



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

### INGENIERÍA MECÁNICA

*Seminario de Graduación 2010, previo a la obtención del  
título de Ingeniero Mecánico*

**TEMA:**

---

ESTUDIO EN EL BANCO DE PRUEBAS “TUTOR” PARA  
DETERMINAR LA POTENCIA Y EFICIENCIA DE LAS  
TURBINAS PELTON Y FRANCIS EN LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.

---

**AUTOR:** Edwin Rubén Porrás Ortiz

**TUTOR:** Ing. Alex Mayorga

**AMBATO-ECUADOR**

**2011**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación, con el tema “ESTUDIO EN EL BANCO DE PRUEBAS “TUTOR” PARA DETERMINAR LA POTENCIA Y EFICIENCIA DE LAS TURBINAS PELTON Y FRANCIS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.”, elaborado por el Señor Edwin Rubén Porras Ortiz, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, certifico:

- Que la presente Tesis es Original de su Autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus Capítulos.
- Está concluida y puede continuar con los trámites correspondientes.

Ambato, agosto de 2011

-----  
Ing. Alex Mayorga.

**Tutor de Tesis**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Edwin Rubén Porras Ortiz, con C.I. #050302868-0 declaro que los resultados obtenidos y expuestos en el presente Trabajo de Investigación con el tema, “ESTUDIO EN EL BANCO DE PRUEBAS “TUTOR” PARA DETERMINAR LA POTENCIA Y EFICIENCIA DE LAS TURBINAS PELTON Y FRANCIS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.”, previo a la obtención del título de Ingeniero de Mecánico, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.

---

Sr. Edwin Rubén Porras Ortiz

C.I. 050302868-0

**AUTOR**

## **DEDICATORIA**

*El presente proyecto lo dedico a Dios por bendecirme con una gran familia, primeramente a mi Abuelito José Augusto Ortiz porque siempre nos apoyo sin importar la distancia, a mi Padre Rubén Porras que con su ejemplo de sacrificio y responsabilidad supo inculcarme buenos principios; a mi Madrecita Yolanda Ortiz que siempre con su amor, apoyo y dedicación supo guiarme en todo momento.*

*A mis hermanos Fabricio, Maribel y a mi novia Patricia Torres quienes siempre me apoyaron y estuvieron conmigo en todo momento.*

**Rubén Porras**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecimiento en primer lugar a Dios por concederme la vida y darme las fuerzas necesarias para poder culminar mis estudios.

A mis padres quienes con su apoyo y sacrificio me dieron la oportunidad de alcanzar nuevas metas.

A mis hermanos quienes fueron un ejemplo para poder superarme día a día además de contar con su amistad y apoyo sincero.

A la Universidad Técnica de Ambato y profesores de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por haberme capacitado constantemente y prepararme para enfrentar los retos de la vida profesional.

Al Ingeniero Alex Mayorga quien a parte de ser mi tutor fue un amigo quien me ayudo con toda su experiencia para culminar este proyecto de investigación.

**Rubén Porras**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### PÁGINAS PRELIMINALES.

Portada.....	i
Certificación. ....	ii
Autoría.....	iii
Dedicatoria. ....	iv
Agradecimiento. ....	v
Índice General de Contenidos. ....	vi
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tablas. ....	xi
Índice de Anexos. ....	xi
Resumen Ejecutivo.....	xii

### ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I .....	1
EL PROBLEMA .....	1
1.1 TEMA .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN .....	1
1.2.2 ANALISIS CRÍTICO .....	1
1.2.3 PROGNOSIS .....	2

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES .....	2
1.2.6 DELIMITACIONES .....	2
1.2.6.1 DE CONTENIDO .....	2
1.2.6.2 ESPACIAL .....	3
1.2.6.3 TEMPORAL .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN. ....	3
1.4 OBJETIVOS .....	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	5
2.3 FUNDAMENTACION LEGAL .....	5
2.4 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES .....	7
2.4.1 RED DE CATEGORÍAS VARIABLE INDEPENDIENTE .....	7
2.4.2 RED DE CATEGORÍAS VARIABLE DEPENDIENTE .....	22
2.5 HIPOTESIS .....	32
2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES .....	32
2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE .....	32
2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE .....	32

CAPÍTULO III	33
METODOLOGÍA	33
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.2 NIVEL Y TIPO DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.2.1 MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN	33
3.2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	34
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	34
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	36
3.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: PRUEBAS EN BANCO	36
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	38
3.5.1 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.	38
3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.	38
3.6.1 PRESENTACIÓN DE DATOS.	38
3.6.2 ANÁLISIS.	38
CAPÍTULO IV	39
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	39
4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	39
4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS	40
4.2.1 CÁLCULO O ADQUISICIÓN DEL CAUDAL	40
4.2.2 CÁLCULO DE LA FUERZA EN EL FRENO	41
4.2.3 SENSORES	42
4.2.4 ADQUISICIÓN DE DATOS	43
4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	44



CAPÍTULO V .....	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	50
5.1 CONCLUSIONES .....	50
5.2 RECOMENDACIONES .....	53
CAPÍTULO VI .....	54
PROPUESTA .....	54
6.1 DATOS INFORMATIVOS .....	54
6.1.1 TEMA. ....	54
6.1.2 INSTITUCIÓN EJECUTORA .....	54
6.1.3 BENEFICIARIOS .....	54
6.1.4 UBICACIÓN .....	54
6.1.5 TIEMPO ESTIMADO PARA LA EJECUCIÓN .....	54
6.1.6 EQUIPO TECNICO RESPONSABLE .....	55
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA .....	55
6.3 JUSTIFICACIÓN .....	59
6.4 OBJETIVOS .....	60
6.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	60
6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....	60
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....	61
6.6 FUNDAMENTACIÓN .....	61
6.6.1 SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR .....	61
6.6.2 SELECCIÓN DE LOS SENSORES .....	63
6.6.3 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS ELECTRÓNICOS .....	64

6.6.4 FORMULAS APLICADAS EN EL SOFTWARE .....	65
6.7 METODOLOGÍA .....	67
6.7.1 ADQUISICIÓN DE DATOS .....	68
6.7.2 BANCO DE PRUEBAS “TUTOR” .....	69
6.7.3 MANTENIMIENTO .....	76
6.8 ADMINISTRACIÓN .....	79
6.8.1 COSTOS DIRECTOS .....	79
6.8.2 COSTOS INDIRECTOS .....	79
6.8.3 COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN .....	80
6.8.4 FINANCIAMIENTO .....	80
6.9 PREVISION DE LA EVALUACIÓN .....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 2.1 Diagrama de la distribución de los inyectores .....	11
Figura 2.2 Visualización de las cucharas en la Turbina Pelton .....	12
Figura 2.3 Esquema de distribución. ....	12
Figura 2.4 Componentes de una turbina Francis de eje vertical .....	14
Figura 2.5. Partes de una turbina Francis .....	15
Figura2.6. Diagrama General de un SAD. ....	18
Figura 2.7 Diagrama de la Adquisición de datos .....	19
Figura 2.8. El acondicionamiento de señales .....	24
Figura 2.9 Diagrama de la arquitectura Harvard .....	25
Figura 6.1 Micro controladores .....	60

Figura 6.2 diagrama de pines. ....	60
Figura 6.3 Sensor óptico TCRT 5000 .....	62
Figura 6.4 Sensor de nivel de boya .....	62
Figura 6.3 Micro relay .....	62

#### INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Clasificación de las Maquinas hidráulicas. ....	42
Tabla 4.1 Cálculo por métodos manuales .....	42
Tabla 4.2 Caudalímetro .....	43
Tabla 4.3 Métodos para adquirir la fuerza en el freno. ....	43
Tabla 4.4 Ejemplos de los sensores .....	44
Tabla 4.5 Métodos de adquisición de datos .....	45

#### INDICE DE ANEXOS

Anexo A. Características de los equipos .....	82
Anexo B. Programación en Labiew .....	86
Anexo C Estado del Banco de Pruebas. ....	93
Anexo D Cómo Instalar Labiew .....	96
Anexo E Cómo instalar el Serial .....	100
Anexo F Guía de Mantenimiento. ....	102
Anexo G Guía de Prácticas .....	105

## **Resumen Ejecutivo**

El presente proyecto de investigación referente al estudio del Banco de pruebas “TUTOR” para determinar la Potencia y eficiencia de las turbinas Pelton y Francis, tiene como finalidad primordial recuperar una herramienta que para los estudiantes va a ser de gran ayuda para su capacitación en Maquinas Hidráulicas.

El desarrollo de la investigación nos proporcionó un enfoque más directo sobre el mantenimiento que se le debió hacer al banco de pruebas para recuperarlo en su totalidad, además de las mejoras que se le pudo dar que estén ligadas a las nuevas tecnologías.

