

**CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA UNA TURBINA
HIDRAULICA LH 1000**

JULIÁN ANDRÉS MANTILLA MANTILLA



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2012

**CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA UNA TURBINA
HIDRAULICA LH 1000**

JULIÁN ANDRÉS MANTILLA MANTILLA

**Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Mecánico**

**Director: EMIL HERNANDEZ ARROYO
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2012

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga, Enero del 2012.

DEDICATORIA

A Dios por la Sabiduría y fortaleza para salir adelante.

A mis padres José y Estella por su amor, apoyo y paciencia.

A mis hermanos Viviana y Camilo.

A mi tía Emma y mis primas Yomar y Janeth por su incondicional compañía y apoyo.

Julián Andrés Mantilla Mantilla

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Emil Hernández Arroyo, por facilitarme la información para trabajar este proyecto.

Al personal de mantenimiento de la universidad por su ayuda en este proyecto de grado.

A Ludwing casas por su colaboración en la construcción de este proyecto.

A mis compañeros y amigos, por su apoyo incondicional.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVOS	15
OBJETIVO GENERAL	15
OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
ALCANCE	16
JUSTIFICACION	17
1. MARCO TEORICO	18
1.1 ENERGÍA HIDRÁULICA	18
1.2 MAQUINA HIDRÁULICA	18
1.2.1 Clasificación de las Turbomaquinas Hidráulicas	19
1.2.1.1 Turbomáquinas motrices.	19
1.2.1.2 Turbomáquinas generatrices	20
1.2.1.3 Turbomáquinas reversibles	20
1.2.2 Turbinas hidráulicas	21
1.3 TURBINA FRANCIS	23
1.4 TURBINA KAPLAN	24
1.5 TURBINA PELTON	25
1.6 TURBINA HÉLICE (TURBINA INSTALADA LH 1000)	26
2. DISEÑO	31
2.1 DISEÑO CONCEPTUAL	31
2.1.1 Sistema	31
2.1.3 Tubería	35
2.1.4 Bombas.	35
2.1.6 Generador Eléctrico	37
2.1.7 Batería	40
2.1.8 Panel de carga.	43
2.2 DISEÑO BASICO	44

2.2.1 Sistema de abastecimiento.	44
2.2.1.1 Tanque.	44
2.2.1.2 Tubería	46
2.2.1.3 Canal	48
2.2.2 Sistema de reabastecimiento	49
2.2.2.1 Tanque	49
2.2.2.2 Bombas	50
2.2.3 Diseño detallado	53
3. PRUEBA	54
3.1 METODOLOGÍA DE LAS PRUEBAS.	54
3.2 ANALISIS DE DATOS	55
3.2.1 Datos en vacío (sin carga)	55
3.2.2 Datos con carga directa	59
3.2.3 Datos con carga indirecta (batería conectada)	65
4. CONCLUSIONES	70
5. RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFIA	72
ANEXOS	74

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 turbinas hidráulicas.	22
Figura 2 dirección axial	23
Figura 3 dirección radial.	23
Figura 4 dirección tangencial.	23
Figura 5 Turbina Francis.	24
Figura 6 Turbina Pelton.	25
Figura 7 Turbina Pelton.	26
Figura 8 Turbina Hélice.	27
Figura 9 Turbina Hélice (LH1000).	28
Figura 10 Rango funcional de las diferentes turbinas hidráulicas, de color rojo la turbina tipo hélice.	29
Figura11 Instalación para Turbina LH1000.	30
Figura 12 Potencia de salida LH 1000	32
Figura 13 Ejemplo instalación ideal	32
Figura 16 Valores de diseño de rugosidad de tubos	35
Figura 17 Bomba Barnes EC-210.	36
Figura 18 Bomba pedrollo Pkm 60	36
Figura 19 Convertidor de voltaje.	37
Figura 20 Alternador de imanes permanentes.	37
Figura 21 descripciones generador eléctrico	39
Figura 22 Diagrama eléctrico a la salida del sistema	40
Figura 23 Batería MT 122050 12Vdc	40
Figura 24 Celda electrolítica	41
Figura 25 Batería MT 122050 12Vdc	42
Figura 26 Panel de carga	43
Figura 27 Panel de carga plano eléctrico.	44

Figura 28 Tanque abastecimiento	45
Figura 29 LH1000 POWER OUTPUT CHART	46
Figura 30 Canal	48
Figura 31 Propiedades del aluminio	48
Figura 32 Tanque reabastecimiento	49
Figura 33 Bombas	50
Figura 34 Resultados de Velocidad, Reynolds y pérdidas en tubería.	52
Figura 35 Resultados de Hs	52
Figura 36 Curva de operación del sistema, eficiencia y operación de la bomba (fabricante) .	53
Figura 37 Caudal Real del sistema, bombas Pkm 60 y Barnes C-210	53
Figura 38 Caudal VS RPM	56
Figura 39 Voltaje VS RPM	58
Figura 40 Caudal VS RPM	59
Figura 41 Voltaje VS RPM	60
Figura 42 Corriente VS RPM	61
Figura 43 Potencia eléctrica VS RPM	62
Figura 45 Caudal VS RPM	66
Figura 46 Voltaje VS RPM	67
Figura 47 Corriente VS RPM	68
Figura 48 Potencia eléctrica VS RPM	69

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Datos para obtener número de pruebas a tomar	54
Tabla 2 Toma de datos en vacio Caudal Vs RPM	56
Tabla 3 Toma de datos en vacio Voltaje Vs RPM	57
Tabla 4 Toma de datos con carga directa Caudal Vs RPM	59
Tabla 5 Toma de datos con carga directa Voltaje Vs RPM	60
Tabla 6 Toma de datos con carga directa Corriente Vs RPM	61
Tabla 7 Toma de datos con carga directa Potencia eléctrica Vs RPM	62
Tabla 8 Toma de datos con carga indirecta Caudal Vs RPM	65
Tabla 9 Toma de datos con carga indirecta Voltaje Vs RPM	66
Tabla 10 Toma de datos con carga indirecta Corriente Vs RPM	67
Tabla 11 Toma de datos con carga indirecta Potencia eléctrica Vs RPM	68

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1	75
ANEXO 2	80
ANEXO 3	83
ANEXO 4	85
ANEXO 5	87
ANEXO 6	89
ANEXO 7	91
ANEXO 8	97

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TÍTULO: Construcción de un banco de pruebas para una turbina hidráulica tipo hélice LH 1000.

AUTOR: Julián Andrés Mantilla Mantilla

FACULTAD: Ingeniería Mecánica

DIRECTOR: Emil Hernández Arroyo

RESUMEN

Se realizó la construcción de un banco de pruebas para la *Turbina Hidráulica tipo Hélice de baja cabeza Ref.: LH1000* fabricada por “Energy Systems & Design Ltd. CANADA”. Este permite una aplicación real de los conceptos adquiridos en la cátedra de Máquinas Hidráulicas del programa de Ingeniería mecánica en la UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, con este sistema se obtuvieron resultados experimentales con carga directa, indirecta y en vacío. Curvas de desempeño que permiten caracterizar la turbina hidráulica como Voltaje Vs Velocidad angular, Potencia eléctrica Vs Velocidad angular, Caudal vs Velocidad Angular. Igualmente está dispuesta una guía de laboratorio que orienta a los estudiantes en el desarrollo de sus prácticas experimentales.

PALABRAS CLAVES:

Turbina Hélice, cabeza baja.

GENERAL ABSTRACT OF THE THESIS PROJECT

TITLE: Building a testbed for a hydraulic turbine propeller type LH 1000.

AUTHOR: Julian Andrés Mantilla Mantilla

DEPARMENT: Mechanical Engineering

DIRECTOR: Emil Hernandez Arroyo

ABSTRACT

We Performed the construction of a testbed for Hydraulic Turbine propeller of type head down Ref: LH1000 manufactured by "Energy Systems & Design Ltd. CANADA". This allow a real application of the concepts acquired in the subject Hydraulic Machines, Mechanical Engineering program at the University Pontificia Bolivarian,with this system were collected experimental results in three test with direct charge,indirect and in empty. Performance curves that let characterize the hydraulic turbine like Voltage vs Angular speed, Electric Power vs Angular Speed, Flow Rate vs. Angular Speed. Actually is available a laboratory guide that help to the students to development of their experimental practices

KEYWORDS:

Propeller turbine, head down.

INTRODUCCIÓN

La generación de energía eléctrica es una de las principales fuentes de desarrollo en pro de la calidad de vida de las personas actualmente, debido a que es posible llevar a cabo una serie de actividades que contribuyen con el desarrollo integral de la sociedad, es por esta razón que se han desplegado diversas maneras de obtener energía eléctrica; La obtención de forma Hidráulica (Centrales hidroeléctricas), es la más acogida hasta el momento por facilidades de construcción, economía, impacto ambiental y costos de mantenimiento ya que utiliza como materia prima un recurso renovable.

Una derivación muy importante de las centrales hidroeléctricas, son las micro centrales que suplen las necesidades de sectores rurales, contando con una pequeña fuente hídrica pero constante como un riachuelo. Por esta razón han sido de objeto de estudio y gracias a la tecnología se avanza cada vez más en el desarrollo de este campo. Estas microcentrales utilizan turbinas de flujo cruzado (impulso o acción) o incluso las de flujo axial como la kaplan, hélice y las de acción como la tipo turgo y pelton.

Dado lo anterior, la asignatura de maquinas hidráulicas de la facultad de ingeniería mecánica requería este banco de pruebas para su laboratorio; Este cuenta con una micro turbina de flujo axial tipo hélice, un generador eléctrico acoplado a la misma, también se cuenta con un tablero de carga, 3 bombas centrifugas encargadas de reabastecer el sistema, y un reductor de Vdc ; Todo esto proporciona a los estudiantes la posibilidad de conocer, manipular y operar instrumentos de gran demanda en la producción de energía eléctrica mediante la micro generación.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Construir un banco de pruebas para la *Turbina Hidráulica LH1000* y evaluar su desempeño, utilizando la energía potencial del agua, para generar energía eléctrica, de tal forma que se pueda definir una práctica de laboratorio para la asignatura de Máquinas Hidráulicas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar una revisión bibliográfica relacionada con las “Turbinas Hidráulicas” para la generación de electricidad utilizando fuentes académicas, comerciales y bases de datos.
- Construir un banco de pruebas para la *Turbina Hidráulica LH1000* adquirida por la UPB y asignada al laboratorio de Maquinas Hidráulicas usando las normas aportadas por el fabricante (Energy Systems and Desing LTDA, Canadá E4E 5L7) y la norma para el montaje (International code, for abnahmeversuche an wasserturbinen in kraftwerken - Código internacional, para pruebas de aceptación en las turbinas de agua en las plantas de energía).
- Diseñar práctica de laboratorio para la *Turbina Hidráulica LH1000* usando normas y guías existentes en la asignatura de máquinas hidráulicas.

ALCANCE

Banco de pruebas en funcionamiento de la turbina LH1000 para caracterizar su desempeño.

Definición de las características básicas del banco de pruebas, planos de detalle del banco, selección de instrumentación para la caracterización de su desempeño (tubería, accesorios, panel de carga) y otros elementos para la construcción final del banco.

Graficas de desempeño.

Entrega de las graficas de desempeño, Caudal (m^3/s) Vs Velocidad Angular (rpm), Voltaje (V) Vs Velocidad Angular (rpm), Corriente (A) Vs Velocidad Angular (rpm), Potencia Eléctrica (Watts) Vs Velocidad Angular (rpm).

Practica de laboratorio para la realización de ensayos en la asignatura de Maquinas hidráulicas.

Entrega de una práctica de laboratorio de la turbina hidráulica LH 1000, para los estudiantes de la asignatura de maquinas hidráulicas.

JUSTIFICACION

Dada la necesidad de que los estudiantes experimenten con energías alternativas y renovables, se requerían equipos de laboratorio que les permitan interactuar con los principios y fenómenos involucrados, brindando la posibilidad de comprender y evaluar los aspectos básicos para soportar los conceptos teóricos. Por otro lado, el trabajo sobre este tipo de equipos, crea la necesidad de nuevos proyectos de desarrollo que complementen la investigación en este campo.

Era necesario realizar este proyecto debido a que no se contaba en la institución con el laboratorio para la turbina LH1000, la cual fue adquirida para la facultad de ingeniería mecánica, en la asignatura de maquinas hidráulicas.

Finalmente, la realización de este proyecto involucró estudios de ingeniería mecánica como Mecánica de Fluidos, materiales, electrotecnia y Maquinas hidráulicas, lo que brinda la oportunidad de afianzar conocimientos adquiridos durante el proceso de aprendizaje de cada una de ellas.

1. MARCO TEORICO

1.1 ENERGÍA HIDRÁULICA

La energía hidráulica se refiere al aprovechamiento de la energía potencial que tiene el agua (por diferencia de altura) que se obtiene buscando una caída de agua desde cierta altura a un nivel inferior, la que luego se transforma en energía mecánica (rotación de un eje), con el uso de una rueda hidráulica o turbina. Esta energía se puede utilizar directamente para mover un pequeño aserradero, un molino o una maquinaria. También es posible conectar la turbina a un generador eléctrico y de esta manera transformar la energía mecánica en energía eléctrica, con la ventaja de trasladar con mayor facilidad la energía a los puntos de consumo y aplicarla a una gran variedad de equipos y usos productivos.

Por lo tanto, la cantidad de potencia y energía disponible en el agua de un río o una quebrada, está en relación directa a la altura o caída disponible, así como de la cantidad de agua que se trasiega (caudal). Como estrategia principal para escoger un posible aprovechamiento hidráulico se debe buscar la mayor caída o altura disponible y de esta manera utilizar la cantidad mínima de agua que se requiera para satisfacer las necesidades de energía y potencia. [1]

1.2 MAQUINA HIDRÁULICA

Una máquina hidráulica es un dispositivo capaz de convertir energía hidráulica en energía mecánica; pueden ser motrices (turbinas), o generatrices (bombas), modificando la energía total de la vena fluida que las atraviesa.

En el estudio de las turbomáquinas hidráulicas no se tienen en cuenta efectos de tipo térmico, aunque a veces habrá necesidad de recurrir a 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 máquina hidráulica, el agua intercambia energía con un dispositivo mecánico de revolución que gira alrededor de su eje de simetría; éste mecanismo lleva una o varias ruedas, (rodetes o rotores), provistas de álabes, de forma que entre ellos existen unos espacios libres o canales, por los que circula el agua. 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 a través de los álabes, 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 turbomáquinas, al igual que los diversos números adimensionales que proporcionan información sobre la influencia de las propiedades del fluido en movimiento a través de los órganos que las componen. [2]

1.2.1 Clasificación de las Turbomaquinas Hidráulicas. Una primera clasificación de las turbomáquinas hidráulicas, (de fluido incompresible), se puede hacer con arreglo a la función que desempeñan, en la forma siguiente:

1.2.1.1 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.

1.2.1.2 Turbomáquinas generatrices. Que aumentan la energía del fluido que las atraviesa bajo forma potencial, (aumento de presión), o cinética; la energía mecánica que consumen es suministrada por un motor, pudiendo ser:

- Bombas de álabes, entre las que se encuentran las bombas centrífugas y axiales
- Hélices marinas, cuyo principio es diferente a las anteriores; proporcionan un empuje sobre la carena de un buque

1.2.1.3 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 y centrales mareomotrices.
- 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 cambiadores de par.
- 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, o bien, su energía cinética se transforma en energía mecánica.[2]

1.2.2 Turbinas hidráulicas. Una turbomáquina elemental o monocelular tiene, básicamente, una serie de álabes fijos, (distribuidor), y otra de álabes móviles, (rueda, rodete, rotor). La asociación de un órgano fijo y una rueda móvil constituye una célula; una turbomáquina monocelular se compone de tres órganos diferentes que el fluido va atravesando sucesivamente, el distribuidor, el rodete y el difusor.

El distribuidor y el difusor (tubo de aspiración), forman parte del estator de la máquina, es decir, son órganos fijos; así como el rodete está siempre presente, el distribuidor y el difusor pueden ser en determinadas turbinas, inexistentes.

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 a una parte, (turbinas de admisión parcial), es decir, 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 hélico-centrípetas y en las axiales está 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.

El rodete es el elemento esencial de la turbina, estando provisto de álabes 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 o impulsión y Turbinas de reacción o sobrepresión. Ver figura 1

En las turbinas de acción el agua sale del distribuidor a la presión atmosférica, y llega al rodete con la misma presión; en estas turbinas, toda la energía potencial del salto se transmite al rodete en forma de energía cinética.

En las turbinas de reacción (Ver figura 2 y 3) el agua sale del distribuidor con una cierta presión que va disminuyendo a medida que el agua atraviesa los álabes del rodete, de forma que, a la salida, la presión puede ser nula o incluso negativa; en estas turbinas el agua circula a presión en el distribuidor y en el rodete y, por lo

tanto, la energía potencial del salto se transforma, una parte, en energía cinética, y la otra, en energía de presión. El difusor o tubo de aspiración, es un conducto por el que desagua el agua, generalmente con 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 instalado 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. [2]

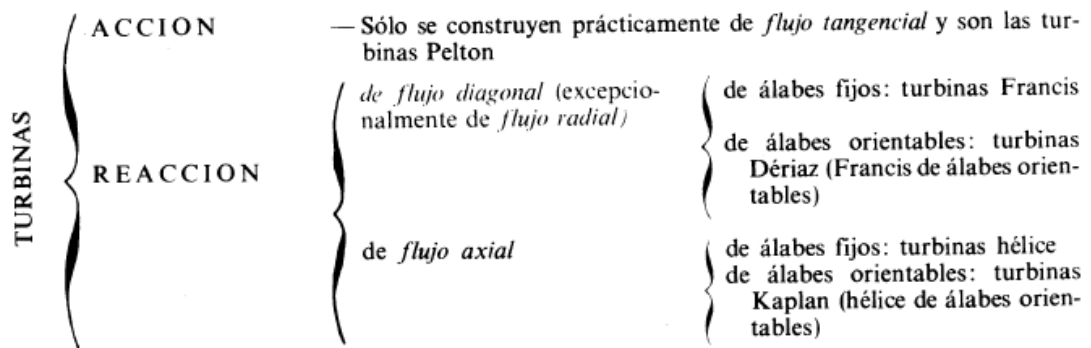


Figura 1 turbinas hidráulicas.

Fuente Mecánica de fluidos y Maquinas Hidráulicas – segunda edición- Claudio Mataix.

En las turbinas de acción (ver figura 4), el empuje y la acción del agua, coinciden, mientras que en las turbinas de reacción, el empuje y la acción 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.

Atendiendo a la dirección de entrada del agua en las turbinas, éstas pueden clasificarse en:

Axial

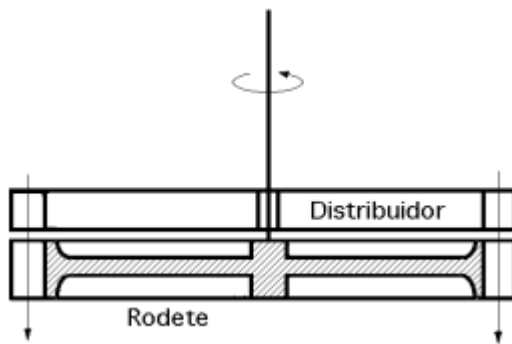


Figura 2 dirección axial.

