



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS  
SCADA CON LABVIEW PARA LA TURBINA  
TURGO Y EL GENERADOR EN EL LABORATORIO  
DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA DE LA  
FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”**

**AMBO LLIVI MARLON OSWALDO  
CHANGO MERINO HOLGUER ORLANDO**

## **TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**RIOBAMBA – ECUADOR  
2017**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

2016-05-13

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**AMBO LLIVI MARLON OSWALDO  
CHANGO MERINO HOLGUER ORLANDO**

Titulada:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS SCADA CON LABVIEW  
PARA LA TURBINA TURGO Y EL GENERADOR EN EL LABORATORIO DE  
TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE  
LA ESPOCH”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**Ing. MSc. Mg. Carlos Alvares P.  
VICEDECANO DE LA FAC. DE  
MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

**Ing. Pablo Montalvo  
DIRECTOR**

**Ing. Marco Ordóñez  
ASESOR**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** AMBO LLIVI MARLON OSWALDO

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS SCADA CON LABVIEW PARA LA TURBINA TURGO Y EL GENERADOR EN EL LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”

**Fecha de Examinación:** 2017-04-07

### **RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Marco Santillán Gallegos <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Pablo Montalvo <b>DIRECTOR DE TESIS</b>			
Ing. Marco Ordóñez <b>ASESOR DE TESIS</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Marco Santillán Gallegos  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CHANGO MERINO HOLGUER ORLANDO

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS SCADA CON LABVIEW PARA LA TURBINA TURGO Y EL GENERADOR EN EL LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”

**Fecha de Examinación:** 2017-04-07

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Pablo Montalvo <b>DIRECTOR DE TESIS</b>			
Ing. Marco Ordóñez <b>ASESOR DE TESIS</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Marco Santillán Gallegos  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los AMBO M. y CHANGO H.. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Ambo Livi Marlon Oswaldo**

---

**Chango Merino Holguer Orlando**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Ambo Llivi Marlon Oswaldo y Chango Merino Holguer Orlando, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**AMBO LLIVI MARLON OSWALDO**

Cédula de Identidad: 0603854589

---

**CHANGO MERINO HOLGUER ORLANDO**

Cédula de Identidad:1804095642

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de titulación está dedicado primeramente a Dios, por la vida que me ha otorgado y en especial a las fuentes de mi motivación a mi mamá María Elena Llivi, a mi hija Kendra Esmeralda, a mi esposa Sandra Carina, a mi familia, también a una querida e inolvidable amiga Nathaly Carolina Luisataxi y a todos mis amigos quienes en todo mi trayecto académico de estudio han agotado todo tipo de esfuerzos con el único motivo de verme como profesional y para ello ha sido importante también contar con su amor, paciencia, consejos y apoyo moral, con todos estos pequeños detalles siempre serán muy esenciales al momento de plantearme objetivos con dirección al éxito y lograr un futuro lleno de triunfos.

Dios y la Virgen Santísima les llene de bendiciones y de muchos años más de vida para todos y ser testigos de ver nuestras metas logradas a lo largo de nuestras vidas.

Ambo Llivi Marlon Oswaldo

El presente proyecto investigativo que representa el fruto de toda una vida de estudios lo dedico. A mis padres Nicolás Chango y Gloria Merino que gracias a su amor y comprensión supieron día a día apoyarme en cada proyecto que he emprendido y brindarme sus grandes consejos, y me enseñaron que nada es eterno en este mundo por lo tanto hay que saber disfrutarlo a cada instante. A mi esposa e hija quienes me supieron comprenderme y estar conmigo en las buenas y en las malas apoyándome para alcanzar una de mis metas gracias. Adriana, Salmita. A mis hermanos, hermanas, Cuñado, Tío, sobrinos que estuvieron brindándome su apoyo ya que sin el mismo no hubiese podido hacerse realidad este nuevo sueño que empezó al entrar en éste establecimiento universitario. Se los dedico este gran sueño que hoy se materializa gracias: Franklin, Clara, Hilda, Edwin, Rene, Silvia. A mis grandes compañeros y sobre todo amigos con los cuales hemos pasado grandes momentos, unos alegres y otros tristes, pero siempre dándonos apoyo el uno al otro. A aquellos amigos que supieron darme sus consejos en momentos de dificultad, a aquellos amigos que estuvieron junto a mí para compartir mis triunfos; a todos ellos muchas gracias.

Chango Merino Holguer Orlando

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo a las autoridades de la Facultad de Mecánica y de manera muy especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento quienes han sido guías en la realización de este proyecto y como parte fundamental de gran apoyo a los ingenieros: Pablo Montalvo y Marco Ordóñez quienes han sido encargado de revisar, evaluar y ayudar a culminar con este trabajo de titulación, y en especial a todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

A nuestros maestros y maestras que depositaron su sabiduría, para mi formación integral, por ser no solo docentes sino amigos.

Ambo Livi Marlon Oswaldo

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Chango Merino Holguer Orlando.



## CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación .....	2
1.3 Problema .....	2
1.4 Objetivos .....	3
1.4.1 <i>Objetivo general.</i> .....	3
1.4.2 <i>Objetivos específicos.</i> .....	3
2. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1 Turbinas hidráulicas.....	4
2.2 Principales turbinas. ....	5
2.2.1 <i>Turbina Kaplan.</i> .....	5
2.2.2 <i>Turbina Pelton.</i> ....	6
2.2.3 <i>Turbina Francis.</i> .....	6
2.2.4 <i>Turbina Michell Banki.</i> ....	7
2.2.5 <i>Turbina Turgo (reacción)</i> .....	7
2.3 Generador.....	10
2.3.1 <i>Generalidades.</i> ....	10
2.3.2 <i>Clasificación de los generadores.</i> ....	11
2.3.2.1 <i>Generadores químicos.</i> ....	11
2.3.2.2 <i>Generadores solares.</i> ....	11
2.3.2.3 <i>Generadores mecánicos.</i> ....	11
2.3.2.4 <i>Dínamos.</i> .....	11
2.3.2.5 <i>Alternadores.</i> .....	12
2.4 Sistema SCADA .....	12
2.4.1 <i>Adquisición de datos.</i> .....	13
2.4.2 <i>Software de adquisición de datos.</i> . ....	14
2.4.3 <i>Hardware para adquisición de datos.</i> . ....	16
2.5 Sensor.....	18
2.5.1 <i>Sensores de temperatura RTD.</i> ....	19
2.5.2 <i>Sensores de presión.</i> . ....	20
2.5.3 <i>Sensor inductivo.</i> .....	20
2.5.4 <i>Caudalímetro Ultrasónico.</i> .....	21
4.5.4.1 <i>Tipos de montaje de los transductores.</i> .....	21
4.5.4.2 <i>Comprobación de la instalación</i> .....	22
3. DESARROLLO DEL SISTEMA SCADA PARA CONTROL, MONITOREO DE LA TURBINA TURGO Y GENERADOR.....	23
3.1 Instalación de accesorios en la tubería par la toma de datos. ....	23
3.2 Tablero de control.....	24
3.3 Clasificación y montaje de transductores. ....	25
3.3.1 <i>Transductor de presión.</i> .....	27
3.3.1.1 <i>Montaje del transductor de presión.</i> .....	28
3.3.2 <i>Transductor de temperatura.</i> .....	29

3.3.3	<i>Transductor inductivo.</i>	30
3.3.4	<i>Caudalímetro ultrasónico.</i>	30
3.4	Programación del sistema para adquisición de datos de turbina Turgo.	31
3.4.1	<i>Diseño de la interfaz del panel frontal.</i>	32
3.4.2	<i>Configuración del DAQ Assistant.</i>	34
3.4.3	<i>Programación del diagrama de bloques.</i>	36
3.4.4	<i>Generación de reporte diario.</i>	40
4.	<b>PRUEBAS Y RESULTADOS</b>	42
4.1	Descripción de las pruebas	42
4.2	Toma de datos de la velocidad del fluido.	42
4.3	Toma de datos del caudal.	42
4.4	Toma de datos de presión.	43
4.5	Toma de datos de las revoluciones por minuto.	43
4.6	Toma de datos de del voltaje generado.	44
4.7	Potencia mecánica.	44
4.8	Potencia eléctrica	45
4.9	Rendimiento mecánico.	45
5.	<b>INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO Y MANIPULACION DEL SISTEMA</b>	47
5.1	Mantenimiento del transductor de presión.	48
5.2	Mantenimiento del transductor inductivo	50
5.3	Mantenimiento del transductor de voltaje	52
5.4	Mantenimiento de la bomba centrífuga Goulds	54
5.5	Mantenimiento del generador y turbina	56
5.6	Mantenimiento del banco de turbina Turgo.	58
5.7	Mantenimiento del tablero de control	60
5.8	Modelo de practicas de laboratorio de turbomaquinaria	62
6.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	68
6.1	Conclusiones	68
6.2	Recomendaciones	69

**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

1.	Diferencia entre Pecto y Scada.....	12
2.	Datos básicos en LabVIEW .....	15
3.	Sensores y fenómenos físicos .....	19
4.	Tubería ingreso a la Turbina. ....	24
5.	Velocidad de fluido.....	42
6.	Caudal en el sistema .....	43
7.	Datos de la presión.....	43
8.	Datos de revoluciones por minuto .....	43
9.	Datos de voltaje .....	44
10.	Potencia mecánica.....	44
11.	Potencia eléctrica .....	45
12.	Rendimiento.....	46
13.	Ficha técnica del transductor de presión.....	48
14.	Orden de trabajo transductor de presión .....	49
15.	Ficha técnica del transductor inductivo .....	50
16.	Orden de trabajo transductor inductivo .....	51
17.	Ficha técnica del transductor de voltaje.....	52
18.	Orden de trabajo transductor de voltaje.....	53
19.	Ficha técnica de la bomba centrífuga Goulds.....	54
20.	Orden de trabajo de la bomba centrífuga Gouls .....	55
21.	Ficha técnica del transductor de presión.....	56
22.	Orden de trabajo.....	57
23.	Ficha técnica del transductor de presión.....	58
24.	Esquema banco de turbina .....	59
25.	Ficha del tablero de control .....	60
26.	Esquema banco de turbina .....	61
27.	Datos adquiridos .....	67

## LISTA DE FIGURAS

1.	Flujo de agua incidente en una turbina.....	4
2.	Turbina Kaplan.....	6
3.	Turbina Pelton.....	6
4.	Turbina Francis.....	7
5.	Turbina Michell Banki.....	7
6.	Turbina Turgo.....	8
7.	Lugar de instalación de la turbina Turgo.....	10
8.	Esquema de generación eléctrica.....	10
9.	Componentes de un sistema de adquisición de datos.....	14
10.	Ventanas de trabajo en LabVIEW.....	15
11.	Tarjeta de adquisición de datos.....	16
12.	Esquema convertidor analógico digital.....	17
13.	Entradas analógicas y digitales NI USB 6009.....	17
14.	Modo de conexión diferencial.....	18
15.	Conexión de una señal referenciada en nodo simple.....	18
16.	Pt 100.....	19
17.	Transmisor de presión.....	20
18.	Sensor inductivo.....	20
19.	Caudalímetro ultrasónico.....	22
20.	Tubería hacia la Turbina.....	23
21.	Tablero de control Universal.....	25
22.	Esquema eléctrico del transductor de presión.....	27
23.	Curva de escalamiento de transductor de presión.....	27
24.	Transductor de presión.....	28
25.	Curva de escalamiento de transductor de presión.....	29
26.	Reconocimiento del hardware.....	31
27.	Presentación del trabajo de titulación.....	32
28.	Interfaz de adquisición de datos.....	33
29.	Panel de gráficas de curvas.....	34
30.	Configuración del DAQ Assiteant.....	35
31.	Configuración de entradas y salidas analógicas.....	36
32.	Diagrama de bloques de la programación.....	38
33.	Herramienta para redactar un archivo.....	38
34.	Configuración de la herramienta de escritura de archivos de medición.....	39
35.	Encendido y apagado de la bomba con salida digital.....	40
36.	Generación de reportes.....	40

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Manual de instrucciones de uso del Caudalímetro Ultrasónico
- B** Características del sensor inductivo.
- C** Catálogo del sensor de presión.
- D** Catálogo de la tarjeta DAQ USB 6009.
- E** Hoja de detalles del sensor de voltaje
- F** Hoja del sensor de temperatura Pt 100

## LISTA DE ABREVIACIONES

<b>ABREVIATURA</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
ADC	Convertidor analógico digital
AI	Entrada analógica
DSC	Módulo de registro de supervisión y control
EPP	Equipos de protección personal
G	Designación de rosca europea para tubería
GND	Tierra
HMI	Interfaz hombre maquina
I/O	Input/output
LabVIEW	Banco de Trabajo de Ingeniería de Instrumentación Virtual de Laboratorio
m	Pendiente de la recta
Ma	Miliamperios
NI	National Instruments
DAQ	Adquisición de datos
NPT	Rosca americana para tubería
°C	Grados Celsius
P1	Punto referencial del plano cartesiano
PLC	Controlador lógico programable
PSI	Libras por pulgadas cuadrada
PT	Trasmisor de presión
RTD	Detector térmico de resistencia
S/N	Sin numero
SCADA	Supervisión control y adquisición de datos
USB	Puerto serial universal
RPM	Revoluciones por minuto
Q	Caudal

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación describe el diseño e implementación de sistemas SCADA con LabVIEW para la turbina Turgo y el Generador en el laboratorio de Turbomaquinaria Hidráulica de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH. Para la realización del mismo se comenzó seleccionando los elementos que permitan trabajar en la adquisición de señales cuando la turbina y el generador entra en funcionamiento, para la correcta selección de los instrumentos se tomó en cuenta las magnitudes físicas que se maneja el sistema de generación de energía eléctrica como son presión y temperatura principalmente, ya que muchos de los instrumentos no están fabricados para trabajos a elevadas temperaturas y presión. Igualmente se tomó muy en cuenta el nivel de agua del tanque de reserva ya que este debe estar en un rango adecuado para el correcto funcionamiento del mismo y evitar la ocurrencia de cualquier incidente. Se desarrolló en el laboratorio de Turbomaquinaria Hidráulica de la Facultad de Mecánica, básicamente se basa en la adquisición de datos de funcionamiento del sistema de generación eléctrica, esto se lo realizó gracias a una tarjeta que cumple dicha función, y se logró completar la interfaz HMI realizada en LabVIEW. Finalmente se realizó un plan de mantenimiento para los elementos que comprende todo este sistema, basados en las recomendaciones de cada fabricante y acorde a las condiciones de funcionamiento de los elementos. Además, encender los equipos semanalmente para evitar daños e incrustaciones en las tuberías y rodamientos del generador.

PALABRAS CLAVE: <SISTEMA DE CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA)>, <TURBINA>, <GENERADOR ELÉCTRICO>, <PRESIÓN>, <TEMPERATURA>, <CAUDAL>. <INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI)>, <ADQUISICIÓN DE DATOS>.

## **ABSTRACT**

This research describes the design and the implementation of the SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) with LabVIEW systems for the Turgo Turbine and the generator of the Hydraulic Turbomachinery Lab in the Mechanics Faculty in the ESPOCH. The first step was to select the elements to work in the signals acquisition when the turbine and the generator start working in order to choose the correct physical measurement needed for the electric energy generation system mainly pressure and temperature since some of the instruments are not manufactured to work with high temperatures and pressure. The level of water in the reserve tank was also consider since it must have an adequate rank to work correctly and avoid any kind of incident. This design was developed in the Hydraulic Machinery Lab in the Mechanic Faculty, it is mainly based on the data acquisition of the electric generation system operation. This process was developed by using a device which makes this work, and the HMI (Human Machine Interface) made through LabVIEW was completed. Finally, a maintenance plan for the components of this system was made, based on the recommendation of each manufacturer and according to the operation conditions of the elements. The equipment must be turned on quickly to avoid damage and incrustations in the pipe lines and bearings of the generator.