La propuesta se baso en la correcta selección de los equipos para automatizar la adquisición de datos mediante micro controladores y un software que permita mediante sensores medir el caudal de la turbina, la altura en la turbina, las revoluciones en el eje de la turbina y así poder determinar la potencia y eficiencia.

La realización de un manual de funcionamiento va a permitir un aprovechamiento adecuado y además se incluyo un software que permita de una manera más rápida al estudiante observar la parte a dar mantenimiento, su descripción y los procesos a seguir para conservar el Banco de pruebas.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 TEMA**

ESTUDIO EN EL BANCO DE PRUEBAS “TUTOR” PARA DETERMINAR LA POTENCIA Y EFICIENCIA DE LAS TURBINAS PELTON Y FRANCIS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.

### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN**

A nivel del país son pocas las universidades que cuentan con bancos de pruebas adecuados para obtener datos referentes para comprobar las aplicaciones de las turbinas, tienen laboratorios de fluidos pero para aplicaciones generales y no específicamente para trabajar con turbinas.

En las universidades a nivel de las provincias centrales del Ecuador no se dispone de adecuados laboratorios que permitan al estudiante desarrollarse en el ámbito de generación eléctrica por medio de las turbinas Pélton y Francis.

En la Universidad Técnica de Ambato no se cuenta con un banco de pruebas en óptimas condiciones; para determinar parámetros de las turbinas Pélton y Francis que relacione lo estudiado con la práctica; para un mayor entendimiento de las centrales hidroeléctricas.

#### **1.2.2 ANALISIS CRÍTICO**

Cuando no se tiene un adecuado conocimiento sobre las aplicaciones del Banco de Pruebas; para determinar el rendimiento y eficiencia de las turbinas hidráulicas, hace que el estudiante no tenga la capacidad de desenvolverse en este campo por falta de un estudio completo que lo relacione con la realidad y lo lleve a trabajar en alguna forma para mejorar el proceso de funcionamiento, para aplicarlo en la

generación eléctrica, sin que exista desperdicio del recurso hídrico con un menor impacto ambiental.

### **1.2.3 PROGNOSIS**

La ausencia de un estudio del banco de pruebas estaría relegando aún más el uso de esta herramienta; y que es de mucha utilidad debido a que puede ayudar a realizar prácticas sobre turbinas Pélton y Francis que encaminaría al estudiante a relacionar lo teórico con lo real.

### **1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿La correcta adquisición de parámetros de funcionamiento del Banco de pruebas “Tutor” se podrá contrastar con la teoría aprendida en clases?

### **1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES**

¿Se podrá realizar prácticas en el Banco de Pruebas que demuestre el funcionamiento de las turbinas Pélton y Francis?

¿Qué tipos de mantenimientos se deberán adecuar para una conservación permanente del banco de pruebas?

¿Cuáles serían los procesos que se podrán automatizar en el banco de pruebas?

¿Qué tipos de pérdidas se produce en el banco de pruebas para que disminuya la eficiencia en las turbinas Pélton y Francis?

### **1.2.6 DELIMITACIONES**

#### **1.2.6.1 DE CONTENIDO**

CAMPO: Ingeniería Mecánica

AREA: Mecánica de Fluidos, Sistemas de Medición y Control Industrial

ASPECTOS: Diseño de Micro Centrales Hidroeléctricas

TEMA: Estudio del banco de pruebas “Tutor” para determinar la potencia y eficiencia de las turbina Pelton y Francis en la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

#### **1.2.6.2 ESPACIAL**

Este proyecto se va a realizar en la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica ubicada en Huachi de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua

#### **1.2.6.3 TEMPORAL**

El presente proyecto se va a realizar desde el mes de Marzo del 2011 al mes de Julio del 2011.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN.**

Este proyecto va focalizado para la carrera de Ingeniería Mecánica de la UTA, donde es un deber y obligación realizar investigaciones que ayuden al desarrollo de la carrera, en este caso mejorando un banco de pruebas que se encuentra en malas condiciones de funcionamiento.

La realización de prácticas de laboratorio ayudará a que los estudiantes mejoren la comprensión del funcionamiento de las turbinas Pélton y Francis.

Este banco de pruebas será de gran ayuda a las carreras de Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica, posibilitando la capacitación de estudiantes y personal que esté a cargo del manejo y operación de equipos electromecánicos de generación hidroeléctrica de pequeña y mediana capacidad.

Lo novedoso será el instalar equipos de adquisición de datos debido a los considerables cambios y avances tecnológicos, ya que existe la necesidad de cambiar equipos defectuosos que dan medidas análogas que interfieren en la toma de datos; lo que dificulta la apreciación del funcionamiento del Banco de pruebas para una mejor comprobación entre lo real y lo teórico.

Al realizar las prácticas de laboratorio se podrán obtener con la automatización los datos más cercanos a la realidad, los mismos que se van a utilizar para adquirir potencia y eficiencia en las turbinas Pélton y Francis.

Es un proyecto factible porque existen fuentes bibliográficas que sustenten la investigación, además de que el costo es accesible en cuanto al cambio de equipos de adquisición de datos.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Estudiar el banco de pruebas “Tutor” para determinar la potencia y eficiencia de las turbinas Pelton y Francis.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

Determinar el control y adquisición de datos que puede ser utilizado en el banco de Pruebas “Tutor”.

Investigar los tipos de Mantenimiento que ayuden a recuperar y conservar el banco de pruebas “Tutor”.

Proponer una alternativa de solución para mejorar la toma de datos y poder determinar la potencia y eficiencia de las turbinas.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Se construyó un laboratorio ubicado en la central hidroeléctrica de Guangopolo de la Empresa Eléctrica Quito para la realización de pruebas de pequeñas turbinas hidráulicas aplicadas a la generación de energía eléctrica. Las potencialidades de este banco de pruebas, van desde ensayos experimentales de aplicación directa, trazado de curvas características, hasta ensayos de comprobación de tesis de nuevas bases teóricas en las pequeñas y medianas turbinas hidráulicas, hidrodinámica aplicada.

En la facultad de Ingeniería Civil Y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato reposa la tesis realizada en el año de 1988 por dos estudiantes, Dilon Moya y Byron Rodríguez para la obtención del título de Ingeniero Civil donde hace referencia al banco de pruebas “TUTOR”, facilitando un manual de utilización para realizar pruebas básicas de medición para un cálculo aproximado de las potencias generadas por las turbinas Pélton y Francis; esto en forma simple y con la utilización de equipos análogos en los cuales los datos se los toma referencialmente.

#### **2.3 FUNDAMENTACION LEGAL**

##### **LEY ORGÁNICA DE EDUCACIÓN SUPERIOR**

###### **Capítulo 2**

###### **Fines de la educación superior**

Art. 8.- Serán Fines de la Educación Superior.- La educación superior tendrá los siguientes fines:

a) Aportar al desarrollo del pensamiento universal, al despliegue de la producción científica y a la promoción de las transferencias e innovaciones tecnológicas.

d) Formar académicos y profesionales responsables, con conciencia ética y solidaria, capaces de contribuir al desarrollo de las instituciones de la República, a la vigencia del orden democrático, y a estimular la participación social.

### **LEY DE REGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO**

El artículo 68 de la “LEY DE RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO” que dice “El CONELEC impulsará e instalará en todo el territorio nacional mini centrales eléctricas, para utilizar los variados recursos hídricos que tiene el Ecuador. Las mini centrales generarán electricidad hasta un límite de 10.0 Mw y el literal c) del artículo 10 de la “LEY ESPECIAL DE DESCENTRALIZACIÓN DEL ESTADO Y DE PARTICIPACIÓN SOCIAL” que dice: “Los Consejos Provinciales conjuntamente con las empresas eléctricas promoverán el desarrollo de proyectos hidroeléctricos”.