Radial

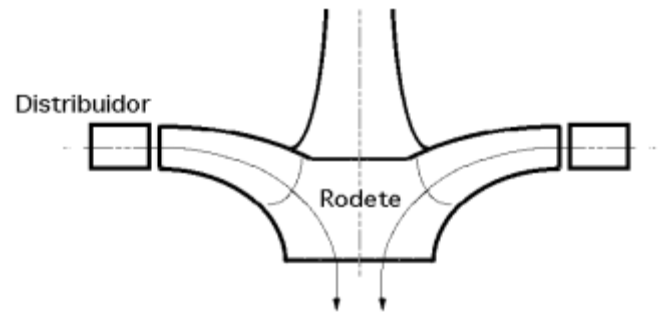


Figura 3 dirección radial.

Tangencial

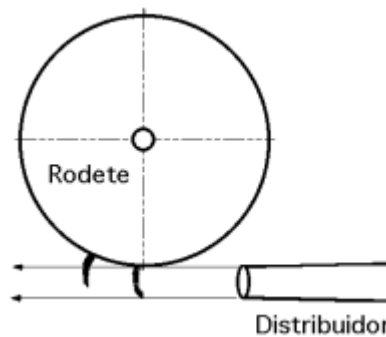


Figura 4 dirección tangencial.

Fuente <http://libros.redsauce.net/Turbinas/Hidraulicas/PDFs/01Turb.Hidr.pdf>

1.3 TURBINA FRANCIS

Es un tipo de turbina de reacción, que contiene un vertedero para que el agua entre a través de él y está formado por paletas curvas o láminas. Los álabes del rodete, por lo general de 9 a 19 en número, no se pueden ajustar. Cuando el agua pasa a través del corredor y sobre las superficies curvas, hace que la rotación del corredor y El movimiento de rotación se transmitan mediante un eje a un generador.

La turbina Francis como la mostrada en la figura 5 tiene una amplia gama de aplicaciones y puede ser utilizada, a alturas de 200 a 800 metros. Las turbinas más grandes de este tipo tendrán una potencia de 750 MW. [4]



Figura 5 Turbina Francis.

Fuente http://www.daviddarling.info/encyclopedia/F/AE_Francis_turbine.html

1.4 TURBINA KAPLAN

Un tipo de turbina, desarrollado alrededor de 1915 por el ingeniero austriaco Viktor Kaplan (1876-1934), que tiene dos o más hojas, se asemeja a una hélice marina. La turbina puede tener compuertas para controlar el ángulo con el que el flujo entra en las hojas de la misma.

Las turbinas Kaplan como la mostrada en la figura 6 son adecuadas para situaciones en las que hay una cabeza baja y una gran cantidad de descarga (Caudal disponible). Los álabes ajustables permiten una alta eficiencia, incluso en el rango de carga.

Como resultado de las últimas novedades, la gama de aplicaciones de turbinas Kaplan se ha incrementado considerablemente. Se están aplicando, por ejemplo, en la explotación de muchas fuentes hidroeléctricas que antes se descartaban por razones económicas o ambientales, y también se han utilizado como turbinas de viento. Los álabes ajustables se añaden a la complejidad de la construcción de una turbina Kaplan. [4]



Figura 6 Turbina Pelton.

Fuente http://www.daviddarling.info/encyclopedia/F/AE_Francis_turbine.html

1.5 TURBINA PELTON

Turbina de acción, inventada en 1880. El agua pasa a través de las boquillas que son las encargadas de enviar el flujo hacia las cucharas o tazas dispuestas en la periferia de un corredor o rueda, lo que hace esta rueda es girar y producir energía mecánica. El corredor se fija en un eje, y el movimiento de rotación de la turbina se transmite por el eje a un generador.

Las Turbinas Pelton como la mostrada en la figura 7, se adaptan a altas cabezas y bajo flujo. Son utilizados en las centrales de almacenamiento con pendientes hasta 2.000 metros y puede contener hasta 6 boquillas. [4]



Figura 7 Turbina Pelton.

Fuente <http://spanish.alibaba.com/product-gs-img/pelton-turbine-runner-220086429.htm>

1.6 TURBINA HÉLICE (TURBINA INSTALADA LH 1000)

El principio de esta turbina es el mismo de la turbina Kaplan, son turbinas de reacción y flujo axial, pero esta turbina de hélice como la mostrada en la figura 8, no puede variar el ángulo de sus palas a diferencia de la kaplan. Los alabes del

rodete como los del distribuidor son fijos, por lo que solo se utilizan cuando el caudal y el salto son prácticamente constantes.



Figura 8 Turbina Hélice.

Fuente http://www.ku.edu.np/mech/water_power_laboratory/Pico%20Turbine%20Testing%20Laboratory.htm

La **LH1000** (turbina tipo hélice) mostrada en la figura 9, está diseñada para operar en una extensión fija de cabezas y corrientes desde 0.6 a 3m (de 2 a 10'), empleando una hélice metal poliuretano y un ensamblaje guía de vena.).

La electricidad generada se da a partir de la energía potencial en el movimiento del agua desde un punto alto a uno más bajo. Esta distancia se llama "cabeza" y se mide en unidades de distancia (pies, metros) o en unidades de presión (libras por pulgada cuadrada, kilo-Pascales).

El flujo se mide en unidades de volumen (galones por Minutos - gpm, o litros por segundo - L/seg), y es la segunda parte de la ecuación de poder. El poder está orientado a la cabeza y el flujo.

El motor de corriente está diseñado para operar en un amplio rango de cabezas y flujos.

El motor de corriente utiliza un alternador de imanes permanentes (Ver figura 19). Este diseño elimina la necesidad de cepillos y el mantenimiento que las acompañan, mientras que aumentan la eficiencia. [6].



Figura 9 Turbina Hélice (LH1000).

Fuente <http://www.armstrongchile.cl/products/view/278>

La figura 10 muestra los rangos de operación de los diferentes tipos de turbinas, en rojo la turbina tipo hélice la cual se encuentra en un rango de operación de

entre 0 y 20 metros de cabeza, 6 y 80 m³/s de caudal de descarga y opera entre 50Kwatts y 50Mwatts de potencia. (Estos valores no aplican en la micro generación)

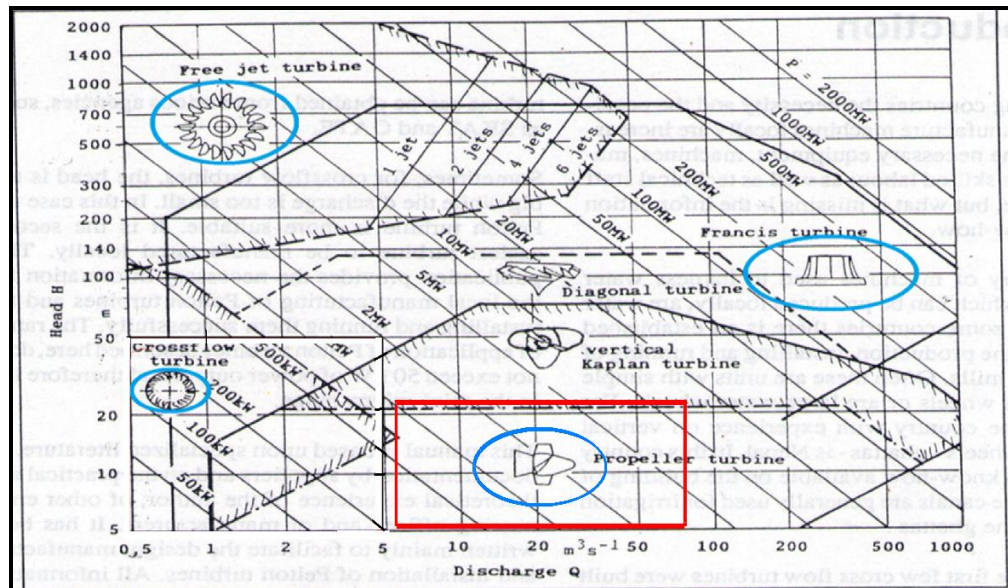


Figura 10 Rango funcional de las diferentes turbinas hidráulicas, de color rojo la turbina tipo hélice.

Fuente The Mini Hydro Power Group MHPG. Micro Peltón Turbine. Volumen 9. Página 2

A continuación La figura 11 proporcionada por el fabricante, nos muestra un esquema básico recomendado para la instalación de la turbina LH1000, también nos muestra que la cabeza (altura) entre el nivel de agua en el canal y el nivel de agua en la descarga debe estar en el rango entre 1 y 3 metros de distancia (parámetro para la construcción del banco de la turbina LH 1000).

LH1000 INSTALLATION

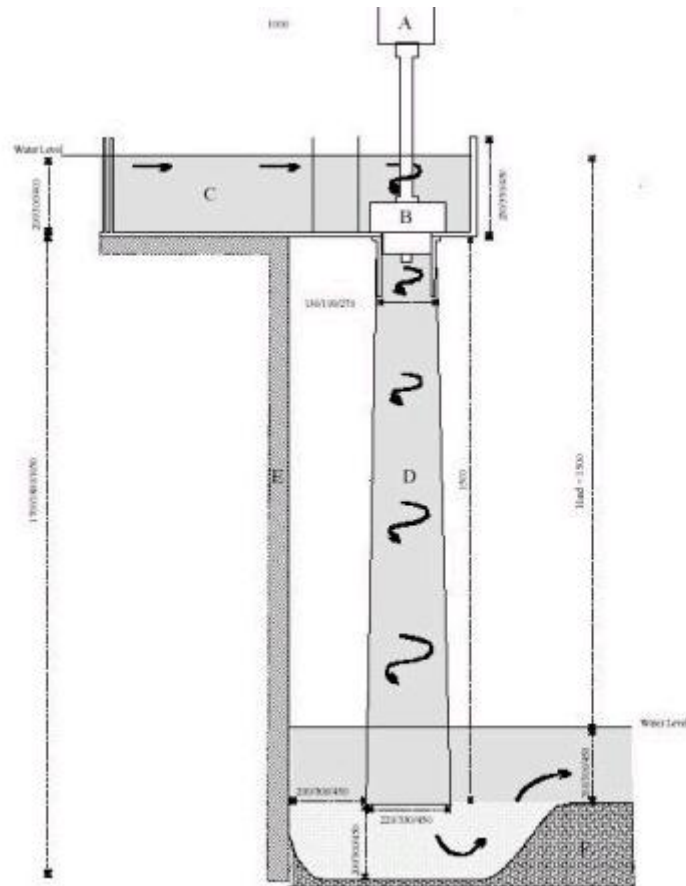
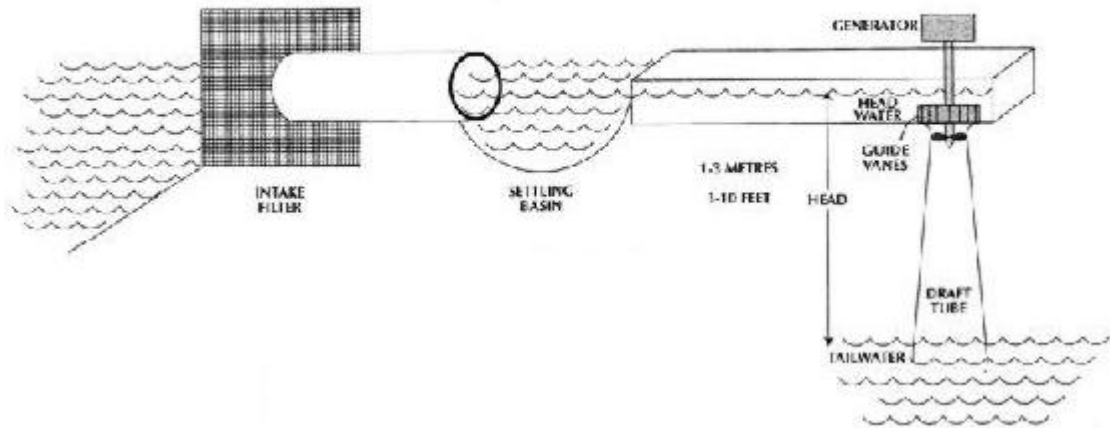


Figura11 Instalación para Turbina LH1000.

Fuente <http://www.microhydropower.com/>

2. DISEÑO

2.1 DISEÑO CONCEPTUAL

2.1.1 Sistema. En la figura 13, se observar un ejemplo de instalación para la LH 1000, donde cuenta con una instalación básica que le brinda un caudal de 1000 gpm y una cabeza aproximada de 3 mts ; según la figura 12 entregada por el fabricante , estas son las condiciones ideales para el sistema.

Además de esto, el sistema mostrado en la figura 13 tiene algunas modificaciones que le permiten obtener este caudal. La turbina es modificada, su eje motriz es de mayor longitud, para que el canal que dirige el agua hasta la misma, pueda tomar mayores dimensiones y así la presión del agua en el canal aumenta hacia la succión de la turbina. En la construcción del diseño final se encuentran las alteraciones siguientes:

En la figura 14 se observa la modificación de la fuente hídrica natural por un tanque de abastecimiento (2) De aproximadamente 1000 Litros, se utilizó tubería en PVC (2-3) para dirigir el agua hasta el canal donde se encuentra instalada la LH1000, igualmente para la entrada de las bombas (1-4); Mangueras (1-2) para retornar el agua impulsada por tres bombas centrifugas y finalmente otro tanque (4) de aproximadamente 600Litros. (Las flechas en la figura 14 indican la dirección del flujo en el sistema)

Para el sistema eléctrico se utilizó cable eléctrico calibre 10, Interruptores (on/off- 40 Amperios), breakers de seguridad, convertidor de voltaje (24Vdc-12Vdc), Batería (12Vdc tipo Gel), panel de carga (bombillas 12Vdc- voltímetro – amperímetro). Ver figura 15

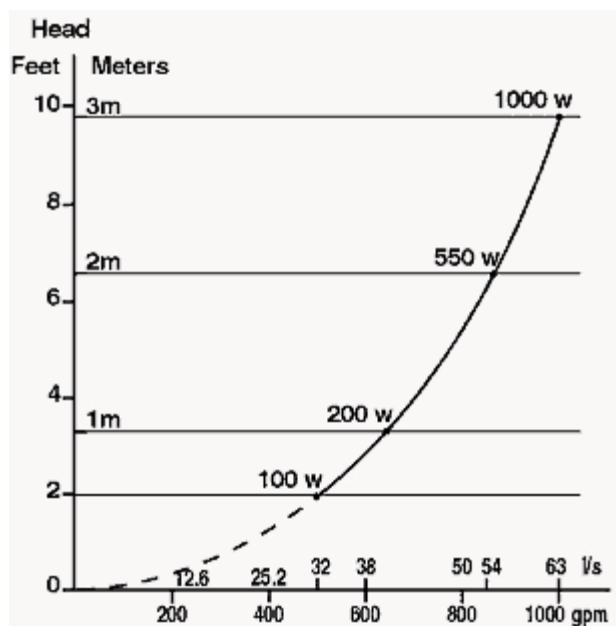
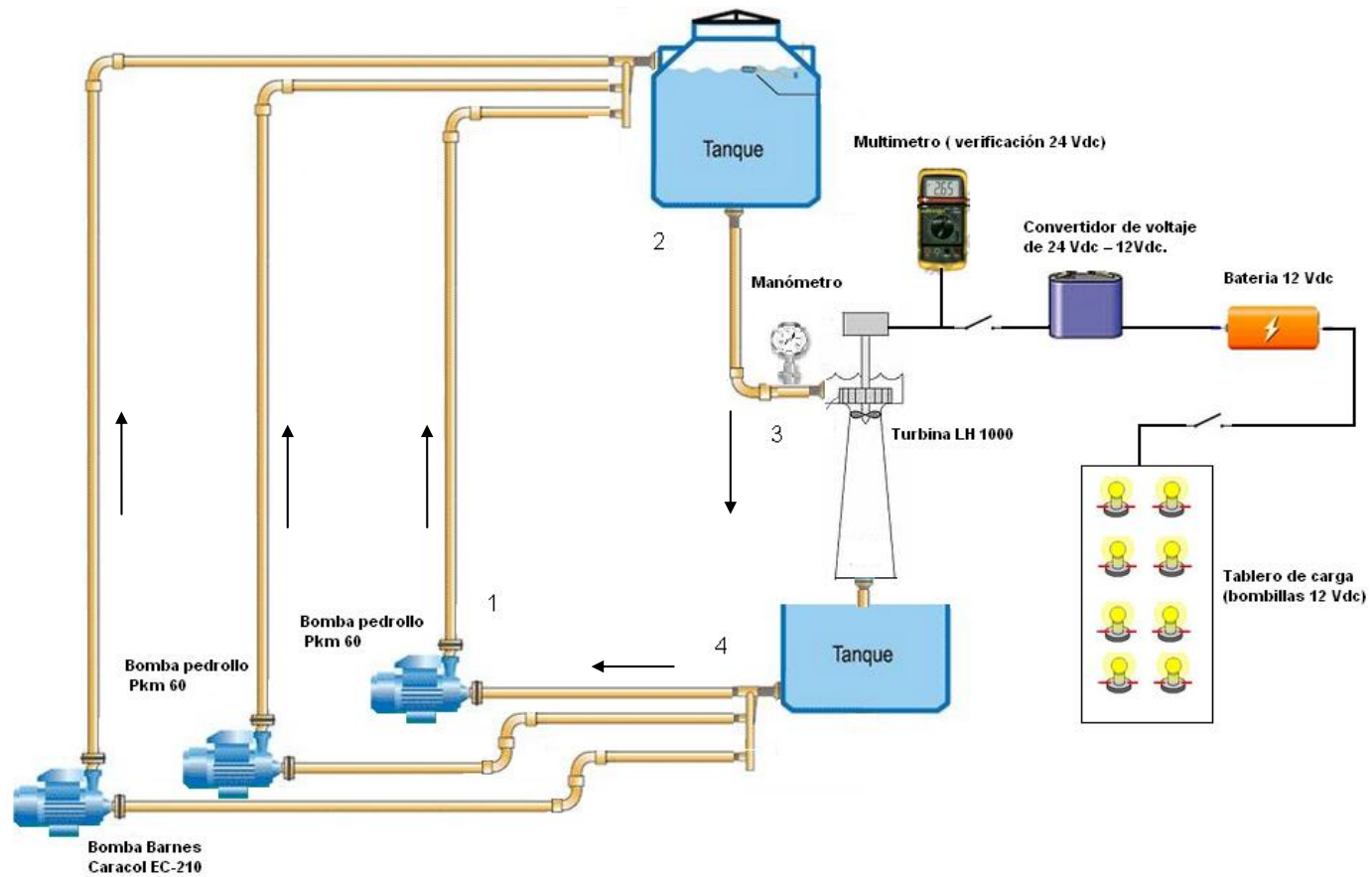