**KEYWORDS:** <SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION (SCADA)>, <TURBINE>, <ELECTRIC GENERATOR >, <PRESSURE>, <TEMPERATURE>, <FLOW>. <HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI)>, <DATA ACQUISITION>.



# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

En el Ecuador existen poblaciones en donde el alcance de la red de servicio eléctrico todavía no es el adecuado, pero por su misma situación geográfica son centros de gran afluencia de agua, donde existen muchos puntos turísticos con varias hosterías, las cuales necesitan energía eléctrica para su consumo, para el cual obtener energía eléctrica se realizan pequeñas centrales hidroeléctricas con grandes caídas de agua que existen en esas áreas y son aprovechadas por toda la población mejorando su modo de vida.

La Facultad de Mecánica desde su inicio en la ESPOCH el 3 de abril de 1973 ha ido incorporando varios talleres y laboratorios, los cuales han sido necesarios y valiosos para la ayuda y formación de los estudiantes que a diario utilizan los laboratorios, permitiendo aplicar lo aprendido en las aulas y comprobando en la realización de las prácticas.

Al ver la necesidad de mejorar el aprendizaje se decidió, implementar un sistema de monitoreo para la adquisición de datos correctos de la turbina Turgo en el laboratorio de Turbomaquinaria de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, para poder llevar los estudios necesarios y comprobar el funcionamiento adecuado de dicha turbina, obtenido datos confiables, para determinar cuál es el mejor funcionamiento en el laboratorio.

Las turbinas son netamente utilizadas en la industria para resolver problemas de generación eléctrica, pero a la vez es necesario tener en cuenta el monitoreo adecuado y determinar el correcto funcionamiento.

LabVIEW en la actualidad es un software que la mayoría de las industrias lo con fines de impulsar la industria, mejorar el monitoreo de sus equipos el mismo que permite diseñar sistemas SCADA con interfaz de visualización amigable con el usuario a más de tener funciones mejoradas para el desarrollo de los sistemas.

## **1.2 Justificación**

La Facultad de Mecánica cuenta con el Laboratorio de Turbomaquinaria Hidráulica, el mismo que es utilizado por los estudiantes para complementar su formación académica, sin embargo, no todos los equipos cuentan con módulos y sensores para la adquisición de datos en tiempo real y entre estos equipos está la turbina Turgo.

El funcionamiento de una turbina y del generador debe ser vigilado con la finalidad de evitar accidentes, así como al momento de operar los mismos, se debe tener en cuenta que al operar un equipo de generación de energía este debe ser supervisado por alguna persona con los conocimientos suficientes en el campo.

El presente trabajo pretende implementar nueva tecnología para la supervisión de la turbina y del generador al momento de entrar en funcionamiento. Además de trabajar en un entorno virtual utilizando una tarjeta para la adquisición de datos emitidos por el funcionamiento de la turbina y el generador.

Al trabajar con una tecnología de adquisición de datos permitirá registrar el funcionamiento de las diferentes turbinas con sus generadores, para que el Ingeniero de Mantenimiento pueda evaluar los diferentes resultados y realizar una adecuada planificación de trabajos y mantenimiento del mismo.

## **1.3 Problema**

En el laboratorio de Turbomaquinaria Hidráulica de la Facultad de Mecánica la turbina Turgo y el generador no cuenta con una automatización para el respectivo monitoreo, control y adquisición de datos, de presión, temperatura, voltaje, revoluciones por minuto, frecuencia y caudal, existentes para la comprobación, verificación, aseguramiento del funcionamiento del equipo para la determinación del rendimiento que existe entre la turbina y el generador.

En las diferentes industrias actuales se utilizan sistemas de monitoreo, control y adquisición de datos, una de ellas es el Scada que el Ingeniero de Mantenimiento debe estar en capacidad de reconocer y utilizar este tipo de sistemas. La etapa adquisición de datos es de trascendencia importancia para determinar el estado activo de los equipos.

## **1.4      Objetivos**

**1.4.1   Objetivo general.** Diseñar e implementar el sistema SCADA con LABVIEW para la turbina Turgo y el generador en el laboratorio de Turbomaquinaria Hidráulica de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH”

### **1.4.2   Objetivos específicos**

Realizar pruebas y mediciones experimentales para verificar el funcionamiento de los sistemas de monitoreo de la turbina y el generador.

Determinar las características del hardware y el software necesario para la adquisición de datos.

Implementar las unidades de monitoreo y diseñar los sistemas SCADA con LABVIEW.

Elaborar una guía práctica para el monitoreo y control de variables del funcionamiento de la turbina y el generador.

Elaborar un plan de mantenimiento.

Elaborar un plan de seguridad.

## CAPÍTULO II

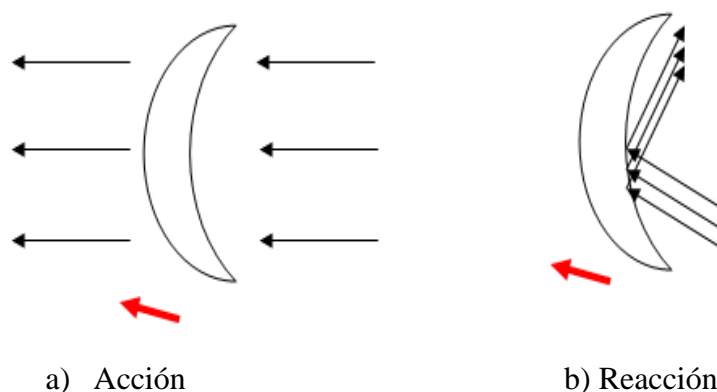
### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Turbinas hidráulicas.

Son turbomáquinas que basan su funcionamiento en el aprovechamiento de la energía cinética que posee el agua al precipitarse desde una cierta altura. Están constituidas por una serie de álabes donde impacta el agua generando movimiento rotativo en el eje de la turbina. Se utilizan en centrales hidroeléctricas para la transformación de energía mecánica producida en el eje en energía eléctrica mediante alternadores.

Podemos diferenciar dos tipos de turbinas hidráulicas en función de la dirección del agua al impactar con los álabes, las turbinas de acción y de reacción:

Figura 1. Flujo de agua incidente en una turbina.



Fuente: <http://www.atmosferis.com/wp-content/uploads/2012/07/flujos-.png>

En las turbinas de acción (figura a) el agua incidente en los álabes posee la misma dirección que el agua de salida y se puede decir que el sentido de giro de la paleta motriz coincide con la dirección del agua. Se emplean para saltos de agua de pequeño caudal y gran altura.

En las turbinas de reacción (figura de la derecha) la dirección de salida del agua no coincide con la dirección de incidencia del agua en los álabes, en este tipo de turbinas el agua no impacta de una manera frontal, sino que posee un cierto ángulo de entrada lo que provoca un cambio de dirección en la salida al producir movimiento rotacional en el

rodete. Se emplean para saltos y caudales medios, así como para saltos de gran caudal y poca altura.

Las turbinas tienen diferentes formas en función de la disposición de las mismas y de las necesidades de la central hidroeléctrica. La turbina de una central hidroeléctrica se diseña en función del salto de altura y caudal que se posee, de esta manera las turbinas se pueden clasificar en: (FERNÁNDEZ, 2012)

- Turbinas de flujo radial: el agua incide de manera radial en los álabes.
- Turbinas de flujo axial: el agua incide en la dirección de rotación del eje.
- Turbinas de flujo radial-axial: el agua incide de manera radial y sale en dirección de la rotación del eje.
- Turbinas de eje horizontal
- Turbinas de eje vertical

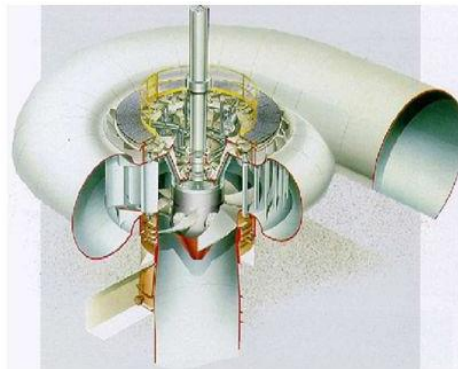
## **2.2 Principales turbinas.**

Las principales turbinas utilizadas en el medio para la generación de energía renovables las más utilizadas en la industria son las siguientes:

**2.2.1 Turbina Kaplan.** El aumento de las necesidades de energía hidroeléctrica durante los albores del siglo XX puso de manifiesto la necesidad de turbinas que pudieran aprovechar caídas de agua de tres a nueve metros (3-9 m), que podrían utilizarse en muchos ríos construyendo pequeños embalses de agua. (VÁSQUEZ DE LEÓN, 2007)

En el año de mil novecientos trece (1913), el ingeniero austriaco Viktor Kaplan planteó por primera vez la turbina de hélice, que actúa al contrario que la hélice de un barco. Kaplan mejoró la turbina haciendo que las palas pudieran pivotar sobre su eje. Los distintos ángulos de las palas aumentaban el rendimiento ajustando el ángulo al volumen de la caída de agua. (VÁSQUEZ DE LEÓN, 2007)

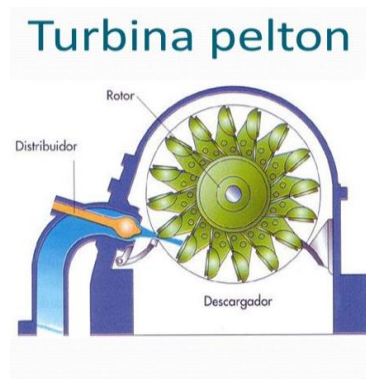
Figura 2. Turbina Kaplan.



Fuente: <http://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbinas-hidraulicas.html>

**2.2.2** *Turbina Pelton.* Esta turbina tiene flujo transversal, y de parcial admisión. Éstas han evolucionado de los molinos de agua, con la diferencia de contar con palas o álabes ésta tiene cucharas. Están diseñadas para trabajar con saltos de agua muy grandes, pero caudales pequeños. Turbina de acción.

Figura 3. Turbina Pelton

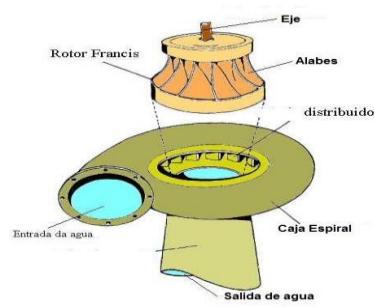


Fuente: <http://slideplayer.es/slide/8844882/>

**2.2.3** *Turbina Francis.* La turbina Francis es desarrollada por James B. Francis. Es una turbina de reacción de flujo interno que combina conceptos tanto de flujo radial como de flujo axial. (VÁSQUEZ DE LEÓN, 2007)

Las turbinas Francis son turbinas hidráulicas que se pueden diseñar para un amplio rango de saltos y caudales, siendo capaces de operar en rangos de desnivel que van de los diez metros hasta varios cientos de metros. Esto, junto con su alta eficiencia, ha hecho que este tipo de turbina sea el más ampliamente usado en el mundo, principalmente para la producción de energía eléctrica mediante centrales hidroeléctricas. (VÁSQUEZ DE LEÓN, 2007)

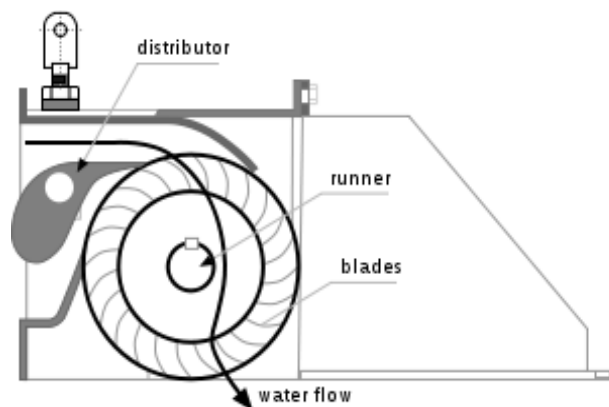
Figura 4. Turbina Francis



Fuente: <http://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbinas-hidraulicas.html>

**2.2.4 Turbina Michell Banki.** La característica principal de la turbina de flujo cruzado es el chorro de agua de sección transversal rectangular que pasa dos veces a través de los álabes del rotor, ubicados en la periferia del rotor cilíndrico, perpendicular al eje de éste. El agua fluye a través de los álabes, primero desde la periferia hacia el centro y entonces, después de cruzar el espacio abierto del rotor, desde dentro hacia fuera.

Figura 5. Turbina Michell Banki



Fuente: <https://termotech.files.wordpress.com/2012/02/302px-banki-svg.png>

La conversión de energía tiene lugar dos veces; primero en la incidencia del agua sobre el álabe en la entrada y luego cuando el agua golpea el álabe en el escape desde el rotor. El uso de dos etapas de trabajo no ofrece ventajas particulares, excepto ser un medio simple y efectivo de descargar el agua desde el rotor. (VÁSQUEZ DE LEÓN, 2007)

**2.2.5 Turbina Turgo (reacción).** La turbina Turgo es una turbina hidráulica de impulso la misma que fue diseñada para saltos de desnivel medio.

Fue desarrollada por la compañía Gilkes en 1919 por una modificación de la turbina Pelton; la Turgo cuenta con varias ventajas en relación a la turbina Francis y la Pelton en determinadas aplicaciones.

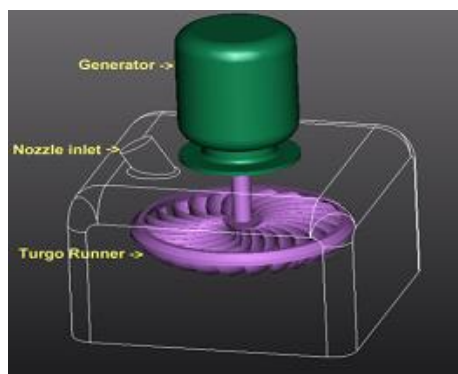
- El rodete es más barato de fabricar que de una Pelton.
- No necesita una carcasa hermética como la Francis.
- Tiene una velocidad específica elevada y puede manejar mayor flujo para el mismo diámetro que una turbina Pelton, que conlleva una reducción a una reducción del coste de un generador y de la instalación, (véase en la figura 6).

### Ventajas

Debido a sus particularidades, la Turgo compite con la Pelton Multi-chorros y la Francis Normal. Comparada con la Pelton Multi-chorros se presenta las siguientes ventajas:

- Debido a la posición del chorro, la turbina Turgo asume diámetros hasta la mitad de la rueda Pelton para las mismas condiciones.
- La turbina Pelton y la Turgo puede tener hasta tres inyectores.
- Debido a los caudales admisibles en los inyectores de la rueda Turgo, se presenta una disminución del número de inyectores, y consecuentemente, una simplificación en el sistema de control de velocidad.

Figura 6. Turbina Turgo



Fuente: <https://www.google.com/search?q=turbina+turgo&biw>



Las Turgo operan dentro del campo de desniveles en la que se oculta las turbinas Francis y Pelton. Aunque existen instalaciones grandes con turbinas Turgo, estas son más utilizadas en instalaciones hidráulicas pequeñas en las que es importante el bajo coste. (LÓPEZ, 2012)

a) *Principio de funcionamiento.* La turbina Turgo es una turbina de tipo impulso. El agua no cambia de presión cuando pasa a través de los álabes de la turbina. La energía potencial del agua se convierte en energía cinética en la tobera de entrada o inyector. El chorro de agua a alta velocidad se dirige contra los álabes de la turbina que lo desvían e invierten el flujo. El impulso resultante hace girar el rodete de la turbina, comunicando la energía al eje de la turbina. Finalmente, el agua sale con muy poca energía. Los rodetes de una turbina Turgo pueden tener un rendimiento por encima del 90%. (Energetika, 2010)

El rodete de una Turgo se parece a un rodete Pelton partido por la mitad. Para la misma potencia, el rodete Turgo tiene la mitad del diámetro que el de un rodete Pelton y dobla la velocidad específica. La turbina Turgo puede manejar un mayor flujo de agua que el Pelton debido a que el agua que sale no interfiere con las paletas adyacentes. (Energetika, 2010)

La velocidad específica de los rodetes Turgo se encuentra situada entre la de las turbinas Francis y Pelton. Se pueden usar una o varias toberas o inyectores. Incrementando el número de inyectores se incrementa la velocidad específica del rodete en la raíz cuadrada del número de chorros (cuatro chorros rinden dos veces la velocidad específica de un chorro para la misma turbina). (Energetika, 2010)

b) *Usos de la turbina Turgo.* Esta turbina es muy utilizada para lugares de alta gradientes, pero pocas cantidades de agua. Es conveniente utilizar en problemas donde requiramos tomar una decisión entre la turbina Francis, o la turbina Pelton.