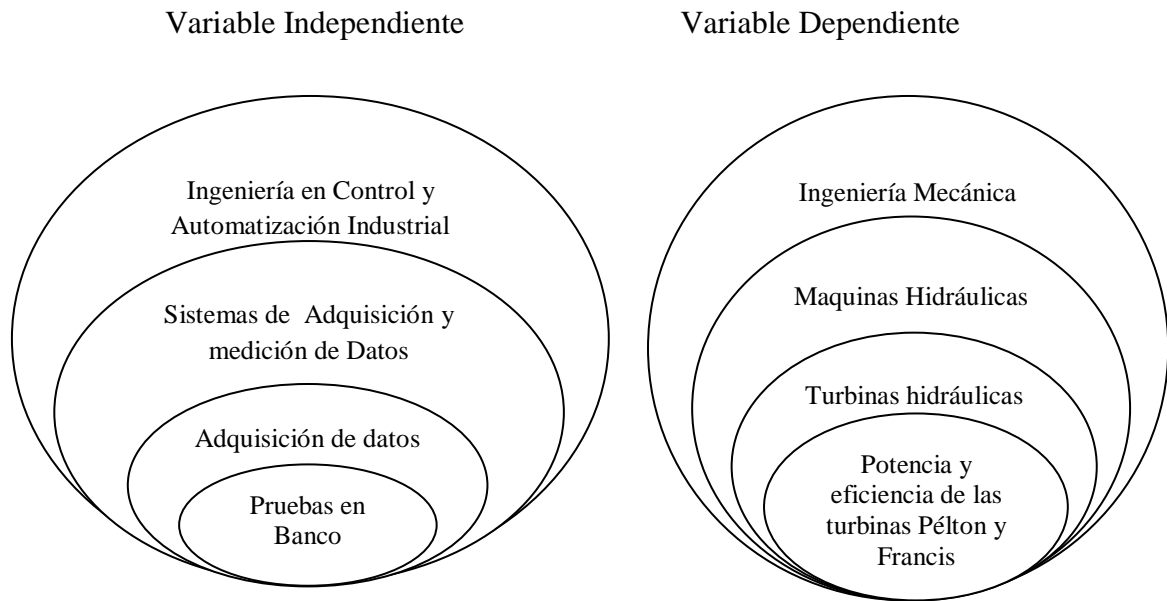
De los puntos indicados, al que hay que prestarle especial atención es al que tiene que ver con la obtención de recursos y concesión de créditos, pues este es el que permitirá aún sin dar completa solución a los demás, viabilizar la construcción de pequeños y medianos proyectos de generación hidroeléctrica. En este aspecto vale considerar para su posterior análisis las siguientes posibilidades.

Incentivar y diversificar la producción agrícola y artesanal para exportación a fin de que se intercambien productos por maquinaria para las centrales.

Incorporar a los micros centrales y mini centrales hidroeléctricas como parte constitutiva de los programas de desarrollo.

Promover entre las grandes empresas el auto abastecimiento mediante la construcción de mini centrales y entre los inversionistas la producción comercial de energía.

## 2.4 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES



### 2.4.1 RED DE CATEGORÍAS VARIABLE INDEPENDIENTE

#### INGENIERÍA EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Es la ingeniería dedicada a proyectar, diseñar, innovar, dirigir, mantener e investigar equipos, dispositivos y sistemas de control, tomando en cuenta la calidad de los procesos de trabajo, el uso eficiente de la energía y los recursos naturales, los sistemas de información y el impacto ambiental atendiendo las necesidades de las industrias básicas y de servicios del sector productivo.

La Ingeniería de Control se preocupó desde sus orígenes de la automatización y del control automático de sistemas complejos, sin intervención humana directa. Campos como el Control de procesos, Control de sistemas electromecánicos, Supervisión y ajuste de controladores y otros donde se aplican teorías y técnicas entre las que podemos destacar: Control Óptimo, Control Predictivo, Control Robusto, Control no lineal, y Control de sistemas entre otros. Todo ello con trabajos y aplicaciones muy diversas (investigación básica, investigación aplicada, militares, industriales, comerciales, etc.), las cuales han hecho de la Ingeniería de Control una materia científica y tecnológica imprescindible hoy en día.

## **SISTEMAS DE ADQUISICIÓN Y MEDICIÓN DE DATOS.**

El objetivo básico de los "Sistemas de Adquisición de Datos", es la integración de los diferentes recursos que lo integran (Figura. 2.6): Transductores de diferentes tipos y naturaleza, multiplexores, amplificadores, sample and hold, conversores A/D y D/A, además el uso del micro controlador 8051 como CPU del SAD diseñado, utilizando de este micro controlador todas sus prestaciones: interrupciones, temporizadores, comunicación serie así como hacer uso de memorias y puertos externos y creando con todo ello un sistema que se encargue de una aplicación específica cómo es chequear una variables (PH, humedad relativa, temperatura, iluminación, concentración, etc ) para una posterior utilización de la misma ya sea con fines docentes, científicos, de almacenamiento o control y utilización de la misma.

Un Sistema de Adquisición de Datos no es más que un equipo electrónico cuya función es el control o simplemente el registro de una o varias variables de un proceso cualquiera, de forma general puede estar compuesto por los siguientes elementos.

- Sensores.
- Amplificadores operacionales.
- Amplificadores de instrumentación.
- Aisladores.
- Multiplexores analógicos.
- Multiplexores digitales.
- Circuitos Sample and Hold.
- Conversores A-D.
- Conversores D-A.
- Microprocesadores.
- Contadores.
- Filtros.
- Comparadores.
- Fuentes de potencia.

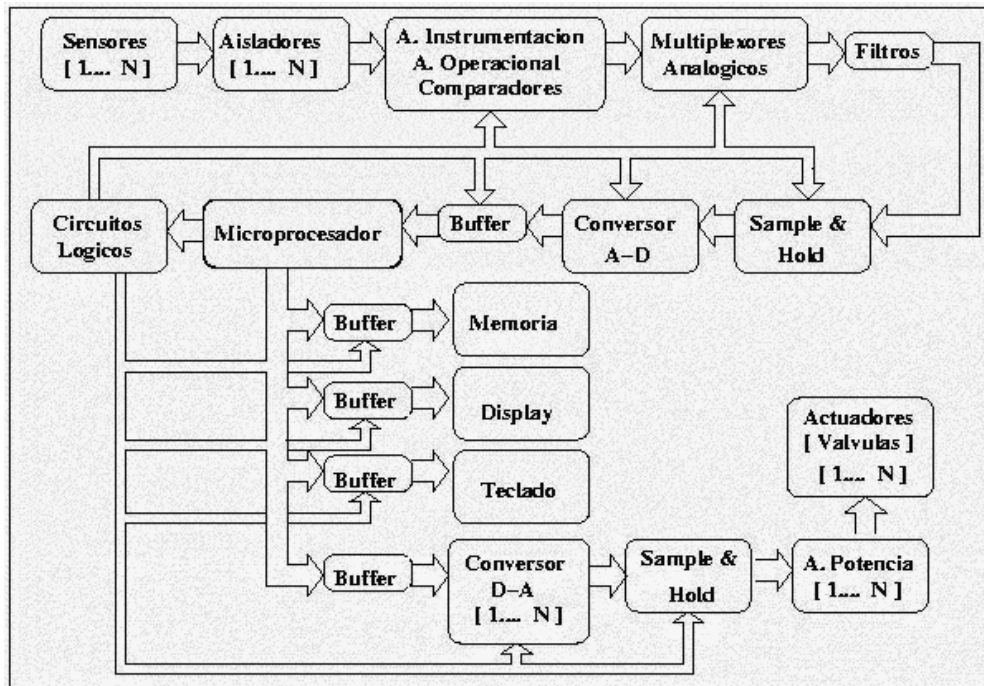


Figura2.6.- Diagrama General de un SAD.

[Fuente: <http://www.logistec.com.co/logistec/procesos.htm>]

El S.A.D debe tener una estructura y organización muy equilibrada que le permita su buen funcionamiento de ello depende de que el mismo rinda al máximo y sin ningún defecto.

## ADQUISICIÓN DE DATOS

El propósito de adquisición de datos es medir un fenómeno eléctrico y físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. La adquisición de datos basada en PC utiliza una combinación de hardware modular, software de aplicación y una PC para realizar medidas. Mientras cada sistema de adquisición de datos se define por sus requerimientos de aplicación, cada sistema comparte una meta en común de adquirir, analizar y presentar información.

Los sistemas de adquisición de datos incorporan señales, sensores, actuadores, acondicionamiento de señales, dispositivos de adquisición de datos y software de aplicación.(Figura 7).

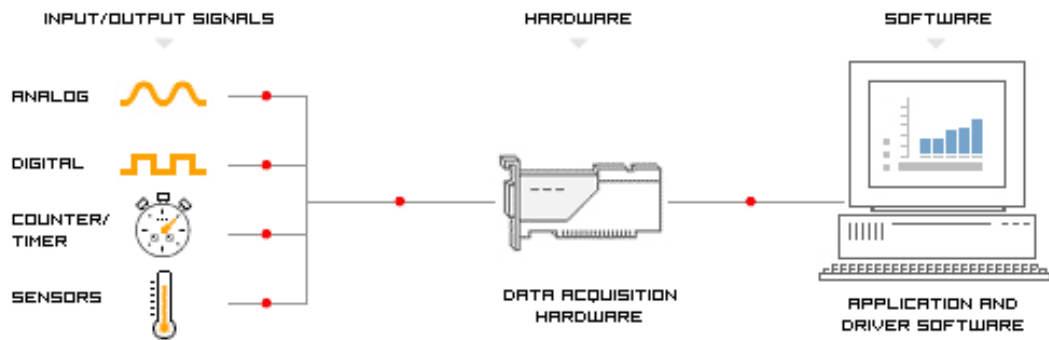


Figura 2.7 Diagrama de la Adquisición de datos.