Figura 12 Potencia de salida LH 1000
Fuente <http://www.microhydropower.com>



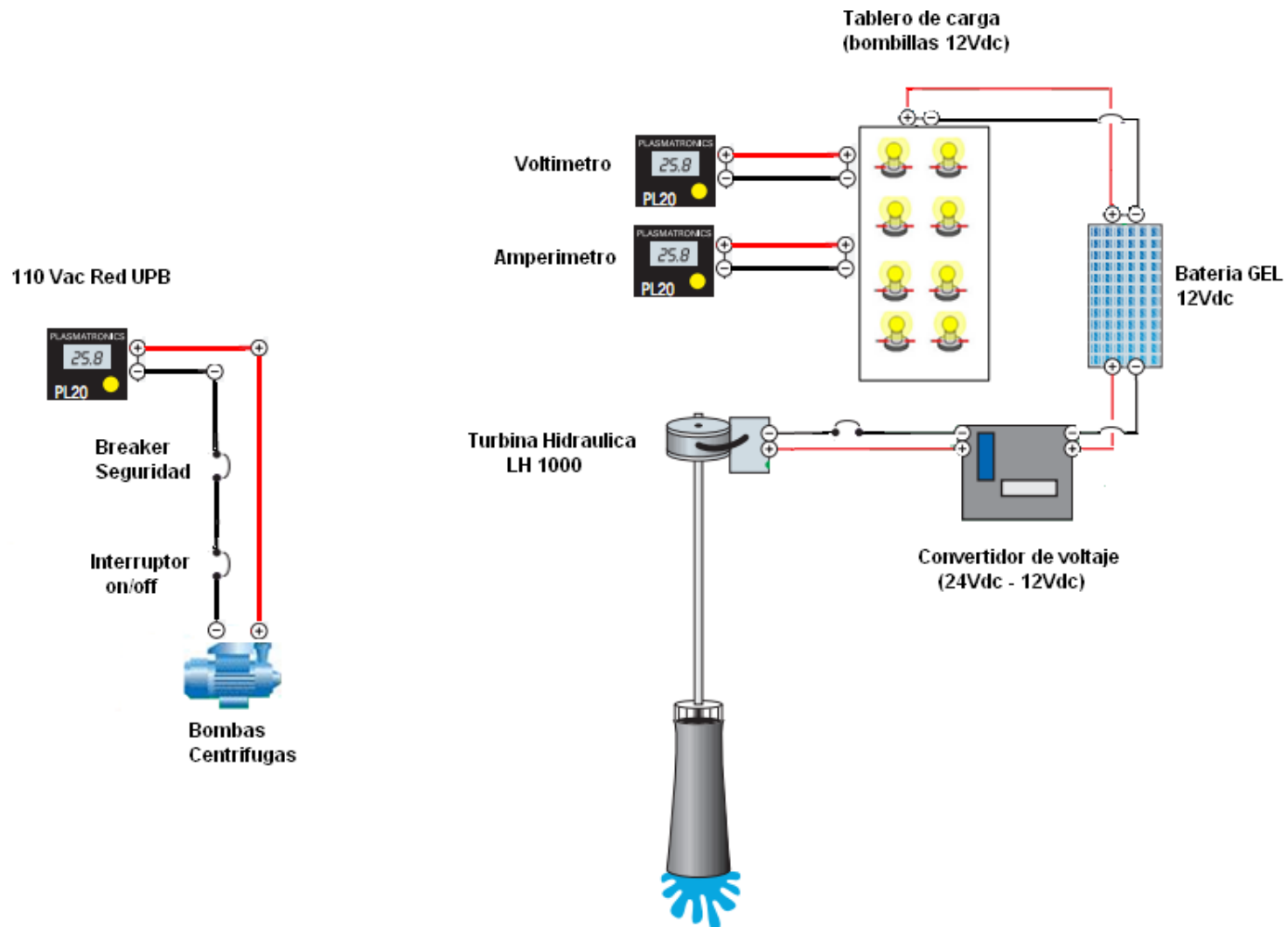
Figura 13 Ejemplo instalación ideal
Fuente <http://www.microhydropower.com/our-products/low-head-stream-engine/lh1000a>

Figura 14 Diseño conceptual banco de prueba turbina LH 1000



Fuente: autor del Proyecto

Figura 15 Esquema eléctrico turbina LH 1000 Bombas centrífugas



Fuente: Autor del Proyecto

2.1.3 Tubería. Se utilizaron alrededor de 13 metros de tubería de PVC de 4" (Ver sección 2.2.1.2) de diámetro para la alimentación del sistema (2-3) Ver figura 14; se implemento este tipo de tubería por su baja rugosidad (ver figura 16), por que proporciona perdidas menores, bajo costo y facilidad de compra en el mercado local.

MATERIAL	RUGOSIDAD € (M)	RUGOSIDAD € (PIE)
VIDRIO	Liso	Liso
PLASTICO	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
TUBO EXTRUIDO;COBRE, LATON Y ACERO	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
ACERO,COMERCIAL O SOLDADO	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
HIERRO GALVANIZADO	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
HIERRO DUCTIL,RECUBIERTO	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
HIERRO DUCTIL, NO RECUBIERTO	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
CONCRETO, BIEN FABRICADO	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
ACERO REMACHADO	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

Figura 16 Valores de diseño de rugosidad de tubos

Fuente Moot, Robet. Mecánica de fluidos, 6 ed,Mexico D.F.(2006) pearson, P.235

2.1.4 Bombas. Junto con los recursos entregados por la universidad al proyecto, se encuentran dos bombas centrifugas (Pedrollo Pkm 60- Ver figura 18) dispuestas para hacer el reabastecimiento de agua en el tanque de suministro,

estas cuentan con una potencia nominal de 0.5 HP y a una altura menor de 5 metros suministran entre 38 y 40 L/min cada una. (Ver Anexo B). La otra bomba (Barnes Caracol EC-210-Ver figura 17) cuenta con una potencia nominal de 1 HP y a la misma altura suministra alrededor de 320L/min. (Ver Anexo A)



Figura 17 Bomba Barnes EC-210.

Fuente <http://www.barnes.com.co>



Figura 18 Bomba pedrollo Pkm 60

Fuente <http://www.pedrollo.com>

2.1.5 Convertidor de Voltaje. El convertidor es indispensable para cargar la batería del sistema (Ver figura 19), debido a que este toma una entrada entre 24-33 Vdc del generador y da una salida entre 14.5 y 13.2 Vdc con una corriente de salida entre 20-40 A y así podemos garantizar una salida constante hacia la batería.



Figura 19 Convertidor de voltaje.

Fuente <http://www.ingetronik.com>

Cuenta con una protección contra una posible inversión de polaridad, un control automático de temperatura y una protección contra sobre voltaje a la salida y a la entrada del dispositivo.

2.1.6 Generador Eléctrico. Este es un alternador de imanes permanentes (Ver figura 20) que ha sido diseñado específicamente para aplicaciones de micro-hidroeléctricas, con una potencia de 1000 watts/1000 rpm que es más del 80% de eficiencia a plena carga. Opera sin escobillas y sus bobinas están encapsuladas en una resina epoxi o poliepóxido. Se limita la sustitución de los rodamientos debido a que su mantenimiento es mínimo.



Figura 20 Alternador de imanes permanentes.

Fuente <http://www.evolvegreen.ca>

Cuenta con un eje de 17mm de diámetro, cojinetes de bolas para dar un rendimiento fiable y proporcionar facilidad en la adquisición de piezas de repuesto. Cuenta con una caja de conexiones que contiene un rectificador, terminales de cableado para conectar a la carga y una derivación para hacer mediciones con un multímetro.

El generador tiene como misión transformar en energía eléctrica la energía mecánica (Ver figura 21) suministrada por la turbina. En un principio se utilizaban generadores de corriente continua; actualmente, salvo raras excepciones, solo se utilizan alternadores trifásicos de corriente alterna. En función de la red que debe alimentar.

También es conocido con el nombre de dinamo. Un dinamo es un generador eléctrico destinado a la transformación de energía mecánica en eléctrica. En el momento en que se hace girar una espira dentro de un campo magnético, aparecerá una corriente inducida en esa espira. Esta corriente será siempre positiva, por eso se le llama corriente continua, porque su valor no cambia de positivo a negativo. [7]

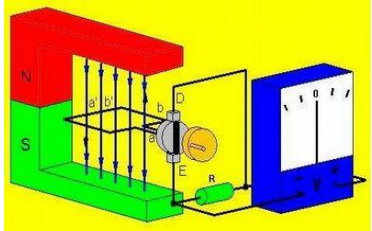
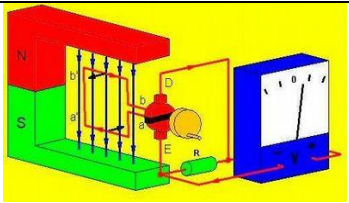
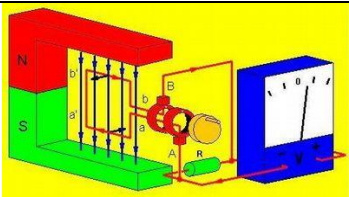
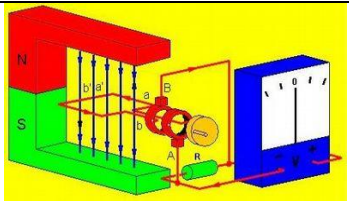
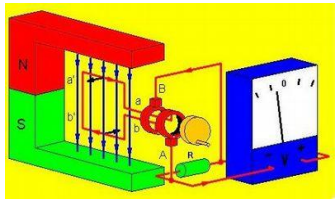
Descripción de los pasos	pasos
Cuando hagamos girar la espira bajo la acción del campo magnético creado por el estator habrá unas posiciones donde la f.e.m (fuerza electro motriz) inducida que recojan las escobillas (D i E) será máxima y otras donde será mínima. Fijémonos en una vuelta completa del espiral. Cuando el espiral está situado de manera que el plano que describe es perpendicular a la dirección del campo magnético, el flujo atraviesa ese máximo. La variación de flujo es nula, la f.e.m que se induce a la bobina es nula y no circula ninguna corriente.	
Cuando el espiral gira 90° en sentido contrario a las agujas del reloj, el flujo magnético que lo atraviesa es nulo, pero la variación de flujo que tiene en ese instante llega a su valor máximo y, por lo tanto, la f.e.m que se induce en la espira es máxima.	
Cuando la espira gira 90° más, se vuelve a estar en la misma situación que al principio, con la única diferencia que el tramo a-a' y el b-b' están intercambiados. De manera que la f.e.m inducida vuelve a ser nula.	
Si el espiral gira otros 90°, ahora estamos en la misma posición que en la figura 2, pero con los lados de la espira cambiados. De forma que la variación de flujo vuelve a ser máxima por lo que tendremos otra vez, el valor máximo de corriente inducida en la bobina.	
Si el espiral gira 90° más, volvemos a la posición inicial. Hemos realizado así una vuelta completa (un ciclo) y hemos obtenido corriente inducida continua. Esta corriente es continua porque en todo momento la mitad de la espira por donde circula la corriente está en contacto con la misma escobilla. Cuando la espira gira indefinidamente, el ciclo completo se va repitiendo.	

Figura 21 descripciones generador eléctrico

Fuente <http://www.endesaeduca.com>

2.1.7 Batería. Dentro del manual de usuario que proporciona el fabricante de la turbina LH1000, se encuentra como debe ser la conexión del sistema y afirma el uso indispensable de baterías, para su correcto funcionamiento y de ahí en adelante puede ser utilizado según la aplicación. Ver figura 22

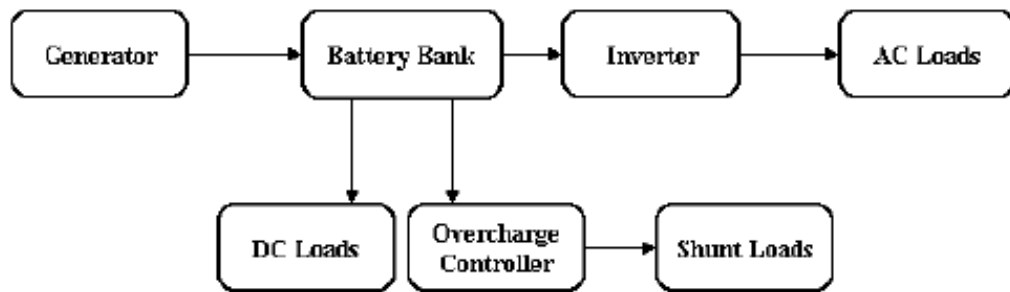


Figura 22 Diagrama eléctrico a la salida del sistema

Fuente Manual de usuario turbina LH 1000



Figura 23 Batería MT 122050 12Vdc

Fuente <http://www.mtek-sa.com>

Normalmente los acumuladores o baterías (Ver figura 23) constan de dos placas de plomo sumergidas en un electrolito formado por una disolución de agua destilada mas acido sulfúrico ($H_2SO_4 + H_2O$).

La electrolisis es un proceso mediante el cual, al hacer pasar una corriente eléctrica a través de una sustancia (en solución o fundida) se separa en los iones que la forman, este proceso se utiliza para descomponer una sustancia en sus elementos, para purificar metales y para aplicar una capa metálica externa a un objeto. Esta última aplicación es muy utilizada en procesos como la galvanoplastia, la galvanostegia y el niquelado, los cuales tienen gran importancia en la industria, ya que mediante ellos se fabrican latas para envasar alimentos y se hacen el cromado y el chapeado, entre otros.[8]

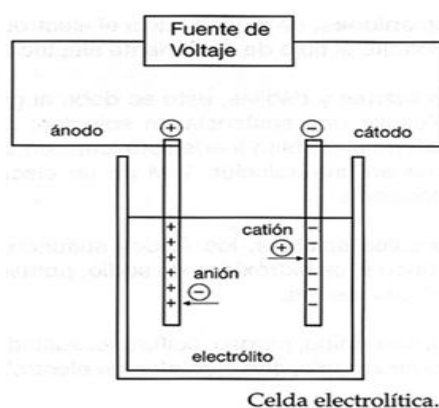


Figura 24 Celda electrolítica

Fuente http://www.pps.k12.or.us/district/depts/edmedia/videoteca/curso3/htmlb/SEC_83.HTM

También existe el Principio de recombinación de gases para sistemas de batería sellada y hermética de Gel, los gases que se producen durante la carga se recombinan para convertirse de nuevo en agua dentro de los elementos que componen la batería.

De esta forma la batería es excepcionalmente limpia y segura de manejar porque no se producen gases o vapores de ácido que pueden escapar al exterior de la batería [9]

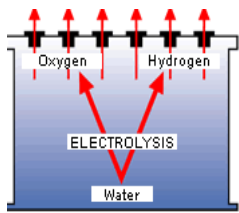
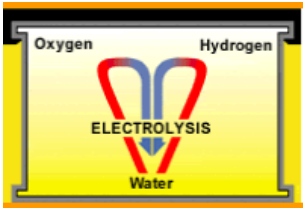
Ventajas	Batería convencional	Sistema de sellado
Absolutamente libre de mantenimiento. Medioambientalmente limpia. No hay escape de vapores de ácido. Extremadamente baja gasificación. Destacable arranque en frío durante toda su vida útil. Mínima descarga. Superior rendimiento de trabajo en ciclos. Permite un ángulo de inclinación de 180°. Probada capacidad de descarga profunda. Sin estratificación. Alta resistencia a la vibración.	 Libera hidrogeno, oxigeno y vapores de acido	 Hermético con válvulas de seguridad

Figura 25 Batería MT 122050 12Vdc

Fuente <http://www.bastan.es/pagproductos/bateriasgel.htm>

2.1.8 Panel de carga. El panel de carga que se utilizó (Ver figura 26), fue prestado por la facultad de Ing. mecánica, y se hizo un cambio para poder utilizarlo, fueron reemplazadas las bombillas convencionales que funcionan con 110Vac por bombillas de 12 Vdc a 15 watts Cada una.



Figura 26 Panel de carga
Fuente Autor del proyecto

El panel de carga tiene una configuración interna entre sus bombillas tipo paralelo, cuenta con los respectivos interruptores (on/off), y tres instrumentos de medición: Voltímetro, amperímetro y medidor de frecuencia. (Ver figura 27)

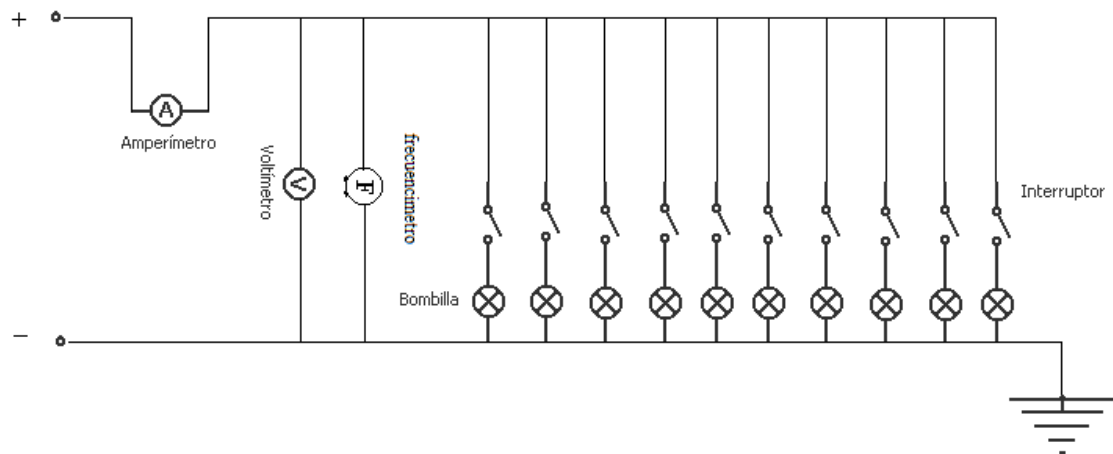


Figura 27 Panel de carga plano eléctrico.
Fuente Autor del proyecto.

2.2 DISEÑO BASICO

2.2.1 Sistema de abastecimiento.

2.2.1.1 Tanque. Se cuenta con un tanque de 1000 Litros de capacidad (Ver figura28), entregado por la universidad para dicho fin e indispensable para este sistema. Este tanque es ideal ya que su capacidad supera ampliamente al caudal de agua entrante que es de 380L/min suministrado por 3 bombas hidráulicas y además un caudal aproximado de salida por la tubería de abastecimiento al canal de la turbina de 2100 L/min.

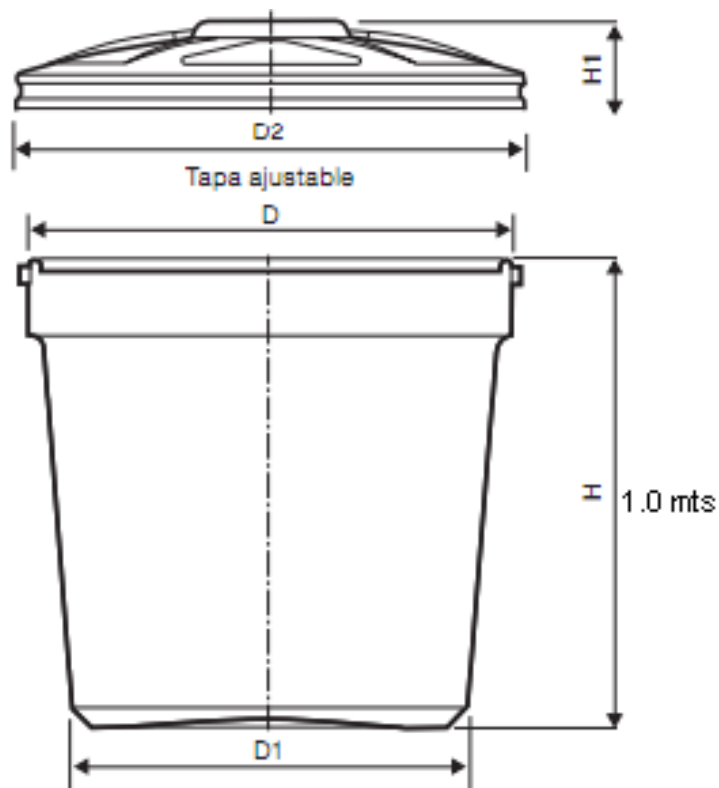


Figura 28 Tanque abastecimiento
Fuente <http://www.artex-us.com>

- Caudal entrada al tanque, determinado por las curvas de rendimiento dispuestas en los anexos de las mismas. Ver anexo A y anexo B
- Caudal de salida del tanque, determinado de la siguiente manera :

V = Velocidad
 G = Gravedad
 H = Altura tanque
 A = Area
 Q = Caudal
 R = Radio

$$V = \sqrt{2G \text{ (m/s}^2\text{)} H \text{ (m)}} \quad (1)$$

$$V = \sqrt{2 \times 9.8 \times 1.0} = 4.43 \text{ m/s}$$

$$A = \pi R^2 = \pi (0.0508 \text{ m})^2 = 8.107 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (2)$$

$$Q = V \text{ (m/s)} \times A \text{ (m}^2\text{)} \quad (3)$$

$$Q = 4.43 \times 8.107 \times 10^{-3} = 0.035 \text{ m}^3/\text{s} = 2100 \text{ L/min}$$

2.2.1.2 Tubería. El fabricante dentro de su manual de usuario proporciona la siguiente información (Ver figura 29) donde se observa según la cabeza disponible, que diámetro de tubería es el adecuado, el caudal aproximado en la tubería y los Watts aproximados.

CABEZA (PIES)	CAUDAL (GPM)	TAMAÑO TUBERIA MINIMO	WATTS APROXIMADO
1	320	8"	25
2	450	8"	70
3	550	10"	150
4	635	10"	250
5	710	10"	350
6	775	12"	465
7	840	12"	585
8	895	12"	715
9	950	12"	850
10	1000	12"	1000

Figura 29 LH1000 POWER OUTPUT CHART

Fuente Manual de usuario turbina LH1000

Se compró tubería en PVC de el mayor diámetro disponible en los proveedores locales en el momento de la construcción del banco de pruebas (4”), teniendo en cuenta la disponibilidad de accesorios necesarios tales como codos, uniones, collarines y válvula (Ver anexo6).

La cabeza se halla de la siguiente manera (Ver figura 43)

H1= Cabeza

P = Presión

γ = Peso específico

V = Velocidad

G = Gravedad

$$V = \sqrt{2G (m/s^2) H (m)}$$

$$V = \sqrt{2 \times 9.8 \times 1.0} = 4.43 \text{ m/s}$$

$$H1 = (P / \gamma) + (V^2 / 2G) \quad (4)$$

$$H1 = 27579(\text{Pa}) / 9800(\text{N/m}^3) + 4.43(\text{m/s}) / 2 \times 9.8 (\text{m/s}^2) = 2.81 \text{ mts} = 9.21 \text{ pies}$$

2.2.1.3 Canal. Este canal (ver figura 30) fue construido en aluminio y sus dimensiones fueron dadas bajo los parámetros establecidos por las medidas de la turbina LH1000 encontradas en el anexo 4.

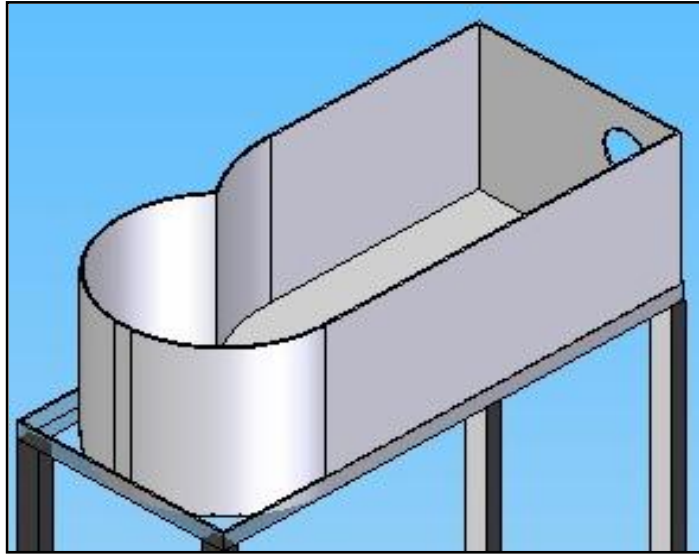


Figura 30 Canal
Fuente Autor del proyecto

PROPIEDADES DEL ALUMINIO	
PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS	
BAJA DENSIDAD	2.7 GRAMOS / Cm ³ a 20 °C
PUNTO DE FUSIÓN	660° C
CONDUCTIVIDAD TERMICA	160 W / m. °C
COEFICIENTE DE DILATACION LINEAL	3x10 ⁻⁶ / °C

Figura 31 Propiedades del aluminio
Fuente Materiales Metálicos-Cuaderno Primero- Vicente Galvañ Llopis, María Soriano Cubells, Carolina Eslon Zaragoza

2.2.2 Sistema de reabastecimiento

2.2.2.1 Tanque. Se construyó un tanque, con materiales (lamina y Angulo de hierro) proporcionados por la universidad, con aproximadamente 600 litros de capacidad de almacenamiento. Sobre y desde este tanque se encuentra el soporte que sostiene el canal y por ende la turbina LH 1000. Ver figura 32



Figura 32 Tanque reabastecimiento
Fuente Autor del proyecto

2.2.2.2 Bombas. La succión en las 3 bombas a sido mediante tubería en PVC con sus respectivos accesorios para la conexión, por otro lado la descarga se ha dispuesto mediante mangueras para facilitar el retorno hasta el tanque de abastecimiento. Ver figura 33



Figura 33 Bombas
Fuente Autor del proyecto

Se incorporó la bomba Barnes EC-210 al sistema, debido a que las bombas pedrollo Pkm 60 entregadas por la universidad no poseen el caudal suficiente para suplir el caudal del sistema que es de 463.03 L/min.

Las Pkm 60 otorgan un caudal de salida de entre 38 y 40L/min , lo que indica que la bomba seleccionada debería tener un caudal de salida de al menos 300 L/min debido a que el tanque de reabastecimiento tiene un volumen de 600 L , esto da el tiempo suficiente para satisfacer los 463.03 L/min del sistema.

Para incluir la bomba Barnes EC-21, hubo que hacer una selección basado en el presupuesto disponible y los siguientes cálculos:

H_s = Cabeza neta (sistema).

H_g = Cabeza.

H_f = Perdidas en tubería.

V = velocidad.

F = Factor de fricción.

D = Diámetro descarga bomba.

Re = Numero de Reynolds.

e = Coeficiente de rugosidad del material. (3×10^{-7} Mts)

ν = Viscosidad Cinemática.

A = Área.

H_o = Cabeza bomba fabricante

Q = Caudal.

$$H_s = H_g + H_f \quad (5)$$

$$H_f = F \frac{L V^2}{D^2 G} \quad (6)$$

$$F = \frac{0.25}{\left(\log \left(\frac{1}{3.7(D/e)} \right) + \left(\frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right)^2}$$

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad (7)$$

$$V = \frac{Q}{A} \quad (8)$$

En la figura 34 se observan los resultados de velocidad, Reynolds y las pérdidas para cada caudal. Con el resultado de la pérdida en tubería se determina el HS que se muestra en la figura 35

Caudal (m ³ /seg)	Velocidad (m/seg)	Reynolds	Hf
1.66 x 10 ⁻³	0,82	46.595	0,0211
3.33 x 10 ⁻³	1,65	93.758	0,0181
5 x 10 ⁻³	2,47	140.353	0,0167
6.66 x 10 ⁻³	3,3	187.516	0,0157

Figura 34 Resultados de Velocidad, Reynolds y pérdidas en tubería.

Fuente Autor del proyecto

En la figura 35 se observan los resultados de Hs obtenidos de las ecuaciones anteriores y que serán graficados en la figura 36, también las variables Q y Ho entregadas por el fabricante (Ver anexo 1) y la curva de eficiencia de la bomba.

Q (L/min)	Ho(m)	Efi	Hs(m)
100	20	11	5,191
200	15	10	5,663
300	7,5	7,5	6,372
400	2	3	7,3
100	20	11	5,191

Figura 35 Resultados de Hs

Fuente Autor del proyecto

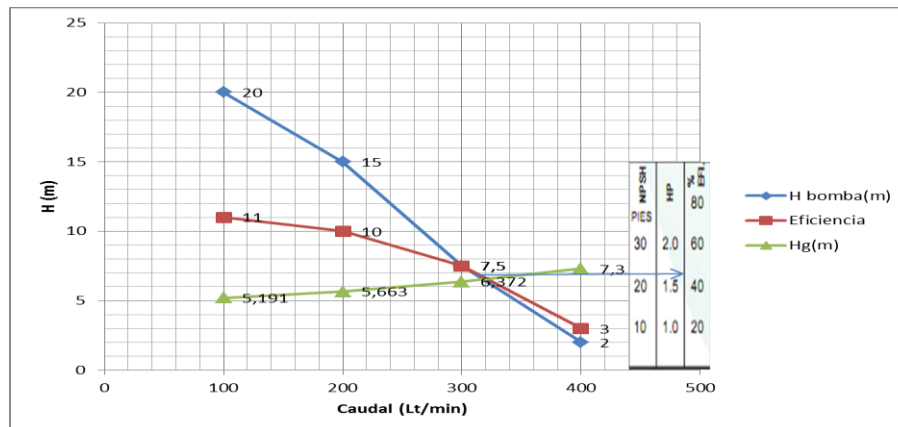


Figura 36 Curva de operación del sistema, eficiencia y operación de la bomba (fabricante) .
Fuente Autor del proyecto

En la figura 36 se observa un punto de corte entre la curva del sistema (H_s) y la curva de operación de la bomba (H_o), con este punto de corte se obtienen 2 datos importantes que son, el punto de funcionamiento real de la bomba que es de aproximadamente 85 GPM (321.73 L/m) y una eficiencia de 45%.

En la figura 37 se observan los datos reales de funcionamiento de las dos bombas, luego de ser instaladas en el banco de pruebas para la turbina hidráulica LH 1000.

Bomba	Potencia	Tiempo (seg) para 10Litros	Promedio Tiempo (seg)	Caudal
2 Pkm 60	$\frac{1}{2}$ HP c/u	18.64	17.56	55 Lt/min cada una
		17.58		
		16.45		
1 Barnes C-210	1HP	2.98	3.02	333 Lt/min
		3.02		
		3.06		

Figura 37 Caudal Real del sistema, bombas Pkm 60 y Barnes C-210
Fuente Autor del proyecto.

2.2.3 Diseño detallado. Se detallan planos, que contienen la construcción del banco final y sus principales características; dimensiones. Ver anexo 7

3. PRUEBA

3.1 METODOLOGÍA DE LAS PRUEBAS.

Para comenzar a realizar las pruebas hubo la necesidad de definir qué cantidad de pruebas se debían hacer con un 3 % de porcentaje de error y una confiabilidad del 95%(Z= 1.96), el cálculo se realiza con los datos de la tabla 1 y de la siguiente manera:

n = Numero de pruebas a tomar

Z = Nivel de confiabilidad del 95% (1.96)

σ = Desviación estándar

e = Error

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{e^2} \quad (9)$$

Q (Caudal aforado m ³ / seg)	
1	3.65x10 ⁻³
2	3.88x10 ⁻³
3	3.55x10 ⁻³
Caudal promedio	3.69x10 ⁻³
σ	1.38x10 ⁻⁴
e	1.107X10 ⁻⁴
n	5

Tabla 1 Datos para obtener número de pruebas a tomar

Fuente Autor del proyecto

Para la medición del caudal se hizo de una forma práctica, el tanque de reabastecimiento tiene una regleta con la que se mide el volumen y el tiempo se tomo mediante un cronometro digital.

Para la medición de las RPM se tuvo un instrumento electrónico (tacómetro), con el fin de tener la mayor exactitud posible en la toma de este dato, debido a su importancia en los datos del proyecto.

3.2 ANALISIS DE DATOS

Todos los datos fueron tomados a una misma apertura de la válvula. La configuración de la carga en el sistema es la observada en la figura 14 y 15, se realizaron también pruebas en vacio y con carga directa, para observar el comportamiento de las variables y de la eficiencia con carga directa e indirecta (en la carga directa se omite la conexión de la batería)

3.2.1 Datos en vacío (sin carga)

•Caudal Vs RPM

Q = Caudal

Vo= Volumen

T = tiempo

$$Q = V / T \quad (10)$$

TOMA DE DATOS EN VACIO				
PRUEBA	VELOCIDAD(RPM)	TIEMPO(SEG)	VOLUMEN(m ³)	CAUDAL (m ³ /seg)
1	310	8,88	0,1	0,011261261
2	362	8,61	0,1	0,011614402
3	368	8,55	0,1	0,011695906
4	368	8,57	0,1	0,011668611
5	370	8,45	0,1	0,01183432
Valor promedio	355,6	8,612	0,1	0,011611705
=>				

Tabla 2 Toma de datos en vacio Caudal Vs RPM

Fuente Autor del proyecto

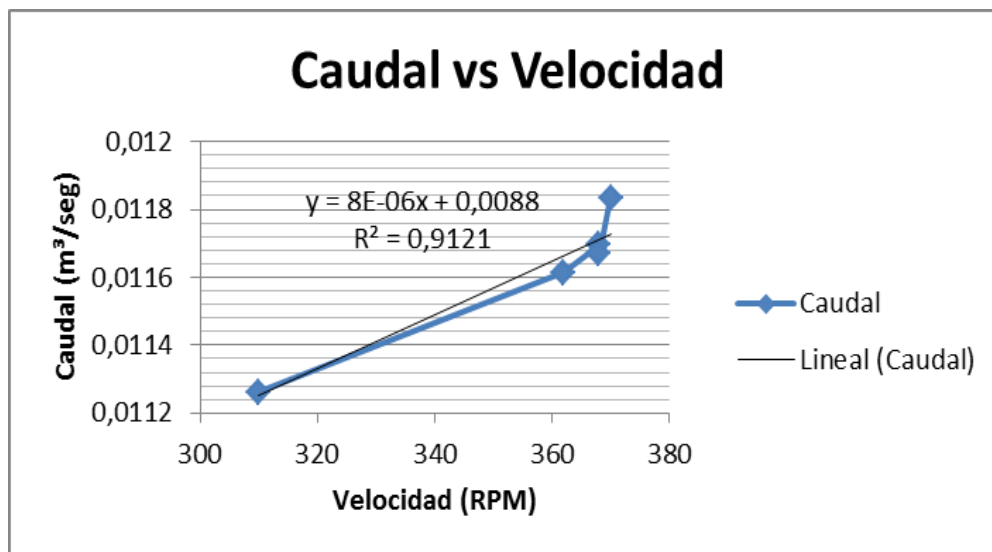


Figura 38 Caudal VS RPM

Fuente Autor del proyecto

En la gráfica 38 se evidencia que la velocidad angular es alta en comparación con los demás resultados y esto es debido a que la turbina gira libremente sin ningún tipo de carga, también por esta misma razón la gráfica que representa el caudal se

muestra directamente proporcional, en el último tramo de la grafica , esta varia mas abruptamente puesto que en este punto la turbina cuenta con un excelente caudal de agua disponible debido a que el canal se ah llenado por completo y la presión de agua en la succión de la turbina aumenta, haciendo que esta aumente su velocidad de giro.

• Voltaje Vs RPM

TOMA DE DATOS EN VACIO		
PRUEBA	VELOCIDAD(RPM)	VOLTAJE (V)
1	310	21
2	362	25
3	368	25
4	368	26
5	370	29
Valor promedio =>	355,6	25,2

Tabla 3 Toma de datos en vacio Voltaje Vs RPM

Fuente Autor del proyecto

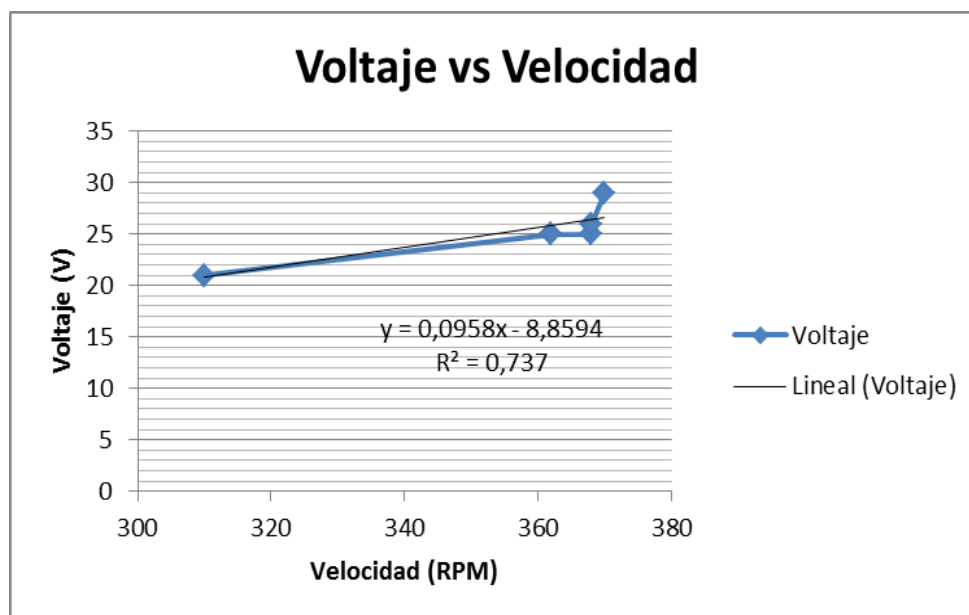


Figura 39 Voltaje VS RPM

Fuente Autor del proyecto

En esta figura 39 se observa que la grafica no varía con respecto a la anterior, debido a que el voltaje al igual que el caudal es directamente proporcional a la velocidad angular de la turbina, dándonos un voltaje promedio de 25.2 V a 355.6 RPM (ver tabla 3). Se evidencia que la turbina cuando llega a las 370 rpm tiene un aumento considerable que hace que la grafica varié en ese punto al igual que en la figura anterior.

3.2.2 Datos con carga directa

•Caudal Vs RPM

TOMA DE DATOS CON CARGA DIRECTA				
PRUEBA	VELOCIDAD (RPM)	TIEMPO (SEG)	VOLUMEN(m³)	CAUDAL (m³/SEG)
1	76	13,37	0,1	0,007479432
2	76	13,11	0,1	0,007627765
3	78	11,56	0,1	0,008650519
4	78	11,6	0,1	0,00862069
5	79	11,42	0,1	0,008756567
Valor promedio	77,4	12,212	0,1	0,008188667

=>

Tabla 4 Toma de datos con carga directa Caudal Vs RPM

Fuente Autor del proyecto

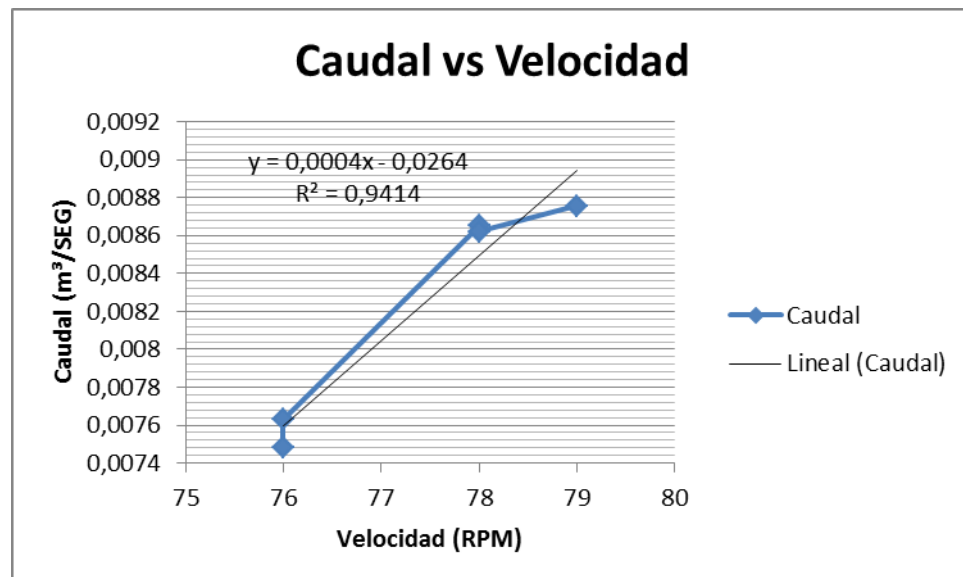


Figura 40 Caudal VS RPM

Fuente Autor del proyecto

En la figura 40 se observa la grafica con los resultados de las mediciones con carga directa, esto quiere decir que se conecta el panel de carga con bombillas de 12 V a 15 Watts, directamente a la salida del regulador de voltaje, es por esto que se observa una disminución considerable en la velocidad angular y en el caudal, pero la grafica sigue siendo proporcional a estas dos variables.

• Voltaje Vs RPM

TOMA DE DATOS CON CARGA DIRECTA		
PRUEBA	VELOCIDAD (RPM)	VOLTAJE (V)
1	76	3
2	76	3
3	78	3,2
4	78	3,2
5	79	3,3
Valor promedio =>	77,4	3,14

Tabla 5 Toma de datos con carga directa Voltaje Vs RPM

Fuente Autor del proyecto

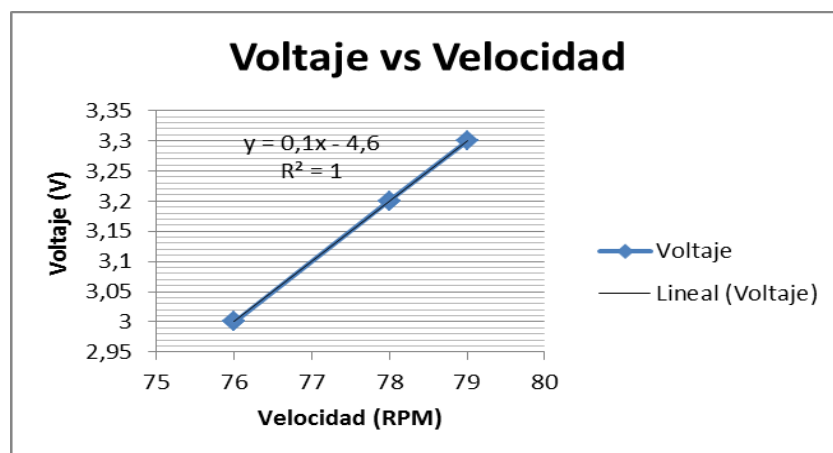


Figura 41 Voltaje VS RPM

Fuente Autor del proyecto

Como se indicó anteriormente, se conecta el panel de carga al regulador de voltaje que proporciona una salida constante de 12 Vdc para no quemar las bombillas. Al igual que la Figura 35 los resultados en las mediciones son completamente diferentes a los que fueron tomados sin carga, aquí el voltaje promedio es de 3.14 V a 77.4 rpm (ver tabla 5) y la grafica se sigue comportando como es esperado, directamente proporcional a la velocidad angular (ver figura 41).

• Corriente Vs RPM

TOMA DE DATOS CON CARGA DIRECTA		
PRUEBA	VELOCIDAD (RPM)	CORRIENTE (A)
1	76	0,5
2	76	0,5
3	78	0,5
4	78	0,5
5	79	0,5
Valor promedio =>	77,4	0,5

Tabla 6 Toma de datos con carga directa Corriente Vs RPM

Fuente Autor del proyecto

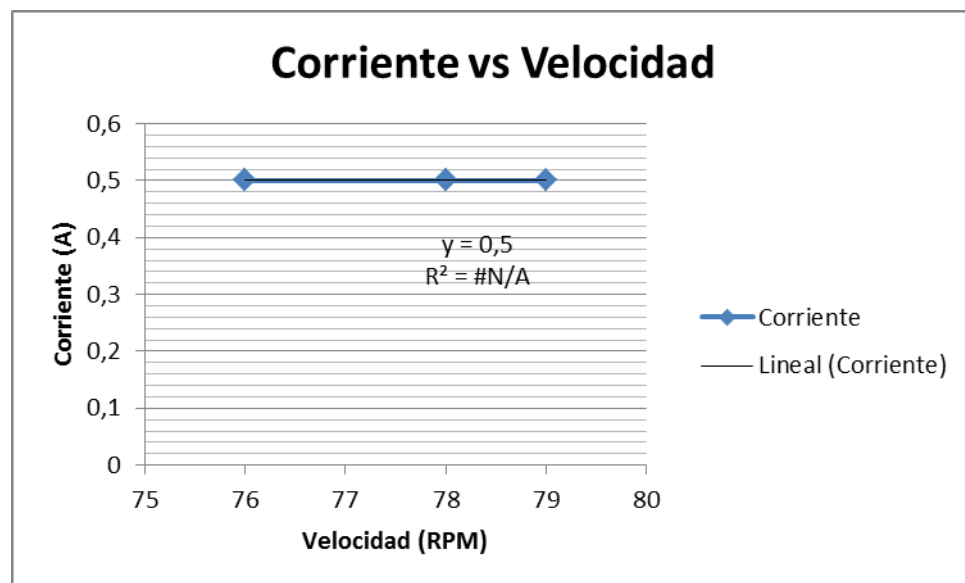


Figura 42 Corriente VS RPM

Fuente Autor del proyecto

La corriente como lo indican los resultados en la tabla 6 y la grafica 42, no presenta variación alguna, debido a que siempre están encendidas la misma cantidad de bombillas y la velocidad angular no varía considerablemente, tan solo en un rango de 3 rpm. Esto nos da un resultado promedio de 0.5 A a 77.4 rpm (ver tabla 6).

•Potencia eléctrica Vs RPM

TOMA DE DATOS CON CARGA DIRECTA				
PRUEBA	VELOCIDAD (RPM)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (WATT)
1	76	3	0,5	1,5
2	76	3	0,5	1,5
3	78	3,2	0,5	1,6
4	78	3,2	0,5	1,6
5	79	3,3	0,5	1,65
Valor promedio =>	77,4	3,14	0,5	1,57

Tabla 7Toma de datos con carga directa Potencia eléctrica Vs RPM

Fuente Autor del proyecto

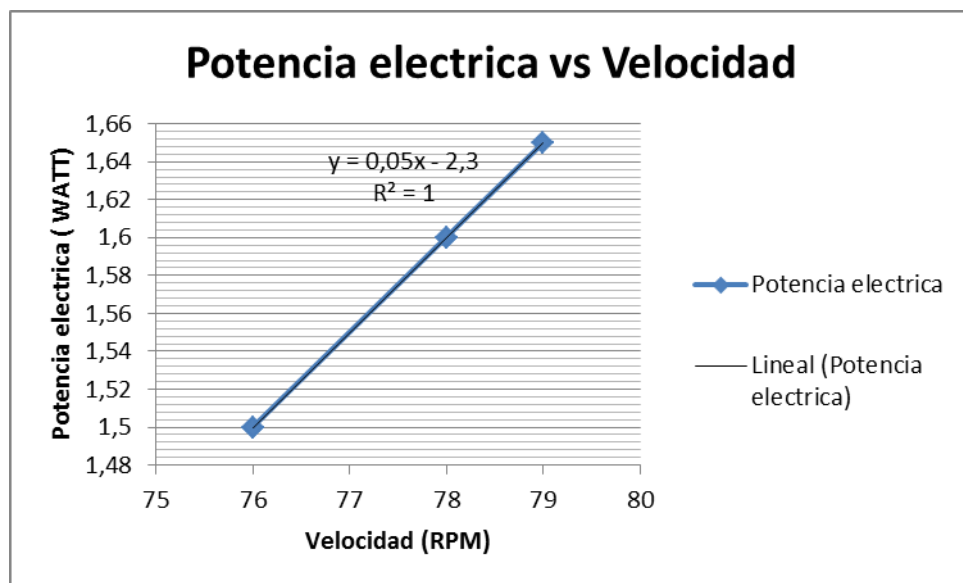


Figura 43 Potencia eléctrica VS RPM

Fuente Autor del proyecto

Debido a que la corriente y el voltaje en estas mediciones fueron tan bajos, se esperaba que la potencia eléctrica obtenida sería muy mínima como lo muestran los datos; en promedio se tiene 1.57 Watts a 77.4 rpm
(Ver tabla 6).

Ahora se halla la eficiencia para estos datos de carga directa y se realiza con los valores promedio de las tablas.

Q = Caudal

V = Velocidad

H_n = Altura

E = Eficiencia

P_h = Potencia Hidráulica

P_e = Potencia Eléctrica

δ = Peso específico agua

Según la norma internacional para el montaje de turbinas hidráulicas, la altura neta ($H = H_n$) para turbinas tipo Hélice se determina con la ecuación mostrada en la figura 44

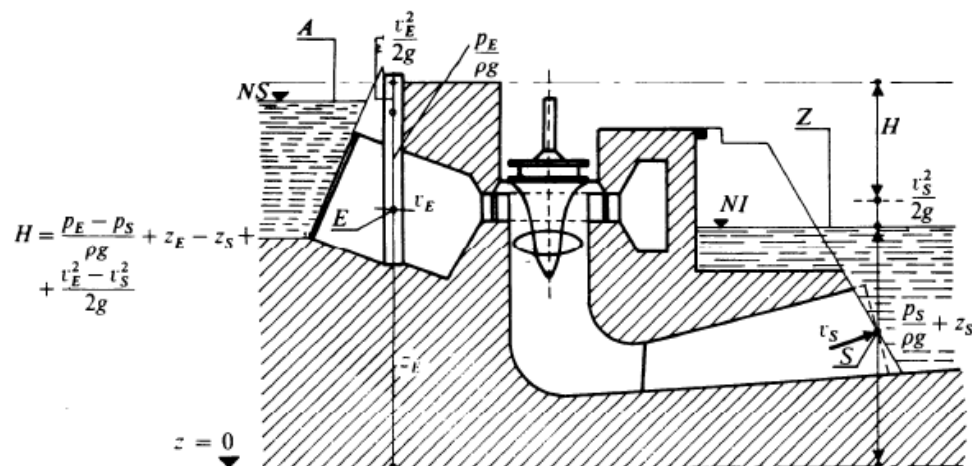


Figura 44 Norma internacional para determinar la altura neta en turbina tipo Hélice.

Fuente Mecánica de fluidos y Maquinas Hidráulicas – segunda edición- Claudio Mataix

$$Hn = \frac{p}{\delta} + \frac{v^2}{2g}$$

$$Hn = \frac{Pe - Ps}{\rho g} + Ze - Zs + \frac{Ve^2 - Vs^2}{2g}$$

Se desprecian algunas variables, debido a que se aproximan a cero y su valor no es significativo dentro de la ecuación.

$$Hn = \frac{p}{\delta} + \frac{v^2}{2g} \quad (11)$$

$$Q = VxA \quad (12)$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,008188667}{0,0081} = 1,01m/s$$

$$Hn = \frac{27571,42}{9800} + \frac{1,01}{2(9,8)} = 2,8642Mts$$

$$Ph = \delta x Q x Hn \quad (13)$$

$$Ph = 9800 x 0,008188667 x 2,8642 = 229,85Watts$$

$$Pe = V x I \quad (14)$$

$$Pe = 3,14V x 0,5A = 1,57Watts$$

$$\%E = \frac{Pe}{Ph} x 100 \quad (15)$$

$$E = \frac{1.57}{229.85} \times 100 = 0.68\%$$

El resultado muestra una eficiencia baja, lo que indica que esta configuración no es la adecuada para el sistema, debido a que esta turbina como lo dice el fabricante es utilizada para cargar baterías acopladas a un sistema.

Esta eficiencia también es el resultado de la falta del caudal necesario para la turbina y es debido a las limitaciones que se presentaron en la construcción del banco.

3.2.3 Datos con carga indirecta (batería conectada)

• Caudal Vs RPM

TOMA DE DATOS CON CARGA INDIRECTA (BATERÍA CONECTADA)				
PRUEBA	VELOCIDAD (RPM)	TIEMPO (SEG)	VOLUMEN(m³)	CAUDAL (m³/SEG)
1	262	12,94	0,1	0,007692307
2	262,1	12,95	0,1	0,007722007
3	262,1	12,95	0,1	0,007722007
4	262,3	12,95	0,1	0,007722007
5	263,3	13	0,1	0,007727975
Valor promedio	262,36	12,958	0,1	0,007717261

Tabla 8 Toma de datos con carga indirecta Caudal Vs RPM

Fuente Autor del proyecto

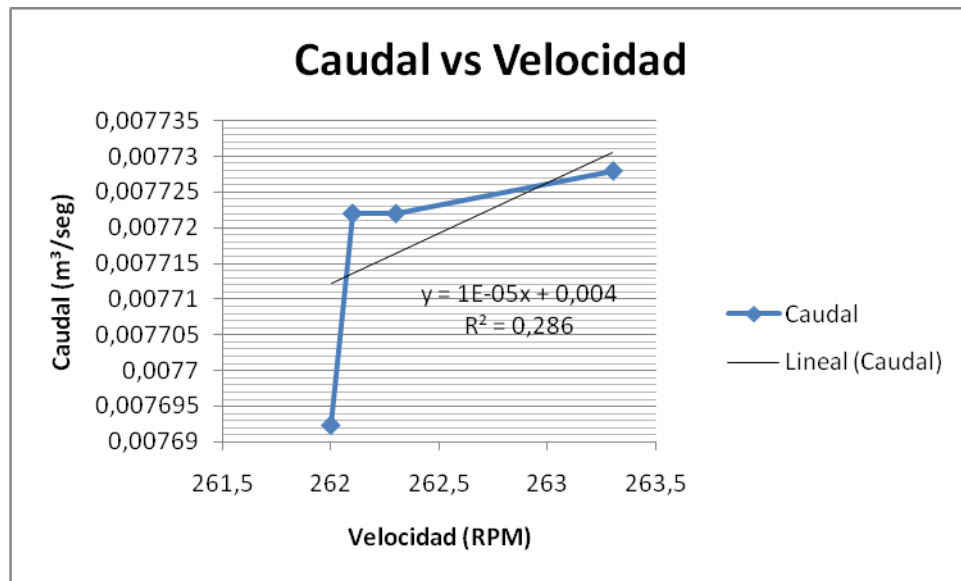


Figura 45 Caudal VS RPM

Fuente Autor del proyecto

En esta toma de datos se modifica el sistema, debido a que es conectada una batería de 12 Vdc entre el regulador de voltaje y el panel de carga (ver figura 14). Es notable el cambio que presentan las variables, los datos mejoraron sustancialmente en comparación con los de carga directa sin batería (ver tabla 7 y figura 45).

• Voltaje Vs RPM

TOMA DE DATOS CON CARGA INDIRECTA (BATERÍA CONECTADA)		
PRUEBA	VELOCIDAD (RPM)	VOLTAJE (V)
1	262	13,4
2	262,1	13,5
3	262,1	13,5
4	262,3	13,5
5	263,3	13,5
Valor promedio =>	262,36	13,48

Tabla 9 Toma de datos con carga indirecta Voltaje Vs RPM

Fuente Autor del proyecto

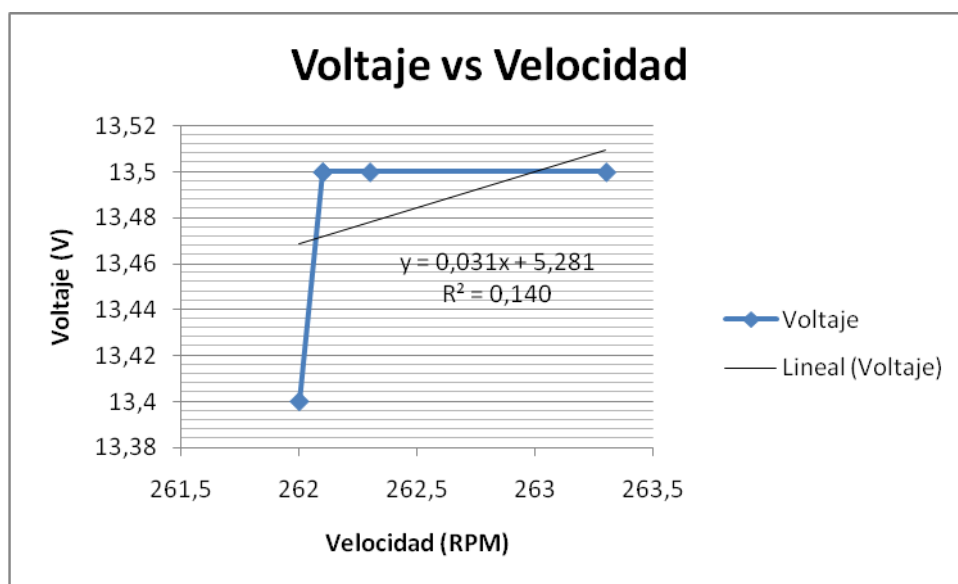


Figura 46 Voltaje VS RPM

Fuente Autor del proyecto

Debido a la conexión de la batería estos datos son más estables que los anteriores (carga directa), se puede observar en la grafica que a partir de la segunda medición el voltaje se mantiene estable y la variación de la velocidad angular es muy mínima, dándonos un comportamiento lineal (ver tabla 8 y figura 46).

• Corriente Vs RPM

TOMA DE DATOS CON CARGA INDIRECTA (BATERÍA CONECTADA)		
PRUEBA	VELOCIDAD (RPM)	CORRIENTE (A)
1	262	11,9
2	262,1	12
3	262,1	12
4	262,3	12
5	263,3	12
Valor promedio =>	262,36	11,98

Tabla 10 Toma de datos con carga indirecta Corriente Vs RPM

Fuente Autor del proyecto

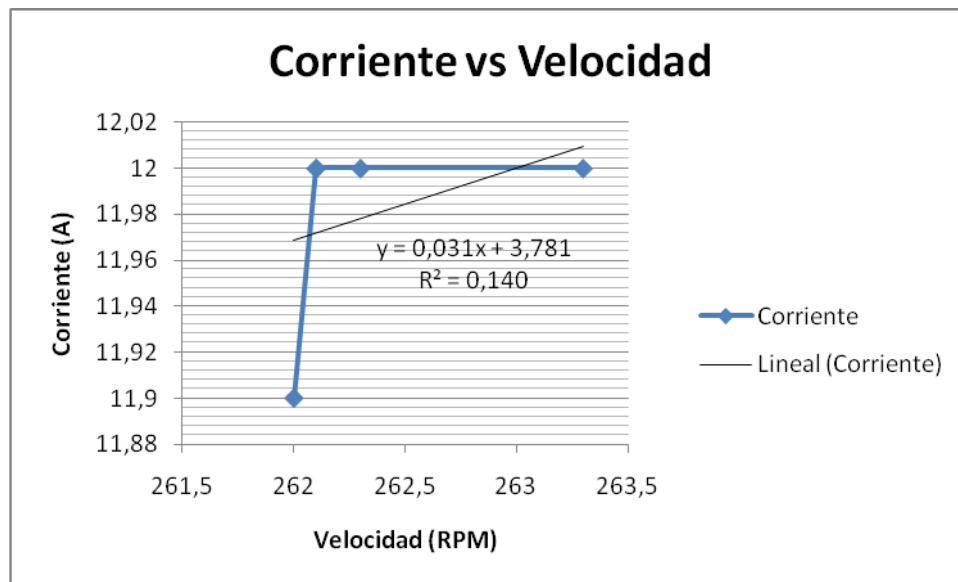


Figura 47 Corriente VS RPM
Fuente Autor del proyecto

La corriente aumentó en esta prueba, en promedio se obtuvo una medición de 11.95 A a 262.36 rpm (ver tabla 9), pero no se obtuvo gran variación en el comportamiento de la grafica con las pruebas con carga directa (ver figura 47).

•Potencia eléctrica Vs RPM

TOMA DE DATOS CON CARGA INDIRECTA (BATERÍA CONECTADA)				
PRUEBA	VELOCIDAD (RPM)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (WATT)
1	262	13,4	11,9	159,46
2	262,1	13,5	12	162
3	262,1	13,5	12	162
4	262,3	13,5	12	162
5	263,3	13,5	12	162,6
Valor promedio	262,36	13,48	11,98	161,612

Tabla 11 Toma de datos con carga indirecta Potencia eléctrica Vs RPM
Fuente Autor del proyecto

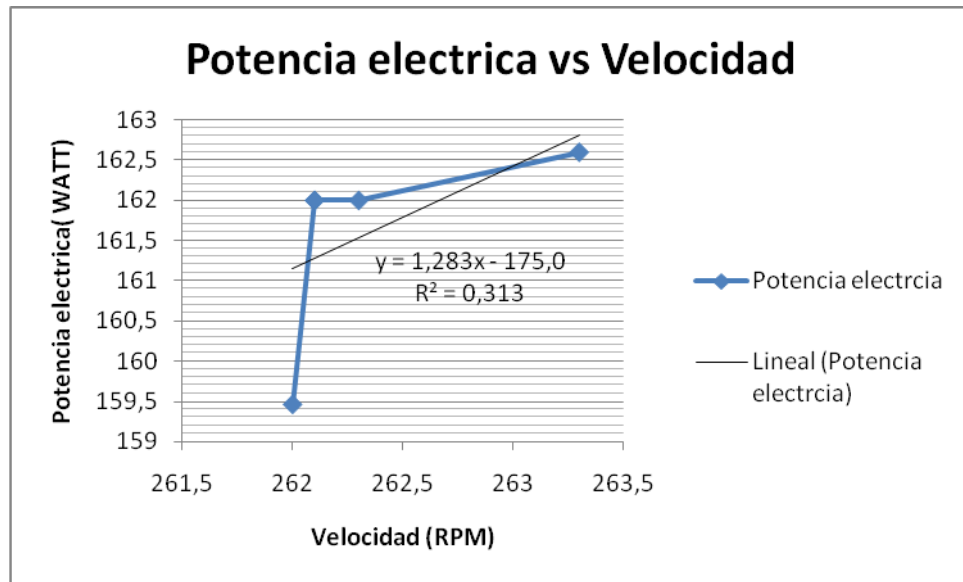


Figura 48 Potencia eléctrica VS RPM

Fuente Autor del proyecto

Por último se observa que la potencia eléctrica obtenida con esta prueba de carga indirecta con batería es la mejor, obteniendo en promedio 161.612 Watts a 262.36 rpm (ver tabla 10). El comportamiento de la grafica no presenta variaciones grandes manteniendo un rango mínimo tanto en la velocidad angular como en la potencia eléctrica (ver figura 48).

4. CONCLUSIONES

- Se realizaron los planos del banco de pruebas para la turbina LH 1000, estos contienen en detalle las medidas del mismo, en diferentes vistas así como la imagen tridimensional de cada pieza. Ver anexo 7
- Se construyó e implemento un banco de pruebas para la turbina hidráulica LH 1000, donde se realizaron ensayos a una misma apertura de la válvula y en 3 tipos de configuración de carga (En vacío, con carga directa e indirecta).
- Se realizaron las graficas que caracterizan el desempeño de la turbina hidráulica LH 1000, Caudal -Velocidad angular (Q Vs V), Voltaje - Velocidad angular (Q Vs V), Corriente - Velocidad angular (Q Vs V), Potencia eléctrica - Velocidad angular (P_e Vs V) y la eficiencia de la misma que es de 0.68% en la configuración de carga directa. Esta eficiencia es baja debido a que el sistema no cuenta con el caudal de agua suficiente para la turbina.
- Se realizó una guía de laboratorio para la turbina hidráulica LH 1000, que se implementara en la asignatura de maquinas hidráulicas. Ver anexo 8

5. RECOMENDACIONES

- Los rodamientos de la LH 1000 se deben reemplazar por lo menos una vez al año, o cuando los ajustes superen las tolerancias permitidas. De lo contrario pueden producirse daños en el estator y / o rotor.
- Implementación de dos válvulas tipo cheque, para la succión de las bombas hidráulicas, de lo contrario pueden haber daños en las mismas.
- Modificar la longitud del eje motriz de la turbina, de esta manera el canal donde se encuentra instalada la LH 1000, puede aumentar su tamaño y así obtener una presión más alta en la entrada del agua por las guías de vena.
- No operar el sistema con carga directa, a no ser que sea absolutamente necesario debido a que el sistema funciona de manera eficiente con baterías (sistema indirecto) como lo indica el fabricante.
- Antes de poner en marcha las bombas, verificar que estas no se encuentren “pegadas”, de lo contrario puede sufrir daño el motor eléctrico de la bomba.

BIBLIOGRAFIA

- [1] MANUALES SOBRE ENERGIA RENOVABLE: Hidráulica a pequeña escala / Biomass Users Network (BUN-CA). 1 ed. – San José, C.R. : Biomass Users Network (BUN-CA), 2002
- [2] FERNÁNDEZ DÍEZ, Pedro. TURBINAS HIDRÁULICAS. [En línea] <http://libros.redsauce.net/Turbinas/Hidraulicas/PDFs/01Turb.Hidr.pdf> [Consulta: 20 octubre 2011]
- [3] MATAIX, Claudio. Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas. 2 Ed. Madrid: Ediciones del castillo S.A. 1986.
- [4] THE ENCUCLOPEDIA OF ALTERNATIVE ENERGY AND SUSTAINABLE LIVING. [En línea] http://www.daviddarling.info/encyclopedia/F/AE_Francis_turbine.html [Consulta 5 Noviembre 2011]
- [5]. EISENRING, Marcus. Micro Pelton Turbines: Volume 9. 1 Ed. Eschborn, Germany: SKAT, Swiss Center for Appropriate Technology. 1991.
- [6]. FABRICANTES DE MICRO TURBINAS HIDRAULICAS. [En línea] <http://www.smallhydropower.com/turgo.html> [Consulta 18 noviembre 2011]
- [7] ENDESA S.A. FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE LOS GENERADORES. [En línea] http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores [Consulta 15 Diciembre 2011]

[8] ELECTROQUIMICA Y ELECTROLISIS. [En línea]
http://www.pps.k12.or.us/district/depts/edmedia/videoteca/curso3/htmlb/SEC_83.H
TM [Consulta 26 Diciembre 2011]

[9] BASTAN TECNOLOGIAS. BATERIAS TIPO GEL [En línea]
<http://www.bastan.es/pagproductos/bateriasgel.htm> [Consulta 5 enero 2011]

[10] HERNÁNDEZ ARROYO, Emil. Handbook of statistics. 1 Ed. Bogotá,
Colombia: Editorial Universidad Cooperativa de Colombia (Educc), 2006.

ANEXOS

ANEXO 1

FICHA TECNICA BOMBA BARNES C-210

Características de la bomba	
Tipo de bomba	Centrífuga
Tipo de acoplamiento	Monobloque
Tipo de impulsor	Cerrado en plástico
Cantidad de impulsores	1
Tipo de cierre	Sello mecánico 5/8" tipo 6
Temperatura Max. Líquido	158° F (70 ° C) Continua

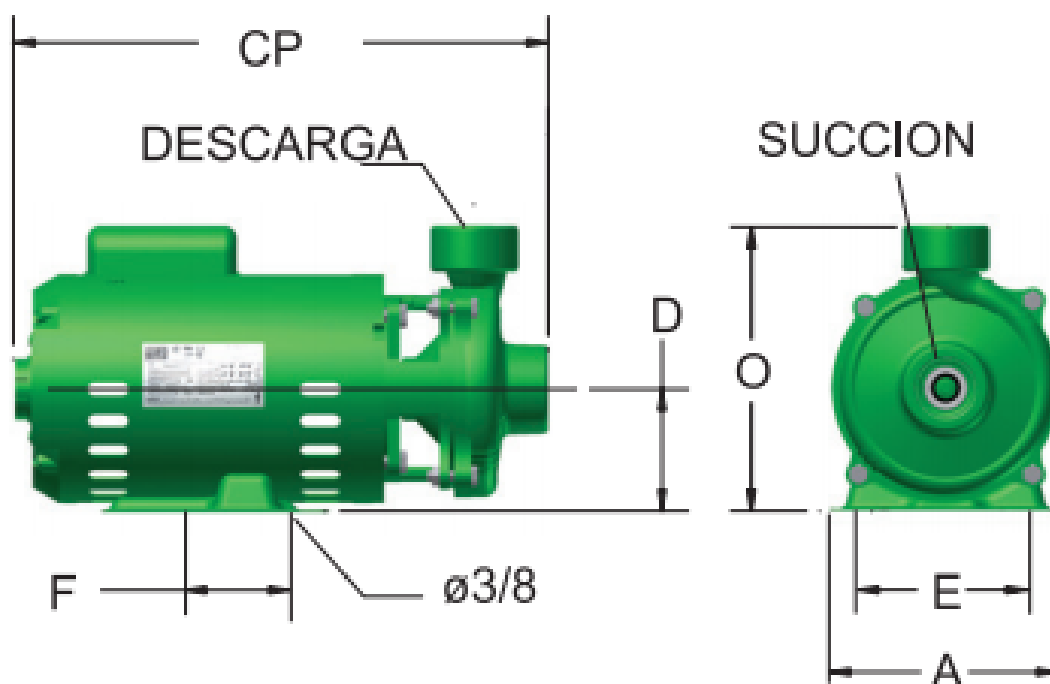
Modelo	Ref.	Potencia (HP)	Fases	Amperaje		H max. (mca) *	Q max. (GPM) **	Succión	Descarga
				115 V	230 V				
C-210	1A0083	1,0	Monofásico	16,3	8,15	23	81	1 1/2"	1 1/2"
C-215	1A0084	1,5	Monofásico	22,0	11,0	27	85	1 1/2"	1 1/2"
C-220	1A0085	2,0	Monofásico	25,0	12,5	31	95	1 1/2"	1 1/2"

* La altura (H) máxima se logra con la válvula totalmente cerrada

** El caudal (Q) máximo se logra con la válvula totalmente abierta

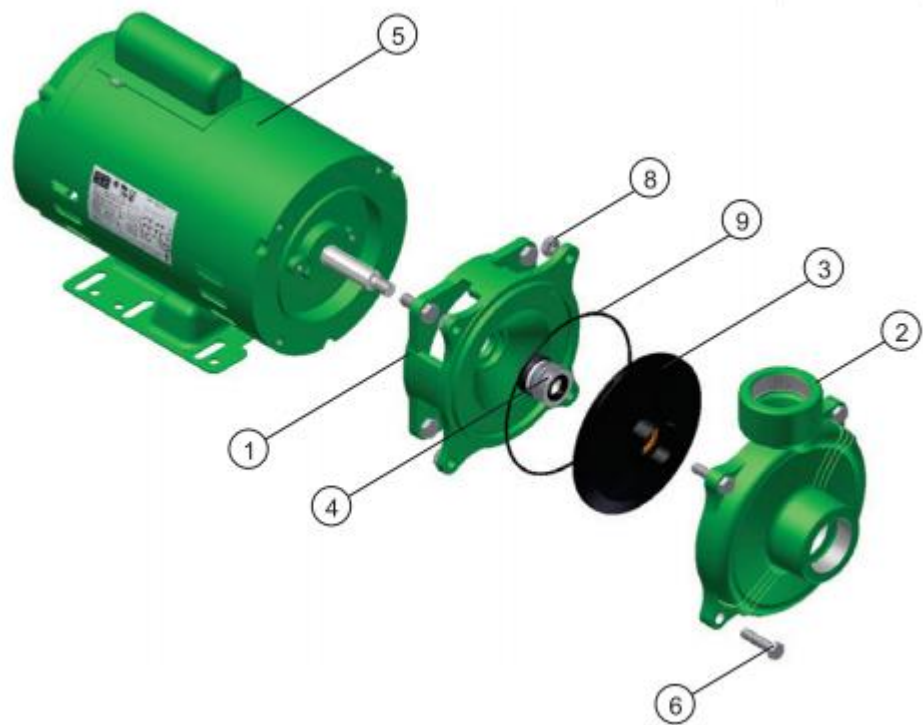
Características del Motor	
Velocidad	3.450 RPM (nominal)
Diseño	Nema 56J
Aislamiento	Clase B
Factor de servicio	1.15
Frecuencia	60 Hz

Dimensiones generales (mm)							
Modelo	CP	O	D	F	A	E	Peso
C-210	358	206	89	76,2	166	123,8	16 kg
C-215	379	206	89	76,2	166	123,8	18,5 kg
C-220	387	206	89	76,2	166	123,8	20 kg



Materiales	
Cuerpo	Hierro fundido ASTM A-48, Clase 20
Impulsor	Noryl
Sello mecánico	Carbón / Cerámica / Buna-N
Acople intermedio	Hierro fundido ASTM A-48, Clase 20
Empaques	Buna Nitrilo

Lista de partes					
No.	Descripción	Ref.	Cantidad		
			C-210	C-215	C-220
1	ACOPLE FUND FE. EH	19589	1	1	1
2	CUERPO EC 1-1/2X1-1/2	31438	1	1	1
3	IMPULSOR PLASTICO EC-210 ø4.40	23440	1		
3	IMP PLAST EC-215 4.800"	23480		1	
3	IMP PLAST EC-220 ø5.150	23520			1
4	SELLO MEC. 5/8" T08 0810SBP4RS	00049	1	1	1
5	MOTOR 1.0HP 3500RPM 1F 58J WEG	25291	1		
5	MOTOR 1.5HP 3500RPM 1F 58J WEG	25292		1	
5	MOTOR 2.0HP 3500RPM 1F 58J WEG	25293			1
6	TORNILLO 5/16x1-1/4NC.GR.5 ZIN	02220	4	4	4
7	TORNILLO 3/8 X 3/4 NC.GR.2	02195	4	4	4
8	TUERCA 5/16 NC.GR.2 IRIZADA	02501	4	4	4
9	ANILLO O EH/EC #159	17732	1	1	1



ANEXO 2

FICHA TECNICA BOMBAS PEDROLLO

PKM 60.

CAMPO DE LAS PRESTACIONES

Caudal hasta 90 l/min (5.4 m³/h)

Altura manométrica hasta 100 m

LIMITES DE UTILIZO

Altura de aspiración manométrica hasta 8 m

Temperatura del fluido hasta + 60°C

Máxima temperatura ambiente hasta + 40°C

EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD:

EN 60 335-1	EN 60034-1
IEC 335-1	IEC 34-1
CEI 61-150	CEI 2-3

EMPLEOS E INSTALACIONES

Se aconsejan para bombear agua limpia que no contenga partículas abrasivas y/o líquidos químicamente agresivos para los materiales que constituyen la bomba.

GRACIAS A SU FIABILIDAD, SENCILLEZ DE EMPLEO Y ECONOMIA, SON PARTICULARMENTE APTAS PARA EL EMPLEO DOMESTICO Y ESPECIALMENTE PARA LA DISTRIBUCION AUTOMATICA DEL AGUA ACOPLADAS A PEQUEÑOS EQUIPOS HIDRONEUMATICOS, PARA RIEGOS DE HUERTAS Y JARDINES, PARA INCREMENTAR LA INSUFICIENTE PRESION DE LA RED DE ACUEDUCTOS.

La instalación se debe efectuar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.

GARANTIA: 2 AÑOS

(según nuestras condiciones generales de venta).

CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION

- **CUERPO BOMBA:**
en hierro fundido, con bocas de aspiración e impulsión roscadas gas UNI ISO 228/1.
- **SOPORTE MOTOR patente n° 1289150:**
en aluminio con laminilla de ajuste frontal en latón que reduce las dificultades de arranque causadas por el bloqueo del rodete tras largos periodos de inactividad.
- **RODETE:**
en latón, del tipo aspas periféricas radiales, flotante respecto al eje.
- **EJE MOTOR:**
en acero inoxidable AISI 430F (AISI 416 hasta 0.50 kW).
- **SELLO MECANICO:**
cerámica y grafito.
- **MOTOR ELECTRICO:**
las bombas están acopladas directamente a un motor eléctrico PEDROLLO expresamente dimensionado, de tipo asíncrono con elevado rendimiento, silencioso, cerrado, con ventilación externa, de forma constructiva "IM B3", apto para servicio continuo. AISLAMIENTO clase F (B hasta a 0.75 kW).
El protector térmico (salvomotor) está incorporado en los motores monofásicos.
Los motores trifásicos deben estar protegidos con un salvamotor exterior adecuado, por lo que se prevé una conexión conforme a las normas vigentes.
- **PROTECCION:** IP 44.
- **MODELO REGISTRADO** n° 72753



DATOS DE FUNCIONAMIENTO A n= 2900 1/min

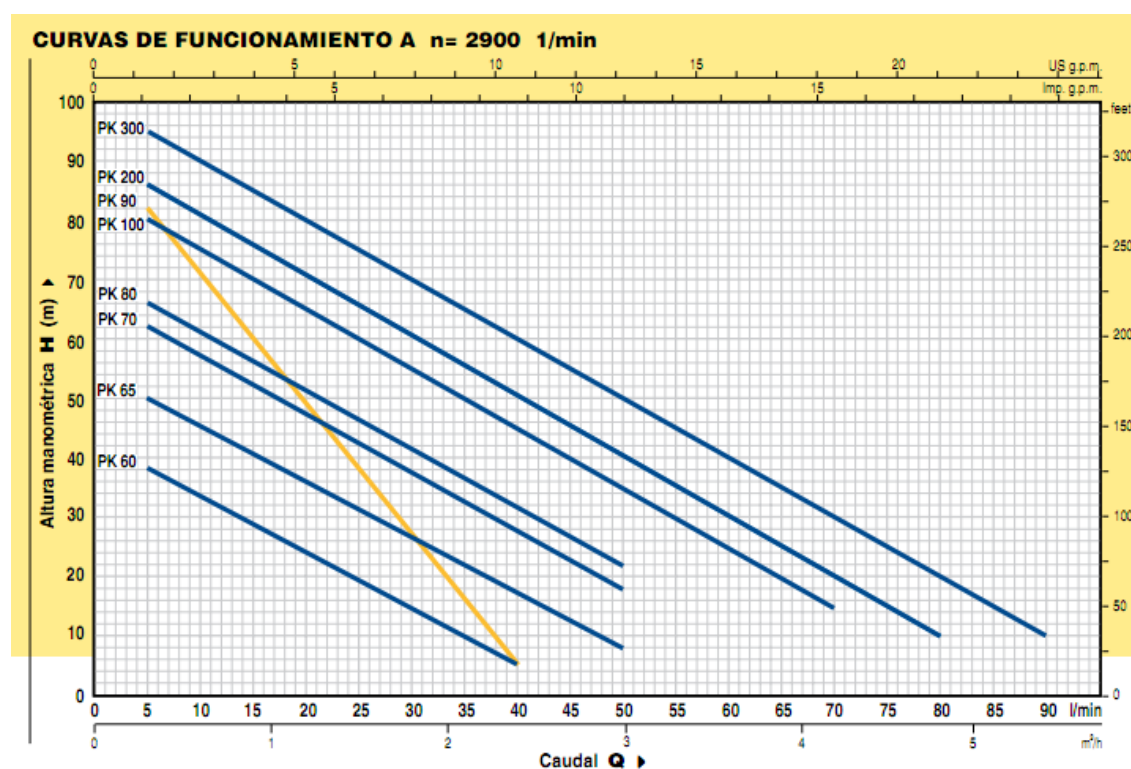
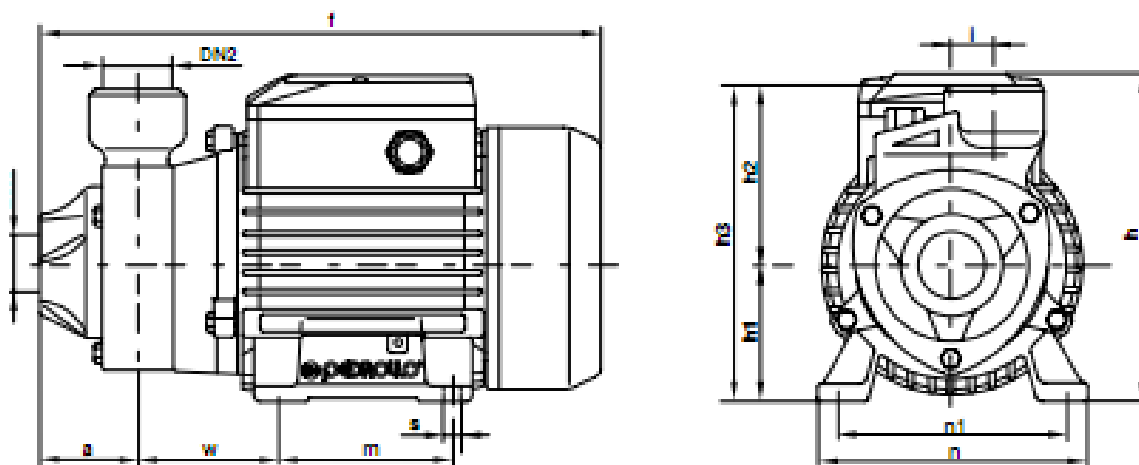
MODELO BOMBA		POTENCIA		Q m³/h l/min	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90
PKm 60*	PK 60*	0.37	0.50	H (m)	40	38	33.5	29	24	19.5	15	10	5					
PKm 65	PK 65	0.50	0.70		55	50	45.5	40.5	36	31	27	22	17	8				
PKm 70	PK 70	0.60	0.85		65	62	57	52	47	42	37	32	27	18				
PKm 80	PK 80	0.75	1		70	66	61	56	51	46	41	36.5	31	22				
PKm 90	PK 90	0.75	1		90	82	71	60	49	38	27	17	5					
PKm 100	PK 100	1.1	1.5		85	80	75	70	65	60	55	50	45	35	25	15		
PKm 200	PK 200	1.5	2		90	86	81	76	71	65.5	60	55	50	40	30	20	10	
—	PK 300	2.2	3		100	95	90	85	80	75	70	65	60	50	40	30	20	10

Q = CAUDAL H = ALTURA MANOMETRICA TOTAL

Tolerancia de las curvas de prestaciones según ISO 2548.

TABLA DE DIMENSIONES

MODELO BOMBA		DN1	DN2	DIMENSIONES mm											
Monofásica	Trifásica			a	f	h	h1	h2	h3	i	m	n	n1	w	s
PKm 60 ³	PK 60 ³	1"	1"	42	243	152	63	75	138	20	80	120	100	55	7
PKm 65	—	1"	1"	48	258	152	63	80	143	20	80	120	100	55	7
—	PK 65	1"	1"	48	250	152	63	80	143	20	80	120	100	55	7
PKm 70-80	PK 70-80	1"	1"	55	285	179	71	85	156	20	90	138	112	62	7
PKm 90	PK 90	3/4"	3/4"	58	288	179	71	95	166	20	90	138	112	62	7
PKm 100	PK 100	1"	1"	55	322	203	80	94	174	20	100	158	125	85	9
PKm 200	—	1"	1"	55	342	203	80	94	174	20	100	158	125	95	9
—	PK 200	1"	1"	55	322	203	80	94	174	20	100	158	125	85	9
—	PK 300	1"	1"	55	342	203	80	94	174	20	100	158	125	95	9



ANEXO 3

FICHA TECNICA CONVERTIDOR DE VOLTAJE

CONVERTIDOR DE VOLTAJE DE 24 VDC A 12 VDC



Este equipo permite convertir el voltaje del sistema de 24VDC a 12VDC, permitiendo una capacidad de corriente de 25Amp o de 50Amp según modelo, eliminando la necesidad de rotar periódicamente las baterías y aumentándoles la vida útil.

CARACTERÍSTICAS

- Voltaje de entrada: 24 – 33 VDC.
- Voltaje de salida: 14.5 -13.2 VDC.
- Consumo de potencia: 300 W y 600W.
- Corriente de salida: 20Amp y 40Amp modo continuo y pico de 25Amp y 50Amp.
- Protección contra inversión de polaridad.
- Control automático de temperatura.
- Protección contra sobrevoltaje a la salida y la entrada.
- Dimensiones: Largo: 22Cms, Ancho: 16 cms, Alto:10 cms.

APLICACIONES

- Como partidor de voltaje en sistema de 24VDC, permite conectar equipos a 12VDC, como sonidos, radioteléfonos, puertas a 12VDC, termo-king, inversores según la capacidad del convertidor.
- Para eliminar la necesidad de rotar baterías en los vehículos.

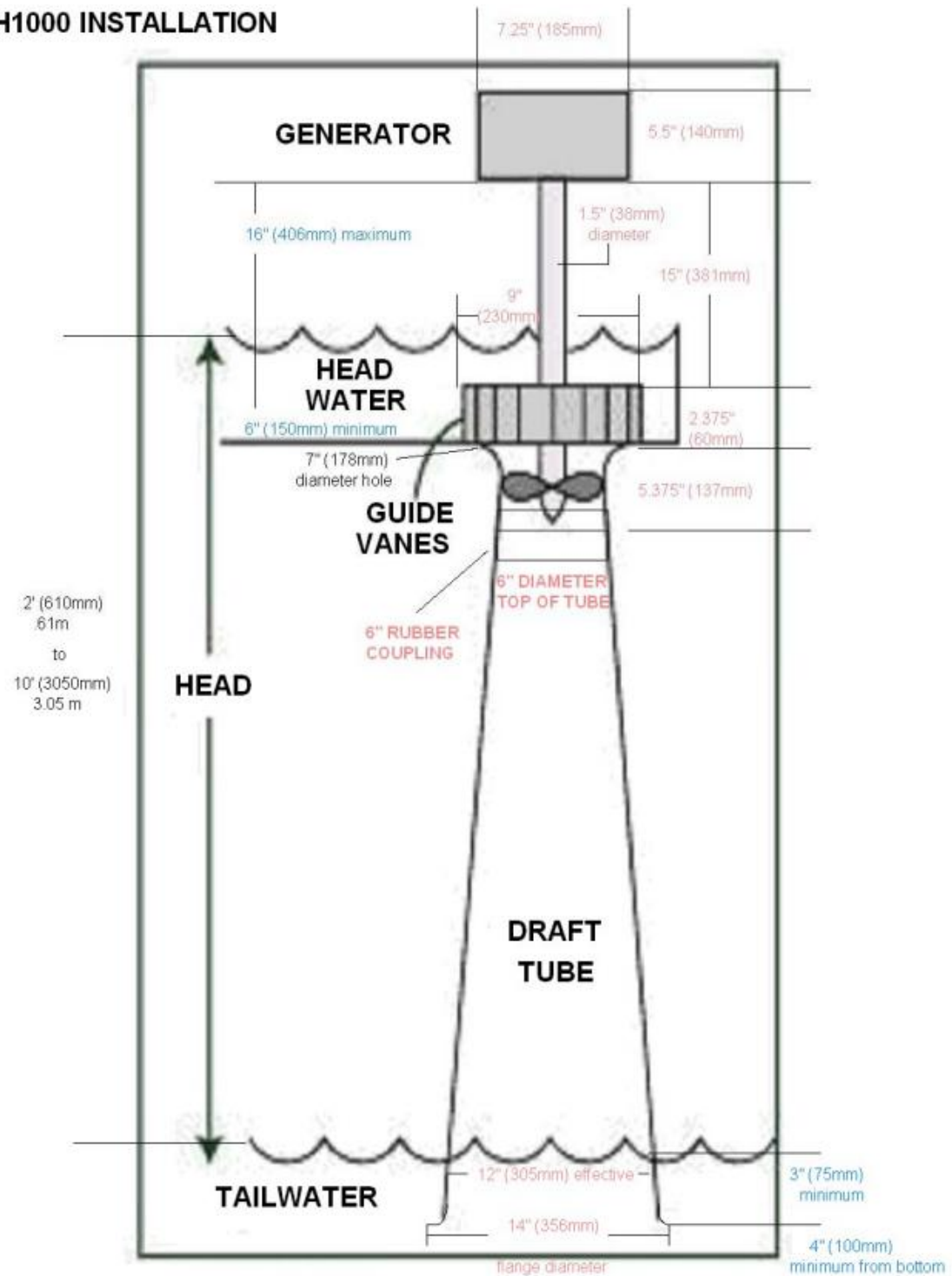
INGETRONIK es una empresa colombiana, dedicada a la reparación, fabricación especializada de equipos y herramientas electrónicas, venta de componentes y accesorios electrónicos, con lo cual contribuye a la productividad de sus clientes, ofreciendo productos y servicios innovadores, confiables y garantizados.

NUESTROS VALORES:

INGETRONIK, Ingeniería electrónica a su servicio es una empresa de base tecnológica, que soluciona problemas con responsabilidad y honestidad en el área de la electrónica aplicada, haciendo más competitivos los diferentes sectores productivos mediante soluciones innovadoras, actuando con respeto, integridad, sentido de superación y constancia.

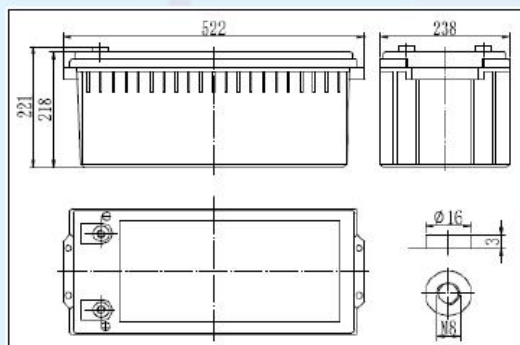
ANEXO 4
INSTALACION LH 1000.

LH1000 INSTALLATION



ANEXO 5

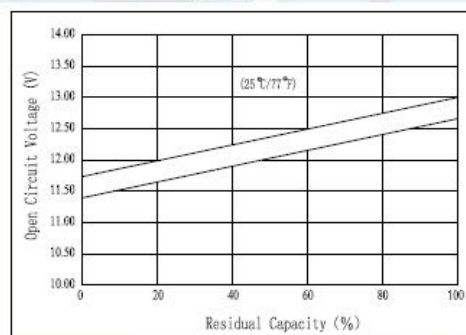
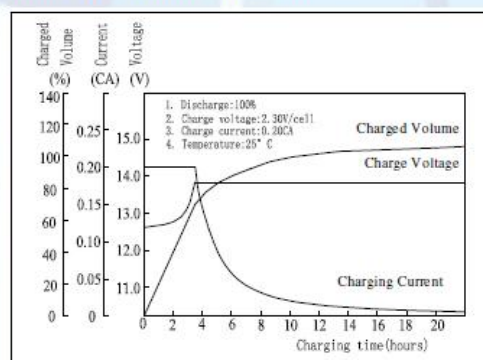
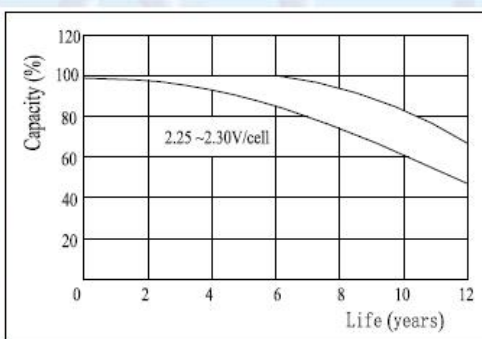
FICHA TECNICA BATERIA MT122050.

Dimensions

Specifications

Nominal Voltage		12 V
Capacity(10HR, 25°C)		205 Ah
Dimension	Length	522mm (20.55inch)
	Width	238mm (9.37inch)
	Height	218mm (8.58inch)
	Total Height	221mm (8.70inch)
Approx. Weight		65kg (143lbs)
Internal resistance (Fully charged, 25°C)		Approx. 3.5mΩ
Capacity affected by temperature (10HR)	40°C	102%
	25°C	100%
	0°C	85%
	-15°C	65%
Self-discharge (25°C)	3 month	Remaining Capacity: 91%
	6 month	Remaining Capacity: 82%
	12 month	Remaining Capacity: 65%
Nominal operating temperature		25°C±3°C (77°F±5°F)
Operating temperature range		-15°C~50°C (5°F~122°F)
Float charging voltage(25°C)		13.50 to 13.80V
Cyclic charging voltage(25°C)		14.50 to 14.90V
Maximum charging current		60A
Terminal material		Copper
Maximum discharge current		1500A(5 sec.)

□ AGM and VRLA technology;

□ Recognized by UL & CE;

The Relationship for Open Circuit Voltage and Residual Capacity (25°C)

Charging Characteristics(25°C)

Floating Life Characteristics (25°C)

Constant Current Discharge Characteristics (A, 25°C)

FV/TIME	5min	10min	15min	30min	60min	3h	5h	10h	20h
9.60V	651	430	363	209	135	55.0	38.2	20.3	10.4
10.2V	615	409	350	202	127	53.5	37.0	20.1	10.3
10.8V	575	380	331	190	119	52.4	36.3	20.0	10.2

Constant Power Discharge Characteristics (Watt, 25°C)

FV/TIME	5min	10min	15min	30min	60min	3h	5h	10h	20h
9.60V	6720	4550	4010	2319	1482	639	444	242	124
10.2V	6480	4400	3852	2227	1423	629	437	240	123
10.8V	6012	4123	3651	2136	1352	617	429	240	122

ANEXO 6

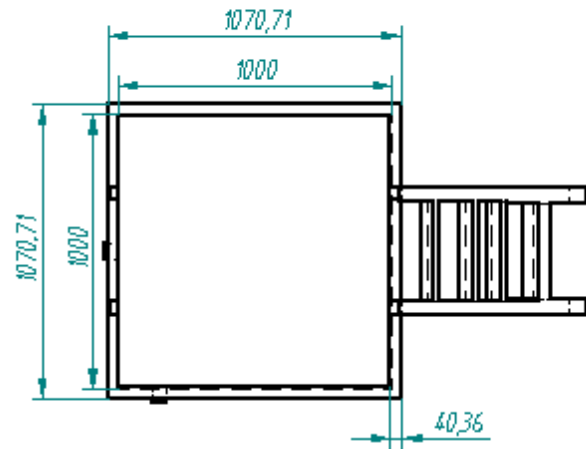
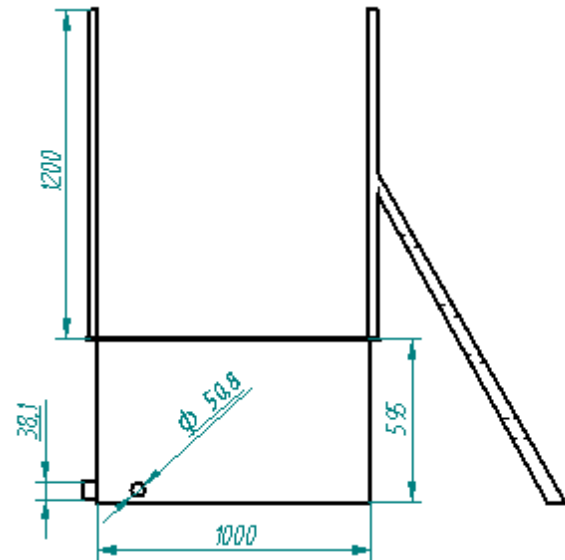
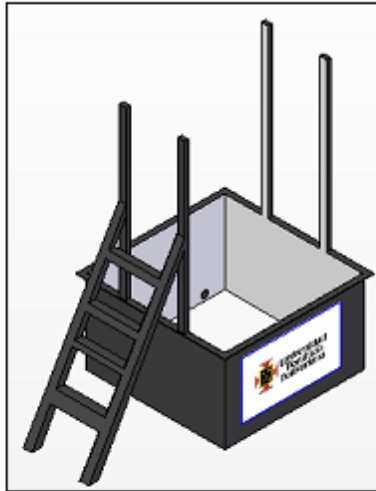
ACCESORIOS TUBERIA.



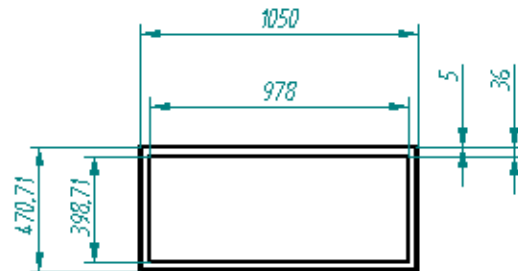
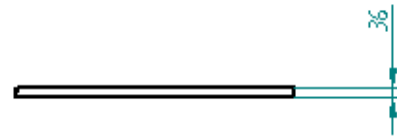
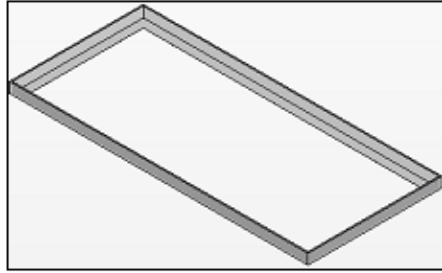
ANEXO 7

BANCO DE PRUEBAS TURBINA LH 1000,

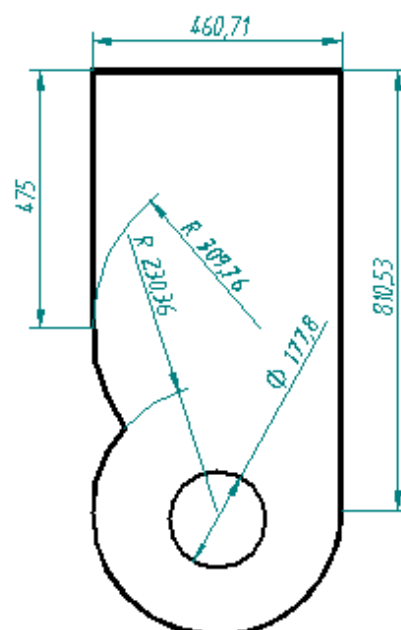
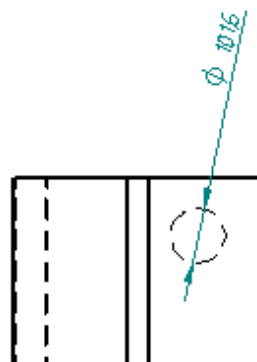
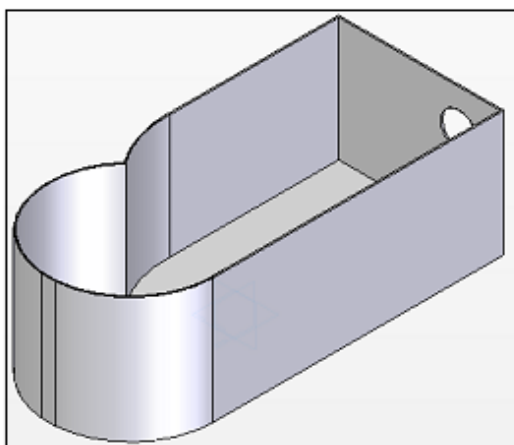
PLANOS DE DETALLE.



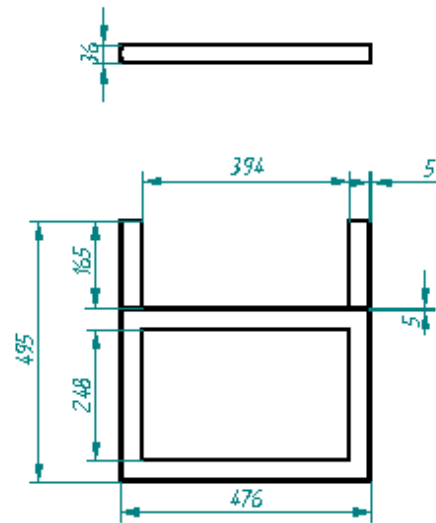
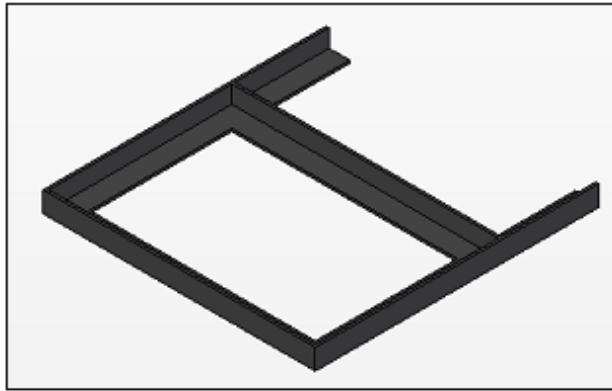
	Nombre	Fecha	 Universidad Pontificia Bolivariana	Escuela de Ingeniería Facultad de Ingeniería Mecánica
Diseño	José María H.	27 Enero 2012		
Dibujar	Emil Hernández A.			
Número	130			
Escala 1:20 Medidas en milímetros	Tareas de mecanizado, reparar y acople.			Construcción de un banco de pruebas para un motor térmico tipo motor 1H 1000



	Nombre	Fecha	 Universidad Pontificia Bolivariana	Escuela de Ingenierías
Elaboró	Josée Morilla M.	27 Enero 2012		Facultad de Ingeniería Mecánica
Diseñó	Emil Hernández A.			
Revisó	118			
Escala 1:20 Medidas en milímetros	Sección para el canal de la turbina LH 1000			Contraste de la base de pruebas para una turbina hidráulica tipo Pelica LH 1000



	Nombre	Fecha	 Universidad Pontificia Bolivariana	Escuela de Ingenierías
Elaboró	Johán Martínez M.	27 Enero 2012		Facultad de Ingeniería Mecánica
Diseñó	Emil Hernández A.			
Verificó	JSS			
Escala H0 Modificó en milímetros	Construcción de la turbina LH 1000			Construcción de la base de pruebas para una turbina hidráulica tipo bolina LH 1000



	Nombre	Fecha	 Universidad Pontificia Bolivariana	Escuela de Ingeniería Facultad de Ingeniería Mecánica
Elaboró	Julian Morillo H.	27 Enero 2002		
Diseñó	Emil Hernández A.			
Nombre	130			
Escala H0 Medidas en milímetros	Sección para la Tercera 2. H.			Construcción de la base de pruebas para una turbina hidráulica tipo hélice H. 1000



	<i>Nombre</i>	<i>Fecha</i>	 Universidad Pontificia Bolivariana	<i>Escuela de Ingenieros</i>
<i>Diseño</i>	José Morillo M.	27 Enero 2002		<i>Facultad de Ingeniería Mecánica</i>
<i>Director</i>	Emil Hernández A.			
<i>Número</i>	130			
<i>Escala</i> 1:20	<i>Banco de pruebas para la torsión H 1000 y 2 Kc.</i>			<i>Construcción de un banco de pruebas para ensayos hidráulicos tipo Indico H 1000.</i>
<i>Hojas de</i> <i>de milímetros</i>				

ANEXO 8
PRACTICA DE LABORATORIO.

LABORATORIO DE MAQUINAS HIDRAULICAS  Universidad Pontificia Bolivariana		
PRACTICA n° 1	ENSAYO A UNA TURBINA HIDRAULICA TIPO HELICE DE 1 Kw	Realizó: JULIAN ANDRES MANTILLA M.
		Revisó: EMIL HERNANDEZ ARROYO

PRACTICA DE LABORATORIO DEL BANCO DE PRUEBAS DE UNA TURBINA HIDRAULICA TIPO HELICE

1. INTRODUCCION

Una turbina hidráulica es una turbo maquina que aprovecha la energía de un fluido que pasa a través de ella para producir un movimiento rotacional, que es transferido mediante un eje a un generador, encargado de transformar la energía mecánica en energía eléctrica.

Es muy importante determinar en qué forma se está desempeñando una turbina hidráulica, para ello es necesario conocer la forma en que se pueden determinar las variables como caudal, voltaje, corriente, potencia hidráulica, potencia eléctrica y así determinar sus propias curvas de desempeño en función de las RPM .Es necesario reconocer que tipo de turbina se tiene en el laboratorio y así proceder a la toma de datos necesarios para la elaboración del informe.

2. OBJETIVOS

- ❖ Reconocimiento de los equipos necesarios para llevar a cabo el laboratorio.
- ❖ Toma de datos (Caudal, voltaje , corriente, Potencia hidráulica, potencia eléctrica) para una misma apertura de la válvula (3/4), en las 3 configuraciones siguientes :

- Sin carga o en vacío (panel de carga y batería desconectados)
 - Con carga directa (panel de carga conectado, batería desconectada, luego la carga estará conectada directamente a la salida del regulador de voltaje).
 - Con carga Indirecta (panel de carga conectado, batería conectada, luego la batería estará conectada al regulador de voltaje y el panel de carga a la batería).
- ❖ Graficas con las curvas de desempeño de la turbina hidráulica en cada una de las 3 configuraciones anteriores.
 - ❖ Eficiencia de la turbina hidráulica

3. EQUIPOS

- ❖ Tacómetro digital.
- ❖ Cronometro digital.
- ❖ Turbina Hidráulica.
- ❖ Bombas centrifugas.
- ❖ Manómetro.

4. MARCO TEORICO

Turbinas Hidráulicas

La función de una planta hidroeléctrica es utilizar la energía potencial del agua almacenada en un lago, a una elevación más alta y convertirla, primero en energía

mecánica y luego en eléctrica. Este proceso toma en consideración varios factores entre los cuales uno de los más importantes es la caída de agua (head).

Las turbinas se pueden clasificar de varias maneras estas son:

1. Según la dirección en que entra el agua:

- Turbinas axiales: el agua entra en el rodete en la dirección del eje.
- Turbinas radiales: el agua entra en sentido radial, no obstante el agua puede salir en cualquier dirección.

2. De acuerdo al modo de obrar del agua:

- Turbinas de chorro o de acción simple o directa.
- Turbinas de sobrepresión o de reacción.

3. Según la dirección del eje:

- Horizontales.
- Verticales.

Principales tipos de turbinas

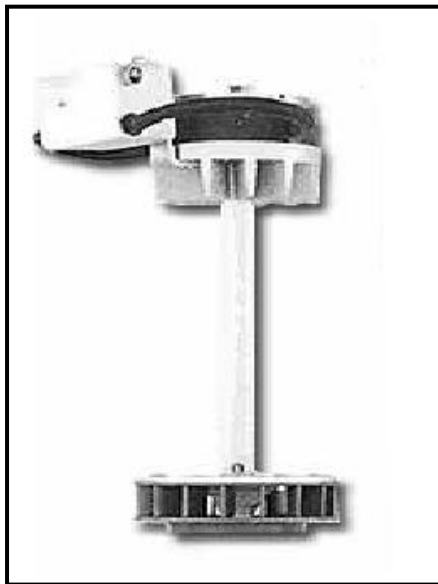
- **Turbina Kaplan:** son turbinas axiales, que tienen la particularidad de poder variar el ángulo de sus palas durante su funcionamiento. Están diseñadas para trabajar con saltos de agua pequeños y con grandes caudales.(Turbina de reacción)
- **Turbina Hélice:** son exactamente iguales a las turbinas kaplan, pero a diferencia de estas, no son capaces de variar el ángulo de sus palas.
- **Turbina Pelton:** Son turbinas de flujo *transversal*, y de admisión *parcial*. Directamente de la evolución de los antiguos molinos de agua, y en vez de contar con álabes o palas se dice que tiene *cucharas*. Están diseñadas para

trabajar con saltos de agua muy grandes, pero con caudales pequeños. (Turbina de acción)

- **Turbina Francis:** Son turbinas de flujo mixto y de reacción. Existen algunos diseños complejos que son capaces de variar el ángulo de sus álabes durante su funcionamiento. Están diseñadas para trabajar con saltos de agua medios y caudal medios.

5. TURBINA LH 1000

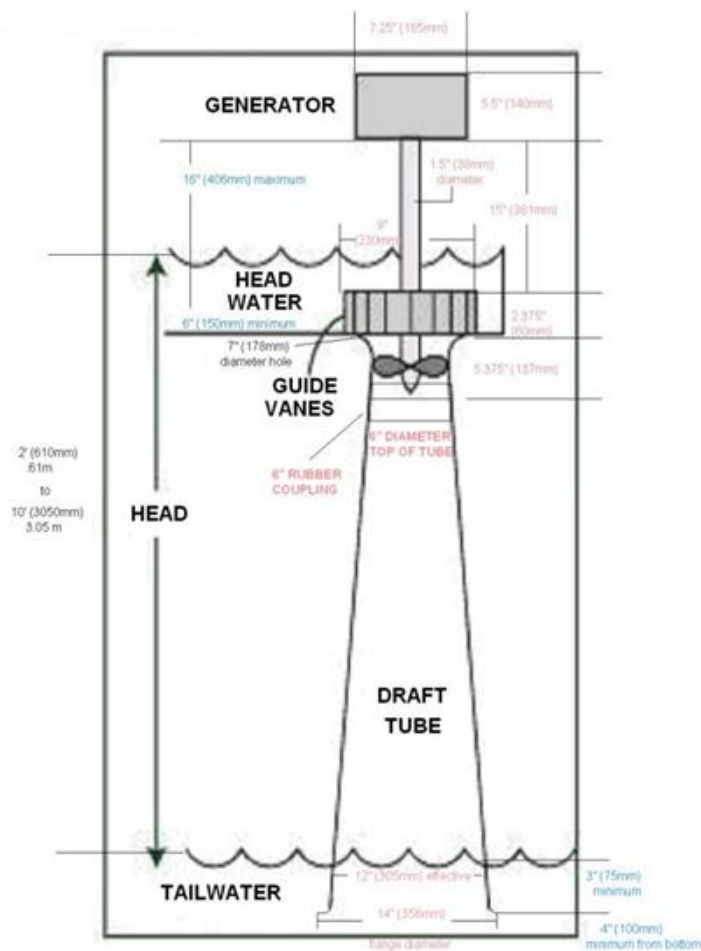
La **LH1000** (turbina tipo hélice) mostrada en la siguiente figura, está diseñada para operar en una extensión fija de cabezas y corrientes desde 0.6 a 3m (de 2 a 10'), empleando una hélice metal poliuretano y un ensamblaje guía de vena.).



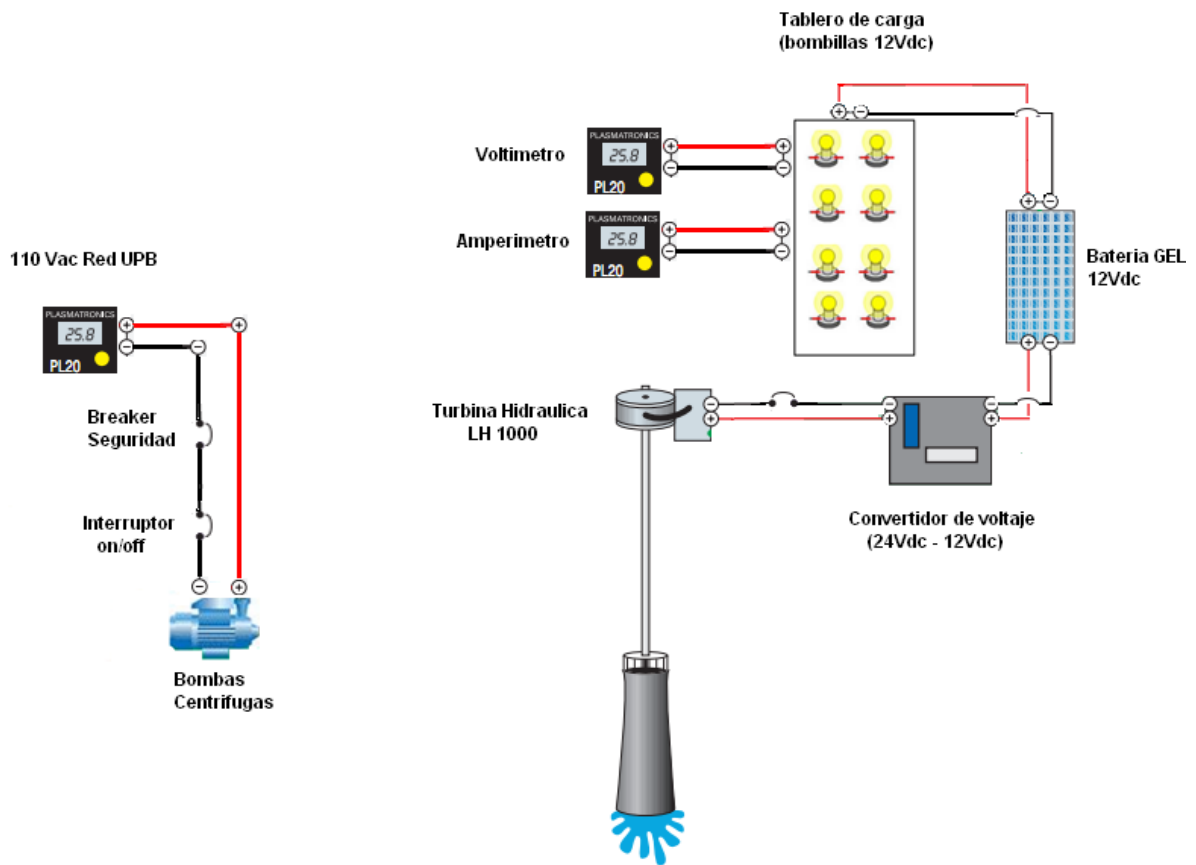
Características:

- ❖ Salida ajustable. Alternador de magneto permanente, con encapsulado epóxico.
- ❖ Componentes de precisión, no corrosivos.
- ❖ Turbina de propulsión de flujo axial. Axial.

El agua entra en la LH1000 través del conjunto de entrada (guía de venas) que está diseñado para atornillarse directamente a la parte inferior de un canal. A medida que entra el agua a través de la turbina, hace girar la hélice, que a su vez hace girar el alternador produciendo la electricidad. El agua sale de la turbina a través del tubo de draft, que es un tubo sellado, cónico e inmerso en el agua. El tubo de draft debe seguir sumergido en el agua, ya que crea un efecto de succión, aumentando considerablemente la capacidad de la turbina.



Plano eléctrico



6. METODOLOGÍA

- ❖ Reconocimiento de equipos.
- ❖ Encender breaker principal, en el campamento del paisa.
- ❖ Encender breaker secundario, ubicado a un costado del banco hidráulico, para poder energizar las bombas.
- ❖ Tanque de reabastecimiento, en nivel mínimo de agua para la succión de las bombas.
- ❖ Apertura de la válvula.
- ❖ Toma de datos.

7. TOMA DE DATOS.

❖ Datos en vacío

TOMA DE DATOS EN VACIO				
PRUEBA	VELOCIDAD(RPM)	TIEMPO(SEG)	VOLUMEN(m ³)	CAUDAL (m ³ /seg)
1				
2				
3				
4				
5				
Valor promedio				
=>				

❖ Datos con carga directa

TOMA DE DATOS CON CARGA DIRECTA				
PRUEBA	VELOCIDAD (RPM)	TIEMPO (SEG)	VOLUMEN(m ³)	CAUDAL (m ³ /SEG)
1				
2				
3				
4				
5				
Valor promedio				
=>				

TOMA DE DATOS CON CARGA DIRECTA				
PRUEBA	VELOCIDAD (RPM)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (WATT)
1				
2				
3				
4				
5				
Valor promedio				
=>				

❖ Datos con carga indirecta (batería conectada)

TOMA DE <i>DATOS CON CARGA INDIRECTA (BATERÍA CONECTADA)</i>				
PRUEBA	VELOCIDAD (RPM)	TIEMPO (SEG)	VOLUMEN(m ³)	CAUDAL (m ³ /SEG)
1				
2				
3				
4				
5				
Valor promedio				
=>				

TOMA DE DATOS CON CARGA INDIRECTA (BATERÍA CONECTADA)				
PRUEBA	VELOCIDAD (RPM)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (WATT)
1				
2				
3				
4				
5				
Valor promedio				
=>				

CONCLUSIONES