Las propiedades de la turbina Turgo son muy similares a las de la turbina Pelton, pero la ventaja de estas turbinas, se encuentra en que estructural y tecnológicamente son menos exigentes, siendo más simples económicas en su construcción.

Figura 7. Lugar de instalación de la turbina Turgo



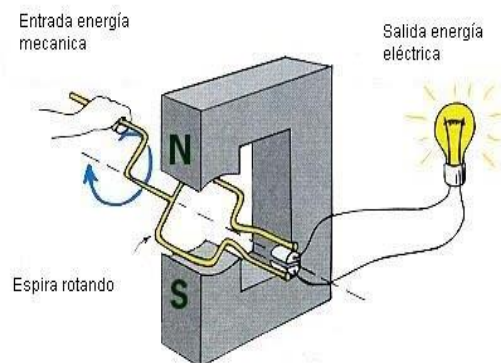
Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=turbina+turgo>

Una de las características más notorias de la turbina Turgo es que es plana y tiene una gran eficiencia en su rendimiento. Sin embargo, esto se cumple solo en la velocidad nominal, en tanto es necesario ponerle un regulador de velocidad a las boquillas de salida, y acoplar a generados síncronos. Como los rodamientos no tienen contacto con el agua la contaminación del agua es casi nula. Esta turbina es muy utilizada en centrales donde el agua es acumulada en reservorios por bombeo. (Energetika, 2010)

## 2.3 Generador

**2.3.1 Generalidades.** Un generador es una máquina eléctrica rotativa que transforma energía mecánica en energía eléctrica. Lo consigue gracias a la interacción de los dos elementos principales que lo componen: la parte móvil llamada rotor, y la parte estática que se denomina estator. (Edensa, 2014)

Figura 8. Esquema de generación eléctrica



Fuente: <http://www.comohacer.eu/wp-content/uploads/2011/08/como-funciona>

Cuando un generador eléctrico está en funcionamiento, una de las dos partes genera un flujo magnético (actúa como inductor) para que el otro lo transforme en electricidad (actúa como inducido). (Edensa, 2014)

Los generadores eléctricos se diferencian según el tipo de corriente que producen. Así, nos encontramos con dos grandes grupos de máquinas eléctricas rotativas: los alternadores y las dinamos. (Edensa, 2014)

Esta conversión de energía se logra mediante la acción de un campo magnético, que actúa sobre los conductores que están dispuestos en una armadura, a esta se la conoce como estator. (Edensa, 2014)

**2.3.2 Clasificación de los generadores.** Los generadores eléctricos se pueden clasificar según el tipo de energía que transforman a energía eléctrica.

**2.3.2.1 Generadores químicos.** Estos generadores son aquellos que usan las reacciones químicas para transformarla en energía eléctrica. Podemos ver en las pilas o acumuladores.

**2.3.2.2 Generadores solares.** Transforman la energía solar en eléctrica mediante celdas fotovoltaicas.

**2.3.2.3 Generadores mecánicos.** Estos son los más utilizados en la industria gracias a su fácil manejo y carga, transforma la energía mecánica proveniente de un motor de combustión interna, de una turbina etc, en energía eléctrica.

Entre estos se destacan el dínamo y los alternadores.

**2.3.2.4 Dínamos.** Este es un generador que está enfocado a la transformación del flujo magnético en electricidad mediante la inducción electromagnética, esta transformación nos genera un flujo de corriente continua. Un gran uso de estos generadores es en la energía hidroeléctrica, con este principio se conecta al eje de las turbinas al eje del dinamo producimos electricidad y con esto se aprovecha esta fuente en teoría inagotable.

2.3.2.5 *Alternadores.* Se puede apreciar que el alternador consta de dos partes fundamentales, el inductor, el cual es encargado de crear el campo magnético, es el elemento giratorio, y el inducido que es el conductor por el cual va a atravesar las líneas de fuerza de dicho campo magnético, es el elemento estáticos (*Conocimientos, 2012*)

## 2.4 Sistema SCADA

Sistema SCADA es el acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos). Un SCADA es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar a distancia una instalación de cualquier tipo. A diferencia de los Sistemas de Control Distribuido, el lazo de control es generalmente cerrado por el operador. Los Sistemas de Control Distribuido se caracterizan por realizar las acciones de control en forma automática. Hoy en día es fácil hallar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles, aunque su labor principal sea de supervisión y control por parte del operador. (D'SOUSA, 2002)

Tabla 1. Diferencia entre Pecto y Scada

<b>PECTO</b>	<b>SCADA</b>
TIPO DE ARQUITECTURA	CENTRALIZADA
TIPO DE CONTROL PREDOMINANTE	SUPERVISORIO: Lazos de control cerrados por el operador. Adicionalmente: control secuencial y regulatorio.
TIPOS DE VARIABLES	DESACOPLADAS
ÁREA DE ACCIÓN	Áreas geográficamente distribuídas.
UNIDADES DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL	Remotas, PLCs.
MEDIOS DE COMUNICACIÓN	Radio, satélite, líneas telefónicas, conexión directa, LAN, WAN.
BASE DE DATOS	CENTRALIZADA

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos11/sisco/sisco.shtml>

Provee de toda la información que genera el proceso productivo (supervisión, control de calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) permite su gestión e intervención. (D'SOUSA, 2002)

Es una aplicación software de control de producción, que se comunica con los dispositivos de campo y controla el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador.”

Proporciona información del proceso a diversos usuarios: operadores, supervisores de control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc

El sistema capta el proceso a través de los diferentes sensores instalados e anuncia al usuario por medio de la herramienta HMI, iniciando las acciones pertinentes para tener el control del proceso a través de los controles

El control directo lo realizan los controladores autónomos digitales y/o autómatas programables y están conectados a un ordenador que realiza las funciones de diálogo con el operador, tratamiento de la información y control de la producción, utilizando el SCADA.

La estructura funcional de un sistema de supervisión y adquisición de datos obedece generalmente a una estructura Maestro-Esclavo. La estación central(Maestro) se comunica con el resto de estaciones(esclavos) requiriendo de las mismas una serie de acciones o datos.

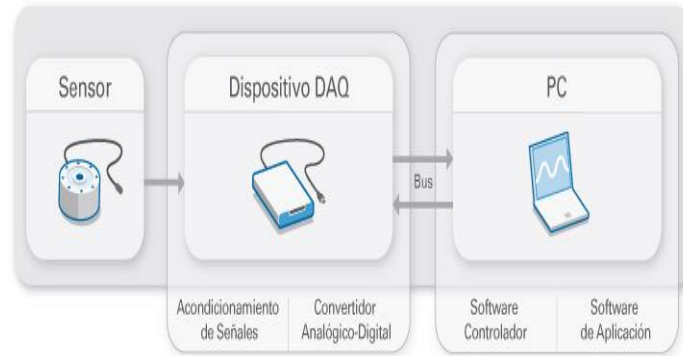
El sistema SCADA está conformado por los siguientes elementos:

- El software de adquisición de datos y control.
- Hardware de adquisición de datos.
- Sistema de interconexión

**2.4.1** *Adquisición de datos.* “Es el proceso de medir a través de un PC un fenómeno físico o eléctrico como el voltaje, la presión, la temperatura, etc. Un sistema de

adquisición de datos consta de sensores, un hardware para adquisición de datos y una computadora con un software que permita realizar la programación.” (Instruments, 2014)

Figura 9. Componentes de un sistema de adquisición de datos



Fuente: <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

**2.4.2** *Software de adquisición de datos.* En la actualidad uno de los programas más utilizados en la adquisición de datos es el LabVIEW el mismo que cuenta con un sinnúmero de elementos que permiten realizar dicha operación.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench). Es un lenguaje y a su vez un entorno de programación gráfica en el que se puede crear aplicaciones de forma rápida y sencilla. (LAJARA, 2007)

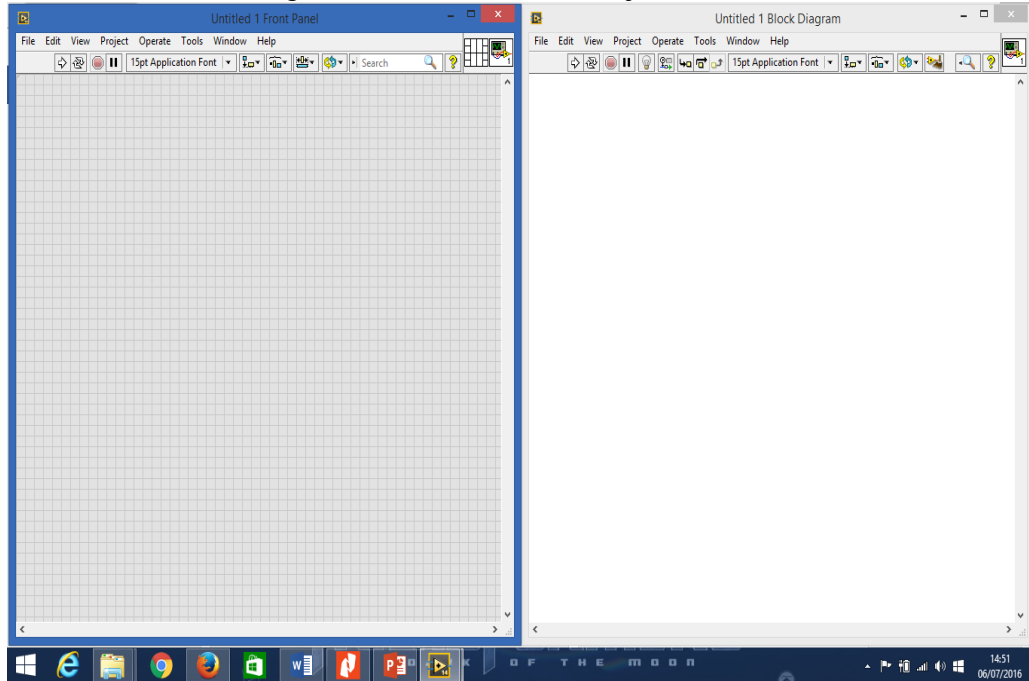
Originalmente este programa está destinado a aplicaciones para el control de instrumentos electrónicos, usados en sistemas conocidos como instrumentación virtual. (LAJARA, 2007)

LabVIEW cuenta con dos partes fundamentales:

- Panel frontal. Parte que visible para el usuario que tiene con fondo de color gris.
- Diagrama de bloques. El mismo que contiene la programación señalado de un fondo de color blanco.

Tanto el panel frontal como el diagrama de bloques se encuentran conectados a través de elementos utilizados para el ingreso y salida de datos. (LAJARA, 2007)





Figura 10. Ventanas de trabajo en LabVIEW



Fuente. AMBO M. y CHANGO H.

En LabVIEW se maneja muchos tipos de datos, entre los más usados están los numéricos, booleanos, cadena de caracteres, y datos dinámicos, en la siguiente tabla se muestra los mismos, cada uno posee variadas opciones de datos.

Tabla 2. Datos básicos en LabVIEW

Tipo de dato	Icono en LabVIEW
Numéricos	
Booleano	
Cadena de caracteres	
Dinámicos	

Fuente: <http://www.ni.com/getting-started/labview-basics/esa/data-structures>

LabVIEW permite diseñar un sistemasde control y adquisición de datos con interfaces amigables para el usuario.

Este software posee controladores, módulos y complementos, los mismos que permiten la comunicación con el PLC, tarjetas de adquisición de datos con más facilidad, además posee múltiples herramientas para realizar la lectura y el análisis de señales analógicas o digitales.

**2.4.3 Hardware para adquisición de datos.** En la actualidad se puede utilizar distintos medios para la adquisición de datos, una de ellas escribiremos las características de la tarjeta de adquisición de datos multifunción NI DAQ USB 6009.

Figura 11. Tarjeta de adquisición de datos



Fuente: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/201987>

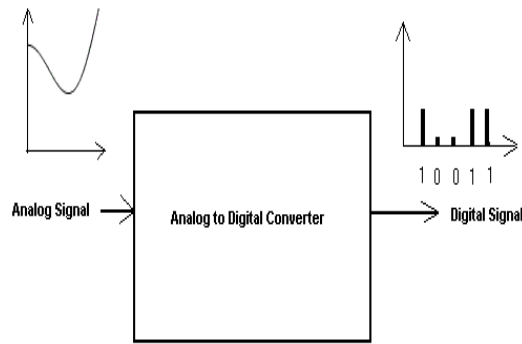
La NI USB 6009 posee entradas analógicas y digitales, así como también posee salidas analógicas y digitales, las cuales permiten la interacción entre todo el sistema de adquisición de datos.

Esta característica de la NI DAQ USB 6009 de National Instruments.

- 8 entradas analógicas (14 bits, 48 kS/s)
- 2 salidas analógicas estáticas (12 bits);
- 12 E/S digitales; contador de 32 bits
- Energizado por bus para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada
- La versión OEM está disponible
- Compatible con LabVIEW, LabWindows <sup>TM</sup>/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET



Figura 12. Esquema convertidor analógico digital

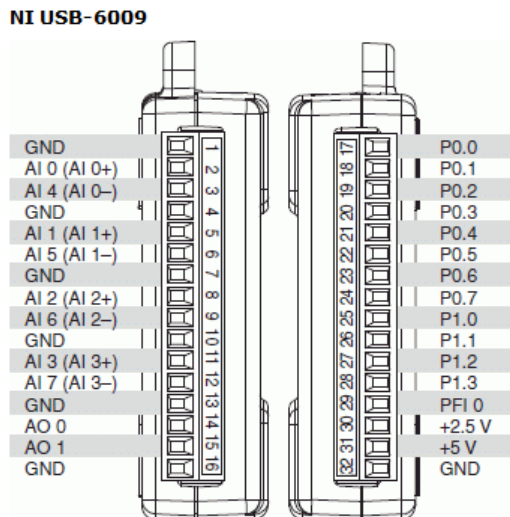


Fuente: [http://www.newtechnologysite.com/computers/analog\\_digital.html](http://www.newtechnologysite.com/computers/analog_digital.html)

Las tarjetas de adquisición de datos cuentan con un A.D.C. (Analog to Digital Converter), convertidor de señal analógica a digital, encargada de convertir la señal analógica en su correspondiente combinación binaria, para ser leída por el software.

Este proceso es necesario el uso de sensores mismos que están en contacto con las señales físicas del evento. Se debe tener en cuenta que las herramientas para la adquisición cuentan con los controladores imprescindibles para utilizar la tarjeta de adquisición de datos.

Figura 13. Entradas analógicas y digitales NI USB 6009



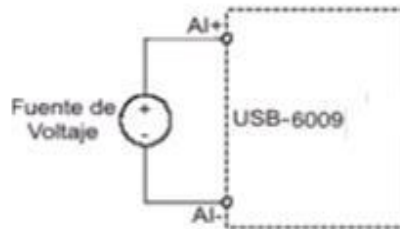
Fuente: NI Measurement and Automation Explorer

Las conexiones de los bornes de la USB 6009 se observan en la figura 13, es importancia conocer el lugar correcto de cada uno de sus componentes para poder realizar la conexión adecuada de cada una de las señales.

Existen dos modos de conexión de las entradas analógicas de la tarjeta.

- Modo diferencial.