[Fuente: [http://hgr.tripod.com/adquisicion\\_datos.html](http://hgr.tripod.com/adquisicion_datos.html)]

Los dispositivos que se pueden considerar para la adquisición adecuada de datos del Banco de pruebas, son sensores, transductores, actuadores que por espacio faciliten las lecturas.

#### Sensores

Un sensor convierte una señal física de un tipo en una señal física de otra naturaleza. Por ejemplo una termocupla produce un voltaje que está relacionado con la temperatura, así mismo en una resistencia metálica se aprovecha el fenómeno de variación de la resistencia con la temperatura para producir una señal de voltaje que sea proporcional a la temperatura

#### Detectores de ultrasonidos

Los detectores de ultrasonidos resuelven los problemas de detección de objetos de prácticamente cualquier material. Trabajan en ambientes secos y polvorientos. Normalmente se usan para control de presencia/ausencia, distancia o rastreo.

#### Interruptores básicos

Se consiguen interruptores de tamaño estándar, miniatura, subminiatura, herméticamente sellados y de alta temperatura. Los mecanismos de precisión se ofrecen con una amplia variedad de actuadores y características operativas. Estos interruptores son idóneos para aplicaciones que requieran tamaño reducido, poco peso, repetitividad y larga vida.

### Interruptores final de carrera

Descripción: El microswitch es un conmutador de 2 posiciones con retorno a la posición de reposo y viene con un botón o con una palanca de accionamiento, la cual también puede traer una ruedita.

Funcionamiento: En estado de reposo la patita común (COM) y la de contacto normal cerrado (NC), están en contacto permanente hasta que la presión aplicada a la palanca del microswitch hace saltar la pequeña platina acerada interior y entonces el contacto pasa de la posición de normal cerrado a la de normal abierto (NO), se puede escuchar cuando el microswitch cambia de estado, porque se oye un pequeño clic, esto sucede casi al final del recorrido de la palanca.

### Interruptores manuales.

Estos son los sensores más básicos, incluye pulsadores, llaves, selectores rotativos y conmutadores de enclavamiento. Estos productos ayudan al técnico e ingeniero con ilimitadas opciones en técnicas de actuación y disposición de componentes.

### Productos encapsulados.

Diseños robustos, de altas prestaciones y resistentes al entorno o herméticamente sellados. Esta selección incluye finales de carrera miniatura, interruptores básicos estándar y miniatura, interruptores de palanca y pulsadores luminosos.

### Productos para fibra óptica.

El grupo de fibra óptica está especializado en el diseño, desarrollo y fabricación de componentes optoelectrónicos activos y submontajes para el mercado de la fibra óptica. Los productos para fibra óptica son compatibles con la mayoría de los conectores y cables de fibra óptica multimodo estándar disponibles actualmente en la industria.

### Productos infrarrojos

La optoelectrónica es la integración de los principios ópticos y la electrónica de semiconductores. Los componentes optoelectrónicos son sensores fiables y

económicos. Se incluyen diodos emisores de infrarrojos (IREDs), sensores y montajes.

Sensores para automoción.

Se incluyen sensores de efecto Hall, de presión y de caudal de aire. Estos sensores son de alta tecnología y constituyen soluciones flexibles a un bajo costo. Su flexibilidad y durabilidad hace que sean idóneos para una amplia gama de aplicaciones de automoción.

Sensores de caudal de aire.

Los sensores de caudal de aire contienen una estructura de película fina aislada térmicamente, que contiene elementos sensibles de temperatura y calor. La estructura de puente suministra una respuesta rápida al caudal de aire u otro gas que pase sobre el chip.

Sensores de corriente

Los sensores de corriente monitorizan corriente continua o alterna. Se incluyen sensores de corriente lineales ajustables, de balance nulo, digitales y lineales. Los sensores de corriente digitales pueden hacer sonar una alarma, arrancar un motor, abrir una válvula o desconectar una bomba. La señal lineal duplica la forma de la onda de la corriente captada, y puede ser utilizada como un elemento de respuesta para controlar un motor o regular la cantidad de trabajo que realiza una máquina.

Sensores de efecto Hall.

Son semiconductores y por su costo no están muy difundidos pero en codificadores ("encoders") de servomecanismos se emplean mucho.

Sensores de humedad.

Los sensores de humedad relativa/temperatura y humedad relativa están configurados con circuitos integrados que proporcionan una señal acondicionada. Estos sensores contienen un elemento sensible capacitivo en base de polímeros



que interacciona con electrodos de platino. Están calibrados por láser y tienen una intercambiabilidad de +5% HR, con un rendimiento estable y baja desviación.

#### Sensores de posición de estado sólido

Los sensores de posición de estado sólido, detectores de proximidad de metales y de corriente, se consiguen disponibles en varios tamaños y terminaciones. Estos sensores combinan fiabilidad, velocidad, durabilidad y compatibilidad con diversos circuitos electrónicos para aportar soluciones a las necesidades de aplicación.

#### Sensores de presión y fuerza

Los sensores de presión son pequeños, fiables y de bajo costo. Ofrecen una excelente repetitividad y una alta precisión y fiabilidad bajo condiciones ambientales variables. Además, presentan unas características operativas constantes en todas las unidades y una intercambiabilidad sin recalibración.

#### Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura se catalogan en dos series diferentes: TD y HEL/HRTS. Estos sensores consisten en una fina película de resistencia variable con la temperatura (RTD) y están calibrados por láser para una mayor precisión e intercambiabilidad. Las salidas lineales son estables y rápidas.

#### Sensores de turbidez.

Los sensores de turbidez aportan una información rápida y práctica de la cantidad relativa de sólidos suspendidos en el agua u otros líquidos. La medición de la conductividad da una medición relativa de la concentración iónica de un líquido dado.

#### Sensores magnéticos.

Los sensores magnéticos se basan en la tecnología magnetoresistiva SSEC. Ofrecen una alta sensibilidad. Entre las aplicaciones se incluyen brújulas, control

remoto de vehículos, detección de vehículos, realidad virtual, sensores de posición, sistemas de seguridad e instrumentación médica.

### Sensores de presión

Los sensores de presión están basados en tecnología piezoresistiva, combinada con microcontroladores que proporcionan una alta precisión, independiente de la temperatura, y capacidad de comunicación digital directa con PC. Las aplicaciones afines a estos productos incluyen instrumentos para aviación, laboratorios, controles de quemadores y calderas, comprobación de motores, tratamiento de aguas residuales y sistemas de frenado.

### Métodos para adquirir datos.

Una vez teniendo en consideración los datos y dispositivos que necesitamos para adquisición de datos que nos permitan determinar la potencia y eficiencia de las turbinas, se investigan los procesos para almacenar los datos obtenidos a una computadora las cuales se describen a continuación.

### TARJETAS DAQ.

Los sistemas de adquisición de datos (DAQ) basados en PC y dispositivos insertables son usados en un amplio rango de aplicaciones en los laboratorios, en el campo y en el piso de una planta de manufactura.

Típicamente, los dispositivos DAQ insertables son instrumentos de propósito general diseñados para medir señales de voltaje.

El problema es que la mayoría de los sensores y transductores generan señales que debe acondicionar antes de que un dispositivo DAQ pueda adquirir con precisión la señal. Este procesamiento al frente, conocido como acondicionamiento de señal, incluye funciones como amplificación, filtrado, aislamiento eléctrico y multiplexado. Es así que la mayoría de los sistemas DAQ basados en PC incluyen algún tipo de acondicionamiento de señal además del dispositivo DAQ y la PC, como lo muestra la (Figura 2.8).

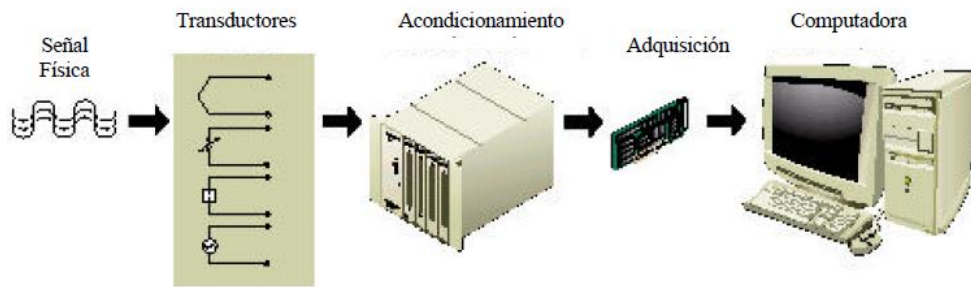


Figura 2.8. El acondicionamiento de señales es un componente importante en un sistema de adquisición de datos [Fuente: www.ni.com]

Sistemas de switcheo al frente también incrementan la funcionalidad de su sistema de medición y automatización. Switcheo de propósito general le proporciona control digital de la presencia o ausencia de su señal en el sistema, como la alimentación a un motor. Configuraciones de multiplexores/matriz de relevadores controlan la fuente y ruta de las señales en su sistema o actúan como multiplexores para dispositivos como multímetros digitales (DMMs).

Microcontroladores.

Son diseñados para reducir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la unidad central de procesamiento, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación. El control de un electrodoméstico sencillo como una batidora, utilizará un procesador muy pequeño (4 u 8 bit) por que sustituirá a un autómata finito.

Características relevantes de los PIC

1ª. La arquitectura del procesador sigue el modelo Harvard. (Figura 2.9)

La repercusión más importante del empleo de la arquitectura Harvard en los microcontroladores PIC se manifiesta en la organización de la memoria del sistema. La memoria de programa o instrucciones es independiente de la de los datos, teniendo tamaños y longitudes de palabra diferentes.

## ARQUITECTURA HARVARD

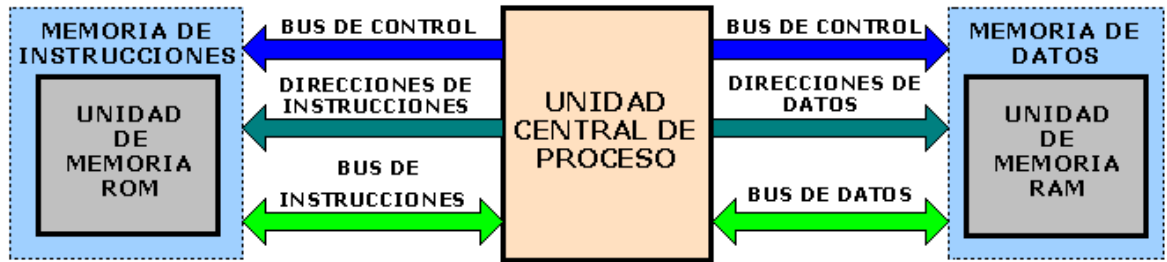


FIGURA 2.9 Diagrama de la arquitectura Harvard

[Fuente: <http://perso.wanadoo.es/pictob/micropic.htm> ]

La arquitectura Harvard permite a la CPU acceder simultáneamente a las dos memorias. Además, propicia numerosas ventajas al funcionamiento del sistema.

En los PIC, el formato de las instrucciones es de 12 bits, 14 bits o 16 bits según el modelo y, en consecuencia, la longitud de las palabras de la memoria de instrucciones o programa corresponde con esa longitud. Este tamaño permite codificar en una palabra el código de operación de la instrucción junto al operando o su dirección.

2ª. Se aplica la técnica de segmentación ("pipe-line") en la ejecución de las instrucciones.

La segmentación permite al procesador realizar al mismo tiempo la ejecución de una instrucción y la búsqueda del código de la siguiente. De esta forma se puede ejecutar cada instrucción en un ciclo (en los PIC cada ciclo de instrucción son cuatro ciclos de reloj).

3ª. El formato de todas las instrucciones tiene la misma longitud.

Las instrucciones de los micro controladores más sencillos tienen una longitud de palabra de 12 bits. Los medianos tienen 14 bits y los de mayor complejidad tienen más longitud. Esta característica es muy ventajosa en la optimización de la memoria de instrucciones y facilita enormemente la construcción de ensambladores y compiladores.

4ª. Procesador RISC (Computador de Juego de Instrucciones Reducido).

Las CPU's atendiendo al tipo de instrucciones que utilizan pueden clasificarse en:

CISC: (Complex Instruction Set Computer) Computadores de juego de instrucciones complejo, que disponen de un repertorio de instrucciones elevado (80, 100 o más), algunas de ellas muy sofisticadas y potentes, pero que como contrapartida requieren muchos ciclos de máquina para ejecutar las instrucciones complejas.

RISC: (Reduced Instruction Set Computer) Computadores de juego de instrucciones reducido, en los que el repertorio de instrucciones es muy reducido, las instrucciones son muy simples y suelen ejecutarse en un ciclo máquina.

SISC: (Specific Instruction Set Computer) Computadores de juego de instrucciones específico. En los micro controladores destinados a aplicaciones muy concretas, el juego de instrucciones, además de ser reducido, es "específico", es decir, las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación prevista.

5ª. Todas las instrucciones son ortogonales.

Cualquier instrucción puede manejar cualquier elemento de la arquitectura como fuente o como destino. En los PIC el manejo del banco de registros, que participan activamente en la ejecución de las instrucciones, es muy interesante al ser ortogonales.

6ª. Arquitectura basada en un banco de registros.

La arquitectura basada en banco de registros implica que todos los elementos del sistema, es decir, temporizadores, puertos de entrada/salida, posiciones de memoria, etc, están implementados físicamente como registros.

7ª. Prácticamente todos los PIC se caracterizan por poseer unos mismos recursos mínimos:

- Sistema POR (POWER ON RESET).  
Todos los PIC tienen la facultad de generar una autoreinicialización o autoreset al conectarles la alimentación.
- Perro guardián, (Watchdog)  
Existe un temporizador que produce un reset automáticamente si no es recargado antes de que pase un tiempo prefijado.
- Código de protección.  
Cuando se procede a realizar la grabación del programa, puede protegerse para evitar su lectura.
- Modo de reposo (bajo consumo o SLEEP).  
Ejecutando una instrucción (SLEEP), el CPU y el oscilador principal se detienen y se reduce notablemente el consumo.
- Modo de reposo (bajo consumo o SLEEP).

#### 8ª. Modelos de arquitectura cerrada y de arquitectura abierta.

Entre los fabricantes de microcontroladores hay dos tendencias para resolver las demandas de los usuarios:

- Microcontroladores de arquitectura cerrada.

Cada modelo se construye con una determinada CPU, cierta capacidad de memoria de datos, cierto tipo y capacidad de memoria de instrucciones, un número de E/S y un conjunto de recursos auxiliares muy concreto.

- Microcontroladores de arquitectura abierta.

Estos microcontroladores se caracterizan porque, además de disponer de una estructura interna determinada, pueden emplear sus líneas de E/S para sacar al exterior los buses de datos, direcciones y control, con lo que se posibilita la ampliación de la memoria y las E/S con circuitos .integrados externos.

9ª. Diversidad de modelos de microcontroladores.

La gran variedad de modelos de microcontroladores PIC permite que el usuario pueda seleccionar el más conveniente para su proyecto.

10ª. Amplio margen de alimentación y corrientes de salida elevadas.

La tensión típica de los PIC es de 5 v, si bien según que modelos se pueden alimentar con tensiones de 2 a 6,25 voltios, lo cual posibilita el funcionamiento mediante pilas corrientes teniendo en cuenta su bajo.

11ª. Herramientas de soporte potentes y económicas.

Elección de un Micro controlador

Obviando factores generales, como el precio o el tamaño, las características que nos ayudan a decidir entre la gran variedad de micro controladores (PIC) son:

- Número de bits: Arquitecturas de 8, 16 y 32 bits.
- Velocidad: en MIPS o en MHz. De 4MHz a 80MHz.
- Memoria de programa:
- Tamaño: de 300Bs a 512KBs.
- Tipo: Flash (regrabable) vs OTP (programable una única vez).
- Memoria principal: de 16Bs a 64KBs.
- Memoria permanente: EEPROM de 0 a 4KBs.
- Temperatura de trabajo: De -40°C a 150°C.
- Voltaje: desde 1'8V.
- Encapsulado: DIP/SPDIP para prototipos. Otros: SOIC, QFN, SSOP, TQFP, DFN.
- Pines de E/S y pines totales: 4 a 85 / 6 a 100
- Unidades de E/S y otros componentes:
- Conversores A/D.
- Puertos de comunicación digital (serie, RF, Ethernet, USB).
- Temporizadores, comparadores, PWM, capturadores.

## PLC

Es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial procesos secuenciales.

Las ventajas en el uso del PLC comparado con sistemas basados en relé o sistemas electromecánicos son:

- Flexibilidad: Posibilidad de reemplazar la lógica cableada de un tablero o de un circuito impreso de un sistema electrónico, mediante un programa que corre en un PLC.
- Tiempo: Ahorro de tiempo de trabajo en las conexiones a realizar, en la puesta en marcha y en el ajuste del sistema.
- Cambios: Facilidad para realizar cambios durante la operación del sistema.
- Confiabilidad.
- Espacio.
- Modularidad.
- Estandarización.

El autómata programable consta de los siguientes componentes:

- a) Unidad central de procesamiento (CPU), que constituye el "cerebro" del sistema y toma decisiones en base a la aplicación programada.
- b) Módulos para señales digitales y analógicas (I/O)
- c) Procesadores de comunicación (CP) para facilitar la comunicación entre el hombre y la máquina o entre máquinas. Se tiene procesadores de comunicación para conexión a redes y para conexión punto a punto.
- d) Módulos de función (FM) para operaciones de cálculo rápido.

Existen otros componentes que se adaptan a los requerimientos de los usuarios:

- Módulos de suministro de energía.
- Módulos de interfaces para conexión de racks múltiples en configuración multi-hilera

En los módulos de entrada pueden ser conectados:

- Sensores inductivos, capacitivos, ópticos



- Interruptores
- Pulsadores
- Llaves
- Finales de carrera
- Detectores de proximidad

En los módulos de salida pueden ser conectados:

- Contactores
- Electroválvulas
- Variadores de velocidad
- Alarmas

## CLASIFICACIÓN DE AUTÓMATAS

**COMPACTOS:** Suelen integrar en el mismo bloque la alimentación, entradas y salidas y/o la CPU.

**MODULARES:** Están compuestos por módulos o tarjetas adosadas a rack con funciones definidas: CPU, fuente de alimentación, módulos de E/S, etc...

## PRUEBAS EN BANCO

Un banco de pruebas es una plataforma para experimentación de proyectos de gran desarrollo. Los bancos de pruebas brindan una forma de comprobación rigurosa, transparente y repetible de teorías científicas, elementos computacionales, y otras nuevas tecnologías.

El término se usa en varias disciplinas para describir un ambiente de desarrollo que está protegido de los riesgos de las pruebas en un ambiente de producción. Un banco de pruebas se usa cuando un nuevo módulo se prueba aparte del programa al que luego será agregado.

El Banco de pruebas a estudiar consta principalmente de dos turbinas: La Pélton y La Francis, una bomba la cual está controlada por un variador de frecuencia, Dinamómetros, Manómetros y frenos en las turbinas para poder determinar las potencias, la función principal de este banco de pruebas es mostrar el funcionamiento simplificado de una micro central hidroeléctrica.

Para variar los parámetros se utiliza el variador de velocidad de la bomba, una válvula para la apertura del chiflón en la turbina Pélton, una palanca que direcciona los álabes de la turbina Francis y la fuerza en el freno de las turbinas.

## **2.4.2 RED DE CATEGORÍAS VARIABLE DEPENDIENTE**

### **INGENIERÍA MECÁNICA**

La Ingeniería Mecánica es un campo muy amplio de la ingeniería que implica el uso de los principios físicos para el análisis, diseño, fabricación y mantenimiento de sistemas mecánicos. Tradicionalmente, ha sido la rama de la Ingeniería que mediante la aplicación de los principios físicos ha permitido la creación de dispositivos útiles, como utensilios y máquinas. Los ingenieros mecánicos usan principios como el calor, la fuerza y la conservación de la masa y la energía para analizar sistemas físicos estáticos y dinámicos, contribuyendo a diseñar objetos. La Ingeniería Mecánica es la rama de las máquinas, equipos e instalaciones teniendo siempre en mente aspectos ecológicos y económicos para el beneficio de la sociedad. Para cumplir con su labor, la ingeniería mecánica analiza las necesidades, formula y soluciona problemas técnicos mediante un trabajo interdisciplinario, y se apoya en los desarrollos científicos, traduciéndolos en elementos, máquinas, equipos e instalaciones que presten un servicio adecuado, mediante el uso racional y eficiente de los recursos disponibles.

Con el pasar del tiempo y al igual que en otras disciplinas, la ingeniería Mecánica se ha ramificado en otras áreas como lo son:

Estática : Estudio del equilibrio de fuerzas, sobre un cuerpo en reposo.

Dinámica : Estudio de como las fuerzas afectan el movimiento de los cuerpos.

Termodinámica y transferencia de calor: Estudio de las causas en los cambios de temperatura y transferencia de calor en los materiales.

Mecánica de los fluidos: Estudio de la reacción de los fluidos bajo la acción de las fuerzas.

La ingeniería mecánica se extiende de tal forma que es capaz de abordar un problema con la racionalización de varios factores que pueden estar afectando y que son fundamentales para hallar determinada solución

## MÁQUINAS HIDRÁULICAS<sup>1</sup>

Las máquinas hidráulicas son máquinas de fluido incompresible, o que se comporta como tal, es decir fluidos cuya densidad en el interior de la máquina no sufre variaciones importantes. Convencionalmente se especifica para los gases un límite de 100 mbar para el cambio de presión; de modo que si éste es inferior, la máquina puede considerarse hidráulica.

En los motores hidráulicos, la energía del fluido que atraviesa la máquina disminuye, obteniéndose energía mecánica.

En el caso de generadores hidráulicos, el proceso es el inverso, de modo que el fluido incrementa su energía al atravesar la máquina.

Las máquinas volumétricas, exceptuando algunas máquinas rotoestáticas que por su diseño no pueden invertir su movimiento, son reversibles, de modo que pueden funcionar indistintamente como generador o motor.

Tabla 2.1 Clasificación de las Maquinas hidráulicas. (l=líquido, g=gas).

Motoras	Volumétricas	Alternativas- Bombas de émbolo
		Rotativas- Bombas roto estáticas
	Turbomáquinas	Turbinas hidráulicas (l) Aerogeneradores (g)
Generadoras	Volumétricas	Alternativas- Bombas de émbolo
		Rotativas- Bombas roto estáticas
	Turbomáquinas	Bombas roto dinámicas (l) Ventiladores (g)

<sup>1</sup> DE PARRES, J. L., *Máquinas Hidráulicas*, México.

## TURBINAS HIDRÁULICAS<sup>2</sup>

La turbina hidráulica es la encargada de transformar la energía mecánica en energía eléctrica, por esto es de vital importancia saber elegir la turbina adecuada para cada sistema hidroeléctrico.

La turbina, palabra relacionada con el torbellino creado por un fluido, se entiende todo dispositivo mecánico capaz de convertir en trabajo, en la forma de movimiento de rotación, la energía cinética presente en masas de agua, vapor o gas, al encontrarse éstas dotadas de una determinada velocidad de desplazamiento.

La aplicación inmediata del trabajo mecánico desarrollado en la turbina, es la de hacer girar al rotor del generador de energía eléctrica, en el cual se realiza la transformación de la energía mecánica en energía eléctrica.

Las turbinas se pueden clasificar de varias maneras estas son:

a.- Según la dirección en que entra el agua:

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

b.- De acuerdo al modo de obrar del agua:

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

c.- Según la dirección del eje:

- Horizontales.
- Verticales.

Se inicia el estudio de los tres tipos de turbinas hidráulicas utilizados con mejores resultados en la actualidad. De cada uno de dichos tipos, mencionaremos las características técnicas y de aplicación más destacadas que los identifican, la descripción de los distintos elementos que componen cada turbina, así como el principio de funcionamiento de las mismas.

---

<sup>2</sup> MATAIX, C., *Turbomáquinas Hidráulicas*, Editorial ICAI,

Los dos tipos objeto de estudio son:

- Turbinas PELTON
- Turbinas FRANCIS

### Turbina Pélton<sup>3</sup>

Esta turbina hidráulica fue inventada por el Americano Lester Pélton acerca del año 1880. Se trata de una máquina de chorro libre. Se encuentran al rodete los álabes en forma de copa, cada uno subdivididos en dos medios casquillos por un canto vivo.

Con el objeto de aumentar la potencia de una misma turbina, con un determinado salto hidráulico, se añaden más inyectores repartidos en la periferia, pudiendo llegar a 6 en turbinas de gran tamaño (Figura 2.1). Un número excesivo de inyectores ocasiona una pérdida de rendimiento por interferir mutuamente sus flujos al caer el agua.

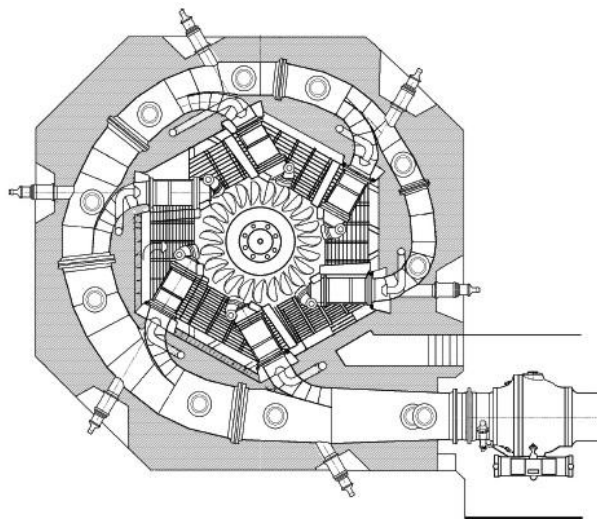


Figura. 2.1 Diagrama de la distribución de los inyectores en una Turbina Pélton

[Fuente [www.google.com/imgres?imgurl](http://www.google.com/imgres?imgurl) ]

El rotor está constituido por un disco que soporta unas cucharas con doble cavidad, periódicamente dispuestas en su periferia, (Figura 2.2).

---

<sup>3</sup> Fox, R.W. McDonald, A.T. Introducción a la Mecánica de Fluidos. Ed. McGraw-Hill. 1989.



Figura 2.2 Visualización de las cucharas en la Turbina Pelton

[Fuente: [http://www4.ujaen.es/~dfernan/turbina\\_pelton.htm](http://www4.ujaen.es/~dfernan/turbina_pelton.htm)]

El principio de la turbina Pélton es convertir la energía cinética del chorro de agua en velocidad de rotación de la rueda o rotor. A fin de que esto se haga con la máxima eficiencia el agua debe abandonar las cucharas con una pequeña cantidad de energía cinética remanente. Debido al gradiente favorable de presión el flujo será laminar y muy aproximadamente ideal e incompresible, por lo que la fórmula de *Bernoulli* aplicada entre la tubería de llegada en la cual existe una altura neta  $H_n$  y la sección de salida a la atmósfera ( $P = 0$ ) (Figura 2.3) nos permite predecir la velocidad de salida  $c_o$ :

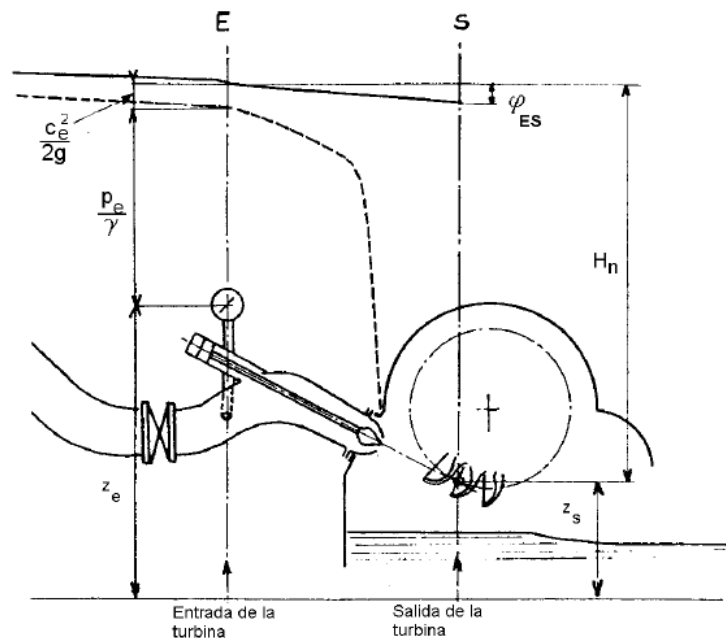


Figura 2.3 Esquema de la distribución de los parámetros que influyen en la Turbina Pélton

[Fuente: [http://members.tripod.com/mqhd\\_ita.mx/u3.htm](http://members.tripod.com/mqhd_ita.mx/u3.htm)]

Los álabes pueden estar fundidos con la misma rueda o unidos individualmente por medio de bulones o pernos. La forma de fabricación más común es por separado álabes y rueda ya que facilita su construcción y mantenimiento. Se funden en una sola pieza rueda y álabes cuando la rueda tiene un gran velocidad específica, con este proceso de fabricación se logra mayor rigidez, solidez uniformidad y montaje rápido. Se debe tener especial cuidado al escoger el material de fabricación adecuado en una turbina Pélton; este material debe resistir la fatiga, la corrosión y la erosión; la fundición de grafito laminar y acero, resisten perfectamente estas condiciones cuando son moderadas.

El Número de álabes suele ser de 17 a 26 por rueda, todo esto dependiendo de la velocidad específica; Cuando se necesita una velocidad alta el número de álabes es pequeño debido a que a mayor velocidad específica, mayor caudal lo que exige álabes más grandes y con esto caben menos en cada rueda. El caudal puede ser influenciado por una ó algunas toberas de aguja a ser regladas precisamente. El agua sale de las toberas, siendo tangencialmente admitida a los álabes subdivididos del rodete.

Actualmente existen turbinas Pélton dentro de los rangos que siguen:

- Caídas de entre 100 y 500 metros
- Caudales de entre 0,06 y 1,0 m<sup>3</sup>/s
- Potencias nominales de entre 50 y 2.000 Kw

Turbinas Francis<sup>4</sup>

Son turbinas de sobrepresión por ser variable la presión en las zonas del rodete, o de admisión total ya que éste se encuentra sometido a la influencia directa del agua en toda su periferia. También se conocen como turbinas radiales-axiales y turbinas de reacción, conceptos que se ampliarán en su momento.

El campo de aplicación es muy extenso, dado el avance tecnológico conseguido en la construcción de este tipo de turbinas. Pueden emplearse en saltos de distintas alturas dentro de una amplia gama de caudales (entre 2 y 200 m<sup>3</sup>/s aproximadamente). Consideraremos la siguiente clasificación, en función de la

---

<sup>4</sup> Fox, R.W. McDonald, A.T. Introducción a la Mecánica de Fluidos. Ed. McGraw-Hill. 1989.

velocidad específica del rodete, cuyo número de revoluciones por minuto depende de las características del salto.

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

Componentes de una turbina Francis.- La relación de componentes fundamentales, considerando como referencia, siempre que ello sea factible, el sentido de circulación del agua por la turbina, es el siguiente (Figura. 2.4):

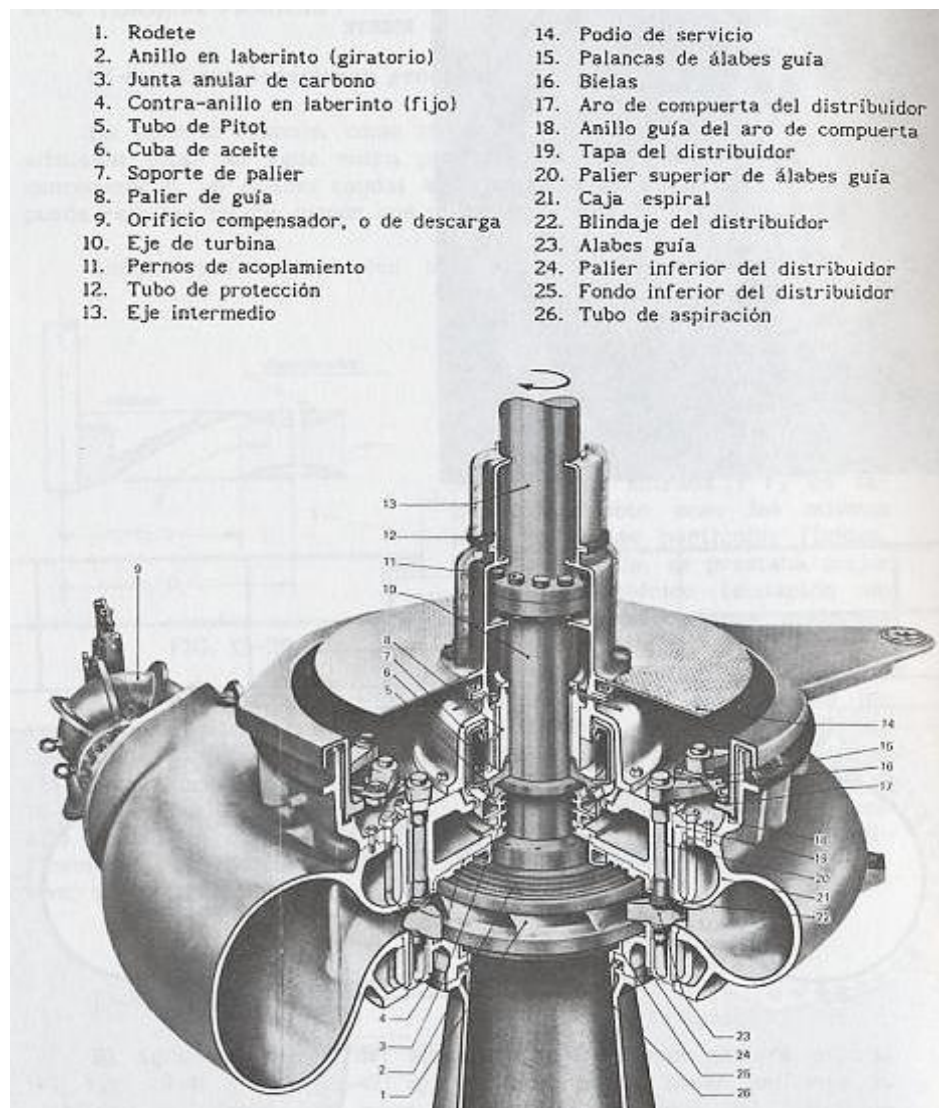


Figura 2.4 – Componentes de una turbina Francis de eje vertical.

[Fuente: <http://www.caballano.com/francis.htm>]



## Órganos principales de una turbina Francis.

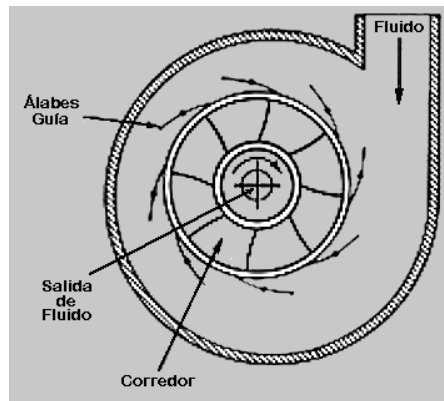


Figura 2.5. Partes de una turbina Francis

[Fuente: [http://members.tripod.com/mqhd\\_ita.mx/maquinas4.htm](http://members.tripod.com/mqhd_ita.mx/maquinas4.htm)]

La carcasa, caja espiral o caracol como ya se a dicho es un ducto alimentador de sección generalmente circular y diámetro decreciente, que circula al rotor, procurando el fluido necesario para la operación de la turbina. Generalmente es lámina de acero.

El distribuidor, lo constituye una serie de alabes directores en forma de persiana circular cuyo paso se puede modificar con la ayuda de un servomotor lo que permite imponer al fluido la dirección de ataque exigida por el rodete móvil y además regula el gasto de acuerdo con la potencia exigida de la turbina. El distribuidor se transforma parcialmente la energía de presión en energía cinética.

El rodete móvil o rotor. Está formado por los propios alabes, los cuales están engastados en un plato perpendicular al eje de la maquina, de cuyo plato arrancan siguiendo la dirección axial, tomando en forma progresiva un alabeo y abriéndose a hacia la dirección radial.

El tubo de desfogue o difusor, da salida al agua de la tubería y al mismo tiempo procura una ganancia en carga estática hasta el valor de la presión atmosférica debido a su forma diferente se tiene así a la salida del rotor una presión más baja

## **POTENCIA Y EFICIENCIA DE LAS TURBINAS PELTON Y FRANCIS**

Actualmente es necesario desarrollar la construcción de turbinas para el aprovechamiento de pequeños saltos hidráulicos, por lo cual se requiere que las mismas sean capaces de transformar eficientemente la energía cinética del agua en energía mecánica.

A nivel internacional existe la tendencia a realizar diseños cada vez más eficientes con el uso de sistemas computacionales que permiten simular las condiciones de trabajo bajo las cuales trabajará el equipo. No obstante a el alto nivel alcanzado en este campo es fundamental también tener en cuenta que cuando se efectúa el diseño de una turbo máquina se deben tener en cuenta una serie de parámetros que influyen de una forma u otra sobre el funcionamiento de una turbina. Algunos de estos factores están relacionados con la instalación y explotación del equipo y otros con el diseño hidráulico de las partes que lo componen.

Es conocido que a veces la obtención de potencia es más importante que una razonable pérdida en la eficiencia, no obstante cuando se realiza el diseño siempre se trata de tener en cuenta las recomendaciones existentes para que las pérdidas que ocurran dentro de la turbina sean minimizadas.

Es por esto que se hace necesario exponer con claridad la influencia que tienen estos parámetros sobre la eficiencia y como se puede minimizar la ocurrencia pérdidas durante el funcionamiento de una turbina. El rendimiento hidráulico, con la máquina actuando con grado de admisión y altura de suministro constantes tiene una dependencia parabólica si los coeficientes son constantes.

Coincide el punto de máximo rendimiento (eficiencia) con el de máxima potencia, es decir con el punto de máxima productividad, lo cual es conveniente económicamente. El rendimiento es nulo a máquina parada, así como a una velocidad a la que se anule el par útil, pues la energía extraída del chorro se invierte exclusivamente en las pérdidas mecánicas.

## PROCEDIMIENTO

- Colocar la Turbina en la posición correcta para un aprovechamiento máximo del chorro de agua.
- Poner en condiciones de encendido a la bomba (cebado).
- Encender el motor.
- Tomar la presión a la salida del chorro.
- Aplicar la fuerza del freno en la turbina seleccionada.
- Tomar lectura del dinamómetro.
- Tomar lectura de las revoluciones que marca el tacómetro.
- Obtener la medida de la turbina, del freno y del tacómetro; en especial estos dos últimos datos para hacer la transformación de las revoluciones.
- Medir la altura del líquido en el vertedero para poder hallar el caudal usado durante el ensayo
- Después de tomar la totalidad de datos, se procesaran para hallar las potencias, eficiencias y velocidades.
- Graficar los resultados cada variable en función de la rpm.

## CÁLCULOS

### POTENCIA MECÁNICA

$$PM = \frac{2\pi NT}{60} \quad (2.1)$$

$$T = FxBrazo \quad (2.2)$$

F= Fuerza de frenado

N= RPM del eje de la turbina.

T= Torque

### POTENCIA HIDRÁULICA

$$PH = \gamma * HT * Q \quad (2.3)$$

Donde

$\gamma$ =Peso específico del agua.

$Q$ =Caudal

$HT$ =Carga de la turbina

EFICIENCIA

$$nt = \frac{PM}{PH} \times 100\% \quad (2.4)$$

Donde

$Nt$ = Eficiencia

$PM$ =Potencia Mecánica

$PH$ =Potencia Hidráulica

## **2.5 HIPÓTESIS**

La adquisición de datos mediante un sistema de control, permitirá al estudiante en el banco de pruebas “Tutor” determinar la potencia y eficiencia de las turbinas Pelton y Francis con mayor facilidad?

## **2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES**

### **2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Pruebas en Banco

### **2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

Potencia y eficiencia de las turbinas Pelton y Francis.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

En el presente trabajo se realizará un análisis cuantitativo en busca de una adecuada automatización y un correcto plan de Mantenimiento del banco de pruebas “TUTOR”; el cual nos va ayudar a determinar la eficiencia y potencia de las turbinas Pélton y Francis que se encuentran en el mismo.

El estudio también se basará en la información existente y se recurrirá a documentación bibliográfica para el respectivo desarrollo del proyecto.

#### **3.2 NIVEL Y TIPO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.2.1 MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN**

**Campo.-** Para el desarrollo del proyecto se utilizará la investigación de campo para la obtención de datos necesarios para el estudio, los mismos que serán adquiridos directamente de las empresas que utilicen este tipo de turbinas para generación eléctrica.

**Bibliográfica.-**La investigación bibliográfica se la realizará en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi Chico.

**Documental.-** Éste medio investigativo lo utilizaremos ya que necesitaremos conocer e identificar sobre materiales y técnicas que nos ayude al mantenimiento y automatización del proyecto.

**Experimental.-** Este tipo de investigación se realizará con diferentes experimentos para la comprobación y verificación del funcionamiento del banco de pruebas, logrando obtener una lista de datos y poder comprobar su funcionamiento.

### 3.2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Exploratoria.- Se investigará todo y cada uno de los detalles del proyecto, tanto su diseño como su funcionamiento, para comparar los resultados experimentales con los reales dados por el banco de pruebas.

Descriptiva.- Describe los pasos realizados en el control y automatización como información y tener así un respaldo de funcionamiento del banco de pruebas.

Correlación.- En este tipo de estudio descriptivo tiene como finalidad determinar el grado de relación o asociación no causal existente entre dos o más variables. Aunque la investigación correlacional no establece de forma directa relaciones causales, puede aportar indicios sobre las posibles causas de un fenómeno.

### 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

En el Banco de pruebas “TUTOR” se van a realizar pruebas con cada una de las turbinas variando los parámetros descritos a continuación.

#### TURBINA PELTON

En esta turbina se puede variