n_s} \right)$$

$$G = 22.47 \text{ cm}$$

$$H = 2R_{2e} \left(0.79 + \frac{81.75}{n_s} \right)$$

$$H = 19.5 \text{ cm}$$

$$I = 2R_{2e} (0.1 + 6.5 * 10^{-4} * n_s)$$

$$I = 2.2 \text{ cm}$$

$$L = 2R_{2e} (0.88 + 4.9 * 10^{-4} * n_s)$$

$$L = 11.93 \text{ cm}$$

$$M = 2R_{2e} (0.6 + 1.5 * 10^{-5} * n_s)$$

$$M = 7.7 \text{ cm}$$

Tabla No 5 - Dimensiones del caracol	
A	13.09 cm
B	20.33 cm
C	22.53 cm
D	24.77 cm
E	19.83 cm
F	27.87 cm
G	22.47 cm
H	19.5 cm
I	I = 2.2 cm
L	L = 11.93 cm
M	M = 7.7 cm

Fuente: Elaboración propia

8.2.5. Dimensionamiento en el tubo de aspiración [4]

$$v_{et} = 8.74 + \frac{248}{n_s}$$

$$v_{et} = 9.29 \text{ m/s}$$

$$N = 2R_{2e} \left(1.54 + \frac{203.5}{n_s} \right)$$

$$N = 53.51 \text{ cm}$$

$$O = 2R_{2e} \left(0.83 + \frac{140.7}{n_s} \right)$$

$$O = 33.25 \text{ cm}$$

$$P = 2R_{2e} (1.37 - 5.6 * 10^{-4} n_s)$$

$$P = 11.92 \text{ cm}$$

$$Q = 2R_{2e} \left(0.58 + \frac{22.6}{n_s} \right)$$

$$Q = 23.5 \text{ cm}$$

$$R = 2R_{2e} \left(1.6 + \frac{1.3 * 10^{-3}}{n_s} \right)$$

$$R = 33.41 \text{ cm}$$

$$S = \frac{2R_{2e} * n_s}{-9.28 + 0.25 * n_s}$$

$$s = 76.7 \text{ cm}$$

$$T = 2R_{2e} (1.5 - 1.9 * 10^{-4} n_s)$$

$$T = 23.1 \text{ cm}$$

$$U = 2R_{2e} (0.51 - 7 * 10^{-4} n_s)$$

$$U = 3.71 \text{ cm}$$

$$V = 2R_{2e} \left(1.1 + \frac{53.7}{n_s} \right)$$

$$V = 14.84 \text{ cm}$$

$$Z = 2R_{2e} \left(2.63 + \frac{33.8}{n_s} \right)$$

$$Z = 23.5 \text{ cm}$$

8.3. CÁLCULO DE TUBERÍAS: [8]

8.3.1. Velocidad del agua en la tubería:

Analizando la ecuación de la continuidad para determinar la velocidad del agua en la tubería de presión se tiene:

$$D_{int} = 4'' = 0.102 \text{ m}$$

Q = Caudal calculado en la potencia de la electrobomba.

$$Q = 0.0159 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = V * \frac{\pi * D_{int}^2}{4}$$

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi * D_{int}^2}{4}}$$

$$V = \frac{0.0159}{\frac{\pi * (0.102)^2}{4}}$$

$$V = 1.95 \text{ m/s}$$

8.3.2. El número de Reynolds [8]

$$Q = 0.0159 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_{int} = 4 \text{ " } = 0.102 \text{ m}$$

$$V = 1.95 \text{ m/s}$$

$$\mu_{agua} = 4.11$$

$$N_{Reynolds} = \frac{v \cdot D}{\mu}$$

$$N_{Reynolds} = 4.8 \times 10^7$$

8.3.3. La rugosidad de los materiales a utilizar.

Según el material de la tubería hay que determinar un valor de rugosidad para luego encontrar el factor de fricción en el diagrama de Moody. Se procede a elegir un valor del diámetro de la tubería que sea comercial [8]

Figura 41. Rugosidad de los materiales

Material	Rugosidad, ϵ (m)
Vidrio, plástico	0.0 (suave)
Cobre, latón, plomo (tubería)	1.5×10^{-6}
Hierro fundido: sin revestir	2.4×10^{-4}
Acero comercial o acero soldado	4.6×10^{-5}
Hierro forjado	4.6×10^{-6}
Acero remachado	1.8×10^{-3}
Hormigón	1.2×10^{-3}

Fuente: <http://www.siafa.com.ar/notas/nota181/fugas.htm>

Dato de rugosidad comercial seleccionado	
Material	Rugosidad ϵ (mm)
Acero comercial y soldado	4.6×10^{-5}

Fuente: elaboración propia

8.3.4. El factor de fricción en tubería. [8]

$$D_{int} = 4'' = 0.102 \text{ m}$$

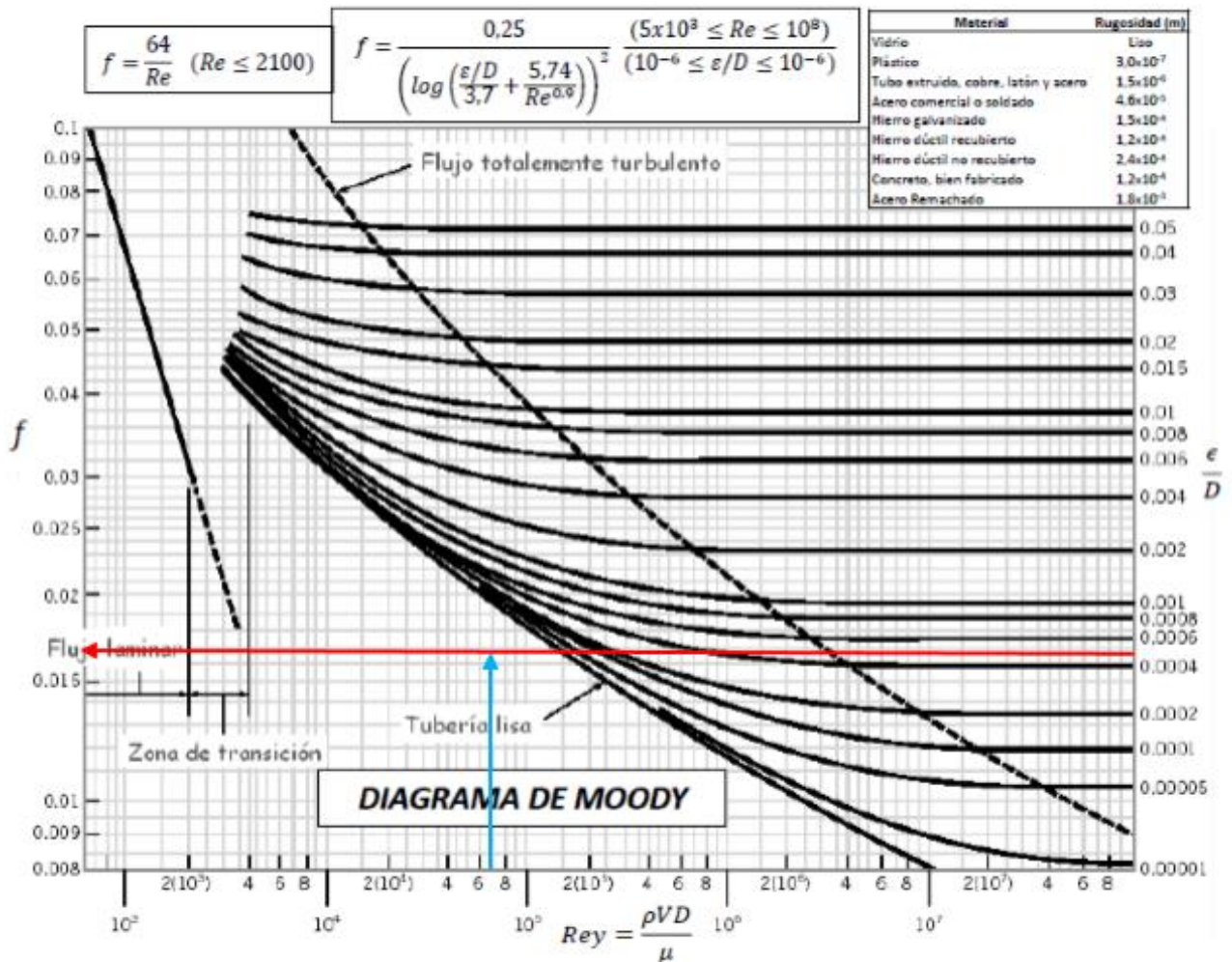
$$\varepsilon = 4.6 \times 10^{-5} \text{ mm}$$

$$N_{Reynolds} = 7.89 \times 10^5$$

$$\frac{\varepsilon}{D_{int}} = 0.00045$$

8.3.5. Intercepción en con el Diagrama de Moody

Figura 42. Diagrama de Moody



Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Moody_chart

$$f = 0.017$$

Este es el caudal ($Q = 1600 \text{ lt / m}$) el cual debe suplir la electrobomba para completar el ciclo en el módulo hidroeléctrico, estos cálculos se mencionaron en (turbina pelton) [8]

Ahora con ayuda de los anteriores valores hallados se determinara la presión que debe soportar la tubería para seleccionar cual adquirir. [8]

$$H_n = \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

$$5 = \frac{P}{1000 * 9.8} + \frac{3.18^2}{9.8}$$

$$P = 47.968 \text{ kpa}$$

El tramo de tubería de 4" de acero comercial debe precisarse mediante cálculos anteriores, determinando la presión a la que será sometida y determinar así las propiedades para comprar tubería de alta o baja presión Estas propiedades serán ya han sido analizadas [8]

Los accesorios y tubería son en acero comercial de 4" y 1 1/2" de baja y alta presión.

Las válvulas son de bola de 4" y 1 1/2 ", las válvulas actuaran como inyectores para la turbina pelton.

Se aplicara soldadura en mayoría de las uniones entre accesorios y tubería, en los casos que se necesita roscar se aplicara teflón para evitar fugas.

La electrobomba contaran con accesorios que permitirán conectar las salidas de las y así desplazar el agua hasta una de dichas turbinas.

La electrobomba contara también con uniones universales que permitirán una fácil desconexión de estas con el banco de pruebas favoreciendo así su mantenimiento o revisión. [8]

8.4. CALCULO DE LA POTENCIA DE LA ELECTROBOMBA

8.4.1 Calculo del caudal máximo:

$$Q = \frac{P}{\rho * g * H}$$

$$Q = \frac{1000}{1000 * 9.81 * 6.4}$$

$$Q = 0.0159 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q = \text{caudal}$

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

$H = \text{altura de recorrido del módulo m}$

$\rho = \text{densidad del agua kg/m}^3$

Potencia requerida para nuestro

módulo

$P = 1\text{kw}$

8.4.2 Calculo de pérdidas en tuberías lisas:

Longitud de tubería Ø4" = 1.50 m

$$h_{Tl} = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

$$h_{Tl} = 0.017 * \frac{6.4}{0.101} * \frac{1.95^2}{2 * 9.81}$$

$$h_{Tl} = 0.21 \text{ m}$$

8.4.3 Calculo de pérdidas en codos:

$$h_c = K * \frac{V^2}{2g}$$

Accesorios	K
Codo 90	9.198

$$h_c = 9.198 * \frac{1.95^2}{2 * 9.81}$$

$$h_c = 1.78 \text{ m}$$

8.4.4 Calculo de la potencia de la electrobomba.

RENDIMIENTO MECANICO:	
η	= 0.90 ... 0.97
η_m	= 0.90
RENDIMIENTO GENERADO ELECTRICO O ALTERNADOR ELECTRICO:	
η	= 0.98 ... 0.985
η_{gr}	= 0.95

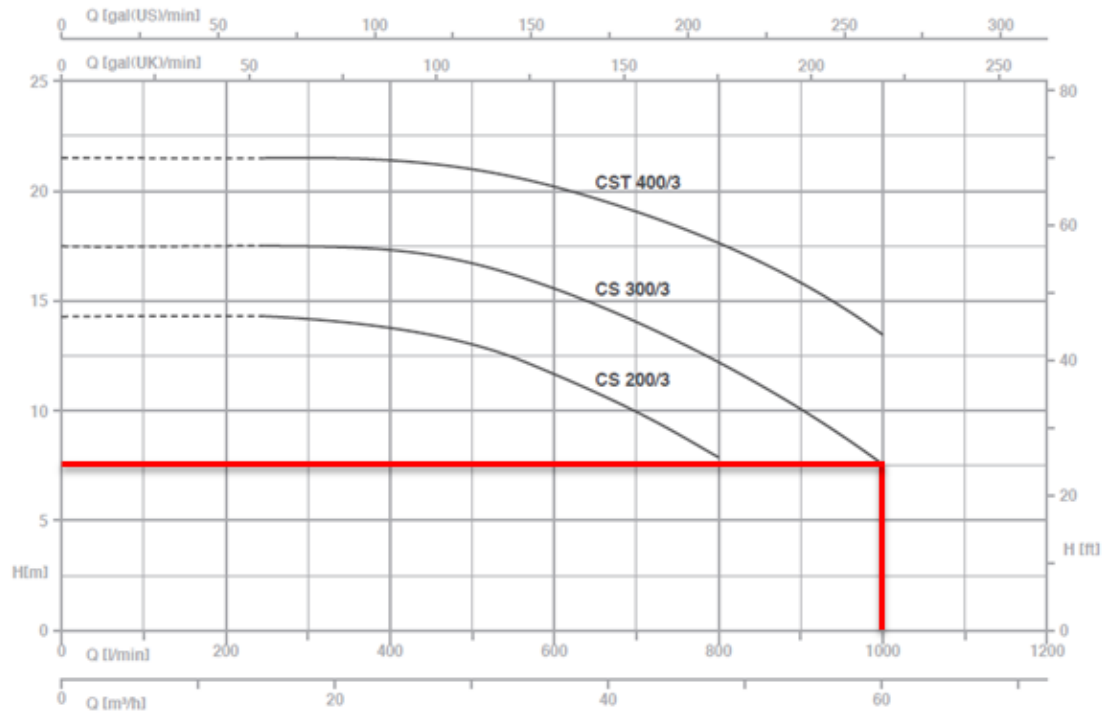
$$P_H = \frac{\gamma * Q * (H_d + H_{Tl} + H_c)}{\eta_b * \eta_m}$$

$$P_H = \frac{1000 * 9.81 * 0.016 * (4.5 + 0.21 + 1.78)}{0.90 * 0.95}$$

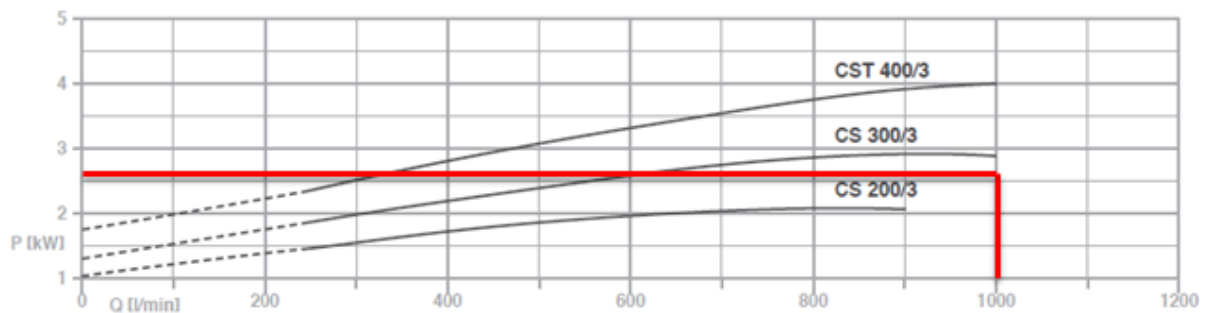
$$P_H = 1.20 \text{ (Kw)}$$

Datos comerciales seleccionados		
Q= caudal	1000 l/min	0.016 m ³ /s
P= potencia	3 Hp	2.2 Kw
H= altura	7.5 m	

El sistema de funcionamiento del módulo es un circuito cerrado, que opera con una electrobomba centrífuga (ANEXO B), la cual toma el agua por el tubo de aspiración o succión, y dependiendo de las revoluciones y potencia del motor acoplado a la bomba, aumenta la presión del fluido y proporcional a éste se acopla una tobera al final de la tubería de descarga elevando la energía cinética del chorro para impactar en las cucharas de la turbina haciéndola girar.



Fuente: Ficha técnica – Hidromec electrobombas Pentax



Fuente: Ficha técnica – Hidromec electrobombas Pentax

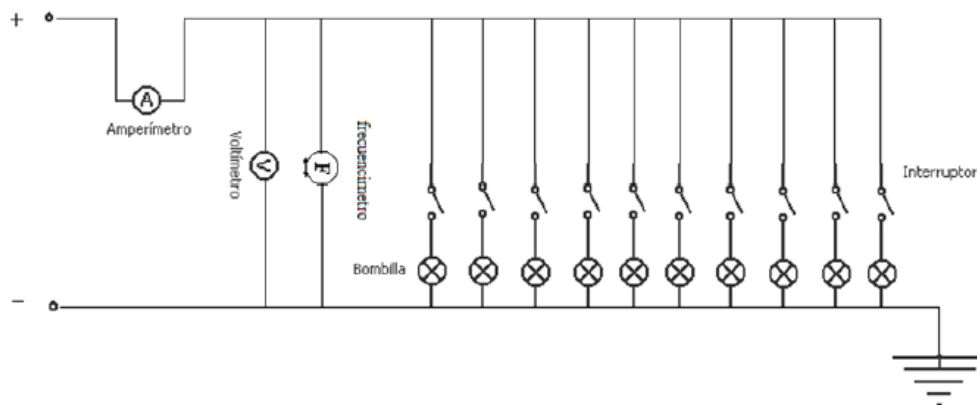
TYPE		P2		P1 (kW)		AMPERE		Q (m³/h - l/min)					
1~	3~	(HP)	(kW)	1~	3~	1~	3~	0	15	24	36	48	60
								0	250	400	600	800	1000
								H (m)					
						1x230 V 50 Hz	3x400 V 50 Hz						
CS 200/3	CST 200/3	2	1,5	2,35	2,15	11	3,6	14,2	14,2	13,8	11,7	7,8	-
CS 300/3	CST 300/3	3	2,2	3,3	2,9	15	4,9	17,5	17,5	17,2	15,3	12,3	7,5
-	CST 400/3	4	3	-	4	-	6,7	21,5	21,5	21,4	19,9	17,7	13,5

Fuente: Ficha técnica – Hidromec electrobombas Pentax

8.5. TABLERO DE CARGA

El tablero de carga representara la demanda de corriente que la turbina pelton o francis deberá generar para así encender cada uno de los bombillos. Se determinara cual conexión (Serie o paralelo) demandara la potencia generada por las turbinas. [6]

Figura 1. Circuito de bombillas en paralelo.



Fuente: Ramón González Cano

En un circuito serie, cada elemento que lo conforma, va conectado uno después del otro. Considerando 3 Bombillos que serían los elementos del circuito, al conectar el primer bombillo hay que tomar una de sus puntas y conectarla, en este caso a la fuente de voltaje, la otra punta a otro borne del segundo bombillo, el otro borne del segundo bombillo hay que conectarlo con el otro borne del tercero, y el último borne que queda hay que conectarlo al otro borne de la fuente de voltaje. Además otra de las características de este tipo de conexión, es que si cualquiera de sus elementos se desconecta, se suspende la energía en todo el circuito. En todos los elementos la corriente siempre será la misma, y el voltaje varía en cada elemento, dado que el voltaje total es la suma del voltaje de cada elemento.

Para el caso de un circuito en paralelo, cada borne de los elementos que lo conforman van conectados a cada entrada y salida de la

fuente de voltaje, con los mismo elementos del ejemplo del circuito serie, tres bombillos, ahora conectas el primero al borne de la fuente del voltaje, el otro borne del mismo bombillo al otro borne de la fuente de voltaje. Para conectar el segundo se hará de la misma forma, conectar un borne a uno de las otras puntas del primer bombillo ya conectado o a la fuente, y el otro borne lo conecta a la otra punta del otro borne del primer foco ya conectado, y así hasta el último. Estas características permiten que el voltaje en todos los elementos sea el mismo, ahora la corriente es la que varía, la corriente total es la suma de las corrientes de cada elemento. Como lo explica la conexión ideal sería en paralelo, debido a que la turbina estará sometida a diferentes caudales lo que traduce que su amperaje variara y así su generación de energía podrá ser evaluada dependiendo de su capacidad de generar corriente y no un alto voltaje, ahora, si por algún motivo un bombillo falla (Funde) el siguiente podría encenderse normalmente y seguir con la prueba. [8]

8.6. CÁLCULO DE SECCIÓN DE CONDUCTOR

Figura 2. Formulas del para el cálculo del conductor

Tipo de corriente	Sección	Caída de tensión	Pérdida de potencia	Siendo
CONTÍNUA ($\cos \varphi = 1$) Y MONOFÁSICA	CONOCIDA LA INTENSIDAD		$\Delta W = \frac{200 \cdot L \cdot W}{K \cdot S \cdot V^2 \cdot \cos^2 \varphi}$	S = Sección del conductor, en mm^2 I = Intensidad de corriente, en amperios V = Tensión de servicio, en Voltios W = Potencia transportada, en Watios L = Longitud de la línea, en metros ΔV = Caída de tensión desde el principio hasta el final de la línea, en Voltios ΔW = Pérdida de potencia desde el principio hasta el final de la línea en % K = Conductibilidad eléctrica, para el cobre 56
	$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{K \cdot \Delta V}$	$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{K \cdot S}$		
CONOCIDA LA POTENCIA				
$S = \frac{2 \cdot L \cdot W}{K \cdot \Delta V \cdot V}$	$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot W}{K \cdot S \cdot V}$			
TRIFÁSICA	CONOCIDA LA INTENSIDAD		$\Delta W = \frac{100 \cdot L \cdot W}{K \cdot S \cdot V^2 \cdot \cos^2 \varphi}$	
	$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{K \cdot \Delta V}$	$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{K \cdot S}$		
CONOCIDA LA POTENCIA				
$S = \frac{L \cdot W}{K \cdot \Delta V \cdot V}$	$\Delta V = \frac{L \cdot W}{K \cdot S \cdot V}$			

Fuente: Revista mitelec – pág. 35

En el caso del proyecto se tiene un motor trifásico de 5.5 hp, con una tensión de alimentación de 380 voltios.

TIPO DE ELECTROBOMBA		N DE EQUIPOS	POTENCIA X EQ.	POT.TOTAL	F.S	F.D	MAX DEM
ELECTROBOMA HP	5.5	1	4097.5	4097.5	1	1	4097.5

TIPO DE ELECTROBOMBA	LONGITUD	N DE EQUIPOS	POTENCIA X EQ.	POT.TOTAL	ΔV	CONDUCTOR
ELECTROBOMA HP	5.5	1	4097.5	4097.5	0.50	4

LONGITUD	POT.TOTAL	SECCIÓN	I(A)	Int.(A)
3.00	4097.5	4	10.45	16

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm ²)								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

*NOTA: Se consideró un factor de seguridad de 1.5 por arranque de bombas

Fuente: Catalogo INDECO

Tipo de conductor seleccionado (ANEXO J) = 4mm²

8.7. EL GENERADOR

El generador eléctrico que se seleccionará como parte nuestro módulo de materia de estudio es el generador síncrono (ANEXO A)

El cual vamos a hacer uso de dos generadores uno para la turbina pelton y otro para la turbina Francis las cuales serán empleadas de forma independiente para nuestro módulo de simulación.

8.8. CONTENEDOR

Sera rectangular nuestro tanque por ser de fácil fabricación y buena utilización de espacios.

Y nos permitirá que tanto la turbina pelton como la francis y sus respectivos generadores estén sobre la misma soportado por una estructura.

La capacidad de nuestro tanque que nos permitirá la circulación del agua sin que nuestro banco de pruebas quede desabastecido será: 2000 lt [1]

a) Espesor de la plancha de metal a utilizar:

$$t = 2.45 * l \sqrt{\frac{\alpha \cdot H_t \cdot 0.036 \cdot G}{s}}$$

l : Longitud del recipiente de almacenamiento [pulg].

Ht : Altura del recipiente de almacenamiento [pulg].

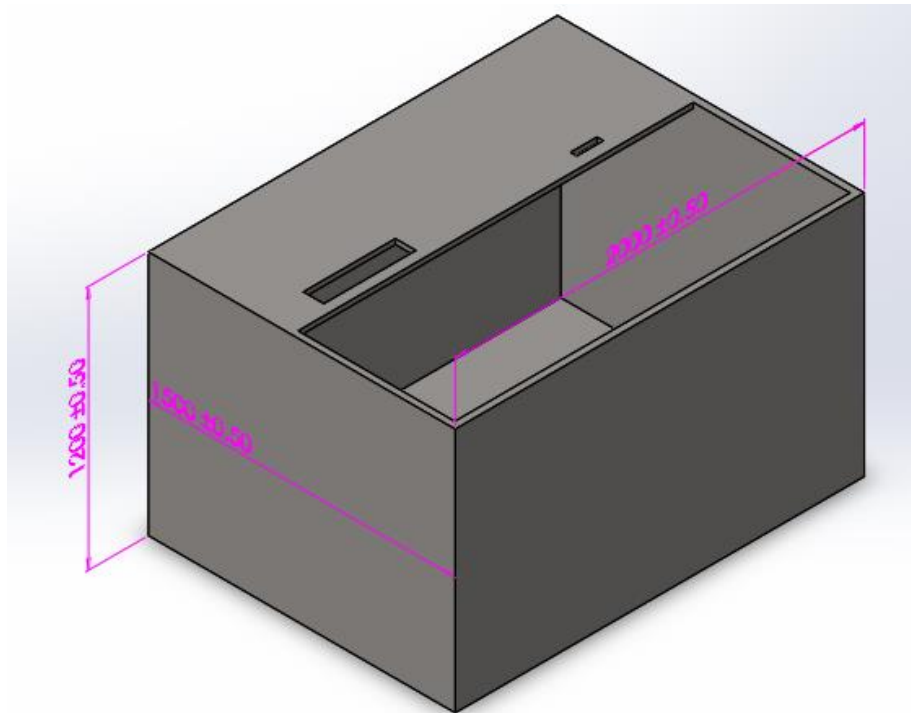
G : Gravedad especifica del agua

S : Esfuerzo del material SA 285 C con 13750lb/pulg²

t = 0.2735 pulg [1]

Adicionamos un margen de corrosión de 0.0808 pulg
Por lo cual utilizamos una plancha de espesor de 3/8" siendo la más comercial.

Figura 3. Contenedor en vista isométrica



Fuente: elaboración propia

IX. ACTIVIDADES TÉCNICAS QUE SE PUEDEN REALIZAR CON EL SISTEMA

Para obtener resultados acordes a los esperados, se diseñaron las pruebas necesarias en base a tablas y medidas. Se estimó el número de mediciones adecuado para cada medida. Además se calculó las medidas variando el caudal del sistema en base a la apertura de la nuestra válvula.

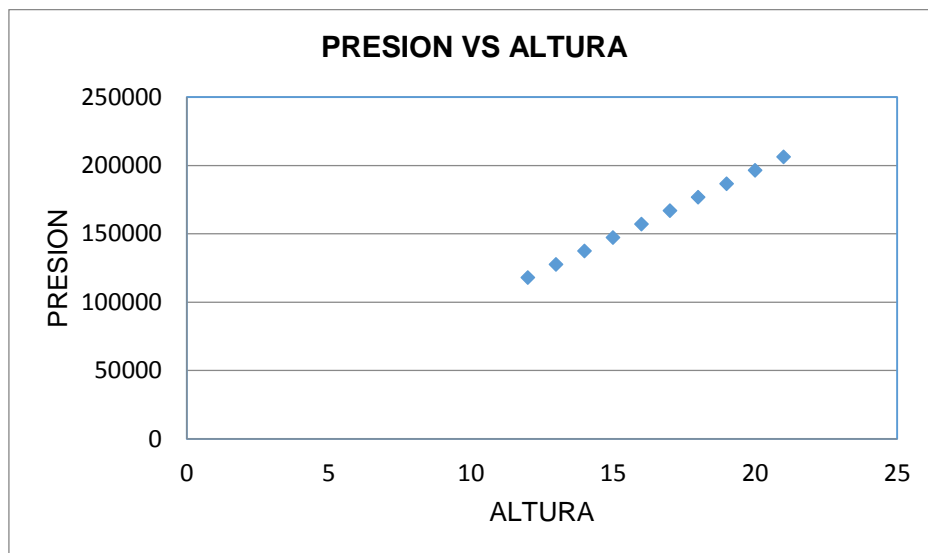
9.1. ALTURA VS PRESION

Tabla No 6 – altura vs presión

	ALTURA(m)	PRESIÓN
1	12	117720
2	13	127530
3	14	137340
4	15	147150
5	16	156960
6	17	166770
7	18	176580
8	19	186390
9	20	196200
10	21	206010

Fuente: elaboración propia

Figura 32. Presión vs Altura.



Fuente: elaboración propia

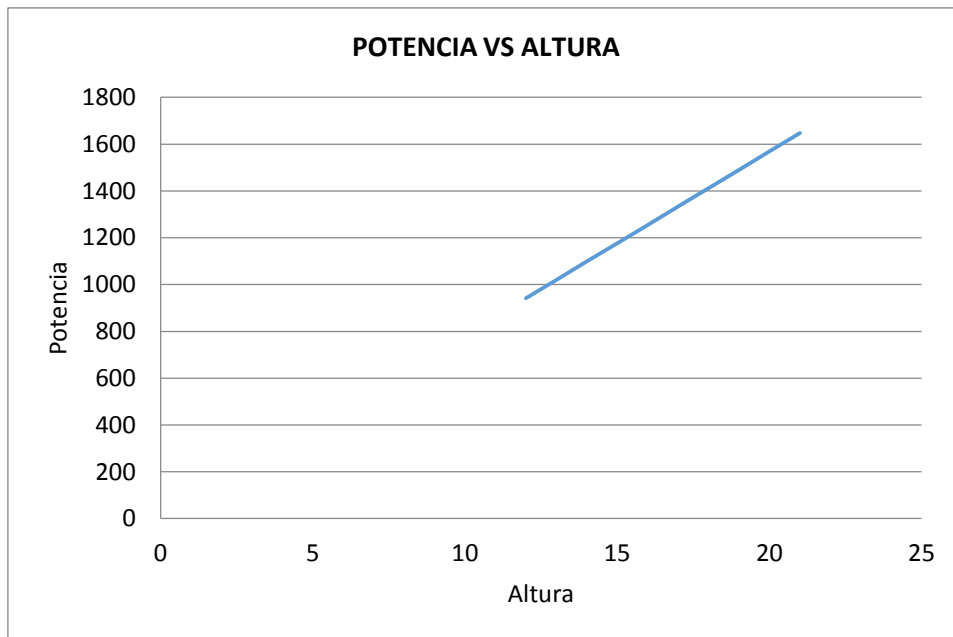
9.2. ALTURA VS POTENCIA

Tabla No 7 – altura vs potencia

	ALTURA	POTENCIA
1	12	941.376
2	13	1019.824
3	14	1098.272
4	15	1176.720
5	16	1255.168
6	17	1333.616
7	18	1412.064
8	19	1490.512
9	20	1568.960
10	21	1647.408

Fuente elaboración propia

Figura 33. Presión vs Altura.



Fuente elaboración propia

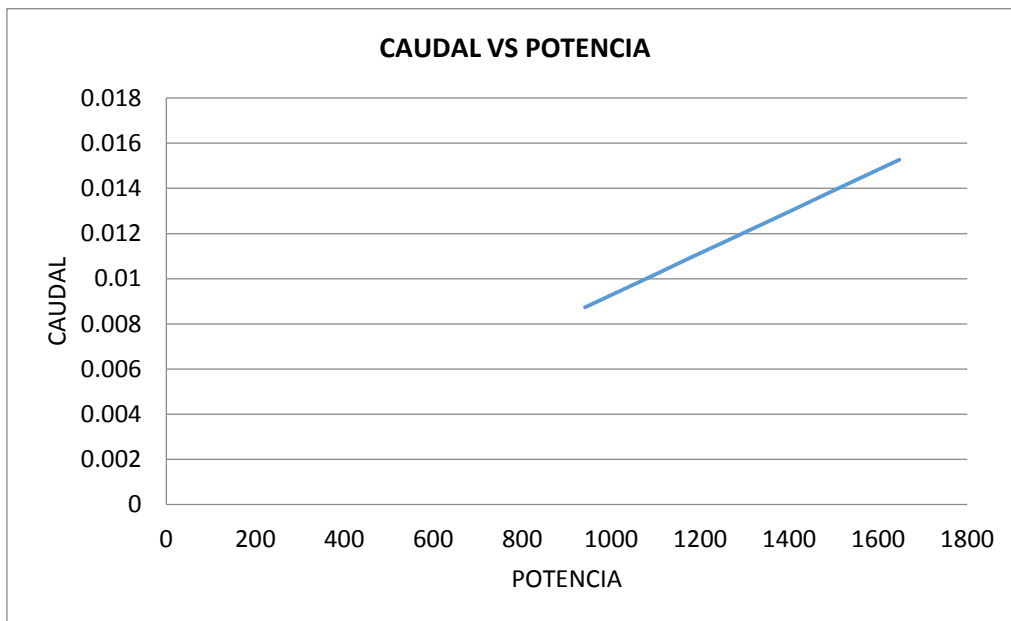
9.3. POTENCIA VS CAUDAL

Tabla No 7 –potencia vs caudal

	POTENCIA	CAUDAL
1	941.376	0.00872727
2	1019.824	0.00945455
3	1098.272	0.01018182
4	1176.720	0.01090909
5	1255.168	0.01163636
6	1333.616	0.01236364
7	1412.064	0.01309091
8	1490.512	0.01381818
9	1568.960	0.01454545
10	1647.408	0.01527273

Fuente elaboración propia

Figura 34. Presión vs Altura.



Fuente elaboración propia

9.4. PRUBEAS CON CIERRE DE VÁLVULAS

Tabla No 8 –Ap de válvula vs altura

AP. VALVULA	ALTURA SIMULADA	POTENCIA	CAUDAL	PRESION
100%	12	941.376	0.008	1154362
75%	12	706.032	0.006	1154362
50%	12	470.688	0.004	1154362
25%	12	235.344	0.002	1154362

Fuente elaboración propia

Tabla No 9 –Ap de válvula vs altura

AP. VALVULA	ALTURA SIMULADA	POTENCIA	CAUDAL	PRESION
100 %	13	1019.824	0.008	1250559
75 %	13	764.868	0.006	1250559
50 %	13	509.912	0.004	1250559
25 %	13	254.956	0.002	1250559

Fuente elaboración propia

Tabla No 10 –Ap de válvula vs altura

AP. VALVULA	ALTURA SIMULADA	POTENCIA	CAUDAL	PRESION
100 %	14	1098.272	0.008	1346756
75 %	14	823.704	0.006	1346756
50 %	14	549.136	0.004	1346756
25 %	14	274.568	0.002	1346756

Fuente elaboración propia

Tabla No 8 –Ap de válvula vs altura

AP. VALVULA	ALTURA SIMULADA	POTENCIA	CAUDAL	PRESION
100 %	15	1176.72	0.008	1442953
75 %	15	882.54	0.006	1442953
50 %	15	588.36	0.004	1442953
25 %	15	294.18	0.002	1442953

Fuente elaboración propia

9.5. POTENCIA CONSTANTE

Tabla No 9 –Ap potencia constante

AP. VALVULA	ALTURA	POTENCIA	CAUDAL	PRESION
100 %	12	941.376	0.008	1154362
75 %	16	941.376	0.006	1539150
50 %	24	941.376	0.004	2308725
25 %	48	941.376	0.002	4617449

Fuente elaboración propia

RPM VS CAUDAL

Tabla No 10 –válvula 100%

AP VALVULA =100%				
CARGA (w)	0	60	120	180
CAUDAL (m ³ /s)	0.008	0.008	0.008	0.008
RPM	999.1	936.8	859.3	819.7

AP VALVULA =75 %				
CARGA (w)	0	60	120	180
CAUDAL (m ³ /s)	0.006	0.006	0.006	0.006
RPM	1012.9	946.05	896.875	849.15

AP VALVULA =50 %				
CARGA (w)	0	60	120	180
CAUDAL (m ³ /s)	0.004	0.004	0.004	0.004
RPM	1020.325	959.55	906.075	856.475
AP VALVULA = 25 %				
CARGA (w)	0	60	120	180
CAUDAL (m ³ /s)	0.002	0.002	0.002	0.002
RPM	1314.9	1245.8	1182.9	1144.3

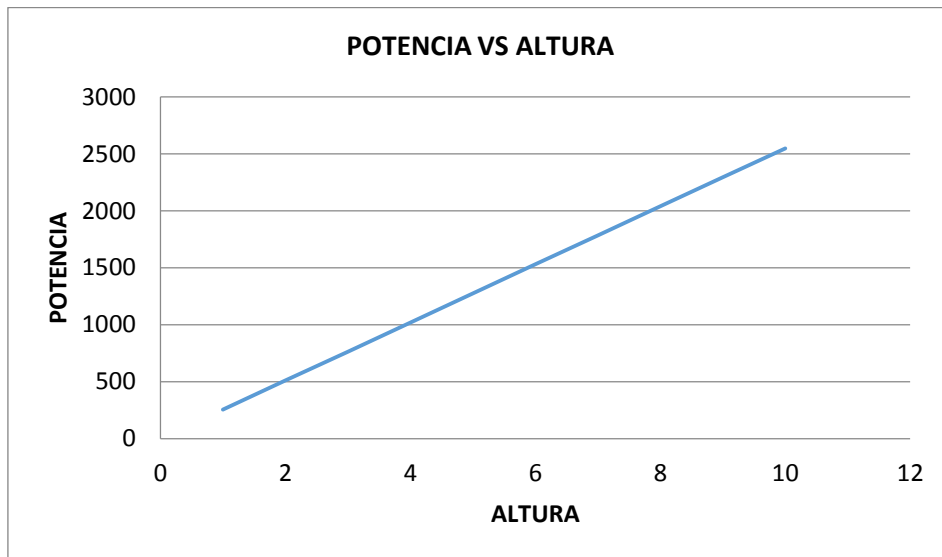
Al observar el comportamiento de cada cuadro para un cierre específico de la válvula, obtenemos que a medida que se le aumente la carga, el caudal permanecer constante pero la velocidad de giro disminuye. El caudal es independiente de la carga aplicada y la velocidad de giro para cada apertura de la llave.

En un sistema convencional debería mantenerse la velocidad angular, pero en este sistema no es así porque no se tiene el regulado de velocidad que permita abrir o cerrar el inyector según varié la carga

Tabla No 11 –válvula 100%

ALTURA	POTENCIA	RPM	CIERRE	CORRIENTE
12	941.3	999.1	1	2.3
11	647.1	936.8	0.75	1.6
10	392.2	925.6	0.5	0.9
9	176.5	934.2	0.25	0.4

ALTURA	POTENCIA
1	254.9
2	509.9
3	764.8
4	1019.8
5	1274.7
6	1529.7
7	1784.6
8	2039.6
9	2294.6
10	2549.5



AP VALVULA =100%				
CARGA (w)	0	2	4	6
CAUDAL (m ³ /s)	0.008	0.008	0.008	0.008
RPM	1002.8	940.5	863	823.4

AP VALVULA =75%				
CARGA (w)	0	2	4	6
CAUDAL (m ³ /s)	0.006	0.006	0.006	0.006
RPM	1016.6	949.7	900.5	852.8

AP VALVULA =50%				
CARGA (w)	0	2	4	6
CAUDAL (m ³ /s)	0.004	0.004	0.004	0.004
RPM	1024.0	963.2	909.7	860.1

AP VALVULA =25%				
CARGA (w)	0	2	4	6
CAUDAL (m ³ /s)	0.002	0.002	0.002	0.002
RPM	1318.6	1249.5	1186.6	1148.0

X. COSTOS DE FABRICACION

Para los fines de una futura construcción de nuestro módulo de simulación hidroeléctrico, se detalla los costos de construcción y fabricación.

Antes de realizar un proyecto hidroeléctrico, es importante conocer los costos de cada uno de los equipos que la conformarían dicho proyecto, para poder llevar el análisis económico y financiero del mismo.

Por eso módulo hidráulico como tal no tiene un ingreso económico fijo, pues su fin es la toma de datos de los distintos parámetros y comportamientos de las maquinas hidráulicas mecánicas y eléctricas como las turbinas, los generadores y no la de generar energía eléctrica para la venta.

A continuación se muestra el cuadro que detalla que accesorios y partes que componen el módulo de simulación hidroeléctrico:

PART.	ESPECIFICACIONES	UND	METRA.	PRE. \$	PAR. \$
1	SISTEMA HIDRAULICO				
1.01	ELECTROBOMBA CENTRIFUGA	Und.	1.00	2.822	2.822
1.02	CAUDALIMETRO DH900 0.04-340 m ³ /h	Und.	1.00	950.00	950.00
1.03	VÁLVULA DE BOLA ACERO INOXIDABLE DE 4" CF8M	Und.	1.00	480.00	480.00
1.04	MANÓMETRO EN 8371-1-75% AISI 1020	Und.	3.00	350.00	1050.00
1.05	EMPAQUETADURA DE	Und.	6.00	6.60	39.60

	FRIBRAS SINTÉTICAS SBR 4" X 1/8" ASME B16.5				
2	SISTEMA ELECTRICO				
2.01	GENERADOR STC 3.3 KW 1500 60HHZ RPM 220V-380V AISI 303	Und.	2.00	438.49	876.98
2.02	TACOMETRO DIGITAL TIPO PANEL DT 2240D LTPI06	Und.	2.00	150.00	300.00
2.03	CONDUCTOR LIBRE DE HALOGENO THW-90 2.5MM2	m.	3.00	1.50	4.50
2.04	CONDUCTOR LIBRE DE HALOGENO THW-90 4MM2	m.	8.00	2.30	18.40
2.05	CAJA METALICA CUADRADA (150X150X100)INCLUYE TAPA	Und.	4.00	6.50	26.00
3	TABLERO ELECTRICO DE MEDICION Y PUESTA EN MARCHA				
3.01	TABLERO METALICO SERIE SR2 CON PLACA BASE 600X400X200	Und.	1.00	369.00	369.00
3.02	PULSADOR ROJO DE HONGO 40 MM- PARADA DE EMERGENCIA IP66 - NEMA 4X - NEMA 13	Und.	1.00	97.29	97.20
3.03	LÁMPARAS DE SEÑALIZACIÓN ROJA LED - INCLUYEN CASQUETAY SOPORTE PARA FIJACIÓN	Und.	2.00	28.00	56.00
3.04	LÁMPARAS DE SEÑALIZACIÓN VERDE LED - INCLUYEN CASQUETAY SOPORTE PARA FIJACIÓN	Und.	1.00	28.00	28.00
3.05	GUARDAMOTOR MAGNETO- TERMICO PARA PROTECCION CONTRA SOBRECARGAS GV2ME	Und.	1.00	257.00	257.00
3.06	CONTACTOR AUXILIARES CAD 5.5 HP	Und.	1.00	236.00	236.00
3.07	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO TRIFASICO 20 A.	Und.	1.00	86.30	86.30
3.08	AMPERÍMETRO	Und.	2.00	157.00	314.00

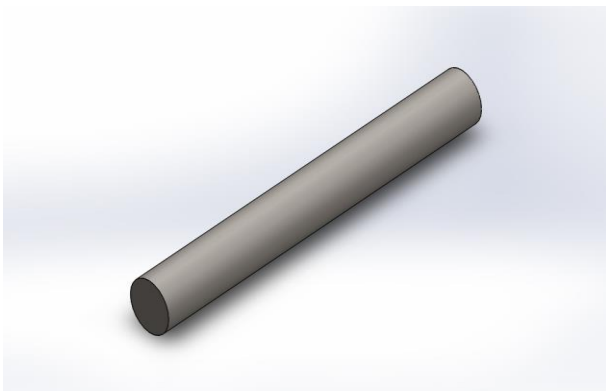
	VOLTÍMETRO DIGITAL DE CC				
3.09	MEDIDOR MULTIFUNCIONAL DM6200	Und.	1.00	462.00	462.00

4	TUBERIAS				
4.01	TUBO DE ACERO CARBONADO 4" - 101.6 mm	Und.	1.00	105.00	105.00
4.02	TEE DE ACERO CARBONADO 4" - 101.6 mm	Und.	1.00	103.00	103.00
4.03	CODO DE ACERO CARBONADO 4" - 101.6 mm	Und.	2.00	96.00	192
4.04	BRIDA DE ACERO AL CARBONO 1"-25.4mm	Und.	1.00	25.70	25.70
4.05	BRIDA DE ACERO AL CARBONO 4"-101.6mm	Und.	2.00	73.40	146.8
4.06	DUCTO 3m x 3/4" φ 15MM PVC SEL	Und.	3.00	1.80	5.40
4.07	DUCTO 3m x 1" φ 20MM PVC SEL	Und.	2.00	2.60	5.20
4.08	CURVA 3/4" φ 15MM PVC SEL	Und.	6.00	0.70	4.20
4.09	CURVA 1" φ 20MM PVC SEL	Und.	3.00	1.30	3.90
5	TURBINAS Y ESTRUCTURA				
5.1	FABRICACION CON ACERO GALVANIZADO - TURBINA PELTON	Und.	1.00	1200.00	1200.00
5.2	FABRICACION CON ACERO GALVANIZADO- TURBINA FRANCIS	Und.	1.00	1800.00	1800.00
5.3	PLANCHA DE ACERO LAMINADA AL FRIO 4x4 m 0.4mm DE ESPESOR	Und	1.00	210.00	210.00
5.4	PLANCHA ANTIDESLIZANTE 2X3 m 0.6 mm ESPESOR.	Und	1.00	140.00	140.00
5.5	TUBO MECANICO CUADRADO 1" ESPESOR 0.6mm	Und	4.00	34.00	136.00
5.6	TORNILLO HEXAGONAL 5/8 "	Und	16.00	0.80	12.80
5.7	TORNILLO HEXAGONAL 3/8 "	Und	12.00	0.50	6.00
5.8	TORNILLO HEXAGONAL 1/2 "	Und	8.00	1.20	9.60
5.9	TUERCA HEXAGONA 5/8 "	Und	16.00	0.60	9.60
5.10	TUERCA HEXAGONA 3/8 "	Und	12.00	0.40	4.80
5.11	TUERCA HEXAGONA 1/2 "	Und	8.00	0.90	7.20
5.12	ARANDELAS PLANAS DE HIERRO	Paq.	1.00	3.40	3.40

6	VARIOS				
6.1	SOLDADURA FONTARGEN 1/8	Kg	2.00	60.00	120.00
6.2	CINTA TEFLÓN 19 mm x 10 yds	Und	4.00	2.00	8.00
6.3	PEGAMENTO PARA PVC 4 oz	Und	1.00	13.00	13.00
6.4	PINTURA ANTICORROSIVA AZUL	Gl	1.00	35.90	35.90
6.5	GASTOS IMPREVISOS	Und	1.00	150.00	150.00
	COSTO DIRECTO				10,111.3
	COSTOS GENERALES 10 %				1,011.1
	TRANSPORTE 15 %				1,516.6
	MANO DE OBRA 35%				3,538.34
	SUB TOTAL				16,178.08
	IGV 18 %				2,912.05
	TOTAL PRESUPUESTO				19,090.13

FACTOR DE SEGURIDAD EN EJES APLICANDO SOLIDWORKS

8.1 SIMULACION EJE DE LA TURBINA PELTON

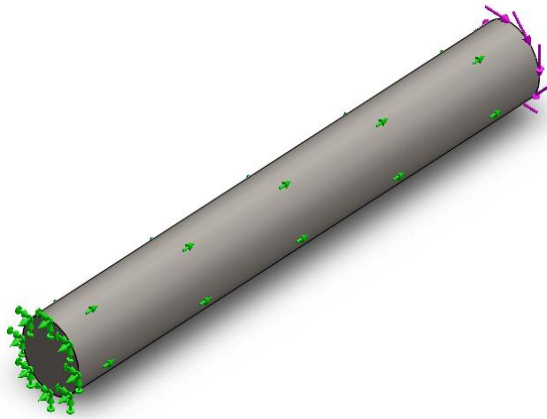


Diseñador: GIL BANCALLAN LUIS ORLANDO

Nombre de estudio: **Análisis estático**

Tipo de análisis: **FACTOR DE SEGURIDAD**

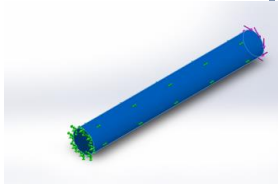
8.1.1. Información de la pieza



Nombre del modelo: SIMULACION

Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p>Saliente-Extruir2</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.254519 kg Volumen:3.23405e-005 m³ Densidad:7870 kg/m³ Peso:2.49429 N</p>	<p>E:\TURBINAS SOLIDWOR\SIMULACION .SLDPRT Dec 07 05:21:17 2017</p>

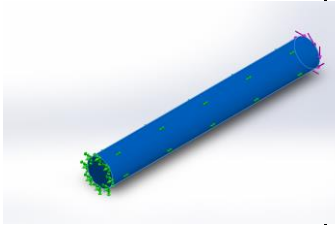
8.1.2. Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 3
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (E:\TURBINAS SOLIDWOR)

8.1.3. Unidades de medida

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

8.1.4. Propiedades del material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: AISI 1020 Acero laminado en frío Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite elástico: 3.5e+008 N/m² Límite de tracción: 4.2e+008 N/m² Módulo elástico: 2.05e+011 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.29 Densidad: 7870 kg/m³ Módulo cortante: 8e+010 N/m² Coeficiente de dilatación térmica: 1.2e-005 /Kelvin	Sólido 1(Saliente-Extruir2)(SIMULACION)
	Datos de curva:N/A	

8.1.5. Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija

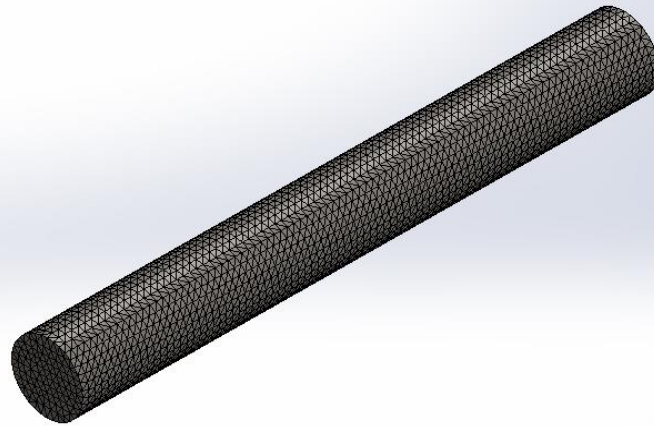
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	
Fuerza de reacción(N)	-31.0773	29.2899	10.2076	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	
Rodillo/Control deslizante-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Rodillo/Control deslizante		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	
Fuerza de reacción(N)	140.655	-60.322	-7.1162	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Torsión-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 8000 lbf.in Ángulo de fase: 0 Unidades: deg		

8.1.6. Información de malla – detalles

Número total de nodos	64887
Número total de elementos	44001
Cociente máximo de aspecto	4.4674
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.9
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:04
Nombre de computadora:	PC-PC

Nombre de modelo: SIMULACION
 Nombre de estudio: Análisis estático 3(-Predeterminado-)
 Tipo de malla: Malla de sólido



8.1.7. Fuerzas resultantes y de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-23.7366	33.4508	-4.00977	41.2124

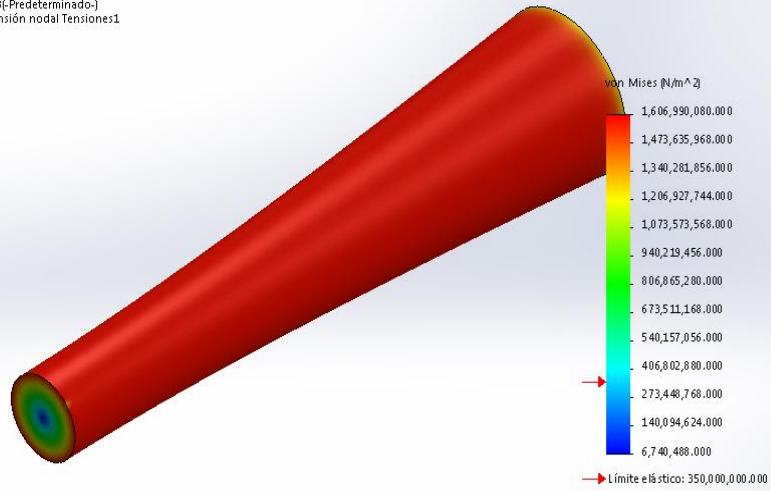
8.1.8. Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

8.1.9. Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	6.74049e+006 N/m ² Nodo: 3445	1.60699e+009 N/m ² Nodo: 2

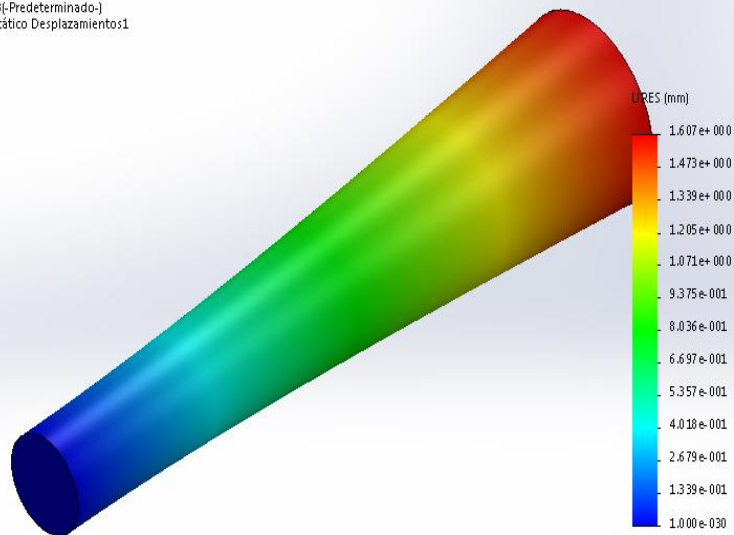
Nombre de modelo: SIMULACION
 Nombre de estudio: Análisis estático 3-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 8.71147



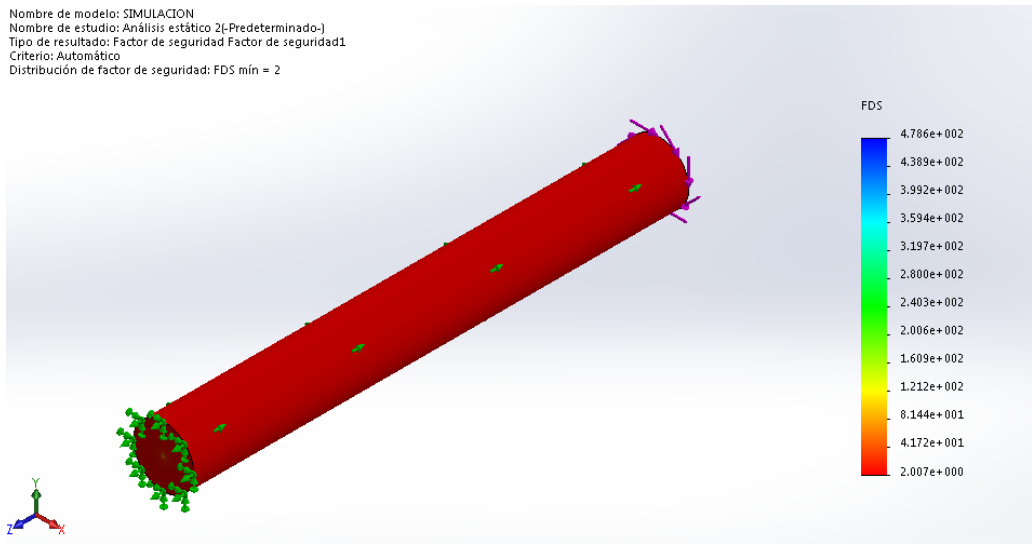
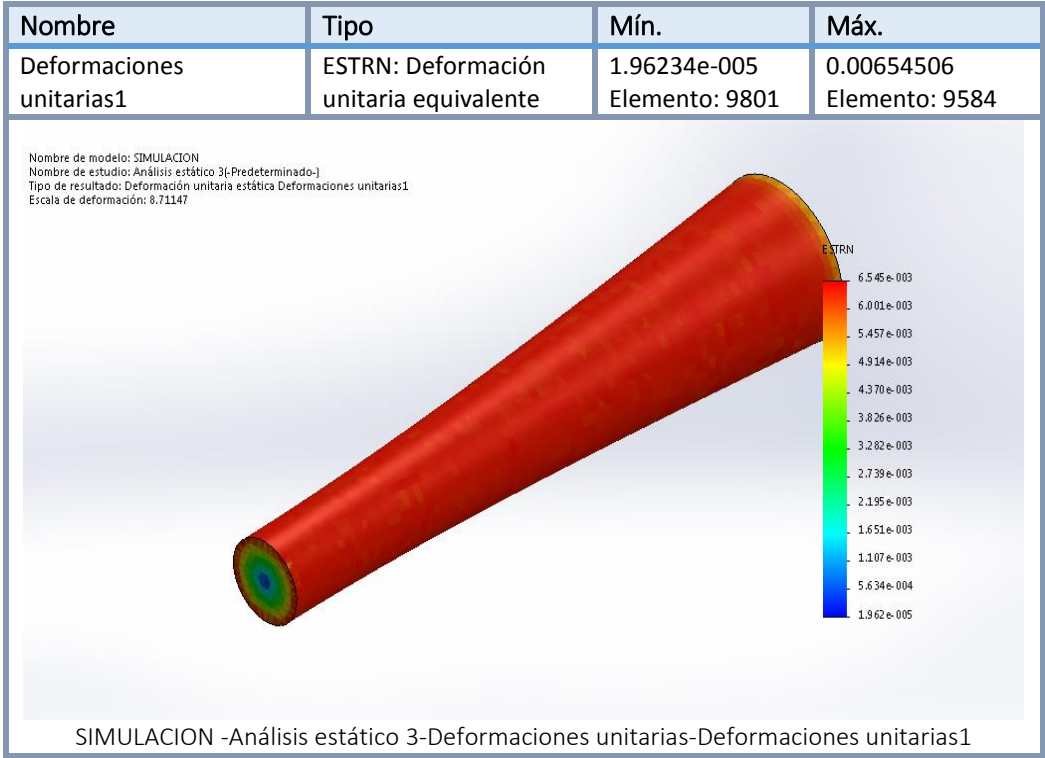
SIMULACION -Análisis estático 3-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	1.60719 mm Nodo: 111

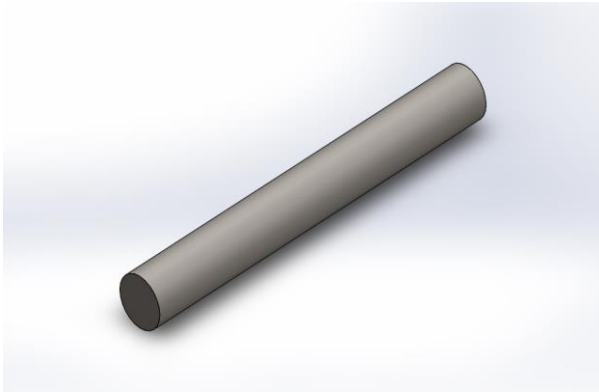
Nombre de modelo: SIMULACION
 Nombre de estudio: Análisis estático 3-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 8.71147



SIMULACION -Análisis estático 3-Desplazamientos-Desplazamientos1



8.2 SIMULACION EJE DE LA TURBINA FRANCIS

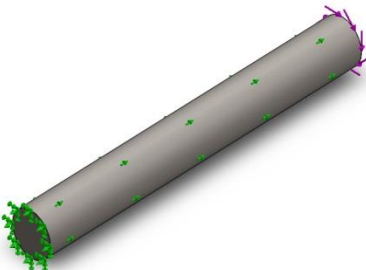
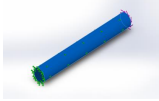


Diseñador: GIL BANCALLAN LUIS
ORLANDO

Nombre de estudio: **Análisis
Estático**

**Tipo de análisis: FACTOR DE
SEGURIDAD**

8.2.1. Información de la pieza

			
Nombre del modelo: SIMULACION Configuración actual: Predeterminado			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Saliente-Extruir2 	Sólido	Masa:0.254519 kg Volumen:3.23405e-005 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:2.49429 N	E:\TURBINAS SOLIDWOR\SIMULACION .SLDPRT Dec 07 05:13:48 2017

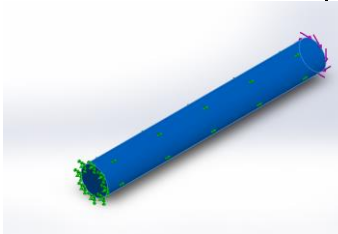
8.2.2. Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 2
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (E:\TURBINAS SOLIDWOR)

8.2.3. Unidades

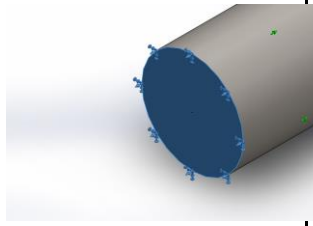
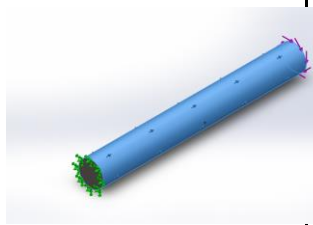
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

8.2.4. Propiedades del material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: AISI 1020 Acero laminado en frío	Sólido 1(Saliente-Extruir2)(Pieza 3)
	Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal	
	Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises	
	Límite elástico: 3.5e+008 N/m²	
	Límite de tracción: 4.2e+008 N/m²	
	Módulo elástico: 2.05e+011 N/m²	
	Coeficiente de Poisson: 0.29	
	Densidad: 7870 kg/m³	
	Módulo cortante: 8e+010 N/m²	
	Coefficiente de dilatación térmica: 1.17e-005 /Kelvin	
Datos de curva:N/A		

8.2.5. Cargas Y Sujeciones

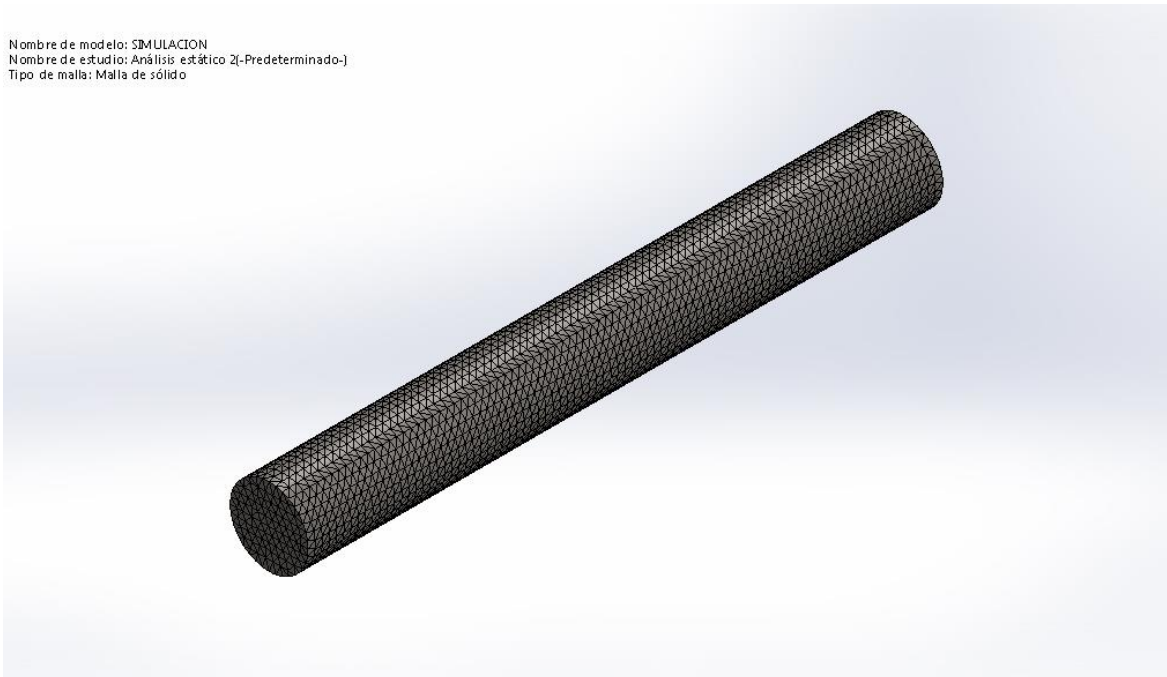
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Torsión-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara < 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 867.96 lbf.in Ángulo de fase: 0 Unidades: deg

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	
Fuerza de reacción(N)	-3.37111	3.17869	1.10747	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	
Rodillo/Control deslizante-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Rodillo/Control deslizante		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	
Fuerza de reacción(N)	15.3173	-6.56917	-0.777567	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	

8.2.6. Información de malla – detalles

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	1.59356 mm
Tolerancia	0.079678 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Número total de nodos	64887
Número total de elementos	44001
Cociente máximo de aspecto	4.4674
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.9
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:04
Nombre de computadora:	PC-PC



8.2.7. Fuerzas resultantes y de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-1.67855	3.42119	-0.440533	4.41923
Conjunto de	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
selecciones					
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

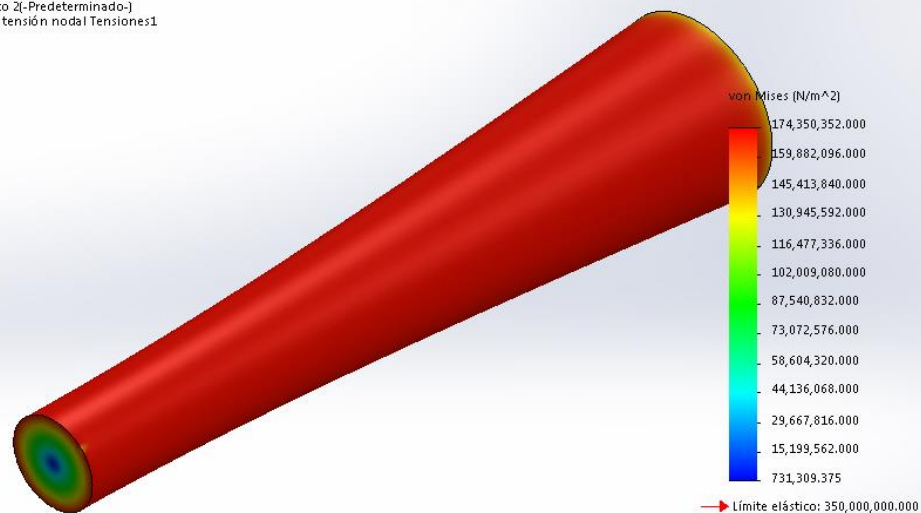
8.2.8.Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

8.2.9.Resultados Del Estudio

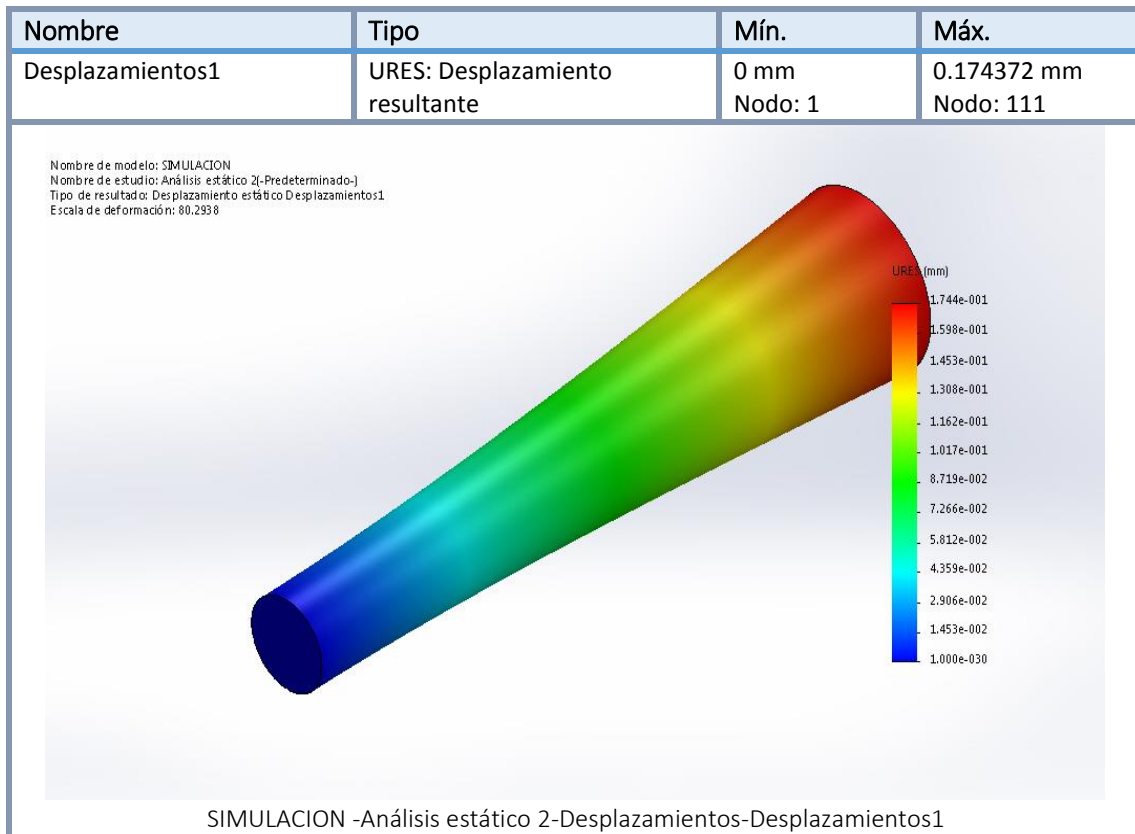
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	731309 N/m ² Nodo: 3445	1.7435e+008 N/m ² Nodo: 2

Nombre de modelo: SIMULACION
Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 80,2938

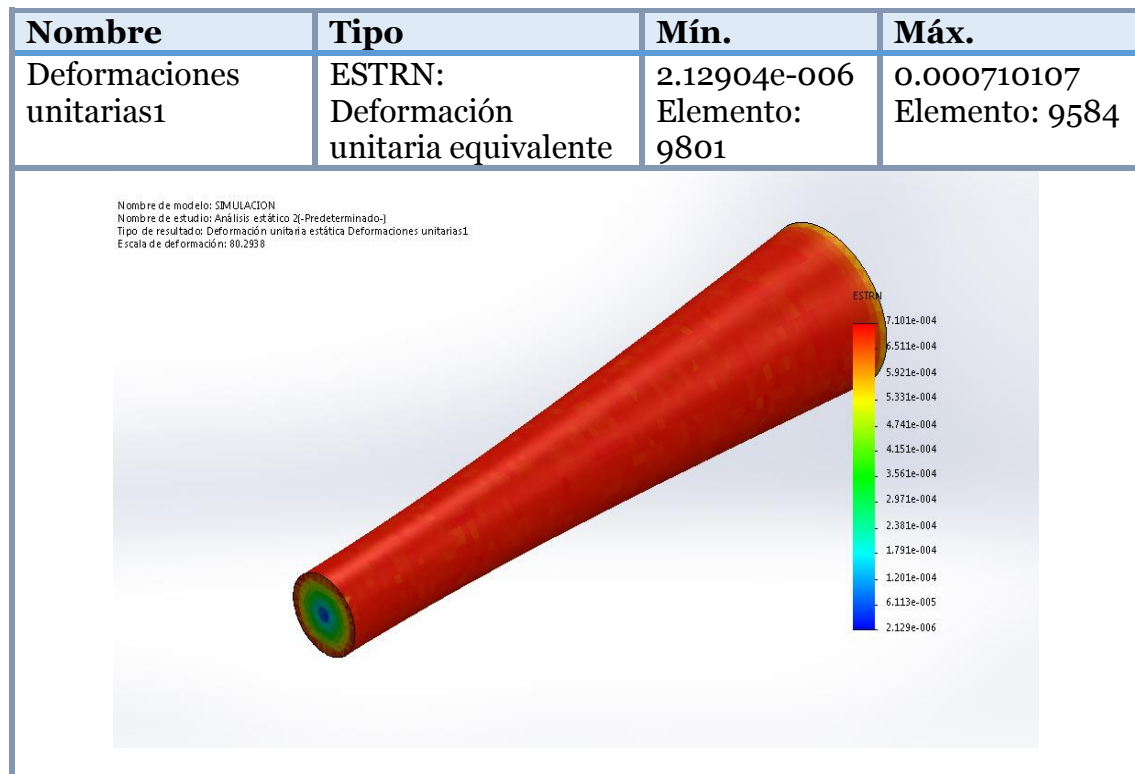


SIMULACION -Análisis estático 2-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	0.174372 mm Nodo: 111

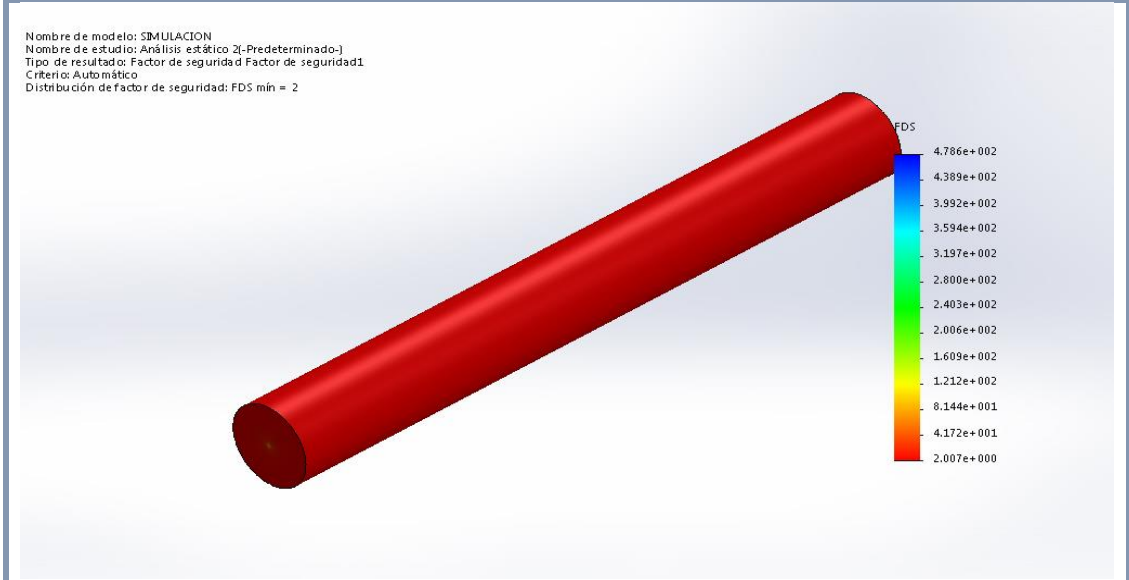


Simulacion -Análisis estático 2-Desplazamientos-Desplazamientos1



SIMULACION -Análisis estático 2-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	2.00745 Nodo: 2	478.594 Nodo: 3445



SIMULACION -Análisis estático 2-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

XII. CUADRO COMPARATIVO ENTRE NUESTRO MÓDULO Y UN MÓDULO CONVENCIONAL DEL MERCADO.

MODULO DE SIMULACION HIDROELECTRICO TURBINA PELTON Y FRANCIS	EQUIPOS DIDACTICOS TH01 – TH02 TURBINA PELTON Y FRANCIS
Fácil adquisición de materiales en el mercado local y adquisición de	La adquisición de algunos materiales no son muy comunes en el mercado

repuestos económicos.	local solo por el proveedor pose.
Construcción de turbinas en talleres locales que empleen proceso de manufactura en acero.	Su construcción de las turbinas son en talleres especializados contrabajos en plástico polipropileno.
Las turbinas pelton y francis son de tipo de material acero galvanizado resistente a la corrosión.	Las turbinas peton y francis son de material plástico altamente resistente – polietileno.
Montaje y desmontaje para su operación, y mantenimiento y posible reubicación a otro lugar.	Montaje y desmontaje para su operación, y mantenimiento y posible reubicación a otro lugar.
Nuestro módulo hidroeléctrico tiene la capacidad de operar turbinas peltón y francis independientemente o al mismo tiempo según su procedimiento de análisis que se requiera.	En la gran mayoría de los casos los módulos hidroeléctricos vienen diseñados con una sola turbina por modulo independientemente para su operación.
Sostiene múltiples equipos y sensores para recolección de datos experimentales durante su operación.	Sostiene múltiples equipos, sensores y conexión a un ordenador para recolección de datos experimentales durante su operación.
Una potencia de generación eléctrica que sobrepasa los 3kw.	Potencia de generación que no sobrepasa el 1kw.
Es un poco más grande con respecto a las vendidas en el mercado, manteniendo la escala de toda una central hidroeléctrica.	Es pequeña comparándola con nuestro módulo hidroeléctrico
Solo la carcasa de la turbina peltón es de acero laminado en forma de cajón con tapa de acrílico de manera que se puede ver como la turbina utiliza la inercia que le transfiere un chorro de agua.	Las carcasas de las turbinas son de acrílicos transparentes de manera que se puede ver como las turbinas utilizan la inercia que le transfiere un chorro de agua.
El costo de fabricación no asciende los 20 soles.	Los costos de fabricación por una sola turbina ascienden los 30 soles.
Fácil utilización y operatividad para su funcionamiento, recolección de datos y visibilidad de los distintos parámetros.	No presenta ninguna dificultad para su utilización, excepto que tiene acoplarse la base del vertedero de agua.
Su peso en bruto es aproximadamente de 100 kg	Su peso en bruto es aproximadamente de 15 kg
Numero de cazoletas turbina pelton/francis : 16 /14	Numero de cazoletas turbina pelton/francis : 30 /20

XII. CONCLUSIONES:

- Se definió las potencias de los generadores eléctricos de (1.3 kW – 1.5 kW) teniendo en cuenta altura, potencia, pérdidas en tuberías y el diseño del eje principal óptimo para la turbina pelton y la turbina Francis, por lo cual el punto de partida, es el caudal adecuado de la electrobomba centrífuga, para así obtener los principales parámetros para su estudio respectivo, como la variación de las rpm debido a la carga aplicada.
- Se estableció los parámetros de tamaño de las turbinas al realizar el diseño hidráulico y mecánico de las mismas, teniendo como base fundamental la potencia requerida, números específicos, la altura para cierta turbina y caudal apropiado y aplicando la base y diseños fundamentales, se realizó distintos planos en múltiples vistas, tamaños y formas respectivamente acotadas y detalladas para su visualización, estudio y una futura implementación.
- Se diseñó el sistema de recirculación estimando el caudal de la electrobomba centrífuga y salto hidráulico, conservando el diámetro de las tuberías, conjuntamente con el volumen del contenedor ya que es una de las partes fundamentales para su recirculación de todo el sistema proveniente de tubería de aspiración de la turbina francis y sistema de descarga de la turbina pelton, cabe recalcar que también se llegó a realizar planos en múltiples vistas, tamaños y formas respectivamente acotadas y detalladas para su visualización, estudio y una futura implementación.
- De acuerdo a las condiciones de trabajo del de nuestro módulo hidroeléctrico se determinó los parámetros eléctricos, teniendo como resultado que la turbina pelton genera una mayor energía a grandes saltos hidráulicos y con poco caudal entregado y la turbina francis a bajos saltos hidráulicos y mayor caudal genera una muy buena energía dando a entender que las condiciones de diseño hidráulico y mecánico influyen en los parámetros eléctricos

XIII. BIBLIOGRAFIA

- [1] MATAIX, Claudio. Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas. Segunda Edición, Editorial Alfa omega. Capítulo 22.
- [2] <http://es.scribd.com/doc/24969501/Disenio-Turbina-de-Rio-Para-Generacion-de-Electric-Id-Ad>
- [3] kenery,F. Apuntes de turbomáquinas hidráulicas, Univercidad de simón Bolívar 1era edición, Sartenejas Venezuela
- [4] Universidad de Costa Rica - Mary P. Morales Diseño de turbinas francis en C++ builder
- [5] FABRICANTES DE MICRO TURBINAS HIDRAULICAS. <http://www.microhydropower.com/>.Última consulta: junio 14 de 2010.
- [6] FABRICANTES DE MICRO TURBINAS HIDRAULICAS. <http://www.microhydropower.com/>.Última consulta: junio 14 de 2010.
- [7]CAMACHO, Pedro. Apuntes de Maquinas hidráulicas. Instituto Tecnológico de Acapulco. Ingeniero Asesor. México.
- [8] EISERING, MARKUS. Micro Pelton.switzerland.1991.cuarta edición capítulo 1-2-3
- [9]Chapman, Stephen J. Máquinas Eléctricas, 3º Edición. México D.F., México: McGraw-Hill Editions, 1986.
- [10]Streeter, Víctor L. Mecánica de los Fluidos, 4º Edición. Naucalpán de Juárez, México: McGraw-Hill Editions, 1972.

[11] MANUALES SOBRE ENERGÍA RENOVABLE: Hidráulica a pequeña escala
/
Biomass Users Network (BUN-CA). 1 ed. - San José, C.R. : Biomass Users
Network (BUN-CA), 2002.

[12] CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA UNA TURBINA
HIDRAULICA 2 NZ UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

[13] SEMANA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA.
www.zientzia.net/teknoskopioa/2006/itsas_energia_g.asp,

[14] ORTIZ, Florez Ramiro. Pequeñas centrales hidroeléctricas. Mc GRAW-
HILL.

ANEXOS

ANEXO A. FICHA TÉCNICA DEL GENERADOR

Marca: Fujian Tianyi
 Modelo: STC 3
 Potencia: 3 kW
 Velocidad: 1500 rpm
 Tensión nominal: 400 v
 Corriente nominal: 4.3 a
 Frecuencia: 60 Hz
 Polos: 4 polos
 Certificado: CE, ISO, SGS
 Dimensiones: norma iec adoptada
 Factor de potencia: 1.0
 Devanado: Cobre o alambre de aluminio 220V AC
 Tipo: alternador
 Alojamiento: hierro fundido
 Caja de control: Lámpara, Switch, voltímetro
 Color: Azul, rojo, naranja, verde, amarillo, etc.

FUJIAN TIANYI MOTOR CO., LTD.							
Technical Data							
Model	Power(KW)		Voltage (V)	Current (A)	Power Factor (cos)	Speed (r.p.m)	Number of poles
	KVA	kW					
STC-3	3.8	3	400	5.4	0.8	1500	4
STC-5	6.3	5	400	9	0.8	1500	4
STC-7.5	9.4	7.5	400	13.5	0.8	1500	4
STC-10	12.5	10	400	18.1	0.8	1500	4
STC-12	15	12	400	21.7	0.8	1500	4
STC-15	18.8	15	400	27.1	0.8	1500	4
STC-20	25	20	400	36.1	0.8	1500	4
STC-24	30	24	400	43.3	0.8	1500	4
STC-30	37.5	30	400	54.1	0.8	1500	4
STC-40	50	40	400	72.2	0.8	1500	4
STC-50	62.5	50	400	90.2	0.8	1500	4

NOTE
 The voltage and frequency could be made according to your requirement.
 If you have any requirements, please contact us.

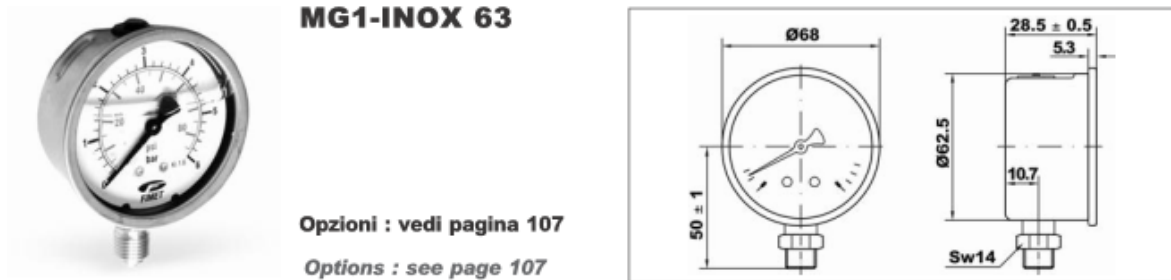
ANEXO B. FICHA TÉCNICA - ELECTROBOMBA

Electrobomba Pentax de fabricación italiana iso: 9001 de 3 HP Mód. CST 300 / 4 Bombas centrífugas que combinan prevalencias medias con caudales medios-altos; caracterizadas por bocas de salida de 2",3" y 4"; encuentran aplicación primaria en el campo de la agricultura y en todas las aplicaciones en las que se solicita un caudal consistente. Cuerpo de bomba de fundición con bocas roscadas; soporte de motor en fundición, rodete de fundición, sello mecánico en cerámica y grafito, eje de motor en acero inoxidable AISI 303, temperatura del líquido de 0-90°C, presión de trabajo máximo 6BAR. Motor eléctrico trifásico: 220v, 380v, 60Hz; aislamiento clase F; protección IP 44, certificada con ISO 9001:2000.

Aspiración e Impulsión	: 4" x 4"
Succión	: Hasta 7 Metros
Descarga	: Hasta 17.5 Metros
Motor	: Pentax
Potencia	: 3HP
Tensión	: 220v-380v
Kilowatts	: 2.2
Rendimiento	: A 10 m de altura da 1000 l/m
Rendimiento	: A 14.4 m de altura da 1200 l/m
Rendimiento	: A 17.5 m de altura da 500 l/m



ANEXO C. FICHA TÉCNICA - MANOMETRO:



Marca: fimet

Presión de medición 85 psi

Contenido interno : con glicerina

Normas de referencia: EN 837-1

Presión: Estable: 75% de la escala completa

Flotante: 60% de la escala completa

Para periodos cortos: hasta valor

Escala completa

Rango de temperatura: Medio ambiente: $-20 \dots 60$ ° C

Medio: 40 ° C como máximo

Almacenamiento: $-20 \dots +60$ ° C

Variación de temperatura: $\pm 0,04\%$ de desviación / 1Kelvin
de la temperatura de referencia ($+ 20$ ° C)

Clase de precisión: cl. 1.6

Grado de protección: IP 65 según EN 60 529 / IEC 259

Peso individual: 0,206

ANEXO D. FICHA TÉCNICA - MEDIDOR MULTIFUNCIONAL



METSEDM6200



DM6200

Descripción	Referencia	Precio S/.	Cantidad Indivisible
Medidor de panel digital, para redes eléctricas , trifásicas con/sin neutro, bifásicas o monofásicas. Medición de tensión(V), corriente (A) frecuencia (F), factor de potencia (PF). Pantalla alfanumérica a led's. Amperímetro de barras (led's), para ver el % de carga. 1 puerto de comunicación RS485, 2 hilos (MODBUS).	METSEDM6200	462.00	1

Características técnicas generales

Medida de la Tensión directa (RMS):	Medida de la Corriente a partir de TC (RMS):
Fase/Fase: de 80 a 480VAC	Primario: de 1 a 99 kA
Fase/Neutro : de 80 a 277VAC	Secundario : 1 a 5 A
Medición a partir de TT: hasta 999 KV	

Alimentación Auxiliar:	Visualizador:
De 44 a 277 VAC /MDC	Pantalla con Leds Alphanumericos
Carga: 0.2 VA max. por fase	Bargraf señalización de % de sobrecarga
Clase de precisión:	Lecturas Básicas:
Tensión: 1.0%	Intensidades: I1, I2, I3, In
Corriente: 1.0%	Tensiones: (F-F/F-N): U12/U1, U23/U2, U31/U3,
Factor de potencia: 1.0%	Desbalance de Carga: % V, %A
	Frecuencia: F(Hz)
	Factor de potencia (PF): PF1, PF2, PF3
	Numero de interrupciones: en horas
	RPM

Puerto de Comunicación:	Grado de protección:
Puerto: RS485, 2 hilos	IP 51(frontal)
Velocidad: de 9600 a 19200 baudios	IP 40 (posterior)
Protocolo: Modbus	
Montaje:	Dimensiones:
Empotrado en el panel	96 x 96 x 80 mm aprox.

Nota:

T.T.: Transformadores de Tensión

T.C.: Transformadores de Corriente

ANEXO E. FICHA TÉCNICA - TUBERIA DE ACERO

1.00	TUBERIA DE ACERO		
2.00	País de procedencia		
3.00	Fabricante		
4.00	Normas		Norma americana, B36.19
			Norma Americana B36.10
			ASTM A409
			ASTM A 53
5.00	Material de Construcción		acero carbonado
6.00	Díámetro de la tubería (interior)	mm	101.6
7.00	espesor	mm	6.02
8.00	Material		acero carbonado

ANEXO F. FICHA TÉCNICA - CODO DE ACERO SOLDABLE

1.00	CODO DE ACERO SOLDABLE		
2.00	País de procedencia		
3.00	Fabricante		
4.00	Normas		Norma americana, B36.19
			Norma Americana B36.10
			ASTM A 53 - A409
5.00	Construcción de elementos CURVADOS		acero carbonado
	Angulo de curvatura		90°
6.00	Díámetro de la tubería (interior)	mm	101.6
7.00	espesor	mm	6.02
8.00	Material		acero carbonado

ANEXO G. FICHA TÉCNICA - BRIDA DE ACERO

1.00	BRIDA DE ACERO PARA TUBERIA		
2.00	País de procedencia		
3.00	Fabricante		
4.00	Normas		ASTM A409
			ASTM A 53
5.00	TIPO		CARA LEVANTADA (RF)
6.00	junta tipo anillo		ALTA PRESION (RTJ)
7.00	Diámetro de la tubería (interior)	mm	101.6
8.00	espesor DE TUBERIA	mm	6.02
9.00	Material		acero al carbono
10.00	ACABADOS		125 – 250 AARH
11.00	extremos		biselados

ANEXO H. FICHA TÉCNICA - TEE

1.00	TEE		
2.00	País de procedencia		
3.00	Fabricante		
4.00	Normas		ASTM A409
			ASTM A 53
5.00	TIPO		TEE
6.00	junta tipo anillo		ALTA PRESION
7.00	Diámetro de la tubería (interior)	mm	102.5
8.00	espesor DE TUBERIA	mm	6.02
9.00	material del cuerpo		ACERO AL CARBONO LAMINADO

ANEXO I. FICHA TÉCNICA – VALVULA DE BOLA

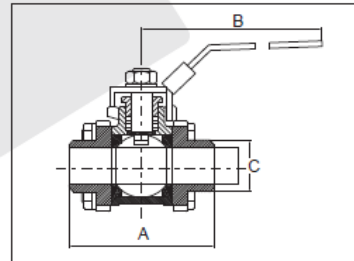


**VALVULAS
INDUSTRIALES S.A.**
VALVULAS - FITTINGS - CAÑERIAS - ACCESORIOS

VALVULA DE BOLA

VALVULA BOLA ACERO INOXIDABLE CF8M, 1.000 LBS. WOG
3 CUERPOS, PASO TOTAL, VASTAGO ANTIEXPULSION

PIEZA	MATERIALES
CUERPO	Acero inoxidable ASTM A351 CF8M (316)
VASTAGO	Acero inoxidable Tipo 316
BOLA	Acero inoxidable Tipo 316
ASIENTO	RPTFE con 15% de fibra de vidrio
SELLO AL VASTAGO	RPTFE con 15% de fibra de vidrio
VOLANTE	Acero inoxidable 304 con funda plástica
EXTREMOS	Hilo NPT, BSP, Socket Weld
MARCA	Visa
FIGURA	B5-SS
PROCEDENCIA	Taiwan



		DIMENSIONES										
MEDIDAS	Pulg	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
	mm	6	9	15	20	25	32	40	50	65	80	100
DIMENSIONES	A	55	55	62	84	94	96	122	126	153	175	224
	B	103	103	103	134	134	157	190	193	250	250	340
	C	21	21	26	33	40	47	56	68	83	98	130

ANEXO J. FICHA TÉCNICA – CALIBRE DEL CONDUCTOR

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm ²)								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPEJOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

ANEXO K. FICHA TÉCNICA – CAUDALIMETRO DE FLUIDO

CAUDALIMETRO DE FLUIDO DE ENGRANAGE DH900-A OVAL GEAR



Oval Gear Flowmeter Features

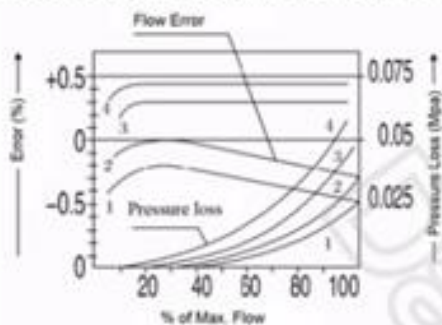
- Only Two Moving Parts
- Higher Accuracy, 0.5% or 0.2%
- Standard Viscosity up to 5,000 cP (Centipoises = mPa.s)
- Size of wide flow ranges 0.04 ~ 340 m³/h (18 ~ 37.396 GPM)
- Wide range of working environment -20 ~ +280°C

FICHA TÉCNICA

Lugar del origen:	Zhejiang, China (Mainland)
Marca	Darhor
Número de Modelo	DH900-a
Precisión	0.2%, 0.5%, 1%
Rango de flujo	:0.04-340 m3/h
Temperatura:-	20 ~ 180
Tamaño:	DN10-DN200
Presión de funcionamiento:	1.0/1.6/2.5/4.0/6.4Mpa
Conexión	:Brida, rosca
Medio:	Agua ,combustible, aceite hidráulico, aceite

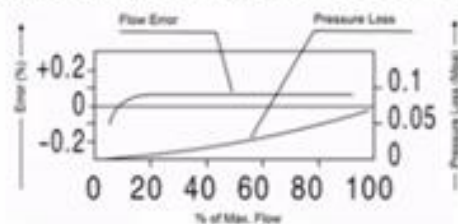
Flow Meter Error and Pressure Loss

0.5% Accuracy Error and Pressure Loss Curve



- 1 Space petrol 0.7mpa.s
- 2 Water 1mpa.s
- 3 Light diesel 5mpa.s
- 4 Transformer oil 20mpa.s

0.2% Accuracy Error and Pressure Loss Curve



Notes:

- The above accuracy curve shows the meter error when the metered liquids have different viscosities, and the meter error can be adjusted up and down the Axis 0 by the accuracy adjustor to optimize the error.
- For any liquid when the flow range rate is reduced the meter accuracy can be improved by means of accuracy adjustor


ANEXO L. FICHA TÉCNICA – TACOMETRO DIJITAL



TACÓMETRO DIGITAL TIPO PANEL DT- 2240D

Al adquirir el Tacómetro Tipo Panel, deberá de adquirir cualquiera de los 2 Sensores (Accesorios), según sean sus necesidades.

Rango	5-99990 RPM
Resolución	0.1 RPM (5-999.9 RPM) 1 RPM (1000 - 9999 RPM) 10 RPM (>10000 RPM)
Exactitud	± (0.05% + 1d)
Señal de Entrada	1 Pulso / 1 Rotación
Círculo	Microprocesador IC CKT
Demostración	14.3 mm (0.56") resplandor alto rojo CONDUCTIVO. 4 dígitos., demostración máxima 9999
Entrada de señal	Un puerto de entrada para adquirir la señal de RPM del sensor (Se recomienda seleccionar sensor de proximidad LT-PX01 o el sensor óptico LT-PI06).
Rango	5 a 9,9990 RPM
Resolución	0.1RPM (5 a 999 RPM) 1 RPM (1000 a 9,999 RPM) 10 RPM (hasta 10,000 RPM)
Exactitud	± (0.05% + 1 d)
Prueba de tiempo	1 segundo hasta 60 RPM
Rango seleccionado	Automático midiendo el valor más de 9999 RPM, la demostración mostrará "x 10" indicador de LED.
Temperatura de operaciones	0°C hasta 50°C (32°F hasta 122°F)
Humedad de operaciones	RH de menos del 80 %.
Suministro de energía	Corriente alterna 110v, 220v, 50/60 Hz (o 230V ajuste interno)
Consumo de energía	Aprox. CA 16 mA (CA 110v poder). Aprox. CA 9 mA (CA 220v/230 poder)

Accesorios:		
Sensor de Proximidad, Modelo: LT-PX01		
	Suministro de energía	DC 12V a 24V
	Objeto detectable	Objeto metálico (material ferroso)
	Distancia de detección	4 mm.
	Distancia de detección	4 mm.
	Tiempo de respuesta	600 Hz, max.
	Consumo de energía	aprox. 10 mA.
	Longitud del cable	1 mto.
Foto Sensor, Modelo: LT-PI06		
	Suministro de energía	Corriente Continua 12v un 30v
	3 Cables:	Poder Señal Tierra.

ANEXO M. FICHA TÉCNICA – GABINETE ELECTRICO (TABLERO)

Serie SR2

La gama de Tableros murales SR2 constituyen una oferta completa de Tableros monobloque para automatización eléctrica de procesos pequeños y medianos, así como también en centros de conmutación y control.

Los Tableros SR2 además poseen la experiencia ganada por ABB durante años al construir estructuras con grado de protección IP65, junto a los innovadores procesos de producción utilizados y patentados por ABB.

Se suministra con placa base de hierro galvanizado, para montaje de componentes internos.



Conformidad	CEI EN 62208, CEI EN 60439-1, IEC 61439-1-2
Grado de protección	IP65 (CEI EN 60529) TYPE 12 (UL STANDARD)
Grado de protección mecánica contra golpes	IK 10 (Puerta ciega) - IEC 62262 IK 09 (Puerta transparente) - IEC 62262
Tipo de material	Metálico
Tipo de instalación	Interna
Método de fijación	En piso / adosado en pared
Color	RAL 7035
Temperatura ambiente de servicio (condiciones normales)	-5°C hasta +40°C
Aprobaciones	   II 3 GD 

Tableros Metálicos Murales

Serie SR2

Referencia para pedido	Tipo	Dimensiones (mm) [Alt x An x Pr]	Cantidad por caja	Precio de lista unitario (S./.)
SRN3215K	Tablero mural SR2 con placa base y puerta ciega	300 x 200 x 150	1	215.00
SRN3415K	Tablero mural SR2 con placa base y puerta ciega	300 x 200 x 150	1	261.00
SRN4320K	Tablero mural SR2 con placa base y puerta ciega	400 x 300 x 200	1	294.00
SRN4420K	Tablero mural SR2 con placa base y puerta ciega	400 x 400 x 200	1	319.00
SRN5420K	Tablero mural SR2 con placa base y puerta ciega	500 x 400 x 200	1	339.00
SRN5425K	Tablero mural SR2 con placa base y puerta ciega	500 x 400 x 250	1	372.00
SRN6420KREF	Tablero mural SR2 con placa base y puerta ciega	600 x 400 x 200	1	369.00
SRN6425KREF	Tablero mural SR2 con placa base y puerta ciega	600 x 400 x 250	1	510.00
SRN6625KREF	Tablero mural SR2 con placa base y puerta ciega	600 x 600 x 250	1	562.00
SRN7525KREF	Tablero mural SR2 con placa base y puerta ciega	700 x 500 x 250	1	613.00
SRN8625KREF	Tablero mural SR2 con placa base y puerta ciega	800 x 600 x 250	1	738.00
SRN8630KREF	Tablero mural SR2 con placa base y puerta ciega	800 x 600 x 300	1	844.00
SRN10625K	Tablero mural SR2 con placa base y puerta ciega	1000 x 600 x 250	1	824.00
SRN10630K	Tablero mural SR2 con placa base y puerta ciega	1000 x 600 x 300	1	947.00
SRN10830K	Tablero mural SR2 con placa base y puerta ciega	1000 x 800 x 300	1	961.00

ANEXO N. FICHA TÉCNICA – TUBERIAS ELECTRICAS

TUBERÍAS Y CONEXIONES PARA ELECTRICIDAD SEGÚN NTP 399.006 : 2003 / NTE 024 / NTE 009

Esta tubería es fabricada bajo norma NTP 399.006 y las conexiones bajo la norma NTE 009, se fabrican en dos clases, Liviana (SEL) y Pesada (SAP). Las Tuberías y conexiones SEL y SAP son fabricadas en color Gris Orgánico.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TUBERÍA ELÉCTRICA NTP 399.006 / NTE 024

Diámetro Nominal (Pulg)	Longitud Total (Metros)	SEL					SAP				
		Ø Nominal (mm)	Ø Real (mm)	Longitud Util (Metros)	Espesor (mm)	Peso Aprox. Kg x tubo	Ø Nominal (mm)	Ø Real (mm)	Longitud Util (Metros)	Espesor (mm)	Peso Aprox. Kg x tubo
1/2	3.00	11	12.7	2.99	1.1	0.190	15	21.0	2.98	1.8	0.513
3/8	3.00	13	15.9	2.99	1.1	0.242	-	-	-	-	-
1/4	3.00	15	19.1	2.98	1.2	0.339	20	26.5	2.98	1.8	0.658
1	3.00	20	25.4	2.98	1.3	0.464	25	33.0	2.97	1.8	0.831
1 1/4	3.00	25	31.8	2.97	1.3	0.555	35	42.0	2.97	2.0	1.186
1 1/2	3.00	30	38.1	2.97	1.6	0.865	40	48.0	2.96	2.3	1.557
2	3.00	40	50.8	2.96	1.7	1.237	50	60.0	2.96	2.8	2.372
2 1/2	3.00	-	-	-	-	-	65	73.0	2.95	3.5	3.604
3	3.00	-	-	-	-	-	80	88.5	2.94	3.8	4.767
4	3.00	-	-	-	-	-	100	114.0	2.93	4.0	6.515

CURVAS SEL

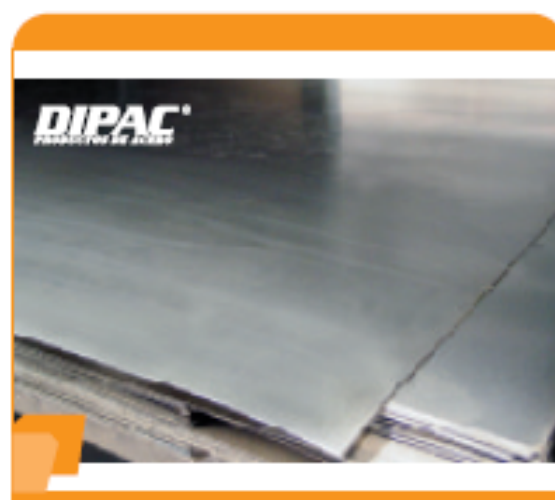
Diámetro Nominal (Pulg)	D1 (mm)	E1 (mm)	L (mm)	R (mm)	Peso (Kg)	F
1/2"	12.5	13	89	65	0.008	T
5/8"	15.2	15	103	70	0.010	T
3/4"	18.8	17	104	72	0.018	T
1"	25.0	20	127	82	0.030	T
1 1/4"	31.5	24	178	125	0.060	T
1 1/2"	37.2	27	211	165	0.100	T
2"	50.4	34	260	200	0.150	T

ANEXO N. FICHA TÉCNICA – PLANCHA DE ACERO

PLANCHAS LAMINADAS AL FRIO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A366 JIS 3141 SPCC SAE 1008 SAE 1010
Espesores	0,40 a 1,90
Rollos	X 1219
Planchas	4 X 8 y medidas especiales



CALIDAD	DESIGNACION	CARBON	MANGANESO	FOSFORO	AZUFRE	ALUMINIO
Calidad Comercial	CS TIPO A	0,10	0,6	0,03	0,035	
	CS TIPO B	0,02 a 0,15	0,6	0,03	0,035	
	CS TIPO C	0,08	0,6	0,10	0,035	
Embutido leve	FS TIPO A	0,10	0,5	0,02	0,035	
	FS TIPO B	0,02 to 0,10	0,5	0,02	0,030	
Embutido profundo	DDS	0,06	0,5	0,02	0,025	0,01
	EDDS	0,02	0,4	0,02	0,020	0,01
Estructural SS Grd	30 (230)	0,20		0,040	0,040	
	37 (255)	0,20		0,10	0,040	
	40(275)	0,25		0,10	0,040	
	50(340)	0,40		0,20	0,040	
	50(340)	0,50		0,040	0,040	
	80 (550)	0,20		0,040	0,040	

ANEXO Ñ. FICHA TÉCNICA – ACCESORIOS DEL TABLERO DE PUESTA EN MARCHA

> Guardamotores magneto-térmicos para protección contra sobrecargas y cortocircuitos



GV2 ME

GV2ME

Guardamotor magneto-térmico

Protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Coordinación tipo 1

HP 220V/440V	Regulación (A)	I corte 415V	Referencia	Precio S/.	Cantidad Indivisible
0.1 / 0.12	0.25 - 0.44	> 100KA	GV2ME03	218.00	1
0.1 / 0.24	0.40 - 0.63	> 100KA	GV2ME04	218.00	1
0.25 / 0.5	0.63 - 1	> 100KA	GV2ME05	233.00	1
0.34 / 0.75	1 - 1.6	> 100KA	GV2ME06	233.00	1
0.5 / 1.5	1.6 - 2.5	> 100KA	GV2ME07	233.00	1
1 / 2	2.5 - 4	> 100KA	GV2ME08	233.00	1
1.5 / 4	4 - 6.3	> 100KA	GV2ME10	233.00	1
3 / 5	6 - 10	> 100KA	GV2ME14	257.00	1
4 / 10	9 - 14	15KA	GV2ME16	278.00	1
5 / 10	13 - 18	15KA	GV2ME20	278.00	1
7 / 12	17 - 23	15KA	GV2ME21	316.00	1
7 / 15	20 - 25	15KA	GV2ME22	364.00	1
10 / 20	24 - 32	10KA	GV2ME32	544.00	1

> Contactores tripolares serie D, Contactores auxiliares CAD, Accesorios para TeSys D



Contactador tripolar
LC1D

Contactores tripolares para bobina de Corriente Continua de bajo consumo con supresor de transitorios

Contactores TeSys LC1D. Consumo de bobina 2.4 W para 24VDC

220V HP	440V HP	Amperios		Tensión Bobina	Referencia TeSys	Precio S/.	Cantidad Indivisible
		AC3	AC1				
3	5.5	9	25	1NA+1NC	LC1D09BL	158.00	1
4	7.5	12	25	1NA+1NC	LC1D12BL	176.00	1
5.5	12	18	32	1NA+1NC	LC1D18BL	236.00	1
7.5	15	25	40	1NA+1NC	LC1D25BL	316.00	1
10	20	32	50	1NA+1NC	LC1D32BL	432.00	1



iK60N Tripolar

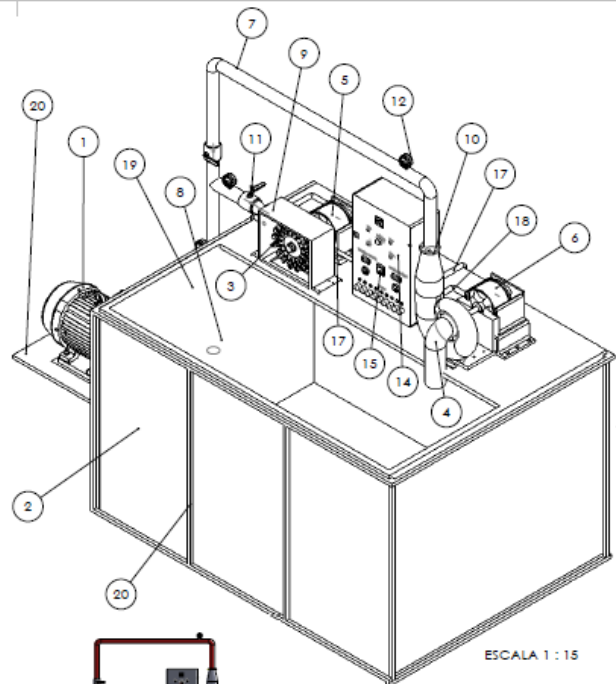
3 polos protegidos

Tensión de empleo: 230/400 VAC

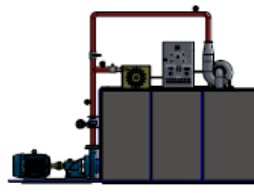
Curva C: Disparo magnético entre 5 y 10 In.

Tipo	In (A)	Capacidad de interrupción última			Referencia	Precio \$/.	Cantidad Indivisible
		IEC60898-1 400VAC (A)	IEC60947-2				
			230VAC (kA)	400VAC (kA)			
iK60N	10	6000	10	5	A9K24310	86.30	4
iK60N	16	6000	10	5	A9K24316	86.30	4
iK60N	20	6000	10	5	A9K24320	86.30	4
iK60N	25	6000	10	5	A9K24325	86.30	4
iK60N	32	6000	10	5	A9K24332	86.30	4
iK60N	40	6000	10	5	A9K24340	93.40	4
iK60N	50	6000	10	5	A9K24350	115.00	4
iK60N	63	6000	10	5	A9K24363	123.00	4

N.º	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
1	ELECTROBOMBA 3 HP CST 300/3 220V -380V,60Hz	AISI 303	1
2	CONTENEDOR	ASTM A 53	1
3	TURBINA PELTON	ASTM A 653 ACERO GALVANIZADO LAMINADO	1
4	TURBINA FRANCIS	ASTM A 653 ACERO GALVANIZADO LAMINADO	1
5	GENERADOR STC 3 .3KW 1500 60 Hz RPM 220V - 380V	COBRE O ALUMINIO HIERRO FUNDIDO AISI 303	1
6	GENERADOR STC 3 3KW 1500 60 Hz RPM 220V - 380V	COBRE O ALUMINIO HIERRO FUNDIDO AISI 303	1
7	TUBERIA DE 4" - 114 mm	ASTM A 409 ACERO CARBONADO	1
8	BRIDA TIPO ANILLO DE 4" -114mm	ASTM A 409 ACERO CARBONADO	1
9	BRIDA TIPO ANILLO DE 1" -25.4mm	ASTM A 409 ACERO CARBONADO	1
10	BRIDA TIPO ANILLO DE 2" -58.8mm	ASTM A 409 ACERO CARBONADO	1
11	VALVULA DE BOLA 4" -114mm	A-36 ASTM A409 ACERO FUNDIDO	3
12	MANOMETRO EN B371-1 - 75%	AISI 1020	3
13	TACÓMETRO DIGITAL TIPO PANEL DT-2240D	VARIOS -LT-PI06	2
14	TABLERO MURAL SP2	METRALICO - IP65 (CEI EN 60529)	1
15	MEDIDOR FUNCIONAL 96x96x80 mm	METS6200	1
16	DUCTO ELECTRICO SEL 3/4 - 15 mm	NTP 399.006	3
17	DUCTO ELECTRICO SEL 1" - 20mm	NTP 399.006	2
18	CURVA SEL 3/4 -15 mm	NTP 399.006	6
19	CAUDALIMETRO DH900 (0.04 - 340 m3/h)	CI CAST IRON CS CAST STEEL 5530	1
20	SOPORTE	ASTM A 53	1



ESCALA 1 : 15



ESCALA 1 : 40

UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

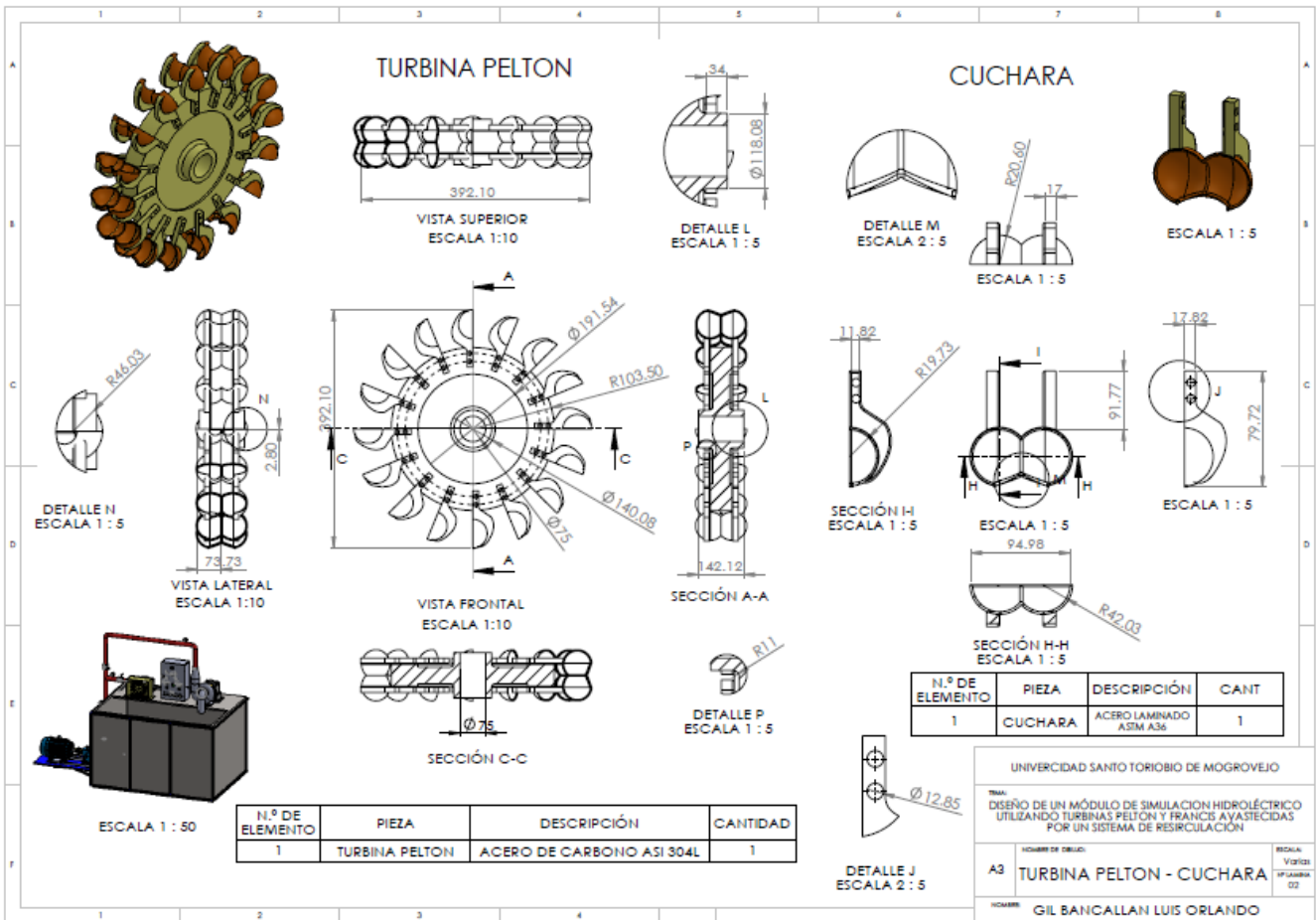
TITULO:
DISEÑO DE UN MÓDULO DE SIMULACION HIDROELÉCTRICO UTILIZANDO TURBINAS PELTON Y FRANCIS AVASTECIDAS POR UN SISTEMA DE RESCIRCULACION

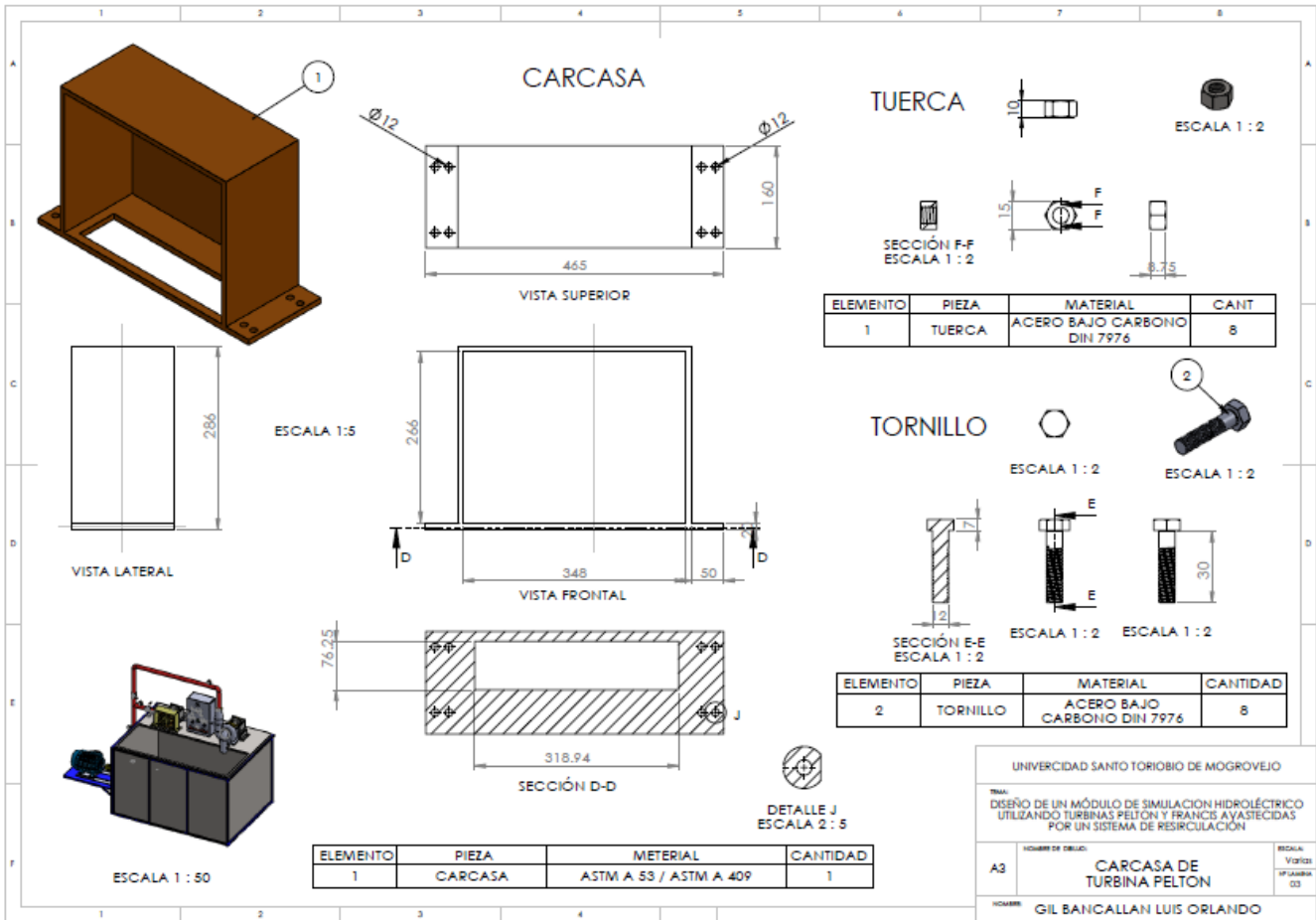
NUMERO DE DISEÑO:
A3

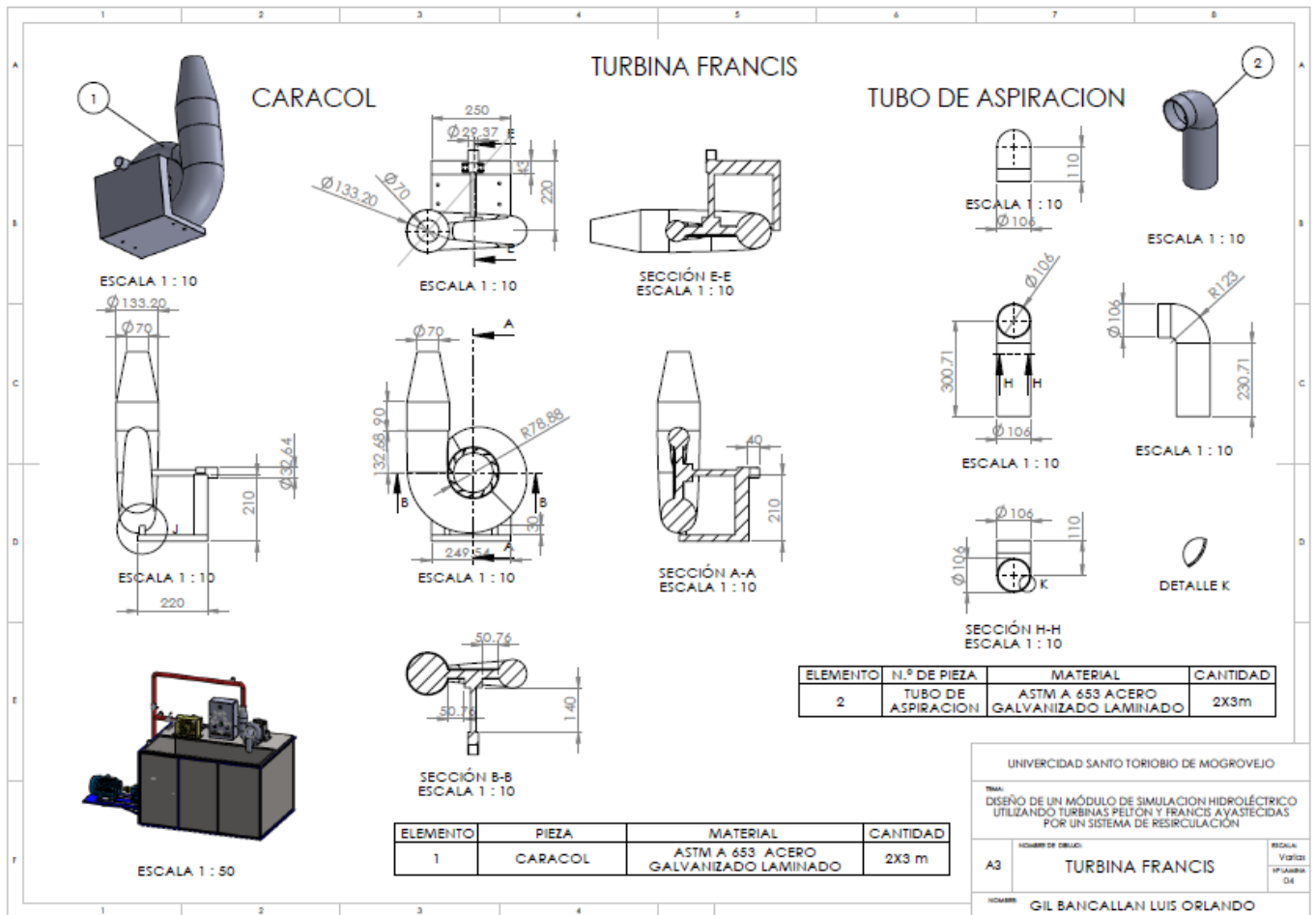
RECIBIDA POR:
MÓDULO HIDROELÉCTRICO

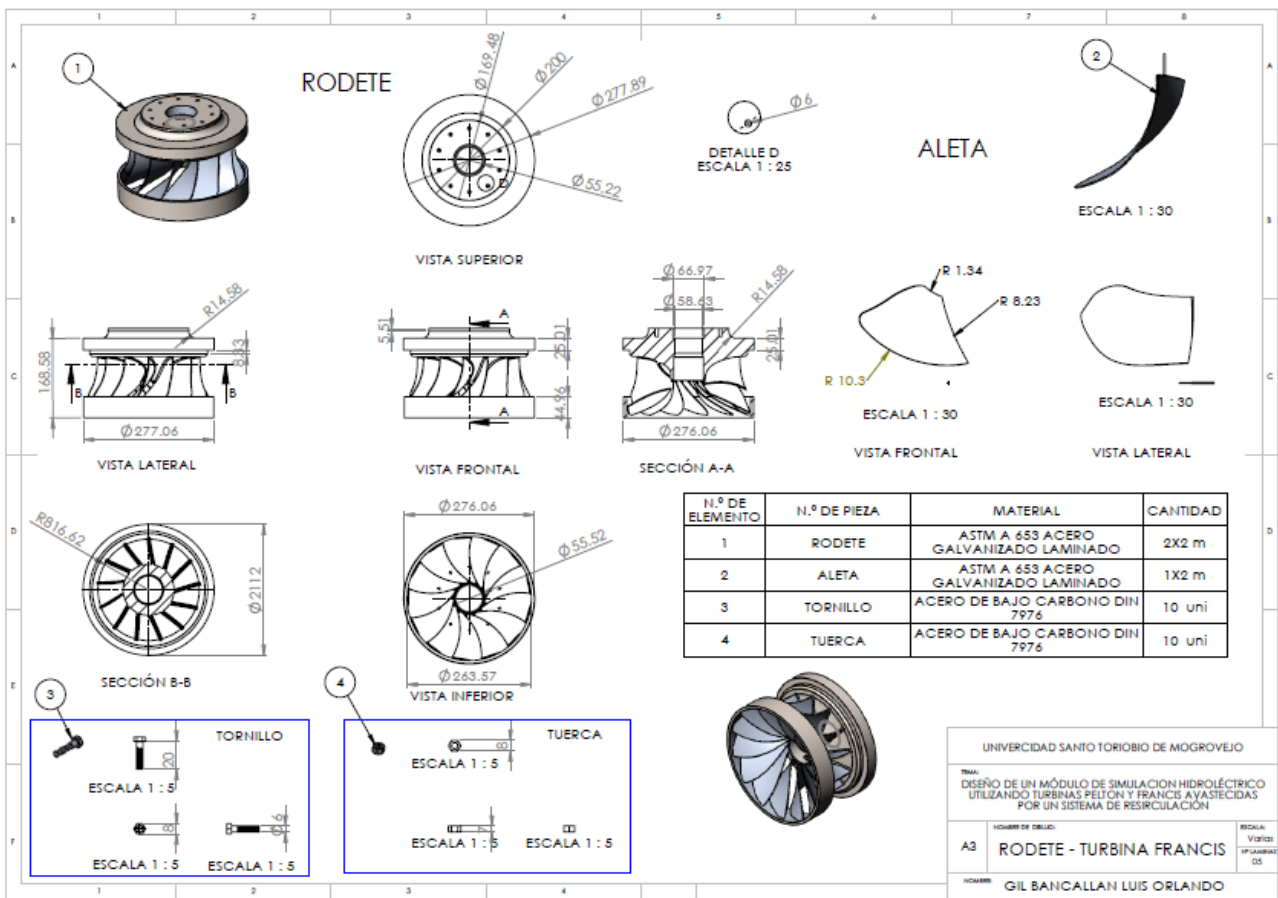
FECHA:
01

NUMERO:
GIL BANCALLAN LUIS ORLANDO



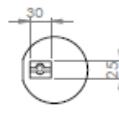




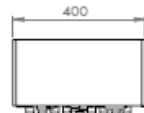


N.º DE ELEMENTO	PIEZA	DESCRIPCION	CANT
1	COOLER	HYPER 212 LED TURBO - VENTILACION	1
2	PULSADOR	PARADA DE EMERGENCIA	1
3	LAMPARA VERDE	ENCENDER	1
4	LAMPARA ROJA	EMERGENCIA	1
5	MULTIMETRO T. FRANCIS	AMPERIMETRO , VOLTIMETRO	1
6	MEDIDOR MULTIFUNCIONAL	FACTOR DE POTENCIA , FRECUENCIA , TENSION , POTENCIA TOTAL	1
7	TACOMETRO T. FRANCIS	VELOCIDA DE GIRO DE EL EJE DE LA TURBINA FRANCIS	1
8	PULSADOR	ACTIVACION DE CARGAS ELECTRICAS	9
9	LAMPARAS	CARGAS ELECTRICAS	9
10	TACOMETRO T. PELTON	VELOCIDAD DE GIRO DEL EJE DE LA TURBINA PELTON	1
11	MULTIMETRO T. PELTON	AMPERIMETRO VOLTIMETRO	1
12	PULSADOR	APAGADO	
13	CERRADURA	HEMBRA PUERTA EN CHAPA DE ACERO DE 2 mm	1
14	PULSADOR	ENCENDER	1

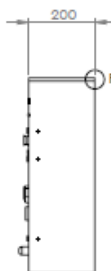
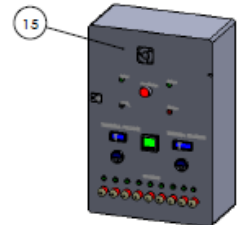
GABINETE ELECTRICO



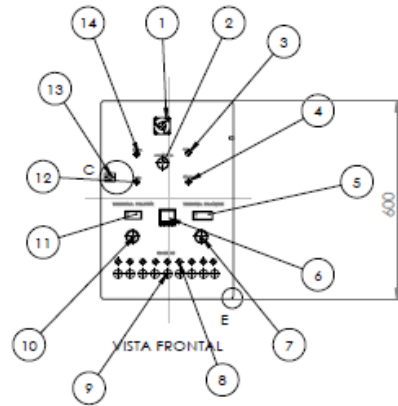
DETALLE C
ESCALA 1 : 5



VISTA SUPERIOR



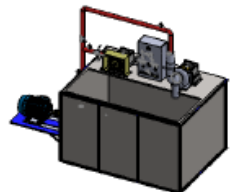
VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



DETALLE F
ESCALA 1 : 5



ESCALA 1 : 50

TABLERO MURAL SR2 CON PLACA BASE Y PUERTA CIEGA.	600 x400x200mm
--	----------------

N.º DE ELEMENTO	PIEZA	METERIAL	CANTIDAD
15	GABINETE ELECTRICO	ACERO INOXIDABLE 304 L NEMA 4 Y 4X	1

R10

DETALLE E
ESCALA 1 : 5

UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

TITULO:
DISEÑO DE UN MÓDULO DE SIMULACION HIDROELECTRICO UTILIZANDO TURBINAS PELTON Y FRANCIS AVASTECIDAS POR UN SISTEMA DE RESIRCULACION

NUMERO DE CELDA:	ESCALA:
A3	Varios (PLAZA) DS

NUMERO: GIL BANCALLAN LUIS ORLANDO