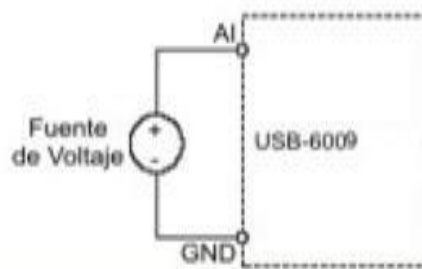
Figura 14. Modo de conexión diferencial



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos99/>

- Modo de conexión es el referenciado

Figura 15. Conexión de una señal referenciada en nodo simple



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos99/>

## 2.5 Sensor.

Llamado también transductor, dispositivo que convierte un fenómeno físico en una señal eléctrica que puede ser medida. La señal depende del tipo de sensor y esta puede ser de voltaje, una resistencia o cualquier atributo eléctrico que varía con el tiempo. Algunos sensores necesitan circuitos o componentes adicionales para emitir una señal que pueda ser leída con precisión y seguridad por un dispositivo DAQ.” (Instruments, 2016)

Hoy en día existen sensores prácticamente que miden todas las magnitudes físicas que existen en el entorno. Se puede encontrar también algunos tipos de sensores para diferentes magnitudes físicas como podemos observar en la siguiente tabla:

Tabla 3. Sensores y fenómenos físicos

Sensor	Fenómeno
Termopar, RTD, Termistor	Temperatura
Fotosensor	Luz
Micrófono	Sonido
Galga Extensiométrica, Transductor Piezoeléctrico	Fuerza y Presión
Potenciómetro, LVDT, Codificador Óptico	Posición y Desplazamiento
Acelerómetro	Aceleración
Electrodo pH	pH

Fuente: <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

En una turbina las magnitudes físicas pueden ser monitoreadas, se encuentra entre ellas la presión y temperatura, y pueden ser medidas mediante termocuplas o R.T.D.y termómetros en el caso de la temperatura y manómetros en caso de la presión.

A continuación, se describe los sensores utilizados para la adquisición de datos, en un sistema de generación de energía eléctrica.

**2.5.1** *Sensores de temperatura RTD.* (Detector de Temperatura Resistivo), basado en la variación de la resistencia por efecto de la temperatura.

Figura 16. Pt 100



Fuente: <http://articulo./MEC-410702491-sensor-pt100>

Al incrementar la resistencia no es lineal, pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponda, además se puede decir que la Pt 100 está dentro de un RTD.

**2.5.2** *Sensores de presión.* Dispositivo cuya finalidad es leer la señal de presión y convertirla en una señal eléctrica, es analógica y puede ser de 4 a 20 miliamperios, por lo general es una señal estándar.

Figura 17. Transmisor de presión



Fuente: [http://www.wika.es/a\\_10\\_es\\_es.WIKA](http://www.wika.es/a_10_es_es.WIKA)

**2.5.3** *Sensor inductivo.* Dispositivo que es capaz de detectar todo material metal de tipo ferroso. Tiene una gran utilidad en la industria como el conteo objetos o para su posición, estos sensores llegan a automatizar un proceso mejorando su velocidad de este sin que el hombre intervenga. La corriente que circula en un hilo conductor, va a generar un campo magnético alrededor de su hilo devanado.

Figura 18. Sensor inductivo



Fuente: <http://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-inductivo/>

Todo tipo sensor inductivo de proximidad tiene devanado interno cuando circula una corriente generando un campo magnético que se da alrededor de una bobina. Si un material ferroso se aproxima al campo magnético este es cortado conmutando el dispositivo. (CHÁVEZ, 2009)

La bobina del sensor de proximidad induce una corriente llamada corrientes de Foucault en el material por percibir. Generando un campo magnético que impide a la bobina del sensor su inductancia. La reducción de su devanado trae como causa una menor impedancia de esta. (CHÁVEZ, 2009)

**2.5.4 Ccaudalímetro Ultrasónico.** Un caudalímetro ultrasónico (caudalímetro Doppler no intrusivo) es un caudalímetro volumétrico que requiere partículas o burbujas en el flujo. El caudalímetro ultrasónico es ideal para aplicaciones de aguas residuales o cualquier líquido sucio que sea conductivo o a base de agua. En general, estos sensores no funcionan con agua destilada o agua potable. Se requerirán aireaciones en las aplicaciones de líquidos limpios. Los caudalímetros ultrasónicos también son ideales para aplicaciones en las que se requiere una baja caída de presión, compatibilidad química y bajo mantenimiento

#### 4.5.4.3 Tipos de montaje de los transductores.

- **Instalación del método V**

La instalación del método V es el modo más común para la medición diaria de tuberías cuyo diámetro interior van desde los 20 mm hasta los 300 milímetros. También se llama modo o método reflectivo.

- **Método de instalación Z**

Este método es utilizado comúnmente cuando el diámetro de la tubería está entre 300 y 500 milímetros.

- **Método de instalación W**

El método de instalación W se usa normalmente con tuberías de plástico con un diámetro de 10 hasta 100 milímetros.

- **Método de instalación N**

Método raramente usado.

2.5.4.2 *Comprobación de la instalación.* A través de la comprobación de la instalación, se puede comprobar la potencia de la señal de recepción, el valor Q de la calidad de la señal, la diferencia entre las señales, la velocidad estimada del líquido, el tiempo de desplazamiento medido de las señales y el índice del tiempo de desplazamiento calculado. De esta manera, un resultado de la medición óptimo y aumento del tiempo de funcionamiento del instrumento se pueden alcanzar.

Figura 19. Caudalímetro ultrasónico



Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=sensor+tds+100h>

## CAPÍTULO III

### 3. DESARROLLO DEL SISTEMA SCADA PARA CONTROL, MONITOREO DE LA TURBINA TURGO Y GENERADOR

En este capítulo se especifica el control y desarrollo original de la aplicación del sistema Scada de los diferentes elementos de monitoreo y control.

En el desarrollo del sistema SCADA existe un modo de conexión de una interfaz HMI aplicada con LabVIEW, con la utilización de instrumentos virtuales, los mismos que ayudan a la adquisición de datos a través de una DAQ, de igual manera es importante seleccionar los instrumentos correctos para las condiciones de operación y desarrollo de la turbina Turgo con su respectivo generador.

#### 3.1 Instalación de accesorios en la tubería par la toma de datos.

Antes de instalar los elementos de medición, fue necesario adecuar un tramo de la tubería existente ya que esta se encuentra en condiciones precarias.




Figura 20. Tubería hacia la turbina



Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

Una vez realizada la limpieza y cambio de la tubería se procedió a la instalación de los diferentes accesorios hacer utilizados.

Tabla 4. Tubería ingreso a la Turbina.

Elementos del sistema.			
No	Accesorio	Descripción	Imagen
1	Tubería	2''	
2	Tubería	1.5''	
3	Reducción	3 a 1.5''	

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

### 3.2 Tablero de control.

Para la realizar la programación fue necesario modificar todo el sistema eléctrico y de control al no disponer de las características necesarias de distribución para los diferentes dispositivos sé que van a instalar en el tablero de control y tomando en cuenta las respectivas distancias entre dispositivos y conexiones eléctricas.

Se determinó el lugar de fácil acceso para una adecuada instalación del tablero con sus respectivas modificaciones y a su vez para evitar accidentes al momento de circular por su entorno en la que existe señaléticas de circulación peatonal y correcta manipulación del mismo.



En el nuevo tablero se encuentra incorporado todos los elementos de accionamiento para la manipulación de los diferentes equipos que se encuentran alrededor.

Figura 21. Tablero de control Universal



Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

### 3.3 Clasificación y montaje de transductores.

Para realizar el montaje se debe realizar la selección e identificación los transductores que existen en el medio ya que tienen diferentes características cada uno de ellos al momento de ser utilizados, acorde al contenido operacional y características de funcionamiento, están detalladas en los checklist de cada uno de los transductores, los mismos que se pueden observar en los **ANEXOS**.

Para un buen funcionamiento de un transductor se debe considerar los siguientes parámetros e ítems:

- Precisión en la medición de las diferentes magnitudes.
- Precisión del rango de las variables.
- Medios físicos. Conexión eléctrica y mecánica, condición de montaje, resistencia a la corrosión.
- Condiciones del entorno en el proceso. Efectos de la temperatura, aceleración, golpes, y vibraciones.

- De la adecuada elección de los elementos de medición dependerá la calidad de los datos adquiridos.

Hoy en día los transductores manejan valores estándar de salida ya sea de voltaje o corriente, los transductores que poseen salidas de corriente es de importante instalar una resistencia en serio o a su vez de acondicionar la señal, para obtener un valor de voltaje es necesariamente utilizar para la adquisición de datos (DAQ USB 6009), o no sobrepase el límite máximo de lectura de la tarjeta.

Es necesario calcular la resistencia basándose en la ley de Ohm. De tal forma que no sobrepase el valor máximo de voltaje. La resistencia a instalarse es de  $500 \Omega$  según el cálculo de la Ley de Ohm, como el valor de la resistencia no existe en el medio se utilizara una de  $470 \Omega$  con una tolerancia de  $\pm 5\%$  la misma que se puede adquirir en diferentes casas comerciales.

$$R = \frac{\text{Voltaje max}}{\text{Intencidad max}} = \frac{10 V_{cc}}{0.02 A} = 500 \Omega \quad (1)$$

Siguiente;

Se calcula el valor del voltaje máximo y mínimo con el valor estándar de resistencia y corriente.

$$E_{max} = I_{max} * R_{real} \quad (2)$$

$$E_{max} = 0.02A * 470 \Omega$$

$$E_{max} = 9.4 V_{cc}$$

$$E_{min} = I_{min} * R_{real} \quad (3)$$

$$E_{min} = 0.004A * 470 \Omega$$

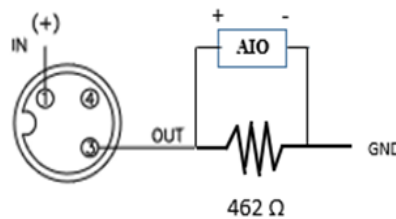
$$E_{min} = 1.88 V_{cc}$$

**3.3.1 Transductor de presión.** Para su selección se toma en cuenta datos de presión y temperatura de acuerdo a las especificaciones de la turbina, la placa de información técnica y las condiciones de funcionamiento de la misma, ya que la máxima presión de funcionamiento de la turbina es de 32 PSI.

Teniendo en cuenta estas especificaciones se ha seleccionado un transductor de presión del siguiente modelo MDC51-010-N-A con un rango de 0-10bar, que cumple satisfactoriamente las condiciones necesarias para medir la presión dentro de la tubería durante el proceso de generación de energía eléctrica.

Los valores de salida del sensor de presión son de 4 a 20 mA, dichos valores deben generarse en voltios porque son valores que reconoce la tarjeta DAQ con un máximo de 10 Vcc, para lo cual se instaló una resistencia en serie entre la señal de salida del sensor y la entrada GND de la tarjeta (ver figura 17).

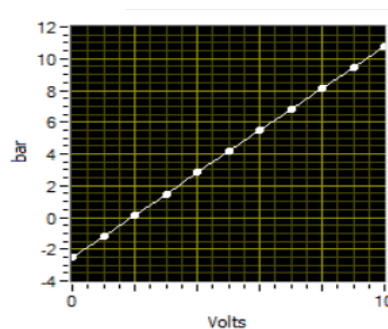
Figura 22. Esquema eléctrico del transductor de presión



Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

En el caso de este transductor la resistencia tendrá un valor exacto de 470 Ohmios, para lo cual se obtendrá valores de salida de tensión de 1,88 a 9,4 voltios. Dichos valores son tomados en cuenta para la elaboración de la curva de escalamiento del transductor, en conjunto con los valores del rango de la presión.

Figura 23. Curva de escalamiento de transductor de presión.



Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

$$P1 = (+1.88,0); \quad P2 = (+9.4 + 145)$$

$$m = (y_2 - y_1)/(x_2 - x_1) \quad (4)$$

Calculo de la pendiente

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{145 - 0}{9.4 - 1.88}$$

$$m = 19.281$$

Calculo de la ecuación lineal

$$y - y_1 = m(x - x_1)$$

$$y - 0 = 19.281(x - 1.88)$$

$$y = 19.281x - 36.248 \quad (5)$$

Donde:  $x = Vcc$ ;  $y = P$

$$P = 19.281 * V - 36.248 \quad (6)$$

3.3.1.1 *Montaje del transductor de presión.* Durante el montaje del instrumento debemos inspeccionar tanto la tubería como el transductor del acople, su instalación y funcionamiento en forma adecuada en el sistema, se debe tomar en consideración el tipo y el tamaño de la rosca tanto del transductor como de la tubería, para una lectura adecuada.

Figura 24. Transductor de presión



Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

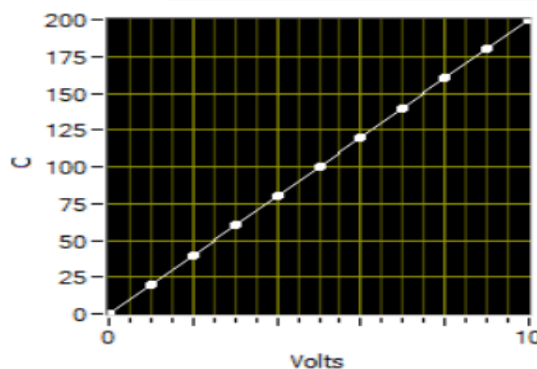
El transmisor de presión está ubicado en la tubería junto al manómetro, la tubería es tipo NPT y de  $1\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro mientras el sensor posee una conexión roscada de NPT con  $1/4$  de pulgada para ello fue necesario realizar una perforación en la tubería y realizar una rosca interna para realizar en montaje del transmisor en la tubería teniendo en cuenta que no exista fugas de fluido y por ende podemos tener medidas erróneas.

**3.3.2 Transductor de temperatura.** Para el control de la temperatura se procede a la selección de un detector térmico de resistencia (RTD), encapsulado con el fin de proteger de las condiciones que se vaya a trabajar, la elección de este elemento nos presenta una relación lineal antes que otros elementos de las mismas características.

Para la selección de este dispositivo tomamos en cuenta el calentamiento que se puede producir en el generador y así evitar daños internos producidos por el calor al momento de su funcionamiento.

Teniendo en cuenta esta consideración se seleccionó un RTD, el cual varía su resistencia de acuerdo al incremento de la temperatura en un rango de 0 a 105 °C, la resistencia tiene que convertirse en voltaje para obtener una comunicación correcta con la tarjeta de adquisición de datos, esto conseguimos con transmisores de señal que convierten un valor resistivo en valor estándar de voltaje de corriente continua en una escala de 0 a 10 Vcc, que se encuentra dentro de valor máximo que soporta la DAQ.

Figura 25: Curva de escalamiento de transductor de presión.



Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

$$P1 = (0,0); \quad P2 = (+10,+105)$$

Calculo de la pendiente

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{105 - 0}{10 - 0}$$

$$m = 10.5$$

Calculo de la ecuación lineal

$$y - y_1 = m(x - x_1)$$

$$y - 0 = 10.5(x - 0)$$

$$y = 10.5 * x$$

Donde:  $x = V_{cc}$ ;  $y T$

$$T = 10.5 * V \tag{7}$$

**3.3.3 Transductor inductivo.** La principal aplicación de un sensor inductivo es detectar materiales metálicos para su conmutación. Debido a su funcionamiento, donde se detectan los objetos sin contacto físico, permiten el conteo, el analizar su posición y la forma de objetos metálicos, que se pueden emplear en la industria alimentaria, sin interferir en el producto final.

Debido a estas características se procede a la selección del mismo nos permite determinar las RPM por el medio de conteo que existe en la DAQ la cual transforma la señal de pulsos y podemos determinar las RPM.

**3.3.4 Caudalímetro ultrasónico.** Este equipo permite determinar el caudal real que circula por el interior de la tubería hacia la turbina, el caudalímetro TDS-100 es utilizado para diferentes rangos de mediciones. El diámetro de la tubería se puede elegir a partir de 2 hasta 6000 mm (0.5 - 200 pulgadas), tomando en cuenta los transductores utilizados. Son muchas las aplicaciones, en líquido se pueden incluir: líquidos ultra puros, agua potable, químicos, aguas residuales, agua regenerada, agua de refrigeración, agua de río, aguas residuales de fábricas, etc. Debido a que el dispositivo y los transductores funcionan sin contacto y no tienen partes móviles, el caudalímetro no se

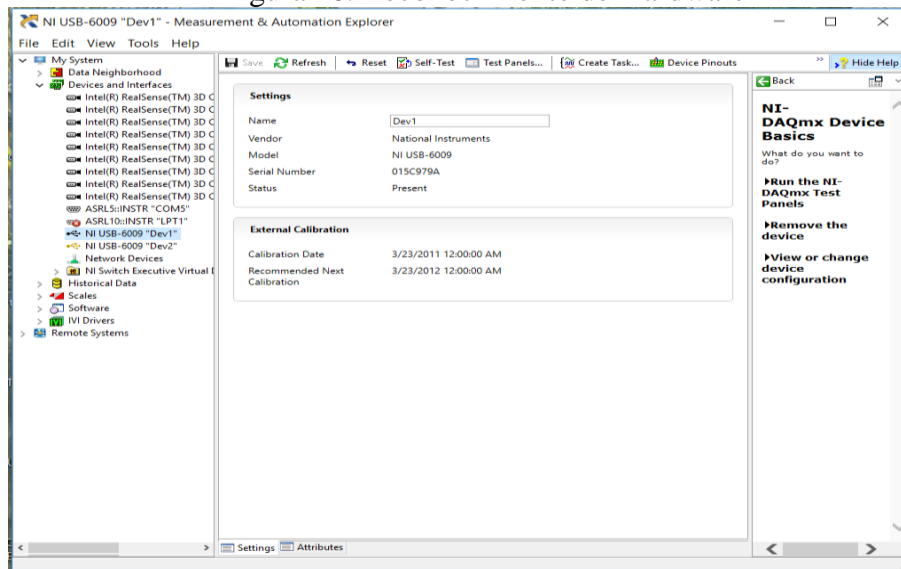
ve afectado por la presión del sistema, suciedad o desgaste. Los transductores pueden soportar hasta 70°C. Se puede medir también a temperaturas más elevadas con otros tipos de transductores de mayor capacidad.

- La selección del caudalímetro se tomó en cuenta las siguientes características que permiten adquirir datos reales al instante:
- Un error del 0.5% de linealidad
- Resolución de 100 Picos-segundos del tiempo de medición
- Posee un 0.2% de adquisición de datos
- Registro de datos incluidos

### 3.4 Programación del sistema para adquisición de datos de turbina Turgo.

Para la realización de la programación se debe tener instalados los controladores de la tarjeta NI DAQ USB 6009, que se encuentran en el disco NI-DAQmx, y asisten a la tarjeta.

Figura 26. Reconocimiento del hardware



Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

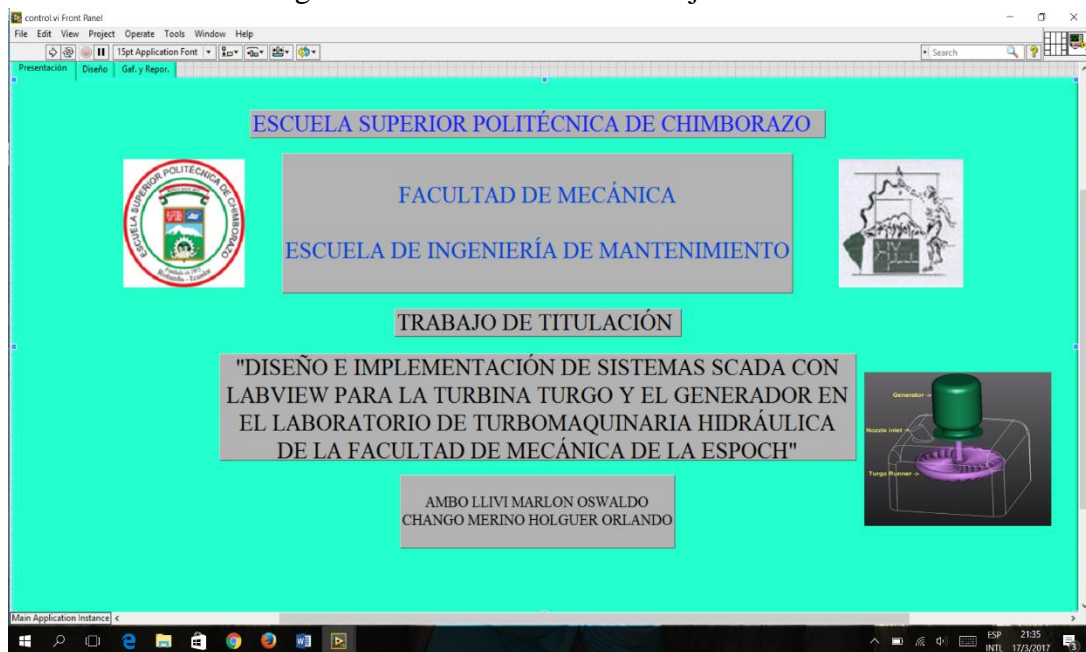
Una vez instalado los controladores, se debe conectar la tarjeta de adquisición de datos con la computadora en la cual automáticamente reconocerá el hardware, finalizada su

instalación mediante LabView se procederá a programar en el diagrama de bloques la función DAQ Assistant para comprobar su correcto funcionamiento de la tarjeta.

Para obtener señales desde los sensores de debe conocer las conexiones de los pines de la NI DAQ USB 6009, además se hace el reconocimiento de las entradas y salidas digitales y analógicas.

**3.4.1** *Diseño de la interfaz del panel frontal.* El interfaz HMI se realiza en el panel frontal de LabVIEW, sirve para la interacción entre el usuario, equipos e instrumentos de control instalados la cual se ejecuta mediante la conexión hacia la entrada del computador, el diseño se utilizó la función Tab. control para seleccionar varias ventanas que permiten dividir la presentación de trabajo de titulación con sus diseñadores, la siguiente figura permite visualizar la presentación del trabajo de titulación, en la segunda ventana está representado el sistema con los elementos de medición y control, en el tercer las diferentes graficas en tiempo real con cada una de sus variables físicas medibles, también se visualiza una tabla de recopilación de tomas de datos.

Figura 27. Presentación del trabajo de titulación



Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

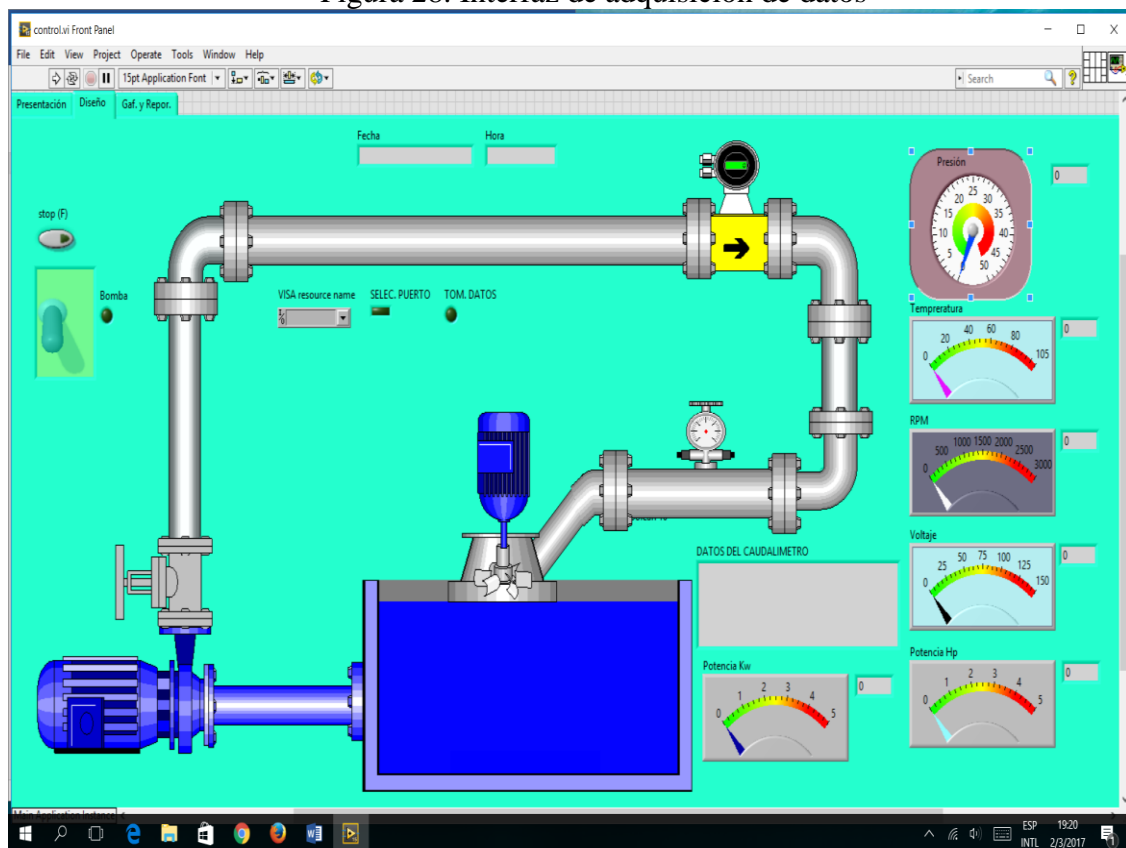
Como se puede observar en la pantalla principal se encuentra la presentación del trabajo de titulación con cada uno de sus autores, el tema principal. y sus logos



correspondientes tanto de la ESPOCH, de la escuela de Mantenimiento. (véase la figura 27.)

En la segunda pantalla se representa todos los elementos que se permite realizar las mediciones de las variables, su respectivo valor y su unidad de medida, además se instala la función para en encendido del sistema mediante un interruptor, el diseño gráfico del proceso de generación de energía eléctrica se realizó mediante el módulo DSC de National Instrument, la que consta con la biblioteca de imágenes que se permite realizar la simulación de un proceso industrial.

Figura 28. Interfaz de adquisición de datos



Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

Los diferentes datos de los instrumentos están representados mediante indicadores numéricos y gráficos que permiten visualizar los valores de las magnitudes en tiempo real del trabajo realizado en el proceso de generación de energía eléctrica.

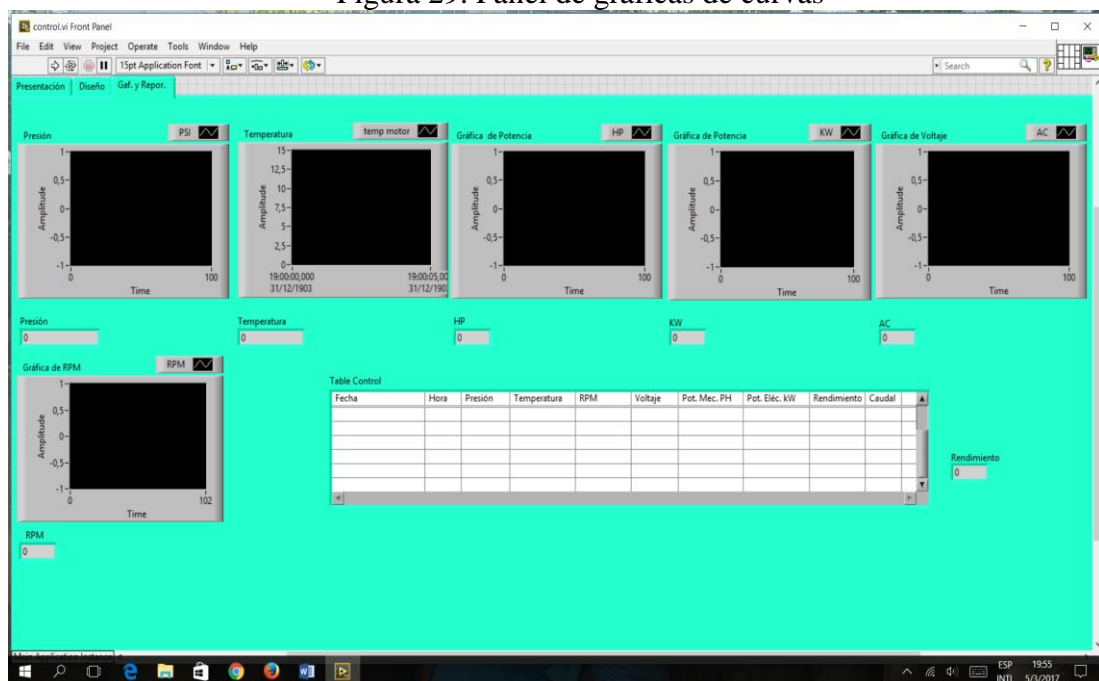
La simulación del proceso se permite visualizar el cambio del color de la tubería cuando esta se encuentra en funcionamiento.

Cabe indicar que para la activación y desactivación de la bomba del suministro de agua hacia la turbina para la generación de energía eléctrica está representado por un indicador booleano, así también a los diferentes accesorios del sistema hidráulico los mismos que al ser activado en el programa cambia de color gris a azul, de azul a verde.

Además, cabe recalcar que los diferentes accesorios del sistema hidráulico como la bomba, tuberías, codos y sensores están configurados mediante una compuerta lógica en LabView, en base de una condición elemental para el funcionamiento y una de ellas es que al arranque del sistema exista presión y comience a marcar cada uno de los sensores y cambie de color los accesorios en el panel principal.

Una vez que comiencen a enviar señales los sensores, en este panel comienza a graficar las diferentes curvas, Junto a estas curvas existe una tabla de control para la generación datos, esto es importante para la verificación del funcionamiento de la turbina y el generador, con la hora y fecha correspondientes de trabajo.

Figura 29. Panel de gráficas de curvas



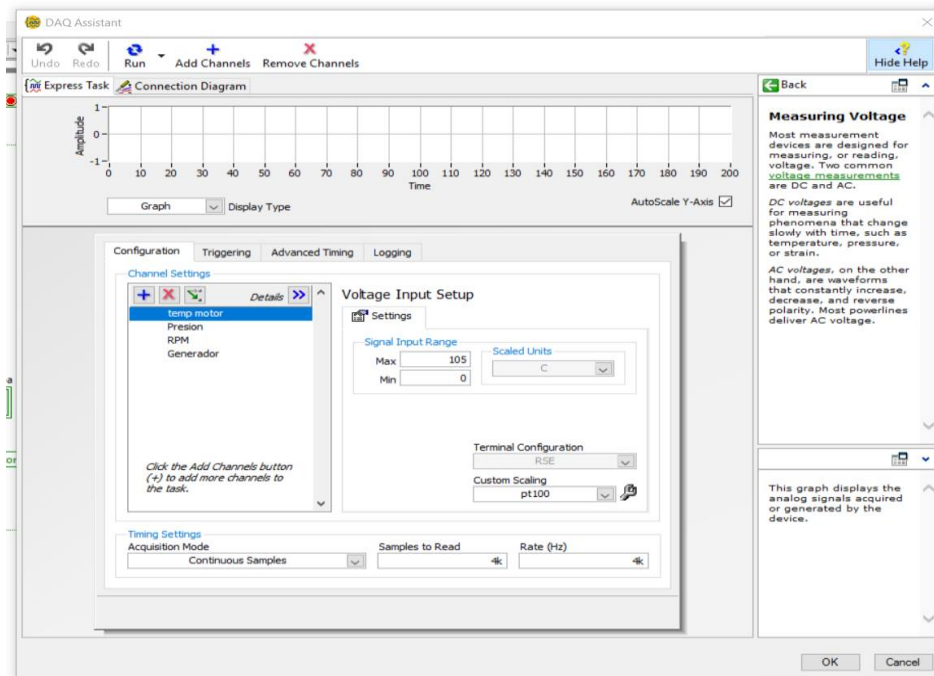
Fuete: AMBO M. y CHANGO H.

**3.4.2 Configuración del DAQ Assistant.** Para realizar la configuración de datos el usuario debe trabajar con facilidad y rapidez tomando en cuenta el modelo de la tarjeta de adquisición de datos, para este proceso se emplea la NI DAQ USB 6009 misma que

consta de ocho canales de entrada analógicas con rango de cero a diez voltios, también el usuario puede crear la escala de acuerdo a sus necesidades e instrumentos de medida.

La tarjeta DAQ contiene una ventana que nos permite configurar el tipo y número de muestreo, también permite visualizar los datos de prueba, a la vez que se realice el muestreo se realiza la configuración de modo continuo y así se tomarán los datos dependiendo del tiempo cuando esté en funcionamiento, sin embargo, debe evitarse la sobrecarga de muestras para no acumular extensos archivos ya que ocupa demasiado espacio el ordenador.

Figura 30. Configuración del DAQ Assistant



Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

Los canales de entrada están nombrados de acuerdo a las variables que se necesitan medir, esto se realiza mediante las ecuaciones de escalonamiento de cada uno de los elementos, la configuración sirve únicamente para las entradas analógicas que sean utilizadas por el usuario, además su función es editar, crear y ejecutar las tareas predeterminadas.

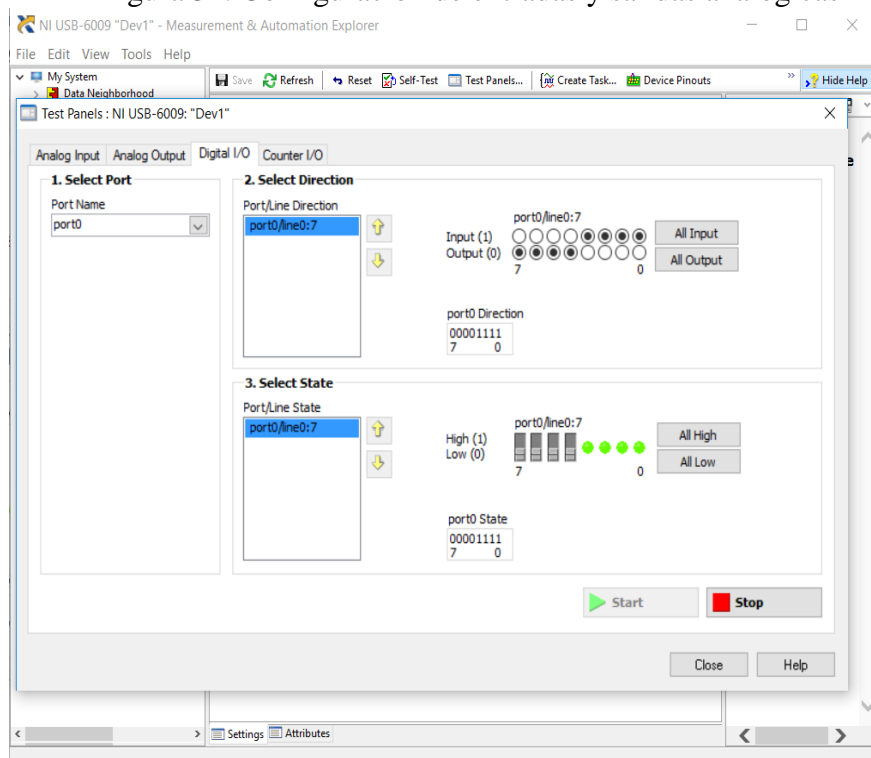
También se pueden crear escalas de cualquier tipo ya pueden ser lineales o exponenciales, para la configuración de las entradas y salidas de la tarjeta se utiliza el software Ni Measurement and Automation. Para los paneles de prueba, hay se

muestran los puertos digitales para la adquisición de datos se selecciona cada puerto ya sea una entrada o salida.

La función de adquisición de datos contiene paneles de prueba la cual se utilizó un panel de prueba para la entrada y salida, se selecciona el puerto cero el cual posee ocho opciones, se debe configurar la ventana de dirección como entrada o salida finalmente se selecciona el estado, se indica con led a las entradas y con un interruptor las salidas.

Se debe también configurar los puertos que van del P0.0 al P0.3 que sean recomendadas como entradas digitales, y los puertos P0.4 al P0.7 en salidas digitales y se verifica la funcionalidad de cada uno de los puertos que se configuran. Esto se debe verificar como estados binarios cuando se encuentra en cero se encuentra desactivado y uno cuando se encuentra encendido.

Figura 31. Configuración de entradas y salidas analógicas



Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

**3.4.3 Programación del diagrama de bloques.** El programa se debe configurar mediante una estructura While Loop, el cual permite ejecutar el programa durante un ciclo hasta cuando el usuario intervenga con el botón de paro. La función Tab Control

crea pestañas en el panel frontal, que se encuentra enlazado con la función Case Structure en el diagrama de bloques donde ubicamos los casos para la selección de las pestañas que fue creada en el panel frontal.

En la tarjeta el DAQ Assistant en su interior se encuentra el ciclo While Loop, además en la parte exterior el case structure las cuales están interconectadas entre ella para los datos requeridos de acuerdo con cada pestaña del Tab Control.

La programación del diagrama de bloques en LabView está conformada por gráficos que representan los controles e indicadores creados en la parte el panel frontal siendo diferenciados por los bordes que rodean al bloque que se ha creado según los requerimientos del usuario.

En las entradas y salidas de los controles e indicadores se lo realiza por medio de un SubVI el mismo que mediante un enlace del DAQ Assistant permite realizar la lectura de los datos en forma individual al utilizar la herramienta Split Signals, herramienta que realiza la separación de cada uno de los canales de la salida para ello se los enlaza con cada indicador numérico o gráfico.

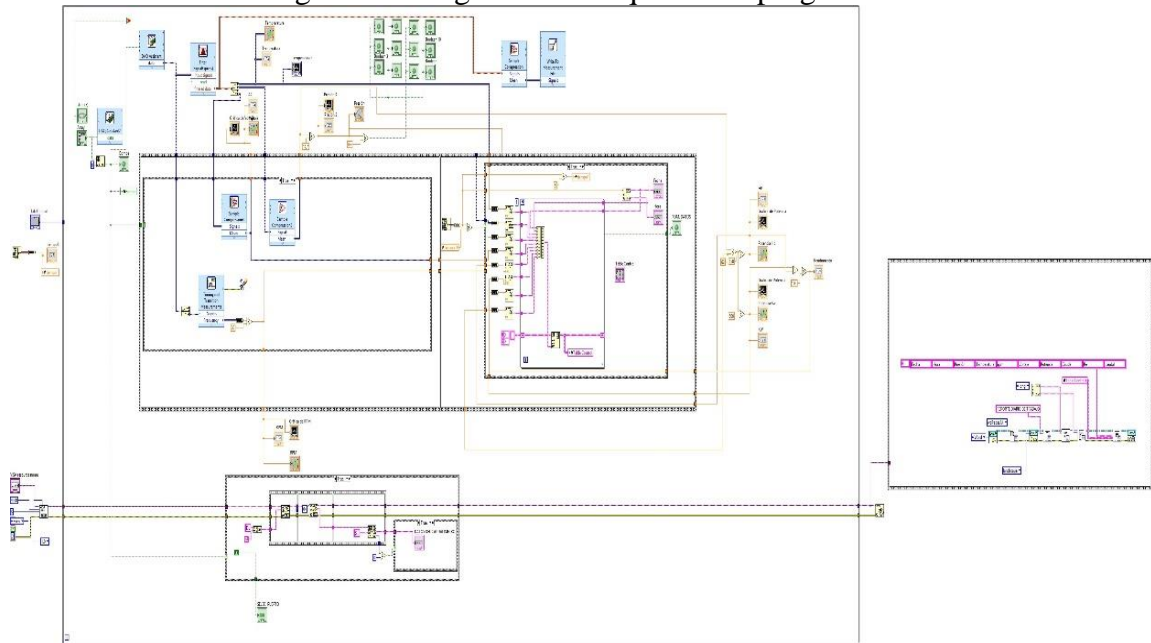
Con la función Split Signals posee cuatro separaciones, que cuenta desde el canal 0 hasta el 3 de arriba hacia abajo, la señal en primer lugar pasa por un filtro digital que permite filtrar sonidos y permite tener las señales correctas.

Para cada canal están especificadas las condiciones de la lectura de datos, para el canal 0 en la tarjeta esta denominada como AI0 se encuentra conectado con un transmisor de temperatura denominado temp motor, para el canal AI1 se denomina Presión, el que está conectado con el transductor de presión, en el canal AI2 tiene la denominación de RPM mismo que está conectado con un sensor inductivo, el canal AI3 se le reconoce como Generador el cual está conectado con un sensor de voltaje el que nos permite determinar el voltaje generado por el generador.

Para la obtención de los datos del caudalímetro ultrasónico se debe seleccionar la herramienta Visa resource name, sin embargo, se necesita conocer las ordenes básicas que son una cadena en formato ASCII, concluyendo con un retorno de carro (CR) y una

nueva línea (LF) esto se realiza mediante un cable serial R323 que es el medio de comunicación entre el caudalímetro y el computador.

Figura 32. Diagrama de bloques de la programación

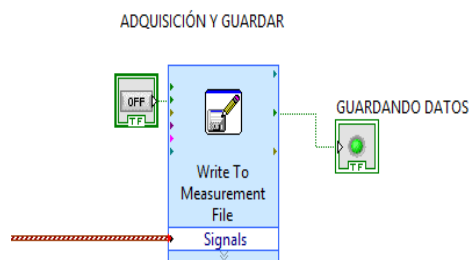


Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

Para la adquisición y almacenamiento de datos se utilizó el instrumento llamado Write to Measurement File, la misma que se puede configurar en qué tipo e tipo del archivo que se desea guardar, teniendo en cuenta la ventana de ayuda del instrumento virtual para una correcta configuración.

Para ello se configura la herramienta de comprensión de muestras para no obtener tamaños de muestras demasitados extensos, la cual nos permite recolectar valores medidos realizados por la tarjeta cada segundo.

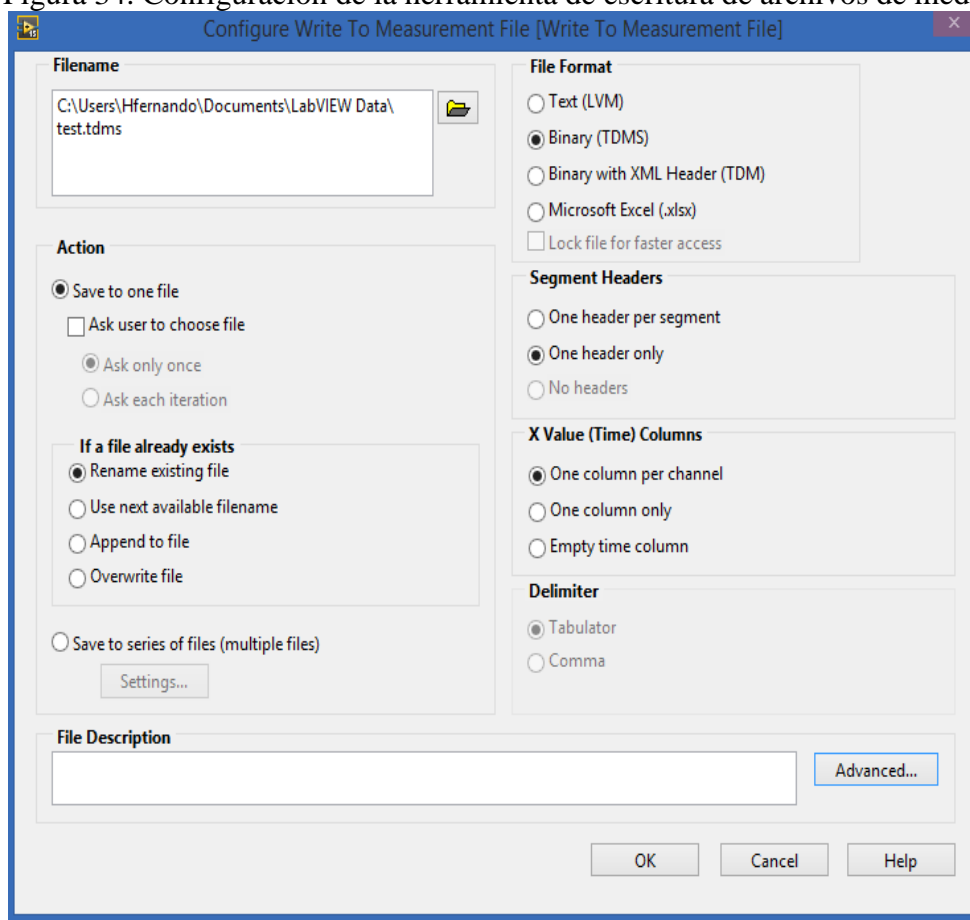
Figura 33. Herramienta para redactar un archivo



Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

De igual manera se establece un control para la activación y desactivación para la adquisición de datos el cual permite visualizar por medio de un led indicador, el mismo que se guarden en el disco duro o en el lugar predeterminado. Esta herramienta posee una ventana de configuración para el tipo de archivo de medición esta sea en Microsoft Excel o a su vez en archivo barrido de tipo TDMS, de la misma manera se puede crear un nuevo archivo o se puede remplazarse el existente. Al generar las mediciones en este archivo, automáticamente se abre el archivo en el que fue guardado ya sea en Excel con la información deseada desde LabView.

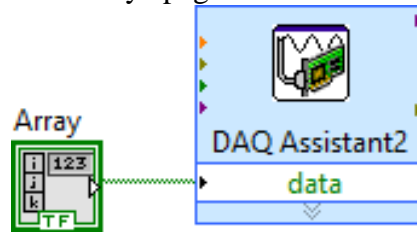
Figura 34. Configuración de la herramienta de escritura de archivos de medición



Fuente: LabView

Para el encendido y apagado desde el computador se realizó mediante una función de control Booleano el que permite realizar como un switch, para ello se encuentra en el panel frontal, el bloque se encuentra configurado como una salida digital desde el P0.4 de la entras y salidas digitales de la tarjeta de adquisición de datos, por lo que fue necesario crear un nuevo DAQ Assistant.

Figura 35. Encendido y apagado de la bomba con salida digital



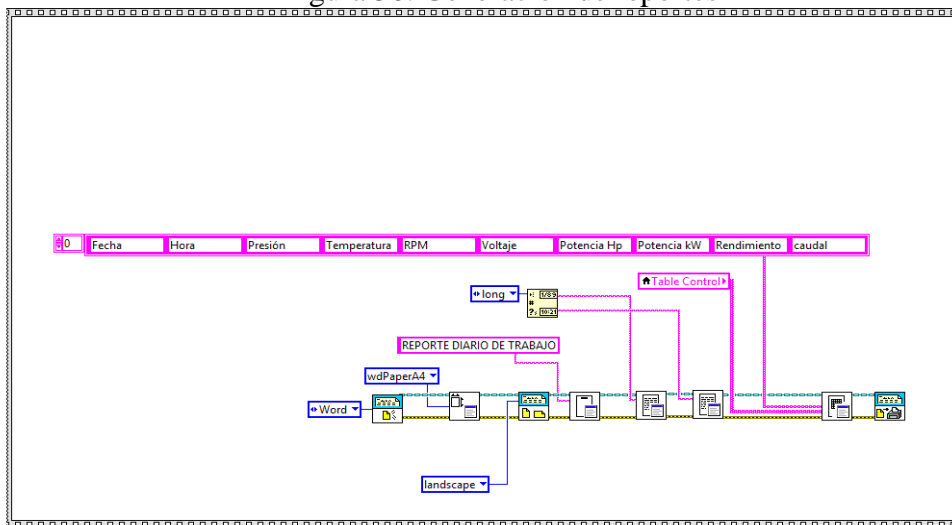
Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

En la configuración que se realizó en las salidas digitales en la tarjeta nos permite activar un relé de 5 voltios, al instante de cambiar de posición el interruptor en el panel frontal para el encendido y apagado de la bomba, el relé está conectado a un selector de tres vías que permite seleccionar de forma manual o automático desde un computador.

Una vez seleccionado el selector de tres vías en la posición automático y cambiado interruptor en la posición ON en la parte Diseño en LabView, se activará el relé dejando pasar una corriente alterna hacia la bobina principal del contactor y encendiendo de la bomba para el suministro de fluido hacia la turbina.

**3.4.4 Generación de reporte diario.** Para la generación de reporte diario de los datos adquiridos a través de LabView se efectuará mediante las herramientas o instrumentos virtuales que posee la misma, lo que es necesario utilizar las herramientas de generación de reportes, estos permiten utilizar al usuario determinar el tipo de reporte que se desea, si desea añadir texto, graficas e imágenes.

Figura 36. Generación de reportes



Fuente: AMBO M. y CHANGO H.



En el reporte generado permite evidenciar la información de las cinco variables físicas tomadas desde la turbina y el generador, para ello también se inserta una tabla con todos los datos recopilados o establecidos por el usuario por medio de la tarjeta, así también toda la información del programa realizado en LabView.

## CAPÍTULO IV

### 4. PRUEBAS Y RESULTADOS.

#### 4.1 Descripción de las pruebas

Para realizar las respectivas pruebas se deben tomar en cuenta cuales son los parámetros principales como son caudal y presión para poder relacionarlas con los patrones para el cual fue diseñada bajo condiciones de operación máximas y mínimas para la generación de energía eléctrica.

Para realizar toma de datos con el caudalímetro ultrasónico se procede a la calibración del mismo según los parámetros que desea el usuario teniendo en cuenta el diámetro exterior de la tubería, diámetro interno, espesor de la tubería, tipo de material, espesor de recubrimiento y que el método de utilización de los sensores del caudalímetro.

#### 4.2 Toma de datos de la velocidad del fluido.

Para la toma de las medidas de la velocidad del fluido se tomó en cuatro posiciones la apertura de la válvula las cuales tenemos los siguientes datos.

Tabla 5. Velocidad de fluido

Apertura de la válvula	Velocidad del fluido (m/s)
2	3,76
4	7.51
6	10,58
8	15,03
10	18,78
Totalmente abierta	22,52

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

#### 4.3 Toma de datos del caudal.

De la misma manera con el procedimiento anterior se procede a tomar los datos del caudal, teniendo en cuenta todos los parámetros antes mencionados.

Tabla 6. Caudal en el sistema

<b>Apertura de la válvula</b>	<b>Caudal (l/m)</b>
2	10
4	20
6	31
8	41
10	51
Totalmente abierta	62

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

#### 4.4 Toma de datos de presión.

Para la toma de las mediciones de la presión del sensor se lo realiza mediante el panel frontal del programa ya que nos da una medición precisa y real.

Tabla 7. Datos de la presión

<b>Apertura de la válvula</b>	<b>Presión PSI</b>	<b>Presión Bars</b>
2	3,5	0,24
4	8	0,55
6	10,80	0,73
8	11,40	0,77
10	11,70	0,79
Totalmente abierta	12	0,82

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

#### 4.5 Toma de datos de las revoluciones por minuto

Para la verificación de las revoluciones de la misma manera se toma en cuenta las diferentes posiciones de la válvula y se procede a adquirir los datos.

Tabla 8. Datos de revoluciones por minuto

<b>Apertura de la válvula</b>	<b>Revoluciones por minuto</b>
2	800
4	1470
6	1770
8	1830
10	1860
Totalmente abierta	1850

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

#### 4.6 Toma de datos de del voltaje generado.

Para ello en la toma de datos hay que tener en cuenta el caudal y las revoluciones para la generación de voltaje requerido.

Tabla 9. Datos de voltaje

Apertura de la válvula	Generación de voltaje C.A
2	60
4	90
6	110
8	113
10	113
Totalmente abierta	115

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

#### 4.7 Potencia mecánica.

La potencia que, desarrollada por la turbina en un determinado tiempo, también se le conoce como la energía desarrollada durante el trabajo. Fué determinada por la siguiente ecuación.

$$HP = \frac{\text{Presión (bar)} * \text{Caudal } \left(\frac{\text{lt}}{\text{min}}\right)}{450} \quad (8)$$

$$HP = \frac{0,24 * 10}{450}$$

$$HP = 5,33 * 10^{-3}$$

Tabla 10. Potencia Mecánica

Apertura de la válvula	HP
2	0,00533
4	0,02444
6	0,05062
8	0,07015
10	0,08953
Totalmente abierta	0,11297

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

#### 4.8 Potencia eléctrica

Cuando se está analizando el proceso en el interviene la energía eléctrica, se emplea como expresión para conocer la intensidad de corriente que circula por las bobinas del generador. Se determina mediante la siguiente ecuación.

$$HP = \frac{\text{Presión (bar)} * \text{Caudal } (\frac{\text{Its}}{\text{min}})}{600} \quad (9)$$

$$HP = \frac{0,24 * 10}{600}$$

$$HP = 0,004$$

Tabla 11. Potencia Eléctrica

Apertura de la válvula	KW
2	0,004
4	0,01833
6	0,03771
8	0,0636
10	0,06715
Totalmente abierta	0,08473

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

#### 4.9 Rendimiento mecánico.

El rendimiento que se genera en entre la relación turbina/generador es determinada por la siguiente ecuación la misma que nos permite determinar que eficiente es nuestro sistema de generación de energía eléctrica.

$$\eta = \frac{\text{potencia electrica}}{\text{potencia mecánica}} \quad (10)$$

$$\eta = \frac{0,004}{0,00533}$$

$$\eta = 0,7506$$

$$\eta = 75,04$$

Tabla 12. Rendimiento

<b>Apertura de la válvula</b>	<b>%</b>
2	75,04
4	75
6	75
8	90
10	75
Totalmente abierta	75

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

## CAPÍTULO V

### 5. INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO Y MANIPULACION DEL SISTEMA

#### **Plan de mantenimiento**

El plan de mantenimiento está previsto para conocer el estado actual y la evolución futura de los equipos principales, obteniendo la máxima información de cómo el funcionamiento afecta a la vida de la turbina, del generador y del transformador, con el objetivo de detectar cualquier anomalía antes de que origine un grave daño y una parada no programada. Este plan de mantenimiento, complementado con el ordinario, se ha convertido en una herramienta fiable para asegurar la disponibilidad de los grupos.

Es importante realizar una inspección antes de empezar a operar el equipo revisando todos los sistemas de seguridad, sensores, tuberías, acoples, sellos, generador y turbina para evitar accidentes al momento de ser operado el equipo.

Mediante una revisión de los sensores que se incorporó en nuestro sistema se demuestra que el mantenimiento que existe para los sensores es de tipo correctivo; efectuando inmediatamente un cambio o reemplazo de dicho dispositivo averiado, Básicamente consiste en la aplicación de las técnicas siguientes:

- Conocer la aplicación e identificar el tipo de transductor como también la localización del mismo, la interpretar del diagrama eléctrico de conexión (desde los transmisores hasta la DAQ).
- Conocer los límites de operación, así como funcionamiento de los transductores.
- Tener una ficha técnica de niveles de inspección y efectuar los mantenimientos preventivo o correctivo con su respectiva frecuencia y parámetros de funcionamiento del proceso en tiempo real.


El Departamento Eléctrico tiene la responsabilidad del mantenimiento de los transmisores, Se determina el correcto funcionamiento de las reparaciones bajo estos 3 aspectos:

- Corregir las causas de falla por los que los transductores emiten valores fuera de los límites establecidos por los técnicos de mantenimiento de la planta.
- Sustitución del transductor que no cumpla con los parámetros establecidos por manual técnico.
- Tener precauciones al momento de la limpieza para prevenir errores por fugas de corriente.

### 5.1 Mantenimiento del transductor de presión

El trasmisor que se utiliza es de suma importancia, esta debe encontrarse en buenas condiciones de operación para el sistema ya que, si sobre pasa de los límites establecidos por las recomendaciones del fabricante, puede entrar en cavitación y dañarse sus alabes provocando daños trágicos en su entorno, por tal motivo se recomienda realizar un mantenimiento preventivo el cual se especifica continuación.



Tabla 13. Ficha técnica del transductor de presión

	FACULTAD DE MECÁNICA OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE INSTRUMENTACIÓN		FRECUENCIA	
			MENSUAL	
			TRIMESTRAL	X
			ANUAL	
LOCACION:	LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA			
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN		
UNIDAD	TRASMISOR DE PRESIÓN			
MARCA	TURCK			
SERIE	PT200PSIG-13-LI3-H1131			
VARIABLE A MEDIR	PRESIÓN DE CAUDAL			
TEMPERATURA MÁX.	400 °C			
PRESION MAX	200 PSI			
VOLTAJE INPUT	24 VDC			
CORRIENTE OUTPUT	4 – 20 MA			
TIPO	TRANSMISOR			

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.



Tabla 14. Orden de trabajo transductor de presión

 <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> 			
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA			
<b>ORDEN DE TRABAJO N°1</b>		<b>FECHA PROG:</b>	
<b>FECHA INICIO:</b>		<b>FECHA FIN:</b>	
<b>UBICACIÓN</b>	ESPOCH-LABORATORIO DE TURBAMAQUINARIA		
<b>EQUIPO</b>			
<b>SOLICITA</b>	AREA DE TURBOMAQUINARIA	<b>EJECUTA:</b>	ESTUDIANTES
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:</b>			
<b>DATOS ADICIONALES:</b>			
<b>TRABAJO REALIZADO:</b>			
<b>MATERIALES:</b>	<b>HERRAMIENTAS:</b>	<b>EQUIPO DE SEGURIDAD:</b>	
<b>REPUESTOS:</b>			
<b>PERSONAL REQUERIDO:</b>			
<b>OBSERVACIONES GENERALES:</b>			
<b>Emite:</b>		<b>Aprueba:</b>	
ESTUDIANTES		ENCARGADO DE LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA	

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

## 5.2 Mantenimiento del transductor inductivo

El transmisor inductivo nos genera el conteo de las RPM el cual se encuentra ubicado en el estator del motor de la turbina, el cual es necesario este sin operar la turbina para poder realizar su cambio o mantenimiento cuando el transductor inductivo no esté trabajando de acuerdo a sus parámetros que fue diseñado.

En caso que el dispositivo no de valores o de valores fuera de rangos de lo establecido se debe realizar una inspección y limpieza revisando cuidadosamente sus conexiones, si el elemento permanece midiendo datos erróneos es necesario cambiarlo por otro de las mismas características.



Tabla 15. Ficha técnica del transductor inductivo

	<p>FACULTAD DE MECÁNICA OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE INSTRUMENTACIÓN</p>		FRECUENCIA	
			MENSUAL	
			TRIMESTRAL	X
			ANUAL	
LOCACION:	LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA			
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN		
UNIDAD	TRASMISOR INDUCTIVO			
MARCA	TURCK			
SERIE	PT200PSIG-13-LI3-H1131			
VARIABLE A MEDIR	PRESIÓN DE CAUDAL			
TEMPERATURA MÁX.	400 °C			
PRESION MAX	200 PSI			
VOLTAJE INPUT	24 VDC			
CORRIENTE OUTPUT	4 – 20 MA			
TIPO	TRANSMISOR			

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

Al momento de realizar el mantenimiento se debe verificar que el transductor inductivo este en buen estado y sujetado para que no exista datos erróneos en el momento de la operación si en caso que exista un daño del transductor inductivo se debe realizar el cambio tomando en cuenta las características del mismo, para su cambio se debe llenar la siguiente orden de trabajo.

Tabla 16. Orden de trabajo transductor inductivo

 <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> 			
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA			
<b>ORDEN DE TRABAJO N°1</b>		<b>FECHA PROG:</b>	
<b>FECHA INICIO:</b>		<b>FECHA FIN:</b>	
<b>UBICACIÓN</b>	ESPOCH-LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA		
<b>EQUIPO</b>			
<b>SOLICITA</b>	AREA DE TURBOMAQUINARIA	<b>EJECUTA:</b>	ESTUDIANTES
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:</b>			
<b>DATOS ADICIONALES:</b>			
<b>TRABAJO REALIZADO:</b>			
<b>MATERIALES:</b>	<b>HERRAMIENTAS:</b>	<b>EQUIPO DE SEGURIDAD:</b>	
<b>REPUESTOS:</b>			
<b>PERSONAL REQUERIDO:</b>			
<b>OBSERVACIONES GENERALES:</b>			
<b>Emite:</b>		<b>Aprueba:</b>	
ESTUDIANTES		ENCARGADO DE LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA	

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

### 5.3 Mantenimiento del transductor de voltaje

Al igual que los anteriores transductores se debe realizar el mantenimiento para tener un buen funcionamiento para evitar daños al momento que la turbina esté en funcionamiento el dispositivo falla o no cumple con los parámetros establecidos podría provocar datos erróneos.



Tabla 17. Ficha técnica del transductor de voltaje

	<p>FACULTAD DE MECÁNICA OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE INSTRUMENTACIÓN</p>		FRECUCENCIA	
			MENSUAL	
			TRIMESTRAL	X
			ANUAL	
LOCACION:	LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA			
CARACTERÍSTICAS			IMAGEN	
UNIDAD	SENSOR DE VOLTAJE			
MODELO	CJ-500W			
SERIE/CODIGO	FAMA-TT-BC01			
POTENCIA	0,5 kw			
VOLTAJE	120v			
FRECUCENCIA	60 hz			
CABEZA	14-20			
VELOCIDAD	1800 rpm			
CORRIENTE	4-2 A			
FASE	1			
TIPO	SENSOR DE VOLTAJE			

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

Para proceder al cambio del dispositivo se tiene que tener en cuenta los conocimientos técnicos para realizar procedimiento correcto y llenar una orden de trabajo para el respectivo recambio del dispositivo.

Tabla 18. Orden de trabajo transductor de voltaje

 <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> 			
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA			
<b>ORDEN DE TRABAJO N°1</b>		<b>FECHA PROG:</b>	
<b>FECHA INICIO:</b>		<b>FECHA FIN:</b>	
<b>UBICACIÓN</b>	ESPOCH-LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA		
<b>EQUIPO</b>			
<b>SOLICITA</b>	AREA DE TURBOMAQUINARIA	<b>EJECUTA:</b>	ESTUDIANTES
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:</b>			
<b>DATOS ADICIONALES:</b>			
<b>TRABAJO REALIZADO:</b>			
<b>MATERIALES:</b>	<b>HERRAMIENTAS:</b>	<b>EQUIPO DE SEGURIDAD:</b>	
<b>REPUESTOS:</b>			
<b>PERSONAL REQUERIDO:</b>			
<b>OBSERVACIONES GENERALES:</b>			
<b>Emite:</b>		<b>Aprueba:</b>	
ESTUDIANTES		ENCARGADO DE LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA	

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

## 5.4 Mantenimiento de la bomba centrífuga Goulds

Antes de realizar el mantenimiento a la bomba se debe efectuar una inspección, y limpieza, si está trabajando bajo los parámetros de funcionamiento se debe cumplir con las inspecciones para verificar que no exista vibraciones, desalineaciones y fugas.

Se debe verificar cada una de las partes que se encuentra en el equipo para identificar la causa de la falla en el sistema.



Si la bomba no se encuentra en condiciones de correcto funcionamiento correctamente se debe inspeccionar todos sus elementos y determinar el problema, para realizar un diagnóstico de todos los recambios efectuados en el equipo.

Tabla 19. Ficha técnica de la bomba centrífuga Goulds

	<p>FACULTAD DE MECÁNICA OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE INSTRUMENTACIÓN</p>		FRECUCENCIA	
			MENSUAL	
			TRIMESTRAL	X
			ANUAL	
LOCACION:	LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA			
CARACTERÍSTICAS			IMAGEN	
UNIDAD	BOMBA CENTRIFUGA			
TIME	CONT			
SERIE/CODIGO	H60hz PH3			
POTENCIA	5HP			
VOLTAJE	230/460			
AMPS	13,8/6.9			
FASE	TRIFASICO			
RPM	3500			
AMB	40°			

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

Tabla 20. Orden de trabajo de la bomba centrífuga Gouls

 <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> 			
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA			
<b>ORDEN DE TRABAJO N°1</b>		<b>FECHA PROG:</b>	
<b>FECHA INICIO:</b>		<b>FECHA FIN:</b>	
<b>UBICACIÓN</b>	ESPOCH-LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA		
<b>EQUIPO</b>			
<b>SOLICITA</b>	AREA DE TURBOMAQUINARIA	<b>EJECUTA</b> :	ESTUDIANTES
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:</b>			
<b>DATOS ADICIONALES:</b>			
<b>TRABAJO REALIZADO:</b>			
<b>MATERIALES:</b>	<b>HERRAMIENTAS:</b>	<b>EQUIPO DE SEGURIDAD:</b>	
<b>REPUESTOS:</b>			
<b>PERSONAL REQUERIDO:</b>			
<b>OBSERVACIONES GENERALES:</b>			
<b>Emita:</b>		<b>Aprueba:</b>	
ESTUDIANTES		ENCARGADO DE LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA	

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

## 5.5 Mantenimiento del generador y turbina

Su operación debe vigilarse de manera continua tanto para detectar fallas potenciales o incipientes como para programar su mantenimiento, a fin de aumentar su confiabilidad, disponibilidad y vida útil. También resulta crucial que las tareas de mantenimiento de este tipo de equipos se efectúen con rapidez para reanudar lo antes posibles la generación de energía. Se necesita la ficha técnica del equipo y la orden de trabajo. (Fluidos, 1014)



Tabla 21. Ficha técnica del transductor de presión

	<p>FACULTAD DE MECÁNICA OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE INSTRUMENTACIÓN</p>		FRECUENCIA	
			MENSUAL	
			TRIMESTRAL	X
			ANUAL	
LOCACION:	LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA			
CARACTERÍSTICAS			IMAGEN	
UNIDAD	TURBINA TURGO			
MODELO	CJ-500W			
SERIE/CODIGO	FAMA-TT-BC01			
POTENCIA	0,5 kw			
VOLTAJE	120v			
FRECUENCIA	60 hz			
CABEZA	14-20			
VELOCIDAD	1800 rpm			
CORRIENTE	4-2 A			
FASE	1			
TIPO	TURBINA TURGO			

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.



Tabla 22. Orden de trabajo

 <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> 			
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA			
<b>ORDEN DE TRABAJO N°1</b>		<b>FECHA PROG:</b>	
<b>FECHA INICIO:</b>		<b>FECHA FIN:</b>	
<b>UBICACIÓN</b>	ESPOCH-LABORATORIO DE TURBAMAQUINARIA		
<b>EQUIPO</b>			
<b>SOLICITA</b>	AREA DE TURBOMAQUINARIA	<b>EJECUTA:</b>	ESTUDIANTES
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:</b>			
<b>DATOS ADICIONALES:</b>			
<b>TRABAJO REALIZADO:</b>			
<b>MATERIALES:</b>	<b>HERRAMIENTAS:</b>	<b>EQUIPO DE SEGURIDAD:</b>	
<b>REPUESTOS:</b>			
<b>PERSONAL REQUERIDO:</b>			
<b>OBSERVACIONES GENERALES:</b>			
<b>Emite:</b>		<b>Aprueba:</b>	
ESTUDIANTES		ENCARGADO DE LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA	

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

## 5.6 Mantenimiento del banco de turbina Turgo

Se debe realizar un mantenimiento preventivo condicional para verificar que no existan fugas en toda la instalación desde la bomba centrífuga hasta terminar en la turbina.



En caso que se encuentre alguna fuga se debe realizar un mantenimiento correctivo inmediatamente, cambiar las partes dañadas existentes puede ser tubería como válvulas para lo cual es necesario llenar los formatos como son la ficha técnica y la orden de trabajo.

Tabla 23. Ficha técnica del transductor de presión

	<p>FACULTAD DE MECÁNICA OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE INSTRUMENTACIÓN</p>		FRECUCENCIA	
			MENSUAL	
			TRIMESTRAL	X
			ANUAL	
LOCACION:	LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA			
CARACTERÍSTICAS			IMAGEN	
UNIDAD	BANCO DE TURBINA TURGO			
Desfogue de agua	½ in			
Base de la bomba				
Bomba				
Tablero de control				
Turbina				
Universal	2 in			
Manómetro diferencial	¼ in			
Tee	2 ½ in			
Válvula de compuerta	2 ½ in			
Ampliación	2 ½-3			
Reducción	3-2 in			
Válvula de compuerta	1 ½ in			
TIPO	TURBINA TURGO			

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

Tabla 24. Esquema banco de turbina



 <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA 			
<b>ORDEN DE TRABAJO N°1</b>		<b>FECHA PROG:</b>	
<b>FECHA INICIO:</b>		<b>FECHA FIN:</b>	
<b>UBICACIÓN</b>	ESPOCH-LABORATORIO DE TURBAMAQUINARIA		
<b>EQUIPO</b>			
<b>SOLICITA</b>	AREA DE TURBOMAQUINARIA	<b>EJECUTA:</b>	ESTUDIANTES
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:</b>			
<b>DATOS ADICIONALES:</b>			
<b>TRABAJO REALIZADO:</b>			
<b>MATERIALES:</b>	<b>HERRAMIENTAS:</b>	<b>EQUIPO DE SEGURIDAD:</b>	
<b>REPUESTOS:</b>			
<b>PERSONAL REQUERIDO:</b>			
<b>OBSERVACIONES GENERALES:</b>			
<b>Emite:</b>		<b>Aprueba:</b>	
ESTUDIANTES		ENCARGADO DEL LABORATORIO DE TUBOMAQUINARIA	

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

## 5.7 Mantenimiento del tablero de control

En el tablero de control están integrados todos los circuitos necesarios para la adquisición de datos, cuando se realiza un mantenimiento se debe tener cuidado con la manipulación, se deben revisar los planos de las conexiones eléctricas del tablero y transmisores.



Tabla 25. Ficha del tablero de control

	<b>FACULTAD DE MECÁNICA OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TABLERO DE CONTROL DE INSTRUMENTACIÓN</b>	FRECUENCIA	
		MENSUAL	
		TRIMESTRAL	
		ANUAL	X
LABORATORIO DE TUBOMAQUINARIA			
CARACTERÍSTICAS		IMAGEN	
Equipos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarjeta NI USB 6009</li> <li>• Fuente de 12 voltios</li> <li>• Bornera de resistencias</li> <li>• Bornera de voltajes</li> </ul>		
VARIABLE A MEDIR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuidad</li> <li>• Voltaje AC</li> <li>• Voltaje DC</li> </ul>		

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

Una vez realizado el mantenimiento preventivo se procede con la sustitución de todos los elementos que se encuentran en mal estado por otros de las mismas características para evitar daños al sistema de generación eléctrico.

Tabla 26. Esquema banco de turbina

 <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> 			
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA			
<b>ORDEN DE TRABAJO N°1</b>		<b>FECHA PROG:</b>	
<b>FECHA INICIO:</b>		<b>FECHA FIN:</b>	
<b>UBICACIÓN</b>	ESPOCH-LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA		
<b>EQUIPO</b>			
<b>SOLICITA</b>	AREA DE TURBOMAQUINARIA	<b>EJECUTA:</b>	ESTUDIANTES
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:</b>			
<b>DATOS ADICIONALES:</b>			
<b>TRABAJO REALIZADO:</b>			
<b>MATERIALES:</b>	<b>HERRAMIENTAS:</b>	<b>EQUIPO DE SEGURIDAD:</b>	
<b>REPUESTOS:</b>			
<b>PERSONAL REQUERIDO:</b>			
<b>OBSERVACIONES GENERALES:</b>			
<b>Emite:</b>		<b>Aprueba:</b>	
ESTUDIANTES		ENCARGADO DEL LABORATORIO DE TUBOMAQUINARIA	

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

## **5.8 Modelo de prácticas de laboratorio de turbomaquinaria**

Se debe tener en cuenta los procedimientos para realizar las prácticas en el laboratorio de turbomaquinaria, el profesor encargado debe efectuar un reconocimiento del laboratorio con sus estudiantes para evitar que exista algún incidente.

Los estudiantes para ingresar al laboratorio deben utilizar todo su equipo de protección personal, necesaria para realizar sus prácticas requeridas y seguir los procedimientos establecidos para evitar incidentes.

### **“TURBINA TURGO”**

**OBJETIVOS:**

**EQUIPO:**

**MARCO TEORICO:**

➤ **Caudal (Q).**

➤ **Altura neta (Hn)**

$$\frac{Pe}{\gamma} + \frac{Ve^2}{2g} = Hn \quad (mca)$$

Donde:

Pe = presión de entrada (mca)

Ve = velocidad de entrada (m/s)

$\gamma$  = peso específico del agua (1000 Kg./m<sup>3</sup>)

➤ **Velocidad de entrada (Ve).**

$$Ve = \frac{Q}{A}$$

Donde:

A = área de la tubería de admisión. (m<sup>2</sup>)

D = diámetro de la tubería de admisión 2,5" = 63,5mm

➤ **Diámetro del chorro (do).**

$$do = 1000 * \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V_1}} \quad (mm)$$

➤ **Potencia útil.**

$$Pu = \frac{\text{Presión (bar)} * \text{Caudal } \left(\frac{lbs}{min}\right)}{600}$$

➤ **Potencia Hidráulica absorbida (Pa).**

$$Pa = \frac{\gamma * Q * Hn}{75} \quad (cv)$$

$\gamma$  = peso específico  
(Kg/m<sup>3</sup>)

Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

Donde:

Hn = altura neta (mca)

➤ **Velocidad Específica (ns).**

$$ns = \frac{N * \sqrt{Pu}}{Hn^{\frac{5}{4}}}$$

Donde:

N = RPM

Hn = mca

➤ **Rendimiento total ( $\eta_t$ ).**

$$\eta_t = \frac{Pu}{Pa} * 100 \quad (\%)$$

**PROCEDIMIENTO:**

- Conectar la fuente de suministro eléctrico del banco de pruebas de la Turbina Turgo.
- Encender el computador y abrir el programa de adquisición de datos de la Turbina Turgo.
- Conectar la fuente de suministro eléctrico del hardware de adquisición de datos.
- Conectar el cable USB del NI DAQ 6009 a la computadora.
- Mantener totalmente abierta la válvula de compuerta.
- Abrir completamente la válvula de compuerta de la salida de la bomba.
- Verificar que la tuerca de ajuste esté aflojada antes de encender el equipo.
- Encender el equipo.
- Ejecutar el programa de adquisición de datos.



- Adquirir lecturas de presión, caudal, velocidad para las diferentes aperturas de la válvula en la salida de la bomba, indicas en la tabla que se anexa.
- Una vez graficadas las curvas características, si se desea generar reporte se pulsar el botón de stop (f).
- Una vez generado el reporte de datos pulsar el suwhi para detener el programa.
- Apagar el equipo de adquisición de datos y el banco de prueba luego de culminado la práctica.

### **Datos de la turbina**

### **CÁLCULO TIPO:**

### **TABULACION DE RESULTADOS:**

Los resultados obtenidos en la presente práctica se resumen en la tabla de datos que se anexa.

### **CUESTIONARIO**

- Graficar  $Q$
- Graficar C.A.
- Graficar  $\eta$

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Tabla 27. Datos adquiridos

Válvulas		Presión Entrada	Velocidad	Caudal	Altura Neta	Potencias		Rendimiento	
Diafragma	Aguja		Pe/□	N	Q	Hn	Pu	Pa	ηt
	Vueltas	%	mca	rpm	Lt/s	mca	CV	C V	%
TA	0								
TA	2								
TA	4								
TA	6								
TA	8								
TA	10								

Fuente: AMBO M. y CHANGO H.

## CAPITULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

Se diseñó e implementó el sistema SCADA mediante la interfaz gráfica en LabVIEW, para el control y monitoreo de los parámetros de funcionamiento de la turbina Turgo del laboratorio de turbomaquinaria.

Se efectuó las pruebas, mediciones para constatar la funcionalidad del sistema de generación de voltaje, y así para una elección de transductores adecuados para el proceso.

Se determinó las características de la tarjeta DAQ NI USB 6009, también se identificó los instrumentos de medición para las variables físicas, mediante los catálogos de cada uno para la adquisición de datos.

Se procedió a la implementación de equipos para el proceso de generación energía eléctrica. Considerando cada una de las características, calibración y escalamientos de los equipos.

Se elaboró un plan de mantenimiento preventivo para los equipos que se encuentra en nuestro sistema de monitoreo y control de cada variable de la turbina Turgo.

La hidrogenación eléctrica se mantiene destacándose en nuestro medio para ello se necesita un monitoreo continuo, por lo que al ingeniero de mantenimiento debe analizar e interpretar las variables para la elaboración de reportes y generar los planes de mantenimiento.

## **6.2 Recomendaciones**

Hacer siempre el análisis de los datos adquiridos durante la generación, para identificar fallas potenciales.

Aplicar la automatización de los diferentes equipos en el laboratorio de turbomaquinaria de la facultad de Mecánica para garantizar la seguridad de los estudiantes y docentes.

Realizar el mantenimiento diariamente en los sistemas y equipos que se encuentra en el laboratorio.

Terminada la práctica de laboratorio evacuar el agua para evitar la acumulación de sedimentos.

Encender los equipos semanalmente para evitar daños e incrustaciones en las tuberías y rodamientos del generador.

## BIBLIOGRAFÍA

**CHÁVEZ, Raúl.** *Sensor inductivo de proximidad PNP.* [En línea]. 2016. [Consulta:24 de junio de 2016]. Disponible en: <http://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-inductivo/>

**Conocimientos. Net** *Clasificación de los generadores.* [En línea] 2012. [Consulta:12 de julio de 2016]. Disponible en: <http://www.si-educa.net/intermedio/ficha77.html>

**D'SOUSA, Carmen.** *Sistemas Scada* [En línea]. 2002. [Consual: 12 de agosto de 2016]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos11/sisco/sisco.shtml>

**Edensa.** *Los generadores eléctricos.* [En línea]. 2014. [Consulta:24 julio de 2016]. Disponible en: [https://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos](https://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos)

[/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores.](#)

**Energrtika.** *Turbina Turgo* [En línea] 2010. [Consulta: 25 de julio de 2016] Disponible en: <http://mve.energetika.cz/primotlaketurbiny/turgo.htm>

**FERNÁNDEZ, David Mateos.** *Turbinas Hidráulicas: Introducción.* [En línea] 2012. [Consulta; 23 de julio de 20165]. Disponible en: <http://www.atmosferis.com/turbinas-hidraulicas-introduccion/>

**Fluidos.** *Operación y mantenimiento.* [En línea] 2008. [Consulta: 6 de enero de 2017]. Disponible en:

[http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/turbinas\\_o\\_y\\_m/turbinas\\_o\\_y\\_m.htm](http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/turbinas_o_y_m/turbinas_o_y_m.htm)

**Instruments, Nacional,** *Adquisicion de dtos* [En línea] 2014. [Consulta: 12 de enero de 2017] Disponible en [www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/](http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/).

**LAJARA CIZCAÍNO, José Rafael & otros .** *LabVIEW. Entorno gráfico de programación.* Segunda edición. Barcelon-España: Marcombo S.A. 2007. pp. 91-335

**JARALOPÉZ FLORES, JUAN JOSÉ.** *Turbina Turgo*. [En línea]. 2014. [Consulta: 3 de julio de 2016]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/JuanJoseLopezflores/turbina-turgo>

**VÁSQUEZ DE LEÓN, José Daniel.** *Micro-Hidroeléctrica tipo Michell Banki, fundamento, mantenimiento y componentes*. [En línea].(tesis).(Ingeniería). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Mecánica. 2007. pp. 31-37 [Consulta: 01 de agosto de 2016]. Disponible en: [http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0550\\_M.pdf](http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0550_M.pdf).