



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

TESIS DE GRADO PREVIA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

TEMA:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE UNA CENTRAL PICO HIDROELÉCTRICA PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES ELÉCTRICAS PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIDAD ACADÉMICA CIYA PERÍODO 2014.”

Autores:

- Dávalos Constante Andrés Alejandro
- Puruncajas Falconí Cristian Ismael

Director de tesis:

- Mg. C. Ing. Álvaro Santiago Mullo

Asesor metodológico:

- Lcda. MsC. Mirian Susana Pallasco

Latacunga – Ecuador

Agosto – 2015



FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes:

- Dávalos Constante Andrés Alejandro
- Puruncajas Falconí Cristian Ismael

Con la tesis, cuyo título es:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE UNA CENTRAL PICO HIDROELÉCTRICA PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES ELÉCTRICAS PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIDAD ACADÉMICA CIYA PERÍODO 2014”.

Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 27 de Julio del 2015

Ing. Efrén Barbosa
PRESIDENTE

Dr. Galo Terán
MIEMBRO

Ing. Jorge Medina
OPOSITOR

Ing. MgC. Álvaro Mullo
TUTOR



AUTORÍA

Nosotros, DÁVALOS CONSTANTE ANDRÉS ALEJANDRO y PURUNCAJAS FALCONÍ CRISTIAN ISMAEL, en pleno uso de nuestras facultades declaramos que todos los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE UNA CENTRAL PICO HIDROELÉCTRICA PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES ELÉCTRICAS PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIDAD ACADÉMICA CIYA PERÍODO 2014”** son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Atentamente:

Dávalos Constante Andrés Alejandro
C.I.: 0503384273

Puruncajas Falconí Cristian Ismael
C.I.: 0503642464



AVAL DE DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Directo de trabajo de investigación sobre el tema:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE UNA CENTRAL PICO HIDROELÉCTRICA PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES ELÉCTRICAS PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIDAD ACADÉMICA CIYA PERÍODO 2014”, de los señores estudiante; DÁVALOS CONSTANTE ANDRÉS ALEJANDRO y PURUNCAJAS FALCONÍ CRISTIAN ISMAEL, postulante de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnico para ser sometido a la evaluación de Tribunal de Validación del proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 27 de Julio de 2015

EL DIRECTOR

.....
Mg. C. Ing. ÁLVARO SANTIAGO MULLO QUEVEDO

C.C. 0502768542

DIRECTOR DE TESIS



AVAL DE ASESOR METODOLÓGICO

Honorable concejo académico de la universidad técnica de Cotopaxi

Cumpliendo con lo estipulado en el Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Capítulo V, Art. 9 literal (f), en calidad de Asesor Metodológico del tema **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE UNA CENTRAL PICO HIDROELÉCTRICA PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES ELÉCTRICAS PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIDAD ACADÉMICA CIYA PERÍODO 2014”**, me permito informar que los postulantes egresados de la carrera de Ingeniería Electromecánica: DÁVALOS CONSTANTE ANDRÉS ALEJANDRO y PURUNCAJAS FALCONÍ CRISTIAN ISMAEL, han desarrollado su tesis de grado en forma teórica bajo mi dirección y supervisión el mismo que está redactado de acuerdo a los planteamientos formulados en el plan de trabajo de investigación de grado de la universidad, cumpliendo sus objetivos respectivos.

En virtud de lo antes expuesto, considero que la presente tesis de grado se encuentra habilitada para presentarse al acto de defensa.

Latacunga, 27 de Julio del 2015

Lcda. MsC. Mirian Susana Pallasco

C.C. 0501862874

ASESOR METODOLÓGICO DE LA TESIS



CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de coordinador de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, certifico que mediante la tesis: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE UNA CENTRAL PICO HIDROELÉCTRICA PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES ELÉCTRICAS PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIDAD ACADÉMICA CIYA PERÍODO 2014”**

Los señores Dávalos Constante Andrés Alejandro y Puruncajas Falconí Cristian Ismael realizan la entrega de un banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica para la visualización de las variables eléctricas para el laboratorio de la carrea de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, 27 de Julio del 2015

Ing. MgC. Álvaro Santiago Mullo Quevedo

C.C. 0502768542

**COORDINACIÓN DE CARRERA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme, cuidarme, guiarme y darme la fuerza para lograr tan anhelado sueño.

A mi familia por estar siempre a mi lado apoyándome en todo, en los momentos buenos y malos de la vida.

A mis amigos por estar dándome el aliento de seguir estudiado y salir adelante.

A mi padre Fernando, a mis tíos Patricio y Agustín por estar cuidándome siempre desde el cielo, darme esos pequeños consejos que me sirvieron de mucho para seguir adelante y conseguir la meta, espero que desde allá estén muy contentos de mí y me sigan cuidando como siempre lo han hecho.

Andrés Alejandro

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Mary Concepción y Luis Eduardo, por todo el esfuerzo que realizan al brindarme su apoyo incondicional durante el transcurso de mi vida, por inculcarme valores y con sus sabios consejos son quienes guían mi camino.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme las puertas y permitirme formar como un profesional, agradecerles a los docentes quienes con sus conocimientos impartidos y experiencias laborales contribuyeron a una formación adecuada para llegar a ser una persona útil a la sociedad.

Agradecer a toda mi familia que son parte fundamental ya que con su apoyo y consejos me dieron la fortaleza necesaria para cumplir uno de mis objetivos planteados.

A mis amigos quienes están presentes en las buenas y en las malas, con los que comparto grandes momentos que se te quedan grabados en la mente y guardados en el corazón.

Cristian Ismael

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por darme la sabiduría, la fortaleza, un nuevo despertar todos los días y saber que él nos cuida desde el cielo.

A mis hermanos Fernanda, Gustavo, Santiago, German, Nicole, Mateo. Por brindarme su cariño darme sus buenos deseos y consejos día a día para lograr mis metas

A los Ingenieros de nuestra prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi, por habernos brindado sus conocimientos, con paciencia y dedicación.

Andrés Alejandro

DEDICATORIA

Dedico a mi hermano Luis Santiago que desde el cielo a diario me llena de bendiciones, y se hace presente en los momentos más difíciles, siendo ese aliento que se necesita para llenarse de valor y atravesar cualquier obstáculo.

A mis queridos padres por haberme dado la vida, brindarme su comprensión, cariño y su amor incondicional, que son mi ejemplo a seguir y ser quienes me empujan a cumplir mis metas a seguir.

A mis hermanos Jinson y Javier, que siempre están pendientes de las cosas que me pasan y ser ese ejemplo de superación. A mi hermano Luis que con sus ocurrencias, juegos y travesuras compartimos grandes momentos que nos llenan de felicidad y a todas las personas que me brindan de su apoyo.

Cristian Ismael

ÍNDICE DE GENERAL

PORTADA.....	i
FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	ii
AUTORÍA.....	iii
AVAL DE DIRECTOR DE TESIS	iv
AVAL DE ASESOR METODOLÓGICO.....	v
CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	ix
ÍNDICE DE GENERAL	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN	xviii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPITULO I.....	1
1. Marco Teórico.....	1
1.1. Antecedentes De Picocentrales	1
1.2. Central Hidroeléctrica	2
1.2.1. Definición	2
1.2.2. Ventajas y desventajas de las centrales hidroeléctricas	3
1.3. Pequeñas Centrales Hidroeléctricas	4
1.3.1. Evolución Histórica.....	4
1.3.2. Generación Pico Hidro	5
1.3.3. Principio de Funcionamiento	5
1.3.4. Clasificación por la Potencia Instalada.....	6
1.3.5. Partes de una central hidráulica	7
1.4. Bomba Centrífuga	8
1.4.1. Definición	8
1.4.2. Elemento de una bomba centrífuga.....	8
1.4.3. Curvas características de una bomba	9
1.5. Turbina Michell Banki	10

1.5.1.	<i>Introducción</i>	10
1.5.2.	<i>Descripción de una turbina Michell-Banki</i>	11
1.5.3.	<i>Proceso de fabricación</i>	13
1.5.4.	<i>Características</i>	15
1.5.5.	<i>Selección de la turbina Michell-Banki</i>	15
1.6.	<i>Generador Síncrono</i>	18
1.6.1.	<i>Introducción</i>	18
1.6.2.	<i>Velocidad de rotación de un generador síncrono</i>	19
1.6.3.	<i>Variables que intervienen en el proceso de generación</i>	20
1.6.4.	<i>Sistemas y dispositivos de regulación</i>	21
1.7.	<i>Variables Eléctricas en el Proceso de Generación</i>	22
1.8.	<i>Sentron Pac3100</i>	23
1.8.1.	<i>Introducción</i>	23
1.8.2.	<i>Características</i>	23
1.9.	<i>Convertidor RS232/RS485</i>	24
1.10.	<i>Variadores De Frecuencia</i>	25
1.11.	<i>Software LabVIEW</i>	27
1.11.1.	<i>Introducción</i>	27
1.11.2.	<i>Cómo trabaja LabVIEW</i>	27
1.11.2.1.	<i>Panel Frontal</i>	28
1.11.2.2.	<i>Diagrama de bloques</i>	28
CAPITULO II		30
2.	<i>Presentación De Resultados</i>	30
2.1.	<i>Caracterización De La Universidad Técnica De Cotopaxi</i>	30
2.1.1.	<i>Antecedentes Históricos</i>	30
2.1.2.	<i>Misión</i>	31
2.1.3.	<i>Visión</i>	31
2.1.4.	<i>Aspectos históricos de la carrera de Ingeniería Electromecánica</i>	31
2.1.4.1.	<i>Misión</i>	32
2.1.4.2.	<i>Visión</i>	32
2.1.4.3.	<i>Objetivo de la carrera de Ingeniería Electromecánica</i>	33
2.2.	<i>Diseño Metodológico</i>	33
2.2.1.	<i>Investigación experimental</i>	33
2.2.2.	<i>Métodos de investigación</i>	34
2.2.2.1.	<i>Método inductivo</i>	34
2.2.2.2.	<i>Método Deductivo</i>	34

2.2.3.	<i>Técnicas de investigación</i>	34
2.2.3.1.	<i>La Observación</i>	35
2.2.3.2.	<i>La encuesta</i>	35
2.3.	<i>Población y Muestra</i>	36
2.4.	<i>Análisis e Interpretación de Resultados</i>	36
2.5.	<i>Verificación de la Hipótesis</i>	45
2.5.1.	<i>Enunciado</i>	45
2.5.1.1.	<i>Variable independiente</i>	45
2.5.1.2.	<i>Variable dependiente</i>	45
2.5.2.	<i>Planteo de Hipótesis</i>	45
2.5.2.1.	<i>Hipótesis alternativa</i>	45
2.5.2.2.	<i>Hipótesis nula</i>	45
2.5.3.	<i>Argumentación</i>	46
CAPITULO III.....		49
3.	<i>Desarrollo Del Proyecto</i>	49
3.1.	<i>Tema</i>	49
3.2.	<i>Presentación</i>	49
3.3.	<i>Justificación</i>	50
3.4.	<i>Objetivos</i>	50
3.4.1.	<i>Objetivo General</i>	50
3.4.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	51
3.5.	<i>Análisis De Factibilidad</i>	51
3.5.1.	<i>Factibilidad Técnica</i>	51
3.5.2.	<i>Factibilidad Económica</i>	51
3.5.3.	<i>Factibilidad Operacional</i>	51
3.6.	<i>Desarrollo De La Propuesta</i>	52
3.6.2.	<i>Diseño y Elaboración de Guía de Prácticas de Laboratorio</i>	59
CONCLUSIONES		81
RECOMENDACIONES:.....		82
BIBLIOGRAFÍA		83
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....		86
ANEXOS		90

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. Energía del Agua	3
FIGURA 1.2. Proceso de Conversión de Energía.....	6
FIGURA 1.3. Partes de la central hidroeléctrica.....	7
FIGURA 1.4. Bomba centrífuga	8
FIGURA 1.5. Componentes de una Bomba Centrífuga.....	9
FIGURA 1.6. Curva Característica Bomba Centrífuga.....	9
FIGURA 1.7. Turbina Michell-Banki	10
FIGURA 1.8. Diagrama de selección de Turbina	10
FIGURA 1.9. Partes de la turbina Michell-Banki	11
FIGURA 1.10. Posiciones de entrada del agua.....	12
FIGURA 1.11. Rodete de la turbina.....	13
FIGURA 1.12. Elaboración de los álabes	13
FIGURA 1.13. Sección transversal de un álabe.....	17
FIGURA 1.14. Esquema Simplificado Máquina Sincrónica Bipolar	19
FIGURA 1.15. Polos magnéticos de un rotor	19
FIGURA 1.16. Sentron Pac3100.....	23
FIGURA 1.17. Convertidor RS-232 a RS-485	24
FIGURA 1.18. Esquema de variador de frecuencia.....	25
FIGURA 1.19. Diagrama de bloques del variador.....	26
FIGURA 1.20. Panel frontal con controles (A) e indicadores (B).....	28
FIGURA 1.21. Diagramas de Bloques.....	29
FIGURA 2.1. Representación gráfica del resumen de la pregunta N°1.....	37
FIGURA 2.2. Representación gráfica del resumen de la pregunta N°2.....	38
FIGURA 2.3. Representación gráfica del resumen de la pregunta N°3.....	39
FIGURA 2.4. Representación gráfica del resumen de la pregunta N°4.....	40
FIGURA 2.5. Representación gráfica del resumen de la pregunta N°5.....	41
FIGURA 2.6. Representación gráfica del resumen de la pregunta N°6.....	42
FIGURA 2.7. Representación gráfica del resumen de la pregunta N°7.....	43
FIGURA 2.8. Representación gráfica del resumen de la pregunta N°8.....	44
FIGURA 3.1. Diagrama del tanque de almacenamiento.....	52
FIGURA 3.2. Bomba Centrífuga Trifásica	53

FIGURA 3.3. Tuberías y accesorios	54
FIGURA 3.4. Turbina Hidráulica	55
FIGURA 3.5. Generador Monofásico	55
FIGURA 3.6. Generador Monofásico	56
FIGURA 3.7. Cargas Eléctricas	57
FIGURA 3.8. Sentron PAC3100.....	58
FIGURA 3.9. Convertidor RS-232-RS485	58

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1. Clasificación según la potencia instalada.....	6
TABLA 1.2. Selección del diámetro del rotor.....	16
TABLA 1.3. Selección del número de álabes del rotor.....	17
TABLA 1.4. Selección del espesor de los álabes del rotor	17
TABLA 1.5. Composición de las aleaciones comúnmente usadas en la fabricación de turbinas hidráulicas.....	18
TABLA 1.6. Tabla de velocidades de un Generador Síncrono	20
TABLA 2.7. Población Involucrada.....	36
TABLA 2.8. Resumen de la pregunta N°1	37
TABLA 2.9. Resumen de la pregunta N°2.....	38
TABLA 2.10. Resumen de la pregunta N°3	39
TABLA 2.11. Resumen de la pregunta N°4.....	40
TABLA 2.12. Resumen de la pregunta N°5	41
TABLA 2.13. Resumen de la pregunta N°6.....	42
TABLA 2.14. Resumen de la pregunta N°7	43
TABLA 2.15. Resumen de la pregunta N°8.....	44
TABLA 2.16. Tabla general de frecuencias y porcentajes.....	46
TABLA 2.17. Cálculo de frecuencia esperada	47
TABLA 2.18. Cálculo del CHI-CUADRADO.....	47
TABLA 3.1. Tuberías y accesorios	54



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE UNA CENTRAL PICO HIDROELÉCTRICA PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES ELÉCTRICAS PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIDAD ACADÉMICA CIYA PERÍODO 2014.”

AUTORES:

Dávalos Constante Andrés Alejandro
Puruncajas Falconí Cristian Ismael

RESUMEN

El presente proyecto se refiere al diseño e implementación de un banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica, que mediante la realización a escala de este tipo de central ayuda a conocer el principio de funcionamiento y las principales partes que la componen. El banco de pruebas permite demostrar la conversión de energía mecánica a eléctrica; en este caso la generación eléctrica, mediante el aprovechamiento del recurso hídrico, además visualiza, interviene y analiza el comportamiento de las variables que se genera. Para visualizar las variables se tiene un convertidor HXSP-485 RS232 a RS485, el mismo que crea la conexión entre el banco de pruebas y el computador. El software LabVIEW ayuda a realizar una interfaz gráfica para visualizar y analizar el comportamiento de este banco de pruebas. El módulo consta de un manual de prácticas didácticas que permite a los estudiantes analizar y tomar decisiones con el comportamiento de una central pico hidroeléctrica. El beneficio de este proyecto es ayudar al docente a impartir sus clases de una manera no tradicional y la teoría aprendida en el aula poder demostrarla en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica con la ayuda de este módulo, la manipulación de elementos de protección, control y advertencia permite al alumno desarrollar destrezas que le sirven en la vida profesional.

Descriptores: banco de pruebas, pico hidroeléctrica, generación eléctrica.



COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
ACADEMIC UNIT OF SCIENCES OF THE ENGINEERING AND APPLIED
CAREER OF ENGINEERING IN ELECTROMECHANICAL

TEMA: “DESING AND IMPLEMENT A TEST BANK FOR A SMALL HYDROELECTRIC GENERATOR FOR WELL VISUALIZE OF THE ELECTRICS VARIABLES IN THE ELECTROMECHANINC ENGINEERING CAREER ON THE ACADEMIC UNIT CIYA PERIOD 2014.”

AUTHORS:

Dávalos Constante Andrés Alejandro
Puruncajas Falconí Cristian Ismael

ABSTRACT

These researches is about the design and implement a test bank for a small hydroelectric generator, though the scale performing of this kind of hydroelectric central helps to understand the operating principles and the main parts, which compose it. The load test bank allows demonstrating the conversion from mechanic to electric energy; in this case the electric generation, through the leveraging of water resources, as well as visualizes, intervenes and analyzes the variables involved behavior. To observe the variables, a converter HXSP-485 RS232 a RS485, which creates a connection between the load test bank and the computer, the LabVIEW software, helped to perform a graphical interphase that improved the visualization and analysis of the load bank testing. The load test bank consists of teaching practices manual, which allows learners to analyze and take decisions related to the behavior of a hydroelectric plant. The benefit of this project is to help educators to teach in a nontraditional way, demonstrating through the load bank test located in the Electromechanical Engineering Lab, the theory learnt in classrooms, could be used into the electromechaninc engineering Lab, with the useful help of this module. Handling the elements of protection, control and warning, let learners to develop skills, this will be helpful in their professional life.

Descriptors: test bank, hydroelectric pick, electric generation.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de docente del idioma inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal certificar que: la traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores egresados Dávalos Constante Andrés Alejandro y Puruncajas Falconí Cristian Ismael de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE UNA CENTRAL PICO HIDROELÉCTRICA PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES ELÉCTRICAS PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIDAD ACADÉMICA CIYA PERÍODO 2014”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Julio del 2015.

Lic. Pablo S. Cevallos

C.I. 0502592371

DOCENTE DEL CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la sociedad tiene un gran desarrollo gracias al aporte de la energía eléctrica que es muy indispensable en la vida cotidiana de cada persona, ya que toda actividad realizada diariamente necesita del uso de ésta energía, además las industrias son las más favorecidas, permite mejorar los procesos y los tiempos de producción. En la actualidad existen diversas maneras de generar energía eléctrica las mismas que tienen como objetivo aprovechar al máximo los recursos naturales entre las principales se tiene el agua(energía hidroeléctrica), viento(energía eólica) y el sol(energía solar), que son fuentes de energía limpia ya que no produce contaminación ambiental.

Por ello la presente investigación tiene como objetivo el diseño e implementación de un banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica que repotenciará tecnológicamente el laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Unidad Académica de Ciencias de Ingenierías y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

El banco de pruebas es un prototipo de una central hidroeléctrica, que consta de una bomba centrífuga que experimenta la caída natural de agua, impulsando suficiente cantidad de agua que hace girar la turbina y esta mediante transmisión de poleas gira el generador obteniendo un voltaje que va hacer aprovechado para la carga, está diseñado será un gran aporte para los estudiantes, que mediante la manipulación y elaboración de prácticas ayudará a reforzar la teoría de la asignatura de máquinas eléctricas y centrales eléctricas, que son impartidas por el docente en las aulas, permitiéndoles ampliar los conocimientos sobre el principio de generación eléctrica de la central pico hidroeléctrica, así como también los elementos que lo componen y la función que desempeña en el proceso de generación, también visualizar el comportamiento de las variables eléctricas con la ayuda del software LabVIEW.

El tema estudiado está conformado por tres capítulos que sustentan estos conocimientos:

CAPÍTULO I, contiene la fundamentación teórica, los conceptos básicos de una central pico hidroeléctrica, además detalla los elementos y equipos que conforman la central pico hidroeléctrica para su correcto diseño y selección.

CAPÍTULO II, describe el análisis e interpretación de resultados de las encuestas aplicadas a los estudiantes de ciclos superiores de la carrera de Ingeniería Electromecánica, lo que permiten establecer la factibilidad de este banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica gracias a la verificación de la hipótesis.

CAPÍTULO III, detalla el diseño e implementación de un módulo didáctico de una central pico hidroeléctrica, así también como la selección de dispositivos y elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos, adicional a esto contiene una guía de prácticas para su correcta aplicación.

CAPITULO I

1. Marco Teórico

1.1. Antecedentes De Picocentrales

La energía eléctrica en la actualidad es muy necesaria para la vida cotidiana de la humanidad, el aprovechamiento del recurso hídrico es la principal fuente para la generación de energía eléctrica en nuestro país.

Existen varias aplicaciones de Picocentrales desarrolladas por estudiantes de Tercer Nivel, que benefician a las personas que no disponen de energía eléctrica ya que se encuentran en lugares lejanos donde el servicio eléctrico no llega, a continuación se detalla algunos proyectos:

NÉSTOR GERMÁN TENORIO ZURITA (2005), que realizó el proyecto titulado “Diseño e Implementación de un Prototipo de una Picocentral Hidráulica para uso Rural”, concluyendo:

- Una de las principales fortalezas del proyecto está constituido en no necesitar un regulador de frecuencia, elemento que encarece enormemente el costo de picocentrales, pero en ausencia de este elemento se ha logrado establecer la generación en corriente continua.
- La turbina diseñada y fabricada alcanzó el 79 % de rendimiento el mismo que está dentro de los rangos aceptables de los fabricantes de turbina Pelton, pero este alto valor se debe al correcto montaje y sobre todo las consideraciones adecuadas en el diseño.

EDISON FABIAN SISA AMAGUAYA, WILMER MAURICIO VILLARROEL HERRERA (2009), que realizaron “Diseño e Instalación de una Pico Central Hidroeléctrica en la Hacienda La Isabela” llegaron a la conclusión:

- El presente proyecto ya instalado genera una potencia máxima de 2000 W, de los cuales la mayor parte es utilizada para la iluminación, facilitando así los planes turísticos del propietario de la hacienda.
- Según las pruebas de funcionamiento el sistema instalado, presenta valores aceptables de eficiencia para trabajar a cargas parciales, llegando a plena carga con una eficiencia de la turbina en el orden del 85%.

Las aplicaciones de las Picocentrales citadas nos muestran el principio de generación de energía eléctrica y la potencia que ésta suministra, también se aprecia el correcto diseño de los elemento para obtener una eficiencia aceptable, pero no se puede visualizar el funcionamiento en forma didáctica, tampoco el comportamiento de las magnitudes eléctricas, que están actuando dentro del sistema.

1.2. Central Hidroeléctrica

1.2.1. Definición

Enríquez Harper Gilberto (1982) manifiesta que:

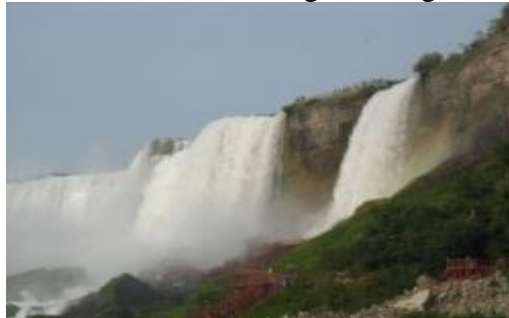
“A medida que los países se desarrollan el consumo de energía eléctrica va en aumento en forma similar, el crecimiento demográfico trae como consecuencia un incremento en la necesidad de suministro de satisfacción que básicamente se puede agrupar como: vivienda, alimento y energética”. (p. 59)

Es básicamente una forma de la energía generada por la fuerza del movimiento del agua, que una máquina primaria la transforma inicialmente en energía mecánica y

luego una máquina secundaria la transforma en energía eléctrica, también se la conoce como hidroenergía (aunque esta última está más asociada con la energía primaria, mientras la energía hidroeléctrica es energía secundaria) (véase la Figura 1.1).

También es una forma de energía renovable, es decir no se agota (al menos mientras subsista el ciclo hidrológico). En pocos lugares todavía la hidroenergía se la transforma en energía mecánica (usando una máquina primaria), por ejemplo los molinos de grano que son accionados directamente por el eje de la turbina, para otros casos es aprovechada y se la transforma en energía eléctrica, para ello hacemos uso de las denominadas plantas o centrales hidroeléctricas.

FIGURA 1.1. Energía del Agua



FUENTE: (Obleas, 2011)

1.2.2. Ventajas y desventajas de las centrales hidroeléctricas

Las ventajas de las centrales hidroeléctricas son:

- No requieren combustible, sino que usan una forma renovable de energía, aprovechando el caudal de los ríos constantemente repuesta por la naturaleza.
- Es limpia, pues no contamina ni el aire ni el agua.
- A menudo puede combinarse con otros beneficios, como riego, protección contra las inundaciones, suministro de agua, caminos, navegación y aún ornamentación del terreno y turismo.
- Los costos de mantenimiento y operación son bajos, \$53,00 anual por Kilovatio instalado.

- Las obras de ingeniería necesarias para aprovechar la energía hidráulica tienen una duración considerable, 80 años.
- La turbina hidráulica es una máquina sencilla, eficiente y segura, que puede ponerse en marcha y detenerse con rapidez y requiere poca vigilancia.

Las desventajas son las siguientes:

- Los costos de capital por kilovatio instalado son con frecuencia muy altos aproximadamente de \$1,3 millones (kW-h).
- Causa impacto a la naturaleza por la intervención del hombre en el hábitat donde se construyen las centrales hidroeléctricas.
- El emplazamiento, determinado por características naturales, puede estar lejos del centro o centros de consumo y exigir la construcción de un sistema de transmisión de electricidad, lo que significa un aumento de la inversión y en los costos de mantenimiento y pérdida de energía.
- La construcción lleva, por lo común, largo tiempo en comparación con la de las centrales termoeléctricas.
- La disponibilidad de energía puede fluctuar de estación en estación y de año en año.

1.3. Pequeñas Centrales Hidroeléctricas

1.3.1. Evolución Histórica

De Juana Sardón, y otros, (2009) manifiesta que:

“A principios del XX se produjo una intensa construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas en América del norte, Europa y Asia. Ya para los años 1920, la energía eléctrica generada en centrales hidroeléctricas constituía un 40 % del total producido mundialmente por las centrales en su conjunto. Después, durante un largo periodo (50 años) tuvo lugar

una autentica caída en la construcción de las pequeñas centrales hidroeléctricas, para dar cabida a las grandes centrales poseedoras de un mayor rendimiento económico”. (p 215)

1.3.2. Generación Pico Hidro

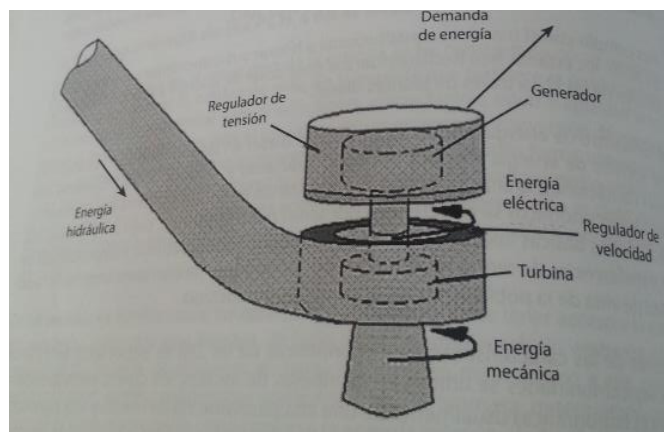
Pico hidro refiere a instalaciones hidroeléctricas con niveles de generación eléctrica menores de cinco kilovatios. Sistemas hidroeléctricos de este tamaño gozan de ventajas en términos de costos y simplicidad, comparados con sistemas hidroeléctricos de mayores capacidades, debido a distintos procedimientos que se aplican en los pasos de diseño, planificación e instalación de los pico-sistemas. Recientes innovaciones en la tecnología pico hidro han hechos que se convierta en una tecnología energética económicamente viable aún en partes del mundo muy pobres e inaccesibles. Además es una fuente de potencia versátil. Puede generar electricidad CA (corriente alterna) permitiendo el funcionamiento de equipos eléctricos estándares, y la distribución de la electricidad a toda una aldea. Ejemplos comunes de los aparatos que funcionan en sistemas pico hidros son: bujías para iluminación, radios, televisores, refrigeradoras, y equipos de procesamiento de alimentos. Con algunos diseños pico hidro es posible también sacar fuerza mecánica directamente del eje de la turbina, permitiendo el funcionamiento de maquinarias tales como herramientas para talleres, molinos de granos, y otros equipos de procesamiento.

1.3.3. Principio de Funcionamiento

La generación de energía hidroeléctrica se basa en el proceso de conservación de energía dinámico, la energía hidráulica es transformada en mecánica por la turbina y esta a su vez es transformada en energía eléctrica por un generador para suministrar a la demandada a través de líneas de interconexión (véase la Figura 1.2).

Este proceso de conversión de energía se realiza manteniendo constantes dos parámetros eléctricos: voltaje y frecuencia. Esto se logra si en la instalación se tiene un regulador de tensión y un regulador de velocidad trabajando en perfecta armonía, ya que cualquier cambio en la demanda de energía afecta estos dos parámetros. El primero de ellos es un parámetro eléctrico que se regula en función a los reactivos de la máquina eléctrica (regulador de tensión) y el segundo parámetro es mecánico esto indica que su regulación es función del flujo másico, es decir caudal y por tal motivo la turbina debe tener un dispositivo para tal fin (regulador de velocidad).

FIGURA 1.2. Proceso de Conversión de Energía



FUENTE: (Flóres, 2011 p. 24)

1.3.4. Clasificación por la Potencia Instalada

Las pequeñas centrales hidroeléctricas según la potencia instalada se pueden clasificar como se muestra en la Tabla 1.1:

TABLA 1.1. Clasificación según la potencia instalada

Tipos	Potencia
Picocentrales	0.5 – 5 Kw
Microcentrales	5 – 50 Kw
Minicentrales	50 – 500 Kw
Pequeñas centrales	500 – 5000 Kw

FUENTE: (Instituto de ciencias nucleares y energía alternativas , 1999 p. 15)

1.3.5. Partes de una central hidráulica

Las principales partes que conforman las centrales hidroeléctricas se muestran en la Fig. 1.3 y se detalla a continuación:

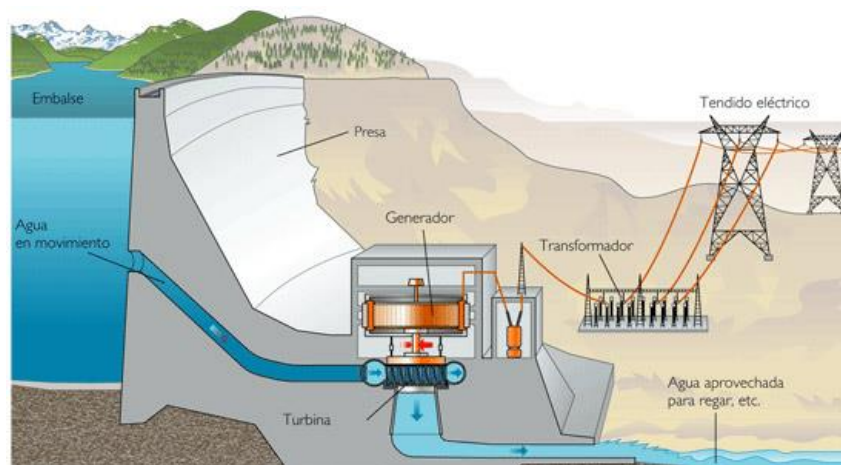
Obra de toma o bocatoma: pueden incluir obras de embalse, la presa es una barrera construida en el cauce del río para retener y almacenar su agua. En la pared de la presa se encuentran los desagües que sirven para controlar el agua que se deja pasar río abajo.

Obras de conducción: Son las instalaciones que toman la forma de canal o túnel para transportar el agua desde la bocatoma hacia la sala de máquinas, por lo general se utilizan tuberías de presión.

Sala de máquinas: Es la construcción en donde se ubican las máquinas, turbina y generador que transforman la energía cinética del agua en energía eléctrica, también se encuentran los elementos de control, regulación y comando.

Obras de distribución: Constituyen las líneas eléctricas que transportan la energía eléctrica hasta los puntos de consumo, donde también se consideran los transformadores y las líneas de transmisión.

FIGURA 1.3. Partes de la central hidroeléctrica



FUENTE: (<http://www.renovables-energia.com/hidraulica/partes-de-una-central-hidroelectrica/>, 2009)

1.4. Bomba Centrífuga

1.4.1. Definición

La bomba centrífuga es una máquina, por lo tanto transforma energía, en este caso mecánica en hidráulica. Su misión es proporcionar agua a presión necesaria para que pueda circular por las mangueras, ya que mueven un cierto volumen de líquido entre dos niveles con diferencia de altura. (Véase la Figura 1.4).

FIGURA 1.4. Bomba centrífuga

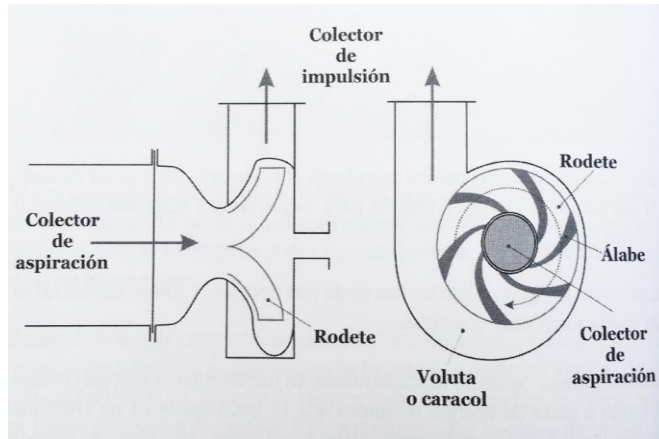


FUENTE: (<http://www.academia.edu>, 2011)

1.4.2. Elemento de una bomba centrífuga

El funcionamiento de una bomba centrífuga es el siguiente, el agua entra axialmente por el centro de un elemento móvil denominado rodete o impulsor, el cual está girando accionado por el motor. El rodete dispone de unas canalizaciones denominadas álabes por las que el agua es canalizada desde el centro hasta su borde, donde es expulsada. Durante este trayecto el fluido es acelerado por la fuerza centrífuga generada en el rodete, variando su momento cinético. Así, el agua sale del mismo con presión y velocidad. A continuación entra en una canalización en forma de espiral que rodea al rodete, es la voluta o caracol. El fluido que entra en esta conducción a gran velocidad, es frenado por el progresivo aumento de su sección, incrementando la presión, que tenía a la salida del rodete, hasta un valor concreto en el colector de impulsión. (Véase la Figura 1.5).

FIGURA 1.5. Componentes de una Bomba Centrífuga



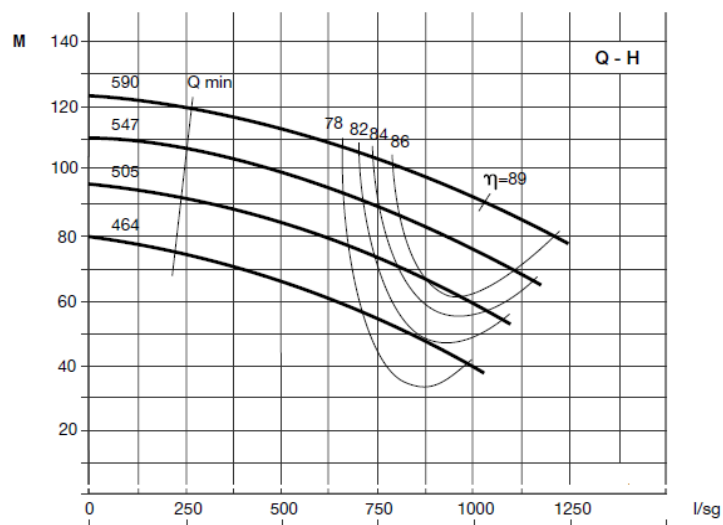
FUENTE: (Suay Juan, 2010 p. 160)

1.4.3. Curvas características de una bomba

Las curvas de funcionamiento o curvas características, nos señalan gráficamente la dependencia entre caudal y la altura, rendimiento, potencia absorbida en el eje de la bomba, etc.

Indican el comportamiento en condiciones de servicio diverso y son imprescindibles para la elección apropiada de una bomba, como muestra la figura 1.6.

FIGURA 1.6. Curva Característica Bomba Centrífuga



FUENTE: (Datos técnicos de hidráulica, p28)

1.5. Turbina Michell Banki

1.5.1. Introducción

La turbina Michell-Banki es una turbina de acción, de flujo transversal, de admisión parcial y de doble efecto. Está formada por un inyector o tobera provista de un álabe directriz encargado de regular el flujo de agua que ingresa a la turbina y un rodete diseñado de tal modo que permita generar potencia al eje de la turbina al recibir doble impulso del flujo de agua que circula por la misma, (figura 1.7.).

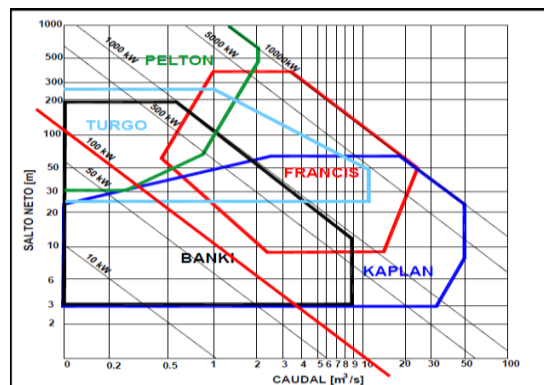
FIGURA 1.7. Turbina Michell-Banki



FUENTE: (<http://www.cerpch.unifei.edu.br>, 2009)

Las turbinas Michell-Banki se adaptan muy bien para la generación en mini y micro centrales hidroeléctricas, son sencillas, tienen bajos costos de fabricación, de instalación y de mantenimiento, pueden ser utilizadas en amplios intervalos de caudal y altura sin disminuir de manera apreciable su eficiencia. En la figura 1.8 se muestra el diagrama de selección de las turbinas.

FIGURA 1.8. Diagrama de selección de Turbina



FUENTE: (www.bmghidroconsultores.cl, 2012)

Los rangos de operación de la turbina Michell-Banki son los siguientes:

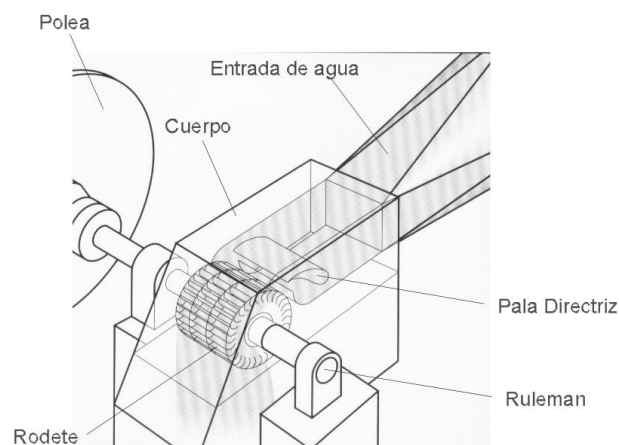
- Altura H: $1\text{m} \leq H \leq 100\text{m}$
- Caudal Q: $0,2\text{ m}^3/\text{s} \leq Q \leq 7\text{ m}^3/\text{s}$
- Potencia P: $P \leq 1\text{ Mw}$
- Velocidad específica ns: $30\text{ rpm} \leq ns \leq 180\text{ rpm}$

1.5.2. Descripción de una turbina Michell-Banki

Cuando el agua hace su entrada, la pala directriz móvil, o distribuidor, regula la cantidad de fluido que penetra en el interior, según gire sobre su eje, habilitando una entrada mayor o menor. Además se encarga de direccionar el flujo para que el agua incida sobre el rodete, sobre los primeros álabes o “paletas” que encuentra en su camino, propiciando así el giro del mismo. Una vez atravesados estos álabes, el fluido continúa su camino en el interior y reincide sobre los álabes inferiores, ayudando al giro. (Véase la Figura 1.9).

El rodete consta de dos o más discos paralelos, entre los que se montan, cerca del borde, unas láminas curvadas que hacen el papel de álabes, por lo que su construcción artesanal es factible, aunque naturalmente no alcanzan los rendimientos de las unidades construidas con los medios técnicos adecuados.

FIGURA 1.9. Partes de la turbina Michell-Banki



FUENTE: (Landa Javier, p. 18)

Un aspecto muy atractivo derivado de la constitución de la máquina y su forma de funcionamiento consiste en que el ramaje, hierbas, lodos, etc. que durante la entrada del agua se quedan entre los álabes, vuelven a ser expulsados después de medio giro del rodete con el agua de salida por el efecto de la fuerza centrífuga. De este modo el rodete tiene un funcionamiento poco sensible a elementos no deseados, que es una de las ventajas que posee respecto a otras turbinas.

Los rulemanes de las turbinas son del tipo de rodillos. Es importante que a la hora de diseñar la carcasa se tenga muy en cuenta el aspecto de aislamiento de los rodamientos respecto al paso del agua. Por ello la carcasa está preparada con alojamientos y un sistema de prensaestopas que evita las fugas de forma eficiente.

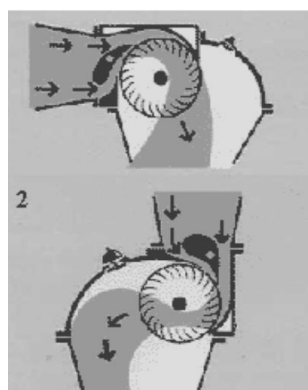
Excepto el cambio anual de grasa, los cojinetes no requieren ningún trabajo de conservación.

Obsérvese que la simplicidad de este diseño permite una realización apropiada del mismo. El elemento principal, el rodete, consta de un par (o más) de discos en los que se sueldan los álabes, que son de curvatura lineal.

Tanto el rodete como el ingreso de agua se pueden fabricar con láminas de acero soldadas requiriendo herramientas y técnicas de armado simples, con lo que cualquier taller podría hacer frente a su construcción.

La forma de instalación puede adoptar dos disposiciones como se puede observar en la figura 1.10, entrada horizontal de agua o entrada vertical del agua:

FIGURA 1.10. Posiciones de entrada del agua



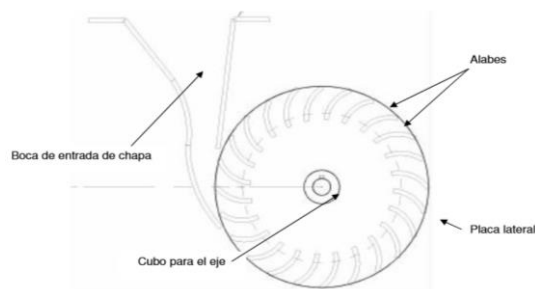
FUENTE: (Landa Javier, p. 19)

1.5.3. Proceso de fabricación

La turbina Michell-Banki puede construirse con materiales de desecho, como planchuelas, planchas y tuberías de acero.

El rodete de la turbina de flujo cruzado está compuesto de dos placas laterales circulares entre las que se intercalan el eje y los álabes, que suelen ser numerosos, generalmente más de 18, ver la figura 1.11.

FIGURA 1.11. Rodete de la turbina

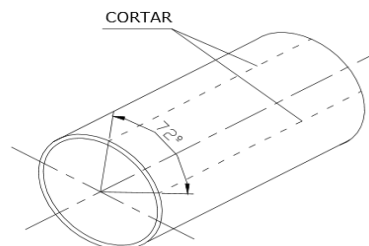


FUENTE: (Landa Javier, p. 20)

Las placas laterales se cortan en forma circular. Si se utiliza el corte acetilénico manual, para conseguir dicha forma será necesaria la utilización de pivotes y aparejos. Seguir la forma curva exterior manualmente es bastante complicado.

Los álabes se fabrican tomando secciones de tubos de acero, como se muestra en la figura 1.12. En primer lugar se hace un corte al tubo, creando tramos de tubo con la longitud deseada (el ancho de la turbina) y posteriormente se realiza el corte longitudinal de los álabes, de manera que se perfilen con una sección circular de un ángulo aproximado a 72° .

FIGURA 1.12. Elaboración de los álabes



FUENTE: (Landa Javier, p. 21)

La entrada de la turbina, está hecha a base de placas (láminas) de acero. Allí se ha de instalar una válvula de entrada, que cumpliría en cierta medida la función de la pala directriz, ya que su fabricación puede ser complicada. Su misión es regular la cantidad de agua de entrada, y con ello la velocidad de rotación. Puede utilizarse algún tipo de válvula para tubería cerrada, mientras no sea una válvula de asiento, pues esta genera mucha pérdida de carga.

También se debe tener una válvula de vaciado de carcasa, con el fin de eliminar los restos de agua que puedan quedar antes de la realización de una operación de mantenimiento.

Una vez que se tienen las piezas se procede al montaje. En principio la unión de los álabes se puede realizar de dos formas diferentes.

Se puede optar por la soldadura directa de los álabes a la placa lateral. Ello lleva asociada la necesidad de plantillas para facilitar el correcto posicionamiento. A la vez, será necesario el uso de aparejos que proporcionen la sujeción en forma alineada de las piezas durante la soldadura. Se puede reducir en gran medida esta dificultad de montaje realizando ranuras o bien muescas en las placas laterales en las que encajen los álabes. Ello lleva un mayor esfuerzo en la preparación y creación de dichas ranuras curvas, pero es compensado por facilitar los registros de las piezas durante el montaje y soldadura. En el caso de que se opte por realizar ranuras, la soldadura puede ser externa, facilitando mucho el montaje.

Antes de proceder a la soldadura se ha de comprobar que los álabes no estén deformados, y una vez encajados en las placas, comprobar la perpendicularidad mediante una escuadra.

Tras el montaje se debe proceder al equilibrado de la turbina. Se colocan los soportes de giro con los rodamientos y cojinetes, tal y como quedaría el montaje final y se procede a girar manualmente la turbina dejándola deslizar. Si existe un defecto en el equilibrado, se irá parando, y al final habrá un vaivén, un balanceo.

Con el fin de asegurar si realmente está desequilibrado, se ha de repetir varias veces la prueba, marcando el lugar final en el que queda estacionada la rueda.

La parte que queda inferior está más cargada que la superior. Para equilibrar se debe añadir masa en la placa lateral en la parte que quedó arriba. Por medio de imanes de diferentes tamaños se puede aproximar de forma muy cómoda la cantidad de masa a añadir. Posteriormente sólo será necesario pesar los imanes añadidos y soldar ese mismo peso a las placas.

1.5.4. Características

- Tiene un amplio rango de aplicación, estando comprendida entre la turbina Pelton de doble inyector y las Francis rápidas.
- Puede operar en amplios rangos de caudal y altura sin variar apreciablemente su eficiencia.
- Su construcción es sencilla, pudiendo ser fabricada en pequeños talleres.
- Debido a su simplicidad de construcción y funcionamiento, para bajas caídas, es la turbina que presenta los menores costos iniciales así como de operación y mantenimiento.
- Es la turbina que mejor se adapta para ser usada en medios rurales.

1.5.5. Selección de la turbina Michell-Banki

A continuación se describe la manera de seleccionar la metodología de selección y cálculo para el diseño hidráulico y mecánico de la turbina Michell-Banki.

Para la selección del diámetro del rotor de una turbina Michell-Banki, opera en condiciones similares cuando el valor $\frac{Q}{\sqrt{H}}$ es constante, también se sabe que la eficiencia de estas turbinas no varía apreciablemente en amplios intervalos de valores de Q y H, utilizando estos criterios se calcula el valor $\frac{Q}{\sqrt{H}}$ y se selecciona el diámetro del rotor usando la tabla 1.2, que describe una metodología para definir una serie estandarizada de turbinas Michell-Banki.

TABLA 1.2. Selección del diámetro del rotor

$\frac{Q}{\sqrt{H}}$	Diámetro rotor (mm)
0,02236 - 0,04743	200
0,04743 - 0,07906	300
0,07906 - 0,11068	400
0,07906 – 0,15812	500

Fuente: (Paz Edgar y Otros, 2007)

Donde tendremos que el diámetro interior del rotor (D_i) es igual:

$$D_i = 0,66D_e \quad (\text{Ec. 1.1})$$

Velocidad de rotación de la turbina viene dada por la siguiente expresión:

$$N = \frac{39,85 \sqrt{H}}{D_e} \quad (\text{Ec. 1.2})$$

Donde:

N Número de revoluciones (rpm)

H Altura de salto (m)

D_e diámetro exterior del rotor (m)

El eje de accionamiento del álabe directriz es el elemento que determinará la estandarización de inyectores o toberas, debido a que por razones mecánicas y geométricas existe un límite máximo de estos diámetros que dependen del diámetro exterior del rodete.

Para definir el número de álabes del rotor usaremos la tabla 1.3.

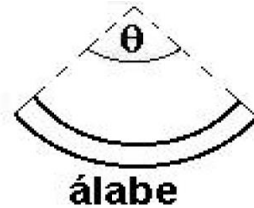
TABLA 1.3. Selección del número de álabes del rotor

Diámetro de rotor (mm)	Número de álabes
200	22
300	24
400	26
500	28

Fuente: (Paz Edgar y Otros, 2007)

Para facilitar la construcción del espesor de los álabes del rotor, algunos fabricantes utilizan tuberías comerciales de acero al carbono (véase tabla 1.5). Éstas son cortadas formando un arco de circunferencia, como se muestra en la Figura 1.13. La Tabla 1.4 muestra los diámetros de tuberías recomendados.

FIGURA 1.13. Sección transversal de un álabe



Fuente: (Paz Edgar y Otros, 2007)

TABLA 1.4. Selección del espesor de los álabes del rotor

Rotor Diámetro (mm)	Tubería		
	Diámetro (pulg)	Espesor (mm)	Peso (kgf/m)
200	2 ½	5,16	8,62
300	4	6,02	16,07
400	5	6,55	21,78
500	6	7,11	28,26

Fuente: (Paz Edgar y Otros, 2007)

Para el diseño mecánico de la turbina se tiene en cuenta el material que se muestra en la tabla 1.5.

TABLA 1.5. Composición de las aleaciones comúnmente usadas en la fabricación de turbinas hidráulicas

Material	C %	Mn %	Si %	Cr %	Ni %
Acero al 13 % Cr	0.10	0.5	0.4	12.5	0.9
Acero al 18 % Cr, 8% Ni	0.07	0.5	1.0	18.0	9.0
Acero al 2% Ni	0.24	0.7	0.3	0.2	0.2
Acero al 1.5% Mn	0.24	1.6	0.3	0.2	0.4

FUENTE: (Olade, 1983)

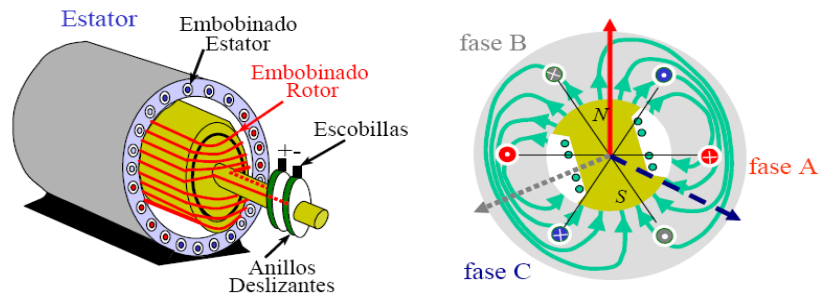
El inyector de la turbina Michell-Banki tiene como función regular y acelerar el flujo de agua que ingresa a la turbina, orientándolo hacia los álabes del rodete con un cierto ángulo promedio, el cuál usualmente tiene un valor de 16°.

1.6. *Generador Síncrono*

1.6.1. *Introducción*

Los generadores síncronos o alternadores son máquinas síncronas que se utilizan para convertir potencia mecánica en potencia eléctrica de C.A. En un generador síncrono se produce un campo magnético en el rotor ya sea mediante el diseño de este como imán permanente o mediante la aplicación de una corriente de C.C. a su devanado para crear un electroimán. En seguida, el rotor del generador gira mediante un motor primario, y produce un campo magnético giratorio dentro de la máquina. Este campo magnético giratorio induce un conjunto de voltajes trifásicos dentro de los devanados del estator del generador, donde en el devanado de campo se produce el campo magnético principal de la máquina, mientras que en los devanados de inducido es donde se induce el voltaje principal. (Véase la figura 1.14)

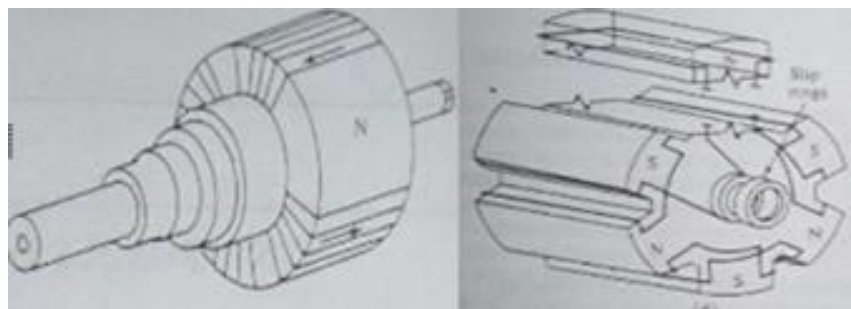
FIGURA 1.14. Esquema Simplificado Máquina Síncrona Bipolar



FUENTE: (Medel Chacón, 2010)

El rotor de un generador síncrono es en esencia un electroimán grande. Los polos magnéticos de rotor pueden ser tanto salientes (proyectado hacia afuera del eje del rotor) como no salientes (esta al mismo nivel de la superficie del rotor), como se muestra en la figura 1.15. Por lo regular, los rotores de polos no salientes se utilizan para rotores de dos o cuatro polos, mientras que los rotores de polos salientes normalmente se usan para rotores con cuatro o más polos.

FIGURA 1.15. Polos magnéticos de un rotor



Fuente: (Chapman Stephen, 2012)

1.6.2. Velocidad de rotación de un generador síncrono

Los generadores síncronos son por definición síncronos, lo que quiere decir que la frecuencia eléctrica se produce y entrelaza o sincroniza con la tasa mecánica de rotación del generador. El rotor de un generador síncrono consta de un electroimán al que se le suministra corriente directa. El campo magnético del rotor apunta en la dirección en que gira el rotor. Ahora, la tasa de rotación de los campos magnéticos en la máquina está relacionada con la frecuencia eléctrica del estator por medio de la ecuación:

$$f = \frac{n \cdot P}{120} \quad (\text{Ec. 1.3})$$

Donde:

n es la velocidad sincrónica en rpm

p es el número de polos

f es la frecuencia eléctrica en Hz

Debido a que el rotor gira a la misma velocidad que el campo magnético, esta ecuación relaciona la velocidad de rotación del rotor con la frecuencia eléctrica resultante. La frecuencia eléctrica se genera a 50 o 60 Hz, por lo que el generador debe girar a una velocidad fija que dependerá del número de polos de la máquina, se muestra la tabla 1.6.

TABLA 1.6. Tabla de velocidades de un Generador Síncrono

Frecuencia (Hz)	Polos	Velocidad Síncrona (RPM)
50	2	3000
	4	1500
	6	1000
	8	750
	10	600
	12	500
60	2	3600
	4	1800
	6	1200
	8	900
	10	720
	12	600

FUENTE: (Manual de mini y centrales hidráulicas, pág. 197)

1.6.3. Variables que intervienen en el proceso de generación

La tensión y la frecuencia con la que se suministra energía para los usos domésticos y productivos de la electricidad en corriente alterna, son algunos de los parámetros de la calidad del servicio.

Tensiones elevadas pueden dañar la aislación de los bobinados de los motores eléctricos y sacarlos de servicio. Tensiones muy bajas provocan sobrecalentamiento de los motores con la consiguiente reducción de su vida útil.

El mismo efecto de sobrecalentamiento de los motores se produce cuando hay un descenso marcado de la frecuencia, no por incrementos en la corriente activa, sino por aumento del reactivo.

En general el equipamiento eléctrico es diseñado para funcionar adecuadamente dentro de rangos de variación de tensión y frecuencia asociados con los efectos antes descriptos de tales variaciones.

Los parámetros de calidad según la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, son los siguientes:

Tensión: Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega, en todas las etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el $\pm 5.0\%$ de las tensiones nominales de tales puntos.

Frecuencia: Variaciones sostenidas de frecuencia

Perturbaciones: a) Tensiones armónicas individuales. El Factor de Distorsión total de tensiones armónicas (THD) no debe superar el 3% para tensiones mayores de 60 kV y 5% para tensiones menores de 60 kV.

1.6.4. Sistemas y dispositivos de regulación

El primer sistema consiste en mantener carga constante, ya sea durante todo el tiempo de operación o en escalones de carga constante durante períodos horoestacionales. De este modo, si el generador ve una carga constante, no se producirá variación de tensión y frecuencia. Este sistema se denomina de regulación por carga.

El segundo sistema, cuando la carga que ve el generador es variable, es la turbina la que debe suministrar una potencia variable durante la operación. La variación

de la potencia de la turbina se obtiene variando el caudal de agua que ingresa al rotor, ya que la altura de carga es fija. Este sistema se denomina de regulación por caudal.

1.7. Variables Eléctricas en el Proceso de Generación

Las magnitudes eléctricas que se van a formar en el procesos de generación hidroeléctrica las vamos a tomar mediante la utilización de una central de medida en este caso emplearemos un SENTRON PAC3100, la misma que nos permitirá visualizar el comportamiento de las variables eléctricas.

Entre las principales variables eléctricas que son de nuestro estudio tenemos:

Tensión O Voltaje: La Tensión es la diferencia de potencial entre dos puntos. En física se llama d.d.p (diferencia de potencial) y en tecnología Tensión o Voltaje, es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

Su unidad de medida son los voltios (V), para medir tensión o voltaje existente en una fuente de fuerza electromotriz (FEM) o en un circuito eléctrico, es necesario disponer de un instrumento de medición llamado voltímetro, que puede ser tanto del tipo analógico como digital.

Intensidad De Corriente: La corriente eléctrica es la circulación de cargas eléctricas en un circuito eléctrico que pasan por un punto en un segundo.

Se mide en Amperios (A). Por ejemplo una corriente de 1 A (amperio) equivale a 6,25 trillones de electrones que han pasado en un segundo y se utiliza un amperímetro conectado en serie en el circuito para medir la cantidad de amperios.

Frecuencia: La frecuencia es la cantidad de ciclos completos en una corriente eléctrica y se calculan por segundo, por ejemplo, la corriente alterna oscila o cambia con una frecuencia de 50 ó 60 ciclos por segundo.

La unidad para medir estos ciclos es el Hertz (Hz) y debe su nombre al físico alemán Heinrich Rudolf Hertz.

Potencia Eléctrica: Potencia es la velocidad a la que se consume la energía, también se puede definir Potencia como la energía desarrollada o consumida en una unidad de tiempo.

Si la unidad de potencia (P) es el watt (W), en honor de Santiago Watt.

1.8. Sentron Pac3100

1.8.1. Introducción

El PAC3100 es un multímetro (analizador de red) que permite visualizar las magnitudes eléctricas básicas en una distribución de energía eléctrica en baja tensión, como se muestra en la figura 1.16. Puede realizar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas, y puede utilizarse en redes (sistemas) en esquema TN, TT e IT de tres o cuatro conductores.

FIGURA 1.16. Sentron Pac3100



FUENTE: (<http://w5.siemens.com/>, 2015)

1.8.2. Características

- Gracias a su amplio rango de tensión de medición, PAC3100 se puede conectar directamente a una red de baja tensión hasta una tensión asignada U_{L-L} de 480 V.
- Pueden medirse tensiones superiores si se usan transformadores de tensión.

- Para la medición de corriente se pueden utilizar transformadores de corriente x/5 A.
- La gran pantalla gráfica de cristal líquido permite la lectura incluso a grandes distancias.
- Ofrece un manejo intuitivo para el usuario gracias a cuatro teclas de función, e información multilingüe en texto claro. Adicionalmente, el usuario experimentado dispone de una navegación directa, la cual permite realizar una selección rápida del menú deseado.
- Para fines de comunicación es posible usar la interfaz RS 485 integrada.
- Además, el PAC3100 dispone de 2 entradas digitales y 2 salidas digitales. La parametrización puede realizarse directamente en el dispositivo o a través de la interfaz RS 485.
- Para evitar accesos no autorizados se ha integrado un sistema de protección por clave en la parte frontal del dispositivo.

1.9. Convertidor RS232/RS485

Convertidor bidireccional RS232/RS485 es un dispositivo electrónico que recibe y emite señales digitales que permitan controlar y realizar tareas remotas, para nuestro caso la comunicación es desde el computador a dispositivos electrónicos.

Los estándares de distancia para la comunicación del RS232 permite operar a una distancia aproximada de 5 metros y el estándar de conexión RS485 logra distancias de hasta 1200 metros aproximadamente. (Véase figura 1.17)

FIGURA 1.17. Convertidor RS-232 a RS-485

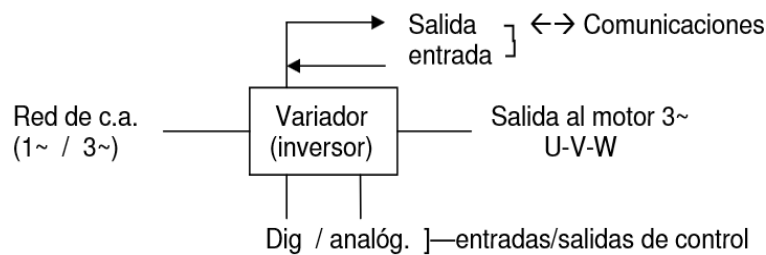


FUENTE: (<http://www.hexin-technology.com>, 2015)

1.10. Variadores De Frecuencia

Son dispositivos electrónicos, que permiten el control completo de motores eléctricos de inducción; los hay de C.C. (variación de la tensión), y de C.A. (variación de la frecuencia); los más utilizados son los de motor trifásico de inducción y rotor sin bobinar (jaula de ardilla). También se les suele denominar inversores (inverter) o variadores de velocidad. (Véase la figura 1.18)

FIGURA 1.18. Esquema de variador de frecuencia



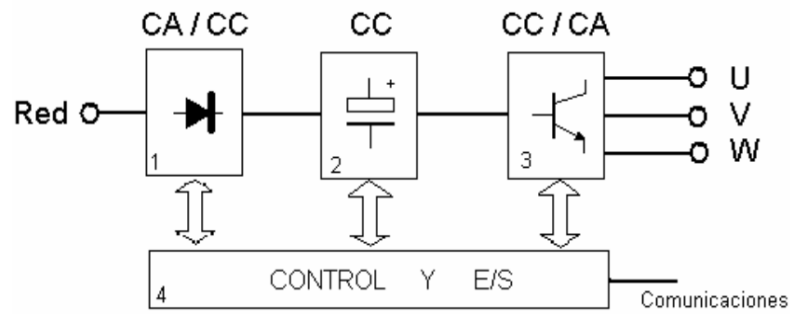
FUENTE: (Sevillano Fernando, 2010)

- Red de suministro: acometida de C.A., monofásica en aparatos para motores pequeños de hasta 1,5 kW (2 C.V. aprox.), y trifásica, para motores de más potencia, hasta valores de 630 kW o más.
- Entradas y salidas (E/S ó I/O): diferentes conexiones de entradas y salidas de control; pueden ser digitales tipo todo o nada (contactos, pulsadores, conmutadores, contactos de relé...) o analógicas mediante valores de tensión (0...10 V o similares) e intensidad (4...20 mA o similares). Además puede incluir terminales de alarma, avería, etc.
- Comunicaciones: estos dispositivos pueden integrarse en redes industriales, por lo que disponen de un puerto de comunicaciones, por ejemplo RS-232, RS-485, red LAN, buses industriales (Profibus...) o conexiones tipo RJ-45 o USB para terminales externos y ordenadores. Cada fabricante facilita el software de control, directo o mediante bus de comunicaciones. Que permitirá el control, programación y monitorización del variador (o variadores) en el conjunto de aparatos de control empleados.

- Salida: conexión al motor, generalmente de tres hilos (U-V-W) para conexión directa en triángulo o estrella según la tensión del motor.

El diagrama en bloques de un variador de frecuencia se muestra en la figura 1.19 y se lo describe a continuación:

FIGURA 1.19. Diagrama de bloques del variador



FUENTE: (Sevillano Fernando, 2010)

- Rectificador: partiendo de la red de suministro de C.A., monofásica o trifásica, se obtiene C.C. mediante diodos rectificadores.
- Bus de continua: condensadores de gran capacidad (y a veces también bobinas), almacenan y filtran la C.C. rectificada, para obtener un valor de tensión continua estable, y reserva de energía suficiente para proporcionar la intensidad requerida por el motor.
- Etapa de salida: desde la tensión del bus de continua, un ondulator convierte esta energía en una salida trifásica, con valores de tensión, intensidad y frecuencia de salida variables. Como elementos de conmutación, se usan principalmente transistores bipolares (BJT), CMOS o similares, IGBT, tiristores (SCR), GTO... etc. Las señales de salida, se obtiene por diversos procedimientos como troceado, mediante ciclo convertidores, o señales de aproximación senoidal mediante modulación por anchura de impulsos PWM.
- Control y E/S: circuitos de control de los diferentes bloques del variador, protección, regulación... y entradas y salidas, tanto analógicas como digitales. Además se incluye el interfaz de comunicaciones con buses u otros dispositivos de control y usuario.

1.11. Software LabVIEW

1.11.1. Introducción

LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el lenguaje C o BASIC. Sin embargo, LabVIEW se diferencia de dichos programas en un importante aspecto: los citados lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.

Para el empleo de LabVIEW no se requiere gran experiencia en programación, ya que se emplean iconos, términos e ideas familiares a científicos e ingenieros, y se apoya sobre símbolos gráficos en lugar de lenguaje escrito para construir las aplicaciones. Por ello resulta mucho más intuitivo que el resto de lenguajes de programación convencionales. LabVIEW posee extensas librerías de funciones y subrutinas. Además de las funciones básicas de todo lenguaje de programación, LabVIEW incluye librerías específicas para la adquisición de datos, control de instrumentación VXI, GPIB y comunicación serie, análisis presentación y guardado de datos

1.11.2. Cómo trabaja LabVIEW

Los programas desarrollados mediante LabVIEW se denominan Instrumentos Virtuales (VIs), porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo son análogos a las funciones creadas con los lenguajes de programación convencionales. Los VIs tienen una parte interactiva con el usuario y otra parte de código fuente, y aceptan parámetros procedentes de otros VIs. Cada VI contiene las partes principales:

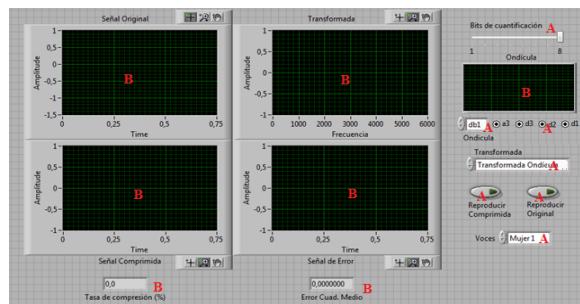
- Panel frontal: Cómo el usuario interacciona con el VI.

- Diagrama de bloque: El código que controla el programa.

1.11.2.1. *Panel Frontal*

Esta interfaz recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa. Un panel frontal está formado por una serie de botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc. Cada uno de ellos puede estar definido como un control (a) o un indicador (b). Los primeros sirven para introducir parámetros al VI, mientras que los indicadores se emplean para mostrar los resultados producidos, ya sean datos adquiridos o resultados de alguna operación (véase la Figura 1.20).

FIGURA 1.20. Panel frontal con controles (A) e indicadores (B)



FUENTE: (Hobaica Alvarado, 2011)

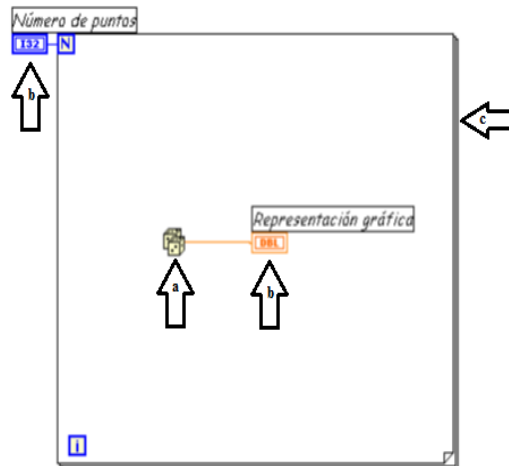
1.11.2.2. *Diagrama de bloques*

El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesado de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal.

El diagrama de bloques incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora LabVIEW. En el lenguaje G las funciones y las estructuras son nodos elementales. Son análogas a los operadores o librerías de funciones de los lenguajes convencionales.

Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el Panel Frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales, en la Figura 1.21 se representan diagrama de bloques con una función (a), dos terminales (control e indicador) (b) y una estructura (c).

FIGURA 1.21. Diagramas de Bloques



FUENTE: (Hobaica Alvarado, 2011)

CAPITULO II

2. Presentación De Resultados

El presente capítulo muestra el lugar donde se realizó la investigación, la población involucrada, los métodos, las técnicas e instrumentos que se aplicaron para la recopilación de datos que luego de un posterior análisis obtendremos los resultados.

2.1. Caracterización De La Universidad Técnica De Cotopaxi

2.1.1. Antecedentes Históricos

La Universidad Técnica de Cotopaxi, asentada en la parroquia de Eloy Alfaro, sector San Felipe de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, fue creada el 24 de enero de 1995, para satisfacer la demanda de Educación Superior de la zona centro del país y cubrir las expectativas de la juventud estudiosa de nuestra provincia. Actualmente se encuentra formando profesionales en distintas Unidades Académicas como: CIYA, CEYPSA y HUMANÍSTICAS.

Universidad con adecuados niveles de pertinencia y calidad, logrados a través de la concientización y difusión de la ciencia, cultura, arte y los conocimientos ancestrales. Contribuye con una acción transformadora en la lucha por alcanzar una sociedad más justa, equitativa y solidaria para que el centro de atención del estado sea el ser humano.

2.1.2. Misión

La Universidad Técnica de Cotopaxi, forma profesionales humanistas con pensamiento crítico y responsabilidad social, de alto nivel académico, científico y tecnológico con liderazgo y emprendimiento, sobre la base de los principios de solidaridad, justicia, equidad y libertad; genera y difunde el conocimiento, la ciencia, el arte y la cultura a través de la investigación científica y la vinculación con la sociedad para contribuir a la transformación económica-social del país.

2.1.3. Visión

Será un referente regional y nacional en la formación, innovación y diversificación de profesionales acorde al desarrollo del pensamiento, la ciencia, la tecnología, la investigación y la vinculación en función de la demanda académica y las necesidades del desarrollo local, regional y del país.

2.1.4. Aspectos históricos de la carrera de Ingeniería Electromecánica

La Universidad Técnica de Cotopaxi, tuvo sus raíces en el año de 1992, como extensión universitaria cuyo aval fue proporcionado por la Universidad Técnica del Norte, siendo en enero de 1995, cuando mediante autorización del congreso y publicada en el Suplemento Nro. 618 de Registro Oficial del 24 de enero de 1995, mediante la cual se crea la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Desde la creación de la Universidad ha existido la vinculación con los problemas sociales de la comunidad y el desarrollo técnico de la provincia dentro del ámbito cultural, agrario, científico. Parte de este desarrollo está el de incorporar a las industrias locales y nacionales profesionales técnicos de carácter científico, social y humanístico, es así que el 22 de julio de 2003 mediante Resolución del Honorable Consejo Universitario en sesión ordinaria crea para el período

septiembre 2003 / febrero 2004 la apertura de la Especialidad de Ingeniería Electromecánica y otras, para cubrir las necesidades industriales.

La Ingeniería Electromecánica es una rama que nace con las expectativas del mundo contemporáneo para que el profesional aplique sus conocimientos en las áreas de ciencias exactas, eléctrica, electrónica y mecánica con alto grado de compromiso social.

Bajo este modelo de estudios incorpora egresados al término de diez ciclos de duración de la Carrera, profesionales activos que han demostrado capacidad técnica y social a nivel industrial, es por ello que en la actualidad ocupan puestos operativos de mando, control y desarrollo de empresas públicas y privadas.

2.1.4.1. Misión

La Carrera de Ingeniería Electromecánica, forma profesionales con un alto nivel técnico – humanista, capaces de diseñar, construir, implementar y mantener máquinas y sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos para satisfacer las demandas del sector productivo de las medianas y grandes industrias del país, a través de una formación académica de calidad.

2.1.4.2. Visión

En el 2015 seremos una Carrera acreditada y líder a nivel nacional, con excelencia académica y formación integral, con profesionales críticos, solidarios y comprometidos con el cambio social; dotada de infraestructura física acorde con el avance científico tecnológico, capaz de dar solución a las demandas productivas, industriales y sociales del país, en un marco de cooperación nacional e internacional, lo que nos permitirá mantener una transferencia de conocimientos bidireccional con la sociedad.

2.1.4.3. Objetivo de la carrera de Ingeniería Electromecánica

Formar profesionales en el área Electromecánica, a través del diseño, construcción, operación, mantenimiento de máquinas, sistemas eléctricos, mecánicos y electrónicos, para dar solución a las demandas productivas, industriales y sociales.

2.2. Diseño Metodológico

2.2.1. Investigación experimental

Hernández Sampieri (2006) manifiesta que:

“Los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control.

Es decir, los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula”. (p 160)

En la investigación se aplica este método ya que trabajamos con variables y podremos llegar a la manipulación de variables e intervención directa a ellas donde podremos observar con gran claridad el desarrollo y las consecuencias de las mismas.

Estamos directamente con la intervención de las variables en donde tendremos el control y manipulación de ella donde nos indica la evolución y el tratamiento experimental.

2.2.2. Métodos de investigación

2.2.2.1. Método inductivo

Bernal, C. A. (2006) manifiesta que:

“Con este método se utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones, cuya aplicación sea de carácter general. El método se inicia con un estudio individual de los hechos y se formulan conclusiones universales que se postulan como leyes, principios o fundamentos de una teoría”. (p 56)

Este tipo de método en el cual utilizamos la razón y lógica para llegar a terminaciones primero partiendo de una hipótesis, luego de esto realizando investigaciones científicas, para finalmente realizar las demostraciones.

2.2.2.2. Método Deductivo

Bernal, C. A. (2006) manifiesta que:

“Es un método de razonamiento que consiste en tomar conclusiones generales para explicaciones particulares. El método se inicia con el análisis de los postulados, teoremas, leyes, principios, etcétera, de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares”. (p 56)

En la investigación vamos a visualizar el comportamiento que tiene las variables eléctricas en el proceso de generación para ello debemos analizar el funcionamiento, aplicación, eficiencia, etc. de los elementos que conforman el banco de pruebas mediante la aplicación del método deductivo.

2.2.3. Técnicas de investigación

2.2.3.1. La Observación

Leiva Zea (2008) manifieta que:

“Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos. Gran parte del acervo del conocimiento que constituye la ciencia ha sido lograda mediante la observación. Un científico es, ante todo, un observador cuidadoso y metódico”. (p 45)

La observación es el proceso de recolección de datos y mediante ella podemos mirar las necesidades que presentan los laboratorios de Ingeniería Electromecánica como son los casos de implementar bancos de pruebas, los mismos que permitan al estudiante realizar prácticas e involucrarse de manera directa, alcanzando un perfil profesional adecuado.

2.2.3.2. La encuesta

Leiva Zea (2008) manifieta que:

“La encuesta es una técnica destinada a obtener datos de varias personas cuyas opiniones impersonales interesan al investigador. Para ello, a diferencia de la entrevista, se utiliza un listado de preguntas escritas que se entregan a los sujetos, a fin de que las contesten igualmente por escrito. Ese listado se denomina cuestionario”. (p 59)

Técnica en la cual se realiza por escrito en un listado de preguntas que queremos conocer sobre cierta investigación y podemos obtener varias opiniones diferentes sobre el tema en investigación, así como la aceptación o no aceptación por parte de los estudiantes.

2.3. Población y Muestra

La población comprendida en nuestra investigación se lo realiza mediante el muestreo no probabilístico, ya que como grupo investigador hemos seleccionado a esta población debido a que ellos se encuentran directamente relacionados con la materia en el ámbito de generación, se involucran con asignaturas como son: máquinas eléctricas y centrales eléctricas. La población es considerada como pequeña la misma que no resulta difícil investigar a todos los elementos que la conforman, por tanto no es factible obtener una muestra, en la Tabla 2.1 se reflejan los involucrados, así que se le aplicara a toda la población el instrumento respectivo para la obtención de información que se desea conseguir.

TABLA 2.1. Población Involucrada

Items	Involucrados	Número
1	Estudiantes Séptimo Ingeniería Electromecánica	23
2	Estudiantes Octavo Ingeniería Electromecánica	14
	TOTAL	37

FUENTE: Secretaría de la Unidad Académica del CIYA

ELABORADO POR: Grupo investigador

2.4. Análisis e Interpretación de Resultados

La encuesta que fue elaborada por el grupo investigador para la recopilación de datos, fue aplicada a los estudiantes de séptimo y octavo nivel de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Unidad Académica de Ciencias del Ingeniería y Aplicadas, del período académico Septiembre 2014 – Marzo 2015, para conocer si es aceptable el diseño e implementación de un banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica para la visualización de variables eléctricas.

A continuación se presenta los resultados expuestos por los estudiantes encuestados, donde se detalla cada una de las preguntas se procede a presentar la tabulación y su representación gráfica en porcentajes, con las que llegaremos a obtener la interpretación y el análisis respectivo.

Pregunta N° 1:

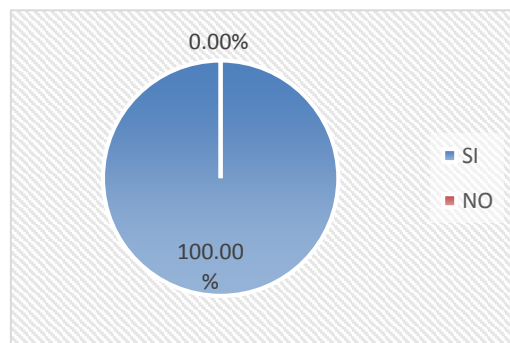
¿Conoce usted los tipos de energía renovable que son utilizadas para la generación de energía eléctrica?

TABLA 2.2. Resumen de la pregunta N° 1

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	37	100.00 %
NO	0	0.00 %
TOTAL	37	100.00 %

FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes
ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 2.1. Representación gráfica del resumen de la pregunta N° 1



FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes
ELABORADO POR: Grupo investigador

Análisis

De los 37 estudiantes encuestados, el 100.00% dice que conocen los tipos de energía renovables que se utilizan para generar energía eléctrica.

Interpretación

Se puede notar que los estudiantes se encuentran relacionados con los procesos de generación de energía eléctrica, mediante el aprovechamiento de las fuentes de energía renovables que existen en la actualidad.

Pregunta N° 2:

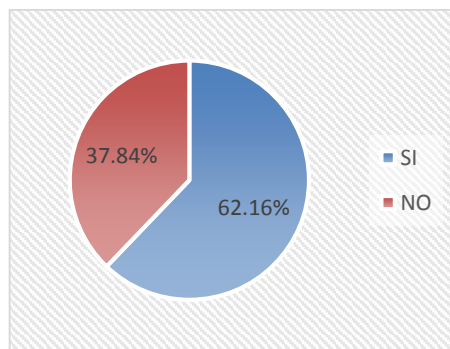
¿Ha visitado usted una central de generación hidroeléctrica?

TABLA 2.3. Resumen de la pregunta N°2

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	23	62.16 %
NO	14	37.84 %
TOTAL	37	100.00 %

FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes
ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 2.2. Representación gráfica del resumen de la pregunta N°2



FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes
ELABORADO POR: Grupo investigador

Análisis

De los 37 estudiantes encuestados, el 62.16 % si ha visitado una central de generación hidroeléctrica mientras que el 37.84 % de los estudiantes no han visitado una central hidroeléctrica.

Interpretación

La mayoría de los estudiantes encuestados han realizado visitas de observación a una central de generación hidroeléctrica, pero en la carrera de Ingeniería Electromecánica hay que tener en claro el proceso de generación de energía eléctrica.

Pregunta N° 3:

¿Conoce los lugares donde son aplicadas las centrales pico hidroeléctricas?

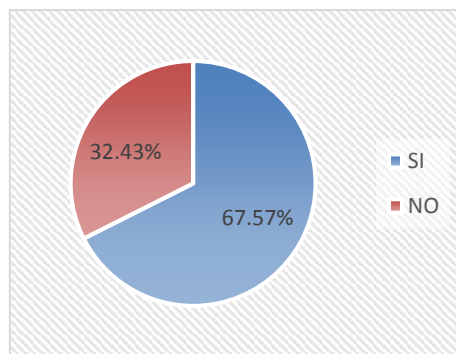
TABLA 2.4. Resumen de la pregunta N°3

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	25	67.57 %
NO	12	32.43 %
TOTAL	37	100.00 %

FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes

ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 2.3. Representación gráfica del resumen de la pregunta N°3



FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes

ELABORADO POR: Grupo investigador

Análisis

De los 37 estudiantes encuestados, el 67.57% si saben dónde son aplicadas las centrales pico hidroeléctricas, mientras que el 32.43 % tiene desconocimiento sobre la aplicación que tienen.

Interpretación

Todos los estudiantes deben tener en claro el principal campo de aplicación de las centrales pico hidroeléctricas, así como también el principio de funcionamiento y la manera de sacarlas el máximo provecho a este tipo de producción de energía eléctrica.

Pregunta N° 4:

¿Conoce usted las partes principales de una central pico hidroeléctrica?

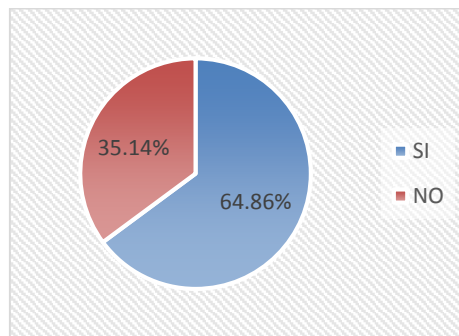
TABLA 2.5. Resumen de la pregunta N°4

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	24	64.86 %
NO	13	35.14 %
TOTAL	37	100.00 %

FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes

ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 2.4. Representación gráfica del resumen de la pregunta N°4



FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes

ELABORADO POR: Grupo investigador

Análisis

De los 37 estudiantes encuestados, el 64.86 % si conocen las partes principales de una central pico hidroeléctrica, mientras que el 35.14 % de los estudiantes no las conocen.

Interpretación

Los estudiantes en un porcentaje adecuado conocen las partes que forman las centrales pico hidroeléctricas pero es necesario que estén más relacionados con el correcto desempeño que cada una de estas cumple en el proceso de generación eléctrica.

Pregunta N° 5:

¿Conoce usted las magnitudes eléctricas que son parte de un proceso de generación eléctrica?

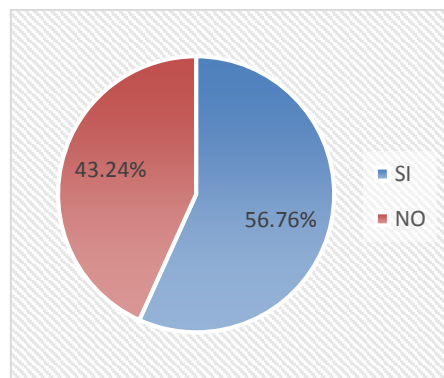
TABLA 2.6. Resumen de la pregunta N°5

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	21	56.76 %
NO	16	43.24 %
TOTAL	37	100.00 %

FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes

ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 2.5. Representación gráfica del resumen de la pregunta N°5



FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes

ELABORADO POR: Grupo investigador

Análisis

De los 37 estudiantes encuestados, el 56.76% conoce las magnitudes eléctricas que son parte de un proceso de generación eléctrica, mientras que el 43.24% de los estudiantes no los conoce.

Interpretación

Los estudiantes deben tener el pleno conocimiento sobre las variables que son parte del proceso de generación eléctrica, así también la manera de regulación que tiene cada una de ellas.

Pregunta N° 6:

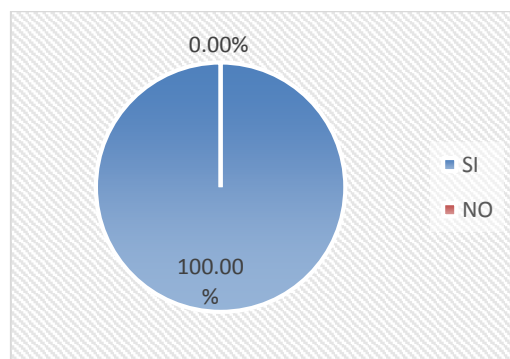
¿Considera importante tener un banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica?

TABLA 2.7. Resumen de la pregunta N°6

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	37	100.00 %
NO	0	0.00 %
TOTAL	37	100.00 %

FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes
ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 2.6. Representación gráfica del resumen de la pregunta N°6



FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes
ELABORADO POR: Grupo investigador

Análisis

De los 37 estudiantes encuestados, el 100 % considera que es importante tener un banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica, en los laboratorios de Ingeniería Electromecánica.

Interpretación

Los estudiantes encuestados se muestran con un gran interés por tener este banco de pruebas, donde puedan desarrollar la teoría aprendida en las aulas con la práctica y será un gran aporte para repotenciar tecnológicamente los laboratorios de Ingeniería Electromecánica.

Pregunta N° 7:

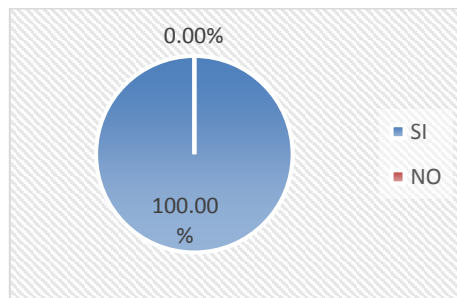
¿Cree usted que el banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica ayude a reforzar sus conocimientos acerca de la generación eléctrica?

TABLA 2.8. Resumen de la pregunta N°7

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	37	100.00 %
NO	0	0.00 %
TOTAL	37	100.00 %

FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes
ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 2.7. Representación gráfica del resumen de la pregunta N°7



FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes
ELABORADO POR: Grupo investigador

Análisis

De los 37 estudiantes encuestados, el 100 % está consciente que un banco de pruebas les ayudaría a reforzar sus conocimientos adquiridos, considerando a esta pregunta una de las fundamentales ya que viene a relacionarse directamente con la formación del perfil profesional del estudiante.

Interpretación

El banco de pruebas de la central pico hidroeléctrica, permitirá experimentar al estudiante el proceso de generación eléctrica mediante el aprovechamiento del agua, involucrarse directamente con las magnitudes que intervienen, realizar prácticas que van ayudar a desarrollar habilidades y destrezas y reforzar los conocimientos sobre este principio de generación.

Pregunta N° 8:

¿Ha realizado usted prácticas utilizando el software LabVIEW?

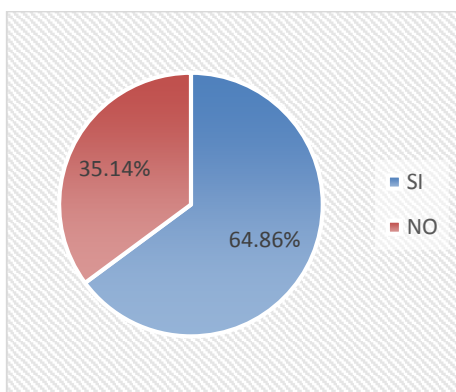
TABLA 2.9. Resumen de la pregunta N°8

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	24	64.86 %
NO	13	35.14 %
TOTAL	37	100.00 %

FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes

ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 2.8. Representación gráfica del resumen de la pregunta N°8



FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes

ELABORADO POR: Grupo investigador

Análisis

De los 37 estudiantes encuestados, el 64.86 % ha realizado prácticas en el software LabVIEW, mientras que el 35.14 % restante responde que no ha realizado prácticas utilizando este software.

Interpretación

Según los estudiantes encuestados en su mayoría indican que si han realizado prácticas utilizando el software LabVIEW, lo que es aceptable para crear la comunicación del banco de pruebas con la computadora, el cual proporciona el desarrollo gráfico y presentación de datos del proceso.

2.5. Verificación de la Hipótesis

2.5.1. Enunciado.

“Mediante el diseño e implementación de un banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica, permitirá visualizar el comportamiento de las variables eléctricas que se generan”

2.5.1.1. Variable independiente

El diseño e implementación de un banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica

2.5.1.2. Variable dependiente

Para la visualizar el comportamiento de las variables eléctricas que se generan.

2.5.2. Planteo de Hipótesis

2.5.2.1. Hipótesis alternativa

El diseño e implementación de un banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica, permitirá visualizar el comportamiento de las variables eléctricas que se generan.

2.5.2.2. Hipótesis nula

No es necesario el diseño e implementación de un banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica para visualizar el comportamiento de las variables eléctricas que se generan.

2.5.3. Argumentación

Para verificar la hipótesis planteada, recurrimos a la aplicación de la encuesta como instrumento para la recopilación de datos, la misma que fue aplicada a los estudiantes de séptimo y octavo nivel de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Unidad Académica de Ciencias del Ingeniería y Aplicadas, donde se justifica la necesidad de construir un banco de pruebas de una central pico hidroeléctricas para la visualización de las variables eléctricas,

Mediante los resultados obtenidos en las encuestas, se optó por la hipótesis alternativa y se concluyó que es factible la construcción de un banco de pruebas de una central pico hidroeléctricas para la visualización de las variables eléctricas, que será de gran aporte para la repotenciación tecnológica del laboratorio de Ingeniería Electromecánica. También ayudará al estudiante a comprobar la teoría aprendida en las aulas con la práctica, se tendrá en claro el principio de generación eléctrica y con las prácticas que realizará va a desarrollar habilidades y destrezas mejorando su formación académica.

TABLA 2.10. Tabla general de frecuencias y porcentajes

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA		
	SI	NO	TOTAL
Pregunta 1	37	0	37
Pregunta 2	23	14	37
Pregunta 3	25	12	37
Pregunta 4	24	13	37
Pregunta 5	21	16	37
Pregunta 6	37	0	37
Pregunta 7	37	0	37
Pregunta 8	24	13	37
TOTAL	228	68	296

FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes
ELABORADO POR: Grupo investigador

TABLA 2.11. Cálculo de frecuencia esperada

CALCULO DE LA FRECUENCIA ESPERADA DE LAS ALTERNATIVAS	
ALTERNATIVA “SI”	ALTERNATIVA “NO”
$Fe = \frac{Tf * Tc}{Tg}$	$Fe = \frac{Tf * Tc}{Tg}$
$Fe = \frac{228 * 37}{296}$	$Fe = \frac{68 * 37}{320}$
Fe = 28.5	Fe = 8.5

FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes
ELABORADO POR: Grupo investigador

ECUACIÓN PARA EL CÁLCULO DEL CHI-CUADRADO

$$\chi^2 = \frac{(O_1 - Fe)^2}{Fe} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

TABLA 2.12. Cálculo del CHI-CUADRADO

PREGUNTAS	FRECUENCIA OBSERVADA		FRECUENCIA ESPERADA		CHI-CUADRADO		TOTAL
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	37	0	28.5	8.5	2.54	8.5	11.04
2	23	14	28.5	8.5	1.06	3.56	4.62
3	25	12	28.5	8.5	0.43	1.44	1.87
4	24	13	28.5	8.5	0.71	2.38	3.09
5	21	16	28.5	8.5	1.97	6.62	8.59
6	37	0	28.5	8.5	2.54	8.5	11.04
7	37	0	28.5	8.5	2.54	8.5	11.04
8	24	13	28.5	8.5	0.71	2.38	3.09
TOTAL							54.38

FUENTE: Encuestas aplicadas a los estudiantes
ELABORADO POR: Grupo investigador

NIVELES DE SIGNIFICANCIA

- 0.05
- 0.01

Donde tendremos dos variables las cuales son: $h - k$, sabiendo que son 8 preguntas con 2 opciones cada una.

CÁLCULO DE GRADOS DE LIBERTAD

$$h = 8 \quad k = 2$$

Entonces tendremos:

$$v = (h - 1)(k - 1)$$

$$v = (8 - 1)(2 - 1)$$

$$v = 7$$

- Valor crítico para 7 grado de libertad es de 14.07, al nivel de significancia 0,05 se acepta la hipótesis.
- El valor crítico para 1 grado de libertad es 18.48, al nivel de significancia 0,01 se acepta la hipótesis.

CAPITULO III

3. Desarrollo Del Proyecto

En el presente capítulo se detalla el diseño del banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica, la correcta selección de los elementos que la conforman, la ubicación de los elementos de control, medición y la carga que intervienen dentro del proceso de generación, además de la programación en LabVIEW, para la visualización de las variables que intervienen en el sistema.

Podemos encontrar un manual de prácticas que permitirá al estudiante relacionarse con el banco de pruebas de la central pico hidroeléctrica

3.1. Tema

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE UNA CENTRAL PICO HIDROELÉCTRICA PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES ELÉCTRICAS PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIDAD ACADÉMICA CIYA PERÍODO 2014.”

3.2. Presentación

El trabajo de investigación desarrollado por el grupo investigador, es de aporte tecnológico para el laboratorio de Ingeniería Electromecánica, asimismo será de gran aporte para los docentes y estudiantes que se involucren y manipulen el banco de pruebas. Esto ayudará a complementar la teoría recibida en el aula, permitiéndoles elaborar prácticas didácticas, las mismas que contribuyen el desarrollo de habilidades y destrezas del estudiante para una mejor formación del perfil profesional.

3.3. Justificación

En Ecuador, con la creación de nuevas generadoras de energía eléctrica, la prioridad del país es aprovechar la energía hidráulica, por lo que es necesario que los estudiantes Universitarios tengan el debido conocimiento en el tema, por lo expuesto el grupo investigador está dispuesto a diseñar e implementar un banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica en los laboratorios de Ingeniería Electromecánica.

La presente investigación tiene como objetivo demostrar el principio de generación eléctrica mediante el aprovechamiento de los recursos naturales, que en este caso es el recurso hídrico. El proyecto a desarrollar pretende impartir el principio de funcionamiento de la central pico hidroeléctrica, conocer los elementos que la componen, la función que desempeñan en los procesos de generación eléctrica y visualizar el comportamiento de las variables eléctricas, en los diferentes casos de estudios que tendremos.

Además será de utilidad para el docente y los estudiantes a quienes les permitirá relacionar los conocimientos adquiridos en el aula y ponerlos en práctica, cuando manipulen y se involucren con el banco de pruebas al momento que desarrollen las prácticas respectivas, fortaleciendo el perfil profesional del estudiante. También repotenciará tecnológicamente el laboratorio de Ingeniería Electromecánica.

3.4. Objetivos

3.4.1. Objetivo General

- Diseñar e implementar un banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica para la visualización de las variables eléctricas que servirá a los estudiantes de la Unidad Académica CIYA.

3.4.2. *Objetivos Específicos*

- Seleccionar los elementos mecánicos, eléctricos y electromecánicos que intervienen en el proceso de generación.
- Construir el banco de pruebas de una Central pico hidroeléctrica para la formación académica de los estudiantes.
- Realizar un programa para la visualización de las variables que intervienen en el proceso de regeneración mediante el software LabVIEW.
- Realizar un manual de prácticas para relacionarse directamente con el módulo didáctico y reforzar el conocimiento del principio de generación eléctrica.

3.5. *Análisis De Factibilidad*

3.5.1. *Factibilidad Técnica*

Se demuestra una factibilidad técnica al momento de adquirir los equipos, los elementos de control y medición, la tarjeta de adquisición de datos y el software LabVIEW, los mismos que forman parte del banco de pruebas, la amplia gama de productos en el mercado ayudó adquirir elementos de calidad, lo que hace al banco de pruebas un sistema confiable.

3.5.2. *Factibilidad Económica*

El recurso económico es aporte del grupo investigador, lo que facilita el desarrollo del proyecto en un tiempo mínimo, además se cuenta con el apoyo de Estudiantes, Docentes y Autoridades que forman parte de la Universidad Técnica de Cotopaxi y en especial la carrera de Ingeniería Electromecánica.

3.5.3. *Factibilidad Operacional*

Los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera ayudan a una correcta manipulación de este banco de pruebas por parte de los estudiantes y docentes, ya

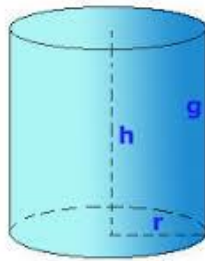
que es didáctico y de fácil entendimiento. El manual de prácticas ayudará a despejar dudas durante el desarrollo de las mismas, esto garantizará el aprendizaje y ayudará a mejorar el perfil profesional.

3.6. *Desarrollo De La Propuesta*

Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento de nuestro banco de pruebas representa el embalse de la central hidroeléctrica, las dimensiones de este tanque son:

FIGURA 3.1. Diagrama del tanque de almacenamiento



ELABORADO POR: Grupo investigador

Altura h: 0.50 m

Radio r: 0.17 m

Material: PVC

Volumen: $V = \pi r^2 h$ [m³] (Ec. 3.1)

$$V = \pi (0.17\text{m})^2 (0.50\text{m})$$

$$V = 0.04537 \text{ [m}^3\text{]}$$

Selección de la bomba centrífuga

La bomba centrífuga nos permite mover un cierto volumen líquido entre dos niveles con diferencia de altura, en el banco de pruebas moverá el agua que esta almacenada en el tanque circulando por la tubería, proporcionado una presión necesaria para mover la turbina y así experimentar una caída real de agua.

La bomba centrífuga seleccionada tiene las siguientes características:

Marca: BARNES

Potencia: 3.6 HP

Voltaje: 220 / 440 V

Caudal: 60 gpm

Frecuencia: 60 Hz

Revoluciones: 3460 rpm

Corriente: 10.8 / 5.4 A

FIGURA 3.2. Bomba Centrífuga Trifásica



ELABORADO POR: Grupo investigador

Tuberías y Accesorios

Las tuberías y los accesorios conducen el caudal del agua a la turbina que permitirá generar voltaje según los requerimientos, en la tabla 3.1 se describen los elementos y la cantidad que se utilizó.

TABLA 3.1. Tuberías y accesorios

Descripción	Cantidad
Tubo PVC 1''	1
Tubo PVC 1 ½ ''	1
Codo 1''	1
Codo 1 ½ ''	1
Unión U 1 ½ ''	1
Neplo Corrido 1 ½ ''	1
Abrazaderas	6
Neplo HG ½ '' X 4 ''	2

ELABORADO POR: Grupo investigador

FIGURA 3.3. Tuberías y accesorios



ELABORADO POR: Grupo investigador

Turbina

La turbina es elemento principal en este módulo ya que transforma energía mecánica en eléctrica, se construyó un prototipo de la turbina que simulara los procesos de generación pico hidroeléctrico, y abastecerá la potencia requerida que se simula en el banco de pruebas.

Diámetro del rotor: 0.30 m

Número de álabes: 6

Material: Hierro

FIGURA 3.4. Turbina Hidráulica



ELABORADO POR: Grupo investigador

Generador Monofásico

Mediante un acople mecánico entre la turbina y el generador permite transformar la energía mecánica en energía eléctrica.

El acople mecánico que se utilizó en nuestro proyecto es por medio de poleas que tienen una relación de transformación de 4:1.

El generador que se utilizó es monofásico con las siguientes características:

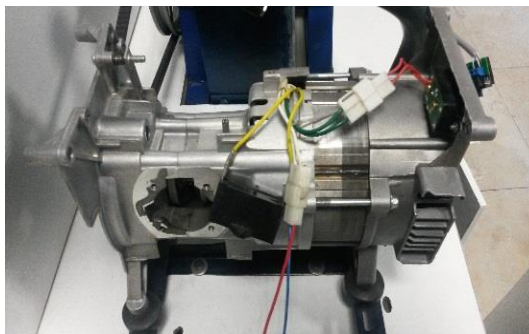
Voltaje: 110V

Potencia: 300 W

Frecuencia: 60Hz

N polos: 2

FIGURA 3.5. Generador Monofásico



ELABORADO POR: Grupo investigador

Variador de frecuencia

El variador permite cambiar las revoluciones de la bomba y obtener diferentes casos de estudio del proyecto.

El variador que se utilizo tiene las siguientes características:

Marca: SIEMENS

Modelo: SINAMICS V20

Voltaje: AC 200 - 240 V

Motor: 4 HP

Frecuencia: 50/60 Hz

FIGURA 3.6. Generador Monofásico



ELABORADO POR: Grupo investigador

Cargas

Las cargas permiten al proceso de generación comportarse de diferente manera al momento de estar activas y analizar los datos de las variables eléctricas, se utilizó como carga tres focos de diferentes potencias conectados en paralelo, cada uno

con su respectivo selector para activar o desactivar la carga conforme a los requerimientos de quienes realicen prácticas.

FIGURA 3.7. Cargas Eléctricas



ELABORADO POR: Grupo investigador

Medidores de Variables Eléctricas

Para este proyecto se utilizó un SENTRON PAC3100 que es un medidor de magnitudes eléctricas que tiene la comunicación con la computadora mediante un convertidor RS-232-RS485, las características del medidor son las siguientes:

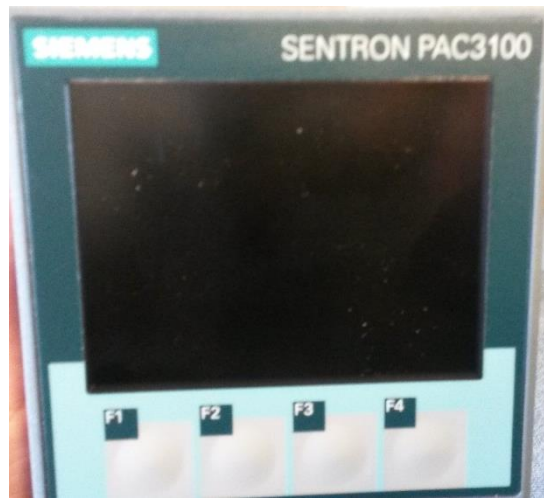
Marca: SIEMENS

Modelo: PAC3100

Voltaje: 110 - 240 V

Frecuencia: 50/60 Hz

FIGURA 3.8. Sentron PAC3100



ELABORADO POR: Grupo investigador

Convertidor RS-232-RS485

Para poder visualizar y analizar los datos obtenidos en el proceso se realiza mediante un convertidor **RS-232-RS485**, este permite la comunicación entre el banco de pruebas y la interfaz gráfica LabVIEW.

FIGURA 3.9. Convertidor RS-232-RS485



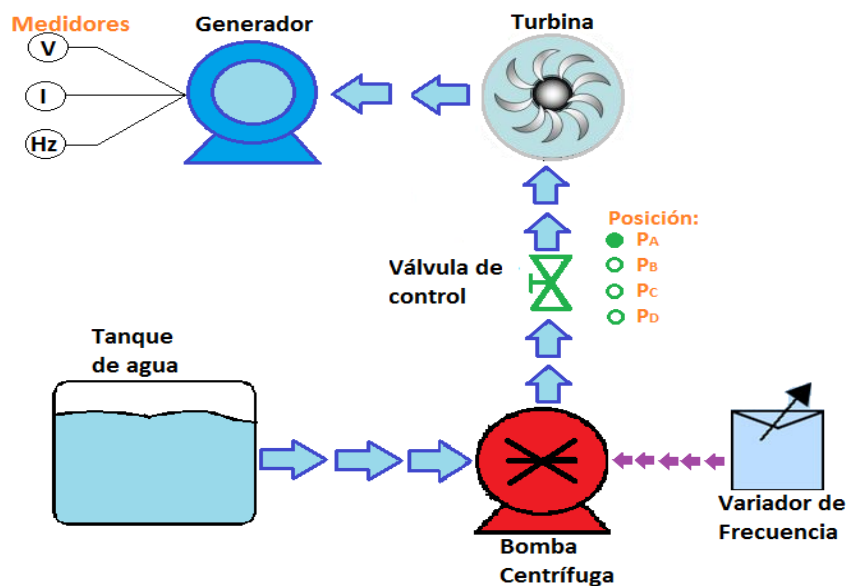
ELABORADO POR: Grupo investigador

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	1 de 21
<p style="text-align: center;">PRÁCTICA N° 1</p> <p style="text-align: center;">TEMA: GENERACIÓN HIDRÁULICA EN VACIO Y CONTROL DE LA FRECUENCIA DE LA BOMBA CENTRÍFUGA</p> <p>OBJETIVO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analizar el comportamiento de las variables de generación eléctrica en vacío, variando la frecuencia de la bomba centrífuga. <p>CONTENIDO CIENTÍFICO:</p> <p>Variadores de frecuencia: se trata de dispositivos electrónicos, que permiten el control completo de motores eléctricos de inducción.</p> <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Banco de Pruebas Pico hidroeléctrico - Software LabVIEW <p>PROCEDIMIENTO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar el nivel de agua del tanque de almacenamiento. 2. Verificar que las cargas no estén activas 3. Verificar que la válvula este en posición abierta (P_A) 4. Encender el Banco de Pruebas y el programa LabVIEW 5. En el Variador colocar a 30 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga, tomar los datos indicados en la tabla 1 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW. 6. En el Variador colocar a 40 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga, tomar los datos indicados en la tabla 1 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW. 		

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	2 de 21
----------------------------------	--	----------------

7. En el Variador colocar a 50 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga, tomar los datos indicados en la tabla 1 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW.
8. En el Variador colocar a 60 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga, tomar los datos indicados en la tabla 1 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW.
9. En el Variador colocar a 70 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga, tomar los datos indicados en la tabla 1 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW.
10. Variar la frecuencia a la nominal y apagar el módulo.

GRÁFICOS:



CUESTIONARIO:

1. ¿Qué función tiene el variador de frecuencia?
2. ¿Qué experimento al variar la frecuencia de la bomba centrífuga?

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	3 de 21
----------------------------------	--	----------------

3. Completar la siguiente tabla con los valores obtenidos en los medidores del banco de pruebas.

Tabla 1: Datos Obtenidos

Frecuencia de la bomba centrífuga	Frecuencia (f)	Voltaje (V)	Intensidad (I)
30 Hz			
40 Hz			
50 Hz			
60 Hz			
70 Hz			

4. Con los datos de la tabla 1 grafique la curva Voltaje (V) vs Frecuencia (f).

CONCLUSIONES:

.....

.....

RECOMENDACIONES:

.....

.....

BIBLIOGRAFÍA:

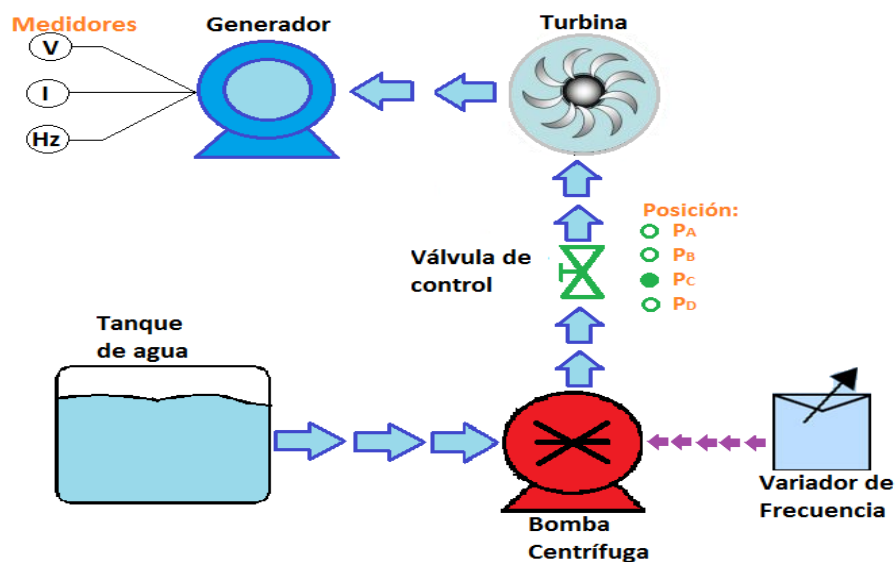
- SEVILLANO CALVO Fernando (2010), *Variadores De Frecuencia*, Recuperado el 7 de Febrero de 2015 http://ingenieros.es/files/proyectos/Variadores_de_frecuencia.pdf

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	4 de 21
<p style="text-align: center;">PRÁCTICA N° 2</p> <p>TEMA: GENERACIÓN HIDRÁULICA EN VACIO, CON LA VÁLVULA EN POSICIÓN P_c Y FRECUENCIAS BAJAS EN LA BOMBA CENTRÍFUGA</p> <p>OBJETIVO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analizar el comportamiento de las variables de generación eléctrica en vacío, colocando la válvula en posición semi abierta (P_c) y variando a frecuencias bajas la bomba centrífuga. <p>CONTENIDO CIENTÍFICO</p> <p>Bomba centrífuga: es una máquina que transforma energía mecánica en hidráulica. Su misión es proporcionar agua a presión necesaria para que pueda circular por las mangueras, ya que mueven un cierto volumen de líquido entre dos niveles con diferencia de altura.</p> <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Banco de Pruebas Pico hidroeléctrico - Software LabVIEW <p>PROCEDIMIENTO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar el nivel de agua del tanque de almacenamiento. 2. Verificar que las cargas no estén activas 3. Verificar que la válvula este en posición semi-abierta (P_c) 4. Encender el Banco de Pruebas y el programa LabVIEW 5. En el Variador colocar a 25 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga, tomar los datos indicados en la tabla 2 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW. 		

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	5 de 21
----------------------------------	--	----------------

6. En el Variador colocar a 30 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga, tomar los datos indicados en la tabla 2 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW.
7. En el Variador colocar a 35 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga, tomar los datos indicados en la tabla 2 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW.
8. En el Variador colocar a 40 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga, tomar los datos indicados en la tabla 2 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW.
9. En el Variador colocar a 45 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga, tomar los datos indicados en la tabla 2 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW.
10. Variar la frecuencia a la nominal, colocar la válvula en posición abierta y apagar el módulo.

GRÁFICOS:



GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	6 de 21
----------------------------------	--	----------------

CUESTIONARIO:

1. ¿Qué ocurrió mientras disminuimos la frecuencia de la bomba centrífuga?
2. ¿Qué es Generación eléctrica?
3. Completar la siguiente tabla con los valores obtenidos en los medidores del banco de pruebas.

Tabla 2: Datos Obtenidos

Posición de la Válvula	Frecuencia de la bomba centrífuga	Frecuencia (f)	Voltaje (V)	Intensidad (I)
Semi-abierta (P _C)	25 Hz			
Semi-abierta (P _C)	30 Hz			
Semi-abierta (P _C)	35 Hz			
Semi-abierta (P _C)	40 Hz			
Semi-abierta (P _C)	45 Hz			

4. Con los datos de la tabla 2 grafique la curva Voltaje (V) vs Frecuencia (f).

CONCLUSIONES:

.....

.....

RECOMENDACIONES:

.....

.....

BIBLIOGRAFÍA:

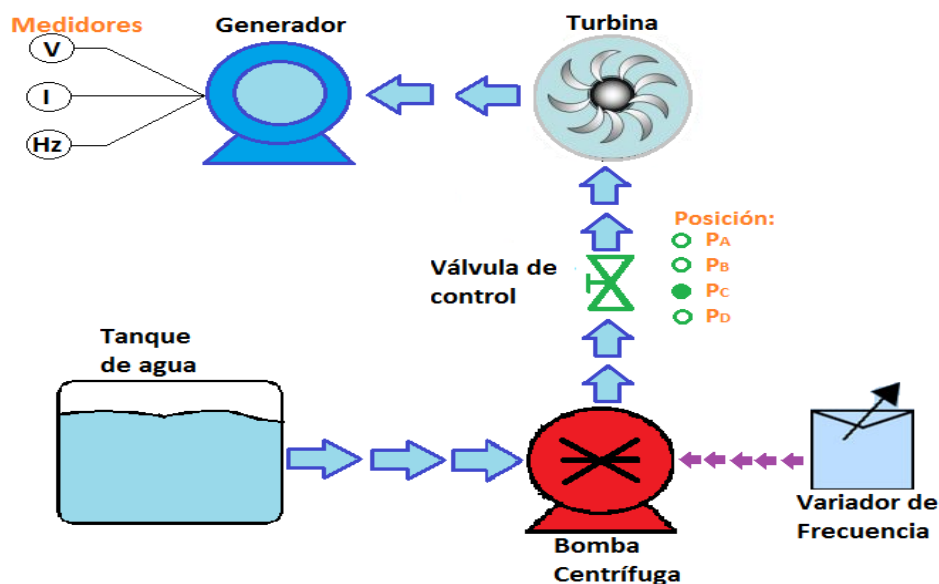
- Manual de bombas centrífugas

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	7 de 21
<p style="text-align: center;">PRÁCTICA N° 3</p> <p>TEMA: GENERACIÓN HIDRÁULICA EN VACIO, CON LA VÁLVULA EN POSICIÓN P_c Y FRECUENCIAS ALTAS EN LA BOMBA CENTRÍFUGA</p> <p>OBJETIVO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analizar el comportamiento de las variables de generación eléctrica en vacío, colocando la válvula en posición semi abierta (P_c) y variando a frecuencias altas la bomba centrífuga. <p>CONTENIDO CIENTÍFICO</p> <p>Al aumentar la frecuencia de la bomba centrífuga se desea elevar el caudal que circula por la tubería, al reducir el área de la tubería con la ayuda de la válvula provoca un aumento considerable de presión.</p> <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Banco de Pruebas Pico hidroeléctrico - Software LabVIEW <p>PROCEDIMIENTO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar el nivel de agua del tanque de almacenamiento. 2. Verificar que las cargas no estén activas 3. Verificar que la válvula este en posición semi-abierta (P_c) 4. Encender el Banco de Pruebas y el programa LabVIEW 5. En el Variador colocar a 62 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga, tomar los datos indicados en la tabla 3 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW. 		

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	8 de 21
----------------------------------	--	----------------

6. En el Variador colocar a 65 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga, tomar los datos indicados en la tabla 3 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW.
7. En el Variador colocar a 68 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga, tomar los datos indicados en la tabla 3 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW.
8. En el Variador colocar a 70 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga, tomar los datos indicados en la tabla 3 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW.
9. En el Variador colocar a 72 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga, tomar los datos indicados en la tabla 3 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW.
10. Variar la frecuencia a la nominal, colocar la válvula en posición abierta y apagar el módulo.

GRÁFICOS:



GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	9 de 21
----------------------------------	--	----------------

CUESTIONARIO:

1. ¿Qué ocurrió mientras disminuimos la frecuencia de la bomba centrífuga?
2. ¿Qué es caudal?
3. Completar la siguiente tabla con los valores obtenidos en los medidores del banco de pruebas.

Tabla 3: Datos Obtenidos

Posición de la Válvula	Frecuencia de la bomba centrífuga	Frecuencia (f)	Voltaje (V)	Intensidad (I)
Semi-abierta (P _C)	62 Hz			
Semi-abierta (P _C)	65 Hz			
Semi-abierta (P _C)	68 Hz			
Semi-abierta (P _C)	70 Hz			
Semi-abierta (P _C)	72 Hz			

4. Con los datos de la tabla 3 grafique la curva Voltaje (V) vs Frecuencia (f).

CONCLUSIONES:

.....

.....

RECOMENDACIONES:

.....

.....

BIBLIOGRAFÍA:

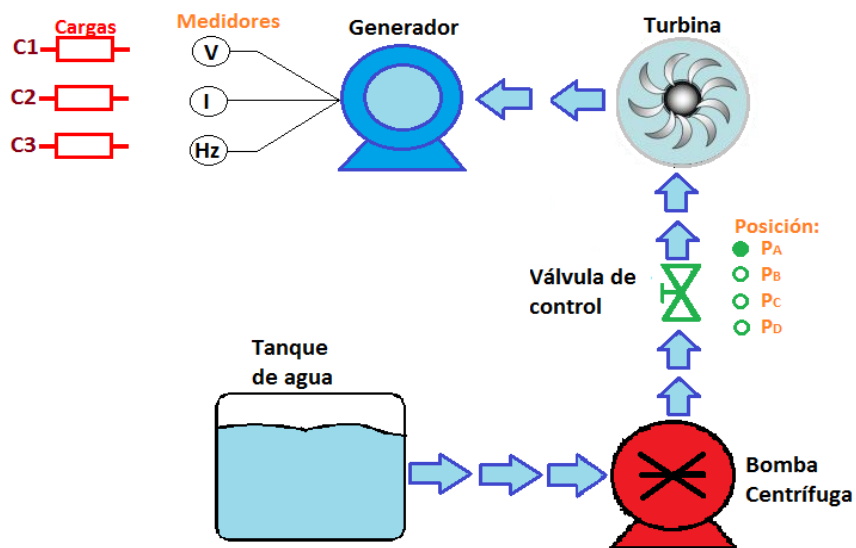
- TLV (2015), *Tipos de Válvulas y Sus Aplicaciones*, Recuperado el 12 de Junio 2015, de <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-valves.html>

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	10 de 21
<p style="text-align: center;">PRÁCTICA N° 4</p> <p style="text-align: center;">TEMA: GENERACIÓN HIDRÁULICA CON CARGA</p> <p>OBJETIVO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analizar el comportamiento de las variables de generación eléctrica al incrementar cargas. <p>CONTENIDO CIENTÍFICO</p> <p>Potencia eléctrica: Potencia es la velocidad a la que se consume la energía. La potencia se mide en joule por segundo (J/seg) y se representa con la letra “P”. Un J/seg equivale a 1 watt (W), por tanto, cuando se consume 1 joule de potencia en un segundo, estamos gastando o consumiendo 1 watt de energía eléctrica.</p> <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Banco de Pruebas Pico hidroeléctrico - Software LabVIEW <p>PROCEDIMIENTO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar el nivel de agua del tanque de almacenamiento. 2. Verificar que las cargas no estén activas 3. Verificar que la válvula este en posición abierta (P_A) 4. Encender el Banco de Pruebas y el programa LabVIEW 5. Activar la carga C1, tomar los datos indicados en la tabla 4 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga. 6. Activar la carga C3, tomar los datos indicados en la tabla 4 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga. 		

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	11 de 21
----------------------------------	--	-----------------

7. Activar la carga C1 + C2, tomar los datos indicados en la tabla 4 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga.
8. Activar la carga C1 + C3, tomar los datos indicados en la tabla 4 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga.
9. Activar la carga C1 + C2 + C3, tomar los datos indicados en la tabla 4 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga.
10. Desactivar las cargas y apagar el módulo.

GRÁFICOS:



CUESTIONARIO:

1. ¿Qué ocurrió con las variables eléctricas mientras manipulamos las cargas?
2. ¿Qué entiende por carga?

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	12 de 21
----------------------------------	--	-----------------

3. Completar la siguiente tabla con los valores obtenidos en los medidores del banco de pruebas.

Tabla 4: Datos Obtenidos

Cargas Activas	Frecuencia (f)	Voltaje (V)	Intensidad (I)
C1			
C3			
C1 + C2			
C1 + C3			
C1 + C2 + C3			

4. Con los datos de la tabla 4 grafique la curva Voltaje (V) vs Frecuencia (f).

CONCLUSIONES:

.....

RECOMENDACIONES:

.....

BIBLIOGRAFÍA:

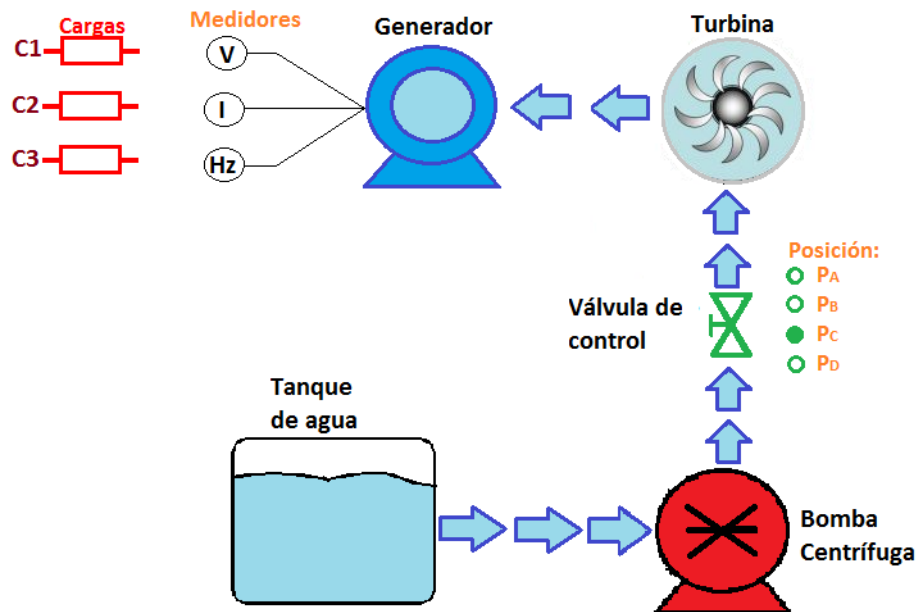
- GARCÍA ÁLVAREZ José Antonio E. (2012), *Qué Es La Potencia Eléctrica*, Recuperado el 13 de Junio del 2015, de http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_potencia/ke_potencia_elect_1.htm

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	13 de 21
<p style="text-align: center;">PRÁCTICA N° 5</p> <p style="text-align: center;">TEMA: GENERACIÓN HIDRÁULICA CON CARGA, CON LA VÁLVULA EN POSICIÓN P_C</p> <p>OBJETIVO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analizar el comportamiento de las variables de generación eléctrica al incrementar cargas, manteniendo la válvula en posición semi-abierta (P_C) <p>CONTENIDO CIENTÍFICO</p> <p>Frecuencia eléctrica: La frecuencia de la corriente alterna (C.A.) constituye un fenómeno físico que se repite cíclicamente un número determinado de veces durante un segundo de tiempo y puede abarcar desde uno hasta millones de ciclos por segundo o hertz (Hz).</p> <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Banco de Pruebas Pico hidroeléctrico - Software LabVIEW <p>PROCEDIMIENTO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar el nivel de agua del tanque de almacenamiento. 2. Verificar que las cargas no estén activas 3. Verificar que la válvula este en posición semi-abierta (P_C) 4. Encender el Banco de Pruebas y el programa LabVIEW 5. Activar la carga C1, tomar los datos indicados en la tabla 5 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga. 6. Activar la carga C3, tomar los datos indicados en la tabla 5 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga. 		

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	14 de 21
----------------------------------	--	-----------------

7. Activar la carga C1 + C2, tomar los datos indicados en la tabla 5 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga.
8. Activar la carga C1 + C3, tomar los datos indicados en la tabla 5 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga.
9. Activar la carga C1 + C2 + C3, tomar los datos indicados en la tabla 5 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga.
10. Desactivar las cargas y apagar el módulo.

GRÁFICOS:



CUESTIONARIO:

1. ¿Qué ocurre con el paso del agua cuando la válvula se encuentra semi-abierta?
2. ¿Qué función tiene la válvula?

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	15 de 21
----------------------------------	--	-----------------

3. Completar la siguiente tabla con los valores obtenidos en los medidores del banco de pruebas.

Tabla 5: Datos Obtenidos

Posición de la Válvula	Cargas Activas	Frecuencia (f)	Voltaje (V)	Intensidad (I)
Semi-abierta (P _C)	C1			
Semi-abierta (P _C)	C3			
Semi-abierta (P _C)	C1 + C2			
Semi-abierta (P _C)	C1 + C3			
Semi-abierta (P _C)	C1 + C2 + C3			

4. Con los datos de la tabla 5 grafique la curva Voltaje (V) vs Frecuencia (f).

CONCLUSIONES:

.....

RECOMENDACIONES:

.....

BIBLIOGRAFÍA:

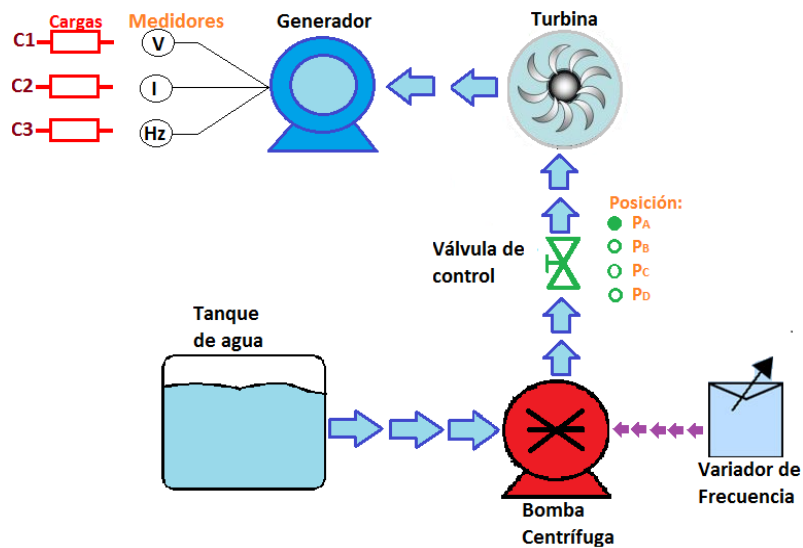
- GARCÍA ÁLVAREZ José Antonio E. (2012), *Qué Es La Frecuencia De La Corriente Alterna*, Recuperado el 13 de Junio del 2015, de http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_potencia/ke_potencia_elect_1.htm

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	16 de 21
<p style="text-align: center;">PRÁCTICA N° 6</p> <p style="text-align: center;">TEMA: GENERACIÓN HIDRÁULICA CON CARGA, Y FRECUENCIA BAJA EN LA BOMBA CENTRÍFUGA</p> <p>OBJETIVO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analizar el comportamiento de las variables de generación eléctrica al incrementar cargas, teniendo una frecuencia baja en la bomba centrífuga. <p>CONTENIDO CIENTÍFICO</p> <p>Tensión elevada: La tensión elevada que suministra energía puede dañar la aislación de los bobinados de los motores eléctricos y sacarlos de servicio. Tensiones muy bajas provocan sobrecalentamiento de los motores con la consiguiente reducción de su vida útil.</p> <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Banco de Pruebas Pico hidroeléctrico - Software LabVIEW <p>PROCEDIMIENTO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar el nivel de agua del tanque de almacenamiento. 2. Verificar que las cargas no estén activas 3. Verificar que la válvula este en posición abierta (P_{CA}) 4. Encender el Banco de Pruebas y el programa LabVIEW 5. En el Variador colocar a 50 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga. 6. Activar la carga C1, tomar los datos indicados en la tabla 6 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga. 		

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	17 de 21
----------------------------------	--	-----------------

7. Activar la carga C3, tomar los datos indicados en la tabla 6 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga.
8. Activar la carga C1 + C2, tomar los datos indicados en la tabla 6 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga.
9. Activar la carga C1 + C3, tomar los datos indicados en la tabla 6 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga.
10. Activar la carga C1 + C2 + C3, tomar los datos indicados en la tabla 6 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga.
11. Desactivar las cargas y apagar el módulo.

GRÁFICOS:



CUESTIONARIO:

1. ¿Qué ocurre al no tener una frecuencia de generación estable?
2. ¿Qué es presión?

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	18 de 21
----------------------------------	--	-----------------

3. Completar la siguiente tabla con los valores obtenidos en los medidores del banco de pruebas.

Tabla 6: Datos Obtenidos

Frecuencia de la bomba centrífuga	Cargas Activas	Frecuencia (f)	Voltaje (V)	Intensidad (I)
50 Hz	C1			
50 Hz	C3			
50 Hz	C1 + C2			
50 Hz	C1 + C3			
50 Hz	C1 + C2 + C3			

4. Con los datos de la tabla 6 grafique la curva Voltaje (V) vs Frecuencia (f).

CONCLUSIONES:

.....

RECOMENDACIONES:

.....

BIBLIOGRAFÍA:

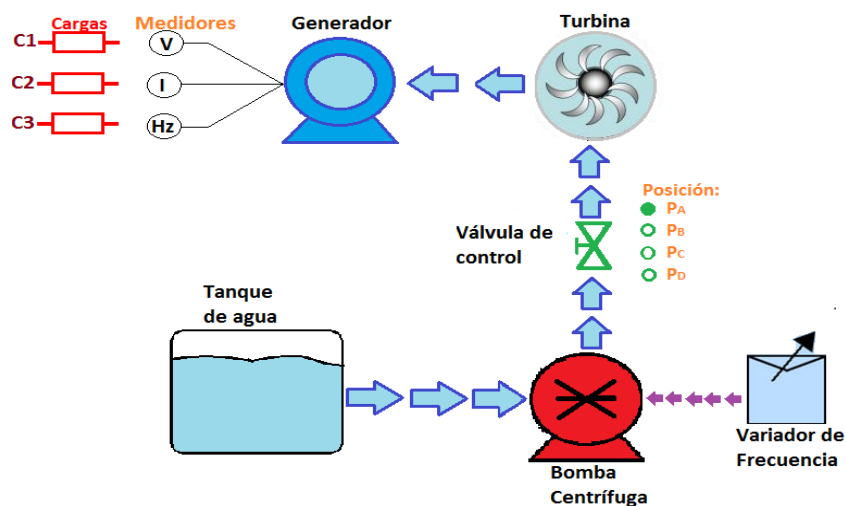
- FLÓRES, R. O. (2011). *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas*. Bogotá: Ediciones de la U

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	19 de 21
<p style="text-align: center;">PRÁCTICA N° 7</p> <p style="text-align: center;">TEMA: GENERACIÓN HIDRÁULICA CON CARGA, Y FRECUENCIA ALTA EN LA BOMBA CENTRÍFUGA</p> <p>OBJETIVO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analizar el comportamiento de las variables de generación eléctrica al incrementar cargas, teniendo una frecuencia alta en la bomba centrífuga. <p>CONTENIDO CIENTÍFICO</p> <p>Frecuencia inestable: Un descenso marcado de la frecuencia provoca sobrecalentamiento de los motores, no por incrementos en la corriente activa, sino por aumento del reactivo.</p> <p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Banco de Pruebas Pico hidroeléctrico - Software LabVIEW <p>PROCEDIMIENTO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar el nivel de agua del tanque de almacenamiento. 2. Verificar que las cargas no estén activas 3. Verificar que la válvula este en posición abierta (PA_{CA}) 4. Encender el Banco de Pruebas y el programa LabVIEW 5. En el Variador colocar a 70 Hz la frecuencia de la bomba centrífuga. 6. Activar la carga C1, tomar los datos indicados en la tabla 7 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga. 		

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	20 de 21
----------------------------------	--	-----------------

7. Activar la carga C3, tomar los datos indicados en la tabla 7 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga.
8. Activar la carga C1 + C2, tomar los datos indicados en la tabla 7 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga.
9. Activar la carga C1 + C3, tomar los datos indicados en la tabla 7 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga.
10. Activar la carga C1 + C2 + C3, tomar los datos indicados en la tabla 7 de los medidores del banco de pruebas y verificar con el software LabVIEW, desactivar la carga.
11. Desactivar las cargas y apagar el módulo.

GRÁFICOS:



CUESTIONARIO:

1. Indique los métodos que conoce para variar la frecuencia de generación.
2. ¿Qué es Voltaje generado?

GENERACIÓN HIDRÁULICA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	21 de 21
----------------------------------	--	-----------------

3. Completar la siguiente tabla con los valores obtenidos en los medidores del banco de pruebas.

Tabla 7: Datos Obtenidos

Frecuencia de la bomba centrífuga	Cargas Activas	Frecuencia (f)	Voltaje (V)	Intensidad (I)
70 Hz	C1			
70 Hz	C3			
70 Hz	C1 + C2			
70 Hz	C1 + C3			
70 Hz	C1 + C2 + C3			

4. Con los datos de la tabla 7 grafique la curva Voltaje (V) vs Frecuencia (f).

CONCLUSIONES:

.....

RECOMENDACIONES:

.....

BIBLIOGRAFÍA:

- FLÓRES, R. O. (2011). *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas*. Bogotá: Ediciones de la U

CONCLUSIONES

1. Las centrales pico hidroeléctricas son aplicadas en sectores donde no tienen acceso a la red eléctrica pública, ya que son lugares inaccesibles.
2. Con la ayuda de los conocimientos teóricos investigados se seleccionó de manera técnica todos los elementos que intervinieron en el proceso de generación hidroeléctrico y se logró construir un banco de pruebas que va acorde con la vanguardia tecnológica de nuestro país.
3. Nuestro país tiene como prioridad generar energía eléctrica mediante el aprovechamiento de los recursos naturales y la prioridad es por medio de la utilización del recurso hídrico.
4. Con los resultados obtenidos en las encuestas aplicadas a la población considerada se realizó el diseño e implementación de un banco de pruebas de la central pico hidroeléctrica, los mismo que presentaron un alto porcentaje de aceptación, además se apreció el interés en los estudiantes por este tipo de módulo didáctico.
5. Se construyó un banco de pruebas didáctico que es de fácil manipulación y permite la visualización de las variables que intervienen en el sistema de generación, esto ayudará al estudiante a fortalecer sus conocimientos, motivará a poner en práctica sus proyectos y despejará sus dudas, además desarrollará habilidades en el estudiante para resolver conflictos en el ámbito laboral.
6. Con la ayuda del software LabVIEW se visualizó las curvas características de las variables eléctricas que intervienen en el proceso de generación, también se observó el comportamiento de las mismas en los distintos casos que se simularon en las prácticas realizadas.
7. Mediante la implementación del banco de pruebas se aportó con la repotenciación tecnológica del laboratorio de la carrera de Ingeniería Electromecánica.
8. Las prácticas fueron desarrolladas para que el estudiante se relacione con el principio de generación hidráulica, al mismo tiempo son los casos típicos que ocurren en una central hidroeléctrica y motivará al estudiante a

desarrollar soluciones rápidas al encontrarse con una adversidad similar en su vida laboral.

RECOMENDACIONES:

1. Tanto para los docentes como los estudiantes poner en práctica los conocimientos adquiridos en el aula.
2. Reconocer la función que tiene cada uno de los elementos en el banco de pruebas, conocer el manejo y operación de cada uno de ellos antes de realizar las prácticas.
3. Cuando los estudiantes realicen diseños de proyectos deben tener en cuenta que los equipos estén disponibles dentro del mercado y vayan acorde al avance tecnológico.
4. Se debe realizar encuestas periódicas a los estudiantes y docentes para conocer sus necesidades y plantear soluciones inmediatas, previo a un análisis de factibilidad.
5. Realizar el complemento al banco de pruebas mediante la compensación al voltaje del generador para tener una mejor estabilidad en el voltaje al incrementar cargas.
6. Conocimientos claros de las variables eléctricas que intervienen en un proceso de generación hidroeléctrica para mejorar el aprendizaje en el desarrollo de las prácticas.
7. Antes de intervenir con el software LabVIEW se deben conocer las características básicas que este posee.
8. Para proceder a realizar las prácticas se debe revisar el nivel de agua en el tanque de almacenamiento del banco de pruebas.
9. Verificar el estado en que se encuentran cada uno de los elementos y que los cables de conexiones se encuentren en buen estado.
10. Tener en cuenta las instrucciones que muestra el manual de prácticas para evitar contratiempos.
11. Seguir las instrucciones que están previstas por el laboratorio al momento de realizar las simulaciones.

BIBLIOGRAFÍA

Citada

- BAZO, 1983, *Manual De Diseño, Estandarización Y Fabricación De Equipos Para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas*, Quito, OLADE.
- BERNAL, C. A. (2006). *Metodología De La Investigación*. México: Pearson Educación.
- DE JUANA SARDÓN, J. M., GARCÍA, A. F., FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J., SANTOS GARCÍA, F., HERRARO GARCÍA, M. Á., & CRESPO MARTÍNEZ, A. (2009). *Energías Renovables*. Madrid: COPYRIGHT. p 215
- ENRÍQUEZ HARPER, G. (1982). *Elementos De Centrales Eléctricas I*. México: LIMUSA, S.A. p 59
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C., & BAPTISTA LUCIO, P. (2006). *Metodología De La Investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- LANDA QUIMBITA, F. J., LLANGATE QUINATO, L. E., (2009). *Diseño Y Construcción De Una Pico Central Hidroeléctrica Utilizando Una Turbina Michell Banki Para Generación Eléctrica En El Sector De Las Carmelitas Del Cantón Tena*, p 16 - 29
- LEIVA ZEA, F. (2008). *Nociones De Metodología De Investigación Científica*. Quito: Grupo Leer.
- MEDEL CHACÓN, D. I. (2010). *Perfeccionamiento De Sistema De Control Y Pruebas Para Un Prototipo De Central Micro-Hidráulica Operada Como Generador Distribuido*, Santiago
- PAZ PÉREZ, E., CARROCCI, L. R., MAGALHÃES FILHO, P., ROMERO LUNA, C. (2007). *Metodología De Diseño Hidráulico Y Mecánico De Una Turbina Michell-Banki*, Sao Pablo
- SUAY BELENGUER, J. M. (2010). *Manual De Instalaciones Contra Incendios*. Madrid: VICENTE, p 160

Consultada

- BOMBAS IDEAL, S. A., *Datos Técnicos De Hidráulica Bombas*, VALENCIA
- BRAVO BALSECA María, (2014). *Diseño Y Construcción De Un Módulo Didáctico Para El Aprendizaje Práctico De Las Aplicaciones De Control Industrial En La Unidad Académica CIYA*
- CHAPMAN, Stephen, (2012) *Maquinas Eléctricas*, Quinta edición, México, Edamsa Impresiones S.A.
- SEVILLANO CALVO Fernando (2010), *Variadores De Frecuencia*, Recuperado el 7 de Febrero de 2015 http://ingenieros.es/files/proyectos/Variadores_de_frecuencia.pdf
- FLÓRES, R. O. (2011). *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas*. Bogotá: Ediciones de la U.
- GHO BARBA, Javier. *Microcentrales Hidroeléctricas*. Recuperado el 02 de Febrero de 2015, de www.bmghydroconsultores.cl
- HOBAICA ALVARADO, J. M. (21 de Septiembre de 2011). *Open star cnx*. Recuperado el 19 de Julio de 2014, *Introducción A Labview, Uso De Estructuras Y Funciones Básicas*: <http://cnx.org/content/m41078/latest/?collection=col11361/latest>
- Instituto de ciencias nucleares y energía alternativas. (1999). *Guía de diseño de pequeñas centrales hidroeléctricas*. Recuperado el 14 de Enero de 2015, http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/energias_alternativas/potencialidades/GUIA%20DE%20DISENO%20PARA%20PEQUENAS%20CENTRALES.pdf
- National Instruments Corporation. (2014). *Qué Es Adquisición De Datos*. Recuperado el 19 de Julio de 2014, de <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>
- OBLEAS, J. J. (5 de Noviembre de 2011). *Hidroenergia.Net*. Recuperado el 7 de Enero de 2015, de *PLANTAS HIDROELECTRICAS*: http://hidroenergia.net/index.php?option=com_content&view=article&id=

268:ique-es-la-energia-hidroelectrica&catid=39:abc-de-las-hidroelectricas&Itemid=67

- SÁNCHEZ TEODORO, GASTÓN RAMÍREZ, (1995) *Manual De Mini Y Microcentrales Hidráulicas: Una Guía Para El Desarrollo De Proyectos*, Lima.
- SIEMENS, (2015) *Productos y soluciones*, Recuperado el 26 de abril del 2015, de <http://www.siemens.com/entry/es/es/>
- SISA AMAGUAYA , E. F., & VILLARROEL HERRERA, W. M. (2009). *Diseño e instalación de una pico*
- TENORIO ZURITA , N. G. (Diciembre de 2005). *Diseño e implementación de un prototipo de una picocentral hidráulica para uso rural*.
- YÉPEZ CADENA, Francisco, (12 julio, 2013) *Nuevas fuentes de energía eléctrica, ¿convenientes?*, Recuperado el 21 de julio del 2015 de <https://economiarandom.wordpress.com>

Linkografía

- PLANETA NEUTRO (18 de Junio de 2009), *Partes de una central hidroeléctrica*, Recuperado el 16 de Enero de 2015, de <http://www.renovables-energia.com/hidraulica/partes-de-una-central-hidroelectrica/>
- HERRERA VEGAS, R. (20 de Enero de 2012). *Una mini central hidroeléctrica amigable con el medio ambiente Lanacion*. Recuperado el 20 de Febrero de 2015, de: <http://www.lanacion.com.ar/1442087-una-central-hidroelectrica-personal-y-amigable-con-el-medio-ambiente>
- MELGAR CEBALLOS, M. (Marzo de 2006). *Gestio Polis*. Recuperado el 23 de Febrero de 2015, de <http://www.gestiopolis.com/recursos6/Docs/Ger/fortalecimineto-del-agro-con-el-desarrollo-de-energia.htm>
- SAPIENSMAN. (2011). *Conceptos básicos de neumática e hidráulica*. Recuperado el 10 de Febrero de 2015, de http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica30.htm

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Aislamiento: Acción y resultado de evitar o disminuir la propagación de un fenómeno físico, como el calor, el sonido o la electricidad, por medio de un material aislante.

Álabes: Cada una de las paletas curvas de una rueda hidráulica o de una turbina.

B

Balanceo: Movimiento que hace un cuerpo, inclinándose a un lado y a otro.

C

Campo magnético: Región que circunda a un conductor recorrido por una corriente, también la que circunda a un imán permanente; en ambos se observara las fuerzas electromagnéticas.

Cauce: Lecho por donde corre un arroyo o río para regar o para otros fines.

Caudal: Cantidad de agua de una corriente.

Centrales termoeléctricas: Es una instalación empleada en la generación de energía eléctrica a partir de la energía liberada en forma de calor, normalmente mediante la combustión de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón.

Combustible: Cuerpo o sustancia que puede arder, sobre todo si con ello produce energía.

E

Electroimán: Barra de hierro dulce imantada artificialmente por la acción de una corriente eléctrica.

Energía cinética: aquella que poseerá cualquier cuerpo como consecuencia de su movimiento.

Energía renovable: Es la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Equilibrado dinámico: Es aquél en el que debemos conservar el equilibrio realizando movimientos con todo el cuerpo o parte de él.

Equilibrio estático: Es aquél en el que debemos conservar el equilibrio manteniendo una determinada posición, sin realizar ningún tipo de movimiento.

F

Fluctuar: Oscilar, cambiar alternativamente.

Fluido: Un fluido es todo cuerpo que tiene la propiedad de fluir, y carece de rigidez y elasticidad, y en consecuencia cede inmediatamente a cualquier fuerza tendente a alterar su forma y adoptando así la forma del recipiente que lo contiene.

Frecuencia: Es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

Fuerza centrífuga: Es una fuerza ficticia que aparece cuando se describe el movimiento de un cuerpo en un sistema de referencia en rotación, o equivalentemente la fuerza aparente que percibe un observador no inercial que se encuentra en un sistema de referencia rotatorio.

G

Generador eléctrico: Dispositivo o elemento que transforma la energía mecánica en eléctrica.

H

Hardware: Es el conjunto de los componentes que conforman la parte material (física) de una computadora, a diferencia del software que refiere a los componentes lógicos (intangibles).

Hidroeléctrica: De la energía eléctrica obtenida por fuerza hidráulica o relativo a ella.

I

Inducción: Producción de una carga eléctrica inducida.

Innovaciones: Es el cambio que introduce alguna novedad o varias en un ámbito, un contexto o producto.

L

Líneas de transmisión: Una línea de transmisión es un sistema de conductores metálicos para transferir energía eléctrica desde un punto a otro.

M

Máquina: Conjunto de mecanismos dispuestos para producir, aprovechar o regular una energía motriz.

Monitoreo: es el proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información para hacer seguimiento al progreso de un programa en pos de la consecución de sus objetivos, y para guiar las decisiones de gestión.

P

Potencia: Se denomina de esta forma a la cantidad de trabajo desarrollado por un elemento, circuito o máquina eléctrica en la unidad de tiempo.

Presión: Fuerza que ejerce un gas, líquido o sólido sobre una unidad de superficie de un cuerpo.

R

Rendimiento: Producto o utilidad que rinde o da una persona o cosa.

S

Síncronos: Se los denomina cuando describe objetos o eventos que están coordinados en el tiempo.

Software: a un programa o conjunto de programas de cómputo que incluye datos, procedimientos y pautas y que permite realizar distintas tareas en un sistema informático.

T

Tecnología: Es el conjunto de conocimientos de orden práctico y científico que, articulados bajo una serie de procedimientos y métodos de rigor técnico.

Transformador: Elemento eléctrico estático que convierte el valor de la tensión de entrada en otro valor completamente diferente a su salida.

Turbina: Máquina que consiste en una rueda en el interior de un tambor provista de paletas curvas sobre las cuales actúa la presión de un fluido haciendo que esta gire.

V

Válvula: Dispositivo que abre o cierra el paso de un fluido por un conducto en una máquina, aparato o instrumento, gracias a un mecanismo, a diferencias de presión, etc.

ANEXOS

ANEXO A

ENCUESTAS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ENCUESTA PARA ESTUDIANTES

Esta encuesta está diseñada nos permitirá recolectar datos para el “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE UNA CENTRAL PICO HIDROELÉCTRICA PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES ELÉCTRICAS PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIDAD ACADÉMICA CIYA PERÍODO 2014.”

Señale con una **X** la respuesta con su criterio personal.

1. ¿Conoce usted los tipos de energía renovable que son utilizadas para la generación de energía eléctrica?
SI () NO ()

2. ¿Ha visitado usted una central de generación hidroeléctrica?
SI () NO ()

3. ¿Sabe usted en donde son aplicadas las centrales pico hidroeléctricas?
SI () NO ()

4. ¿Conoce usted las partes principales de una central pico hidroeléctrica?
SI () NO ()

5. ¿Conoce usted las magnitudes eléctricas que son parte de un proceso de generación eléctrica?
SI () NO ()

6. ¿Considera importante tener un banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica?

SI ()

NO ()

7. ¿Cree usted que el banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica ayude a reforzar sus conocimientos acerca de la generación eléctrica?

SI ()

NO ()

8. ¿Ha realizado usted prácticas utilizando el software LabVIEW?

SI ()

NO ()

¡GRACIAS POR SU COLABORACION!

ANEXO B

PLANOS

ANEXO C

MANUAL DE

OPERACIÓN Y

MANTENIMIENTO



**MANUAL OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO DEL
BANCO DE PRUEBAS DE
UNA CENTRAL PICO
HIDROELÉCTRICA**

LATACUNGA – ECUADOR

2015

ANEXO C	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	2 de 10
<p data-bbox="703 488 963 521" style="text-align: center;">INTRODUCCIÓN</p> <p data-bbox="300 667 1370 808">El Manual de Operación y Mantenimiento del banco de pruebas de una central pico hidroeléctrica, es el instrumento más importante que garantizará la seguridad de los usuarios al realizar las prácticas respectivas.</p> <p data-bbox="300 864 1370 1061">El propósito de este documento es el de proporcionar una guía detallada para llevar a cabo la correcta manipulación de los elementos antes, durante y después de la operación en los procesos de generación hidroeléctricos, que son parte del banco de pruebas.</p>		

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Detalles del Banco de Pruebas Pico Hidroeléctrico
2. Normas de Seguridad
3. Elementos
 - Los Elementos de Control
 - Elementos de Medición
 - Elementos de Almacenamiento
 - Elementos de conducción
 - Elementos de Generación
4. Mantenimiento
5. Precauciones
6. Simbología

1. Detalles del Banco de Pruebas Pico Hidroeléctrico

El banco de pruebas que está a disposición de docentes y estudiantes en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica, tiene como objetivo mostrar el principio de generación de energía eléctrica mediante una fuente de energía renovable en este caso el agua, permitiéndole al usuario interactuar directamente con los instrumentos de control para observar el comportamiento de las variables eléctricas en el proceso de generación.

2. Normas de Seguridad



- ✓ Estar bajo la supervisión y asesoramiento de un docente que esté relacionado directamente con el tema.
- ✓ Seguir las instrucciones de acuerdo al avance de la práctica, cumpliendo los procedimientos como se muestra en la guía de práctica.
- ✓ El banco de pruebas tiene un breaker que es el dispositivo de seguridad que se activara al momento de presentarse una sobrecarga o un corto circuito y también nos permite abrir o interrumpir el circuito eléctrico para el funcionamiento.

3. Elementos

Los Elementos de Control



Como elemento de control tendremos a un Breaker Monofásico que está ubicado en el tablero principal que tiene la función de alimentar a nuestro dispositivo de medida (Sentron Pac3100) será el punto primordial de conexión y desconexión para la puesta en marcha del banco de pruebas.

Se tiene una Válvula de Globo que está conectada a la tubería, que permitirá el control manual del caudal de agua que pasa por ella al momento de ubicar la válvula en las diferentes posiciones.

El Variador de Frecuencia ubicado en el tablero principal ayuda a incrementar o disminuir las revoluciones por minuto (RPM) de la Bomba Centrífuga, permitiendo experimentar la velocidad con la que va a girar para los diferentes casos de prácticas.

Los selectores son los dispositivos que van activar o desactivar cada una de las cargas conforme el usuario lo requiera en las distintas prácticas.

Elementos de Medición

Se emplean para medir el comportamiento de magnitudes que se desea investigar.



Los Manómetros son instrumentos de medición que se encuentran ubicados en las tuberías, los utilizamos para conocer la presión que ejerce un fluido para nuestro caso el agua.

Para la medición de las variables eléctricas que se forman en el proceso de generación eléctrica se utilizó un Central Pack, el mismo que nos permitirá visualizar las diferentes magnitudes como son voltaje, frecuencia, corriente y potencia que se generan.

Elementos de Almacenamiento



El elemento de almacenamiento o de embalse que en nuestro banco de pruebas está considerado es un recipiente de forma cilíndrica el mismo que almacena la cantidad de agua suficiente que luego será utilizada en el proceso de generación eléctrica y la recibe después de haber terminado el proceso, sin desperdiciar este líquido vital.

Elementos de conducción

Los elementos de conducción la conforman todos los elementos por donde va a circular el agua desde su inicio hasta su final en el proceso, las tuberías, codos, uniones, derivaciones y reductores son de material PVC un material diseñado para estar sometido a presiones como las que vamos a tener en el banco de pruebas.

La Bomba Centrífuga nos permitirá experimentar una caída de agua real que al llegar a la turbina tendrá la velocidad y fuerza necesaria para moverla, en el banco de pruebas nos permite mover un cierto volumen líquido entre dos niveles con diferencia de altura.

Elementos de Generación

Una determinada cantidad de agua que al pasar por los inyectores serán los que impulsan a la Turbina para girar y que transformará la energía cinética en energía mecánica.

La energía mecánica que se genera en la turbina se transmitirá al Generador mediante la relación de transmisión de poleas, el mismo que transformara la energía mecánica en energía eléctrica, que la veremos reflejados al activar cada una de las cargas.

4. Mantenimiento

- ✓ Realizar la limpieza y el mantenimiento del banco de pruebas revisando que este sin energía.
- ✓ Vaciar el recipiente almacenador de agua después de realizar cada práctica, utilice la tubería de salida de agua.
- ✓ Engrasar los rodamientos por lo menos semestralmente.
- ✓ Es recomendable limpiar el módulo al menos una vez semestral ayudando así a una mejor conservación.
- ✓ Ubicar el banco de pruebas en un lugar fresco y seco libre de polvos.
- ✓ Manipular los elementos que conforman el banco de pruebas de la manera correcta.
- ✓ Inspeccionar el estado que se encuentran los dispositivos a menudo que se vayan realizando las prácticas.
- ✓ De encontrarse algún dispositivo fuera de lo normal verificarlo y de ser necesario realizarle la acción correctiva utilizando las herramientas necesarias.



5. Precauciones

Tener muy en cuenta los siguientes consejos que son útiles para el correcto funcionamiento, que contribuye para una mejor conservación del banco de pruebas y sin tener ningún tipo de inconvenientes o percances al manipular y realizar las prácticas.



- ✓ Asegúrese que la fuente de energía donde va a ser conectada este en perfecto estado, que no tenga ninguna avería.
- ✓ Para conectar y desconectar el convertidor de comunicación RS-232/RS-485, el banco de pruebas debe estar completamente sin energía, ya que es un dispositivo sensible y la manera segura de trabajar es esta.
- ✓ No poner en marcha el banco de pruebas si el almacenamiento de agua se encuentra vacío ya que ocasiona daños a la bomba.
- ✓ Verificar que el nivel de agua del recipiente sea el indicado antes de poner en marcha el banco de pruebas.
- ✓ Revisar la alineación (que estén a la misma altura las poleas) y el estado de la banda que sea la correcta (ni muy aguatado ni muy floja)
- ✓ Mantener el orden (no jugar) a el momento de realizar alguna práctica
- ✓ Realizar las prácticas siguiendo los procedimientos correctos que se encuentran en la guía de prácticas
- ✓ Verificar que la válvula se encuentre completamente abierta para poner en marcha el banco de pruebas.

6. Simbología

Tener en cuenta las señales que tiene el Laboratorio de Ingeniería Electromecánica, teniendo en consideración la importancia, el significado y peligro al que podemos estar expuestos en el caso de no respetarlos.

Entre las principales señales que están en el laboratorio tenemos:



Es una señal de advertencia la misma que nos indica que estamos expuestos a un Voltaje elevado y debemos ser cuidados al momento de encontrarnos cerca de ella.



Indica la restricción del paso a personas particulares que no formen parte o no estén autorizadas para el ingreso a lugares específicos del laboratorio.



Es obligatorio el uso del mandil para ingresar al laboratorio y realizar las prácticas que el estudiante requiera.



Está prohibido el ingreso de alimentos y bebidas dentro del laboratorio.



Prohibido estar Jugando dentro del laboratorio ya que podrían ocasionar accidentes si se encuentras operando las máquinas, herramientas, banco de pruebas, etc.

ANEXO D

FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

FOTOGRAFÍA 1.1. Turbina con su eje



FOTOGRAFÍA 1.2. Carcasa de la Turbina



FOTOGRAFÍA 1.3. Montaje de la carcasa en la estructura



FOTOGRAFÍA 1.4. Estructura Armada



FOTOGRAFÍA 1.5. Instalación de las tuberías



FOTOGRAFÍA 1.6. Instalación de Generador



FOTOGRAFÍA 1.7. Instalación de Equipos



FOTOGRAFÍA 1.8. Pruebas realizadas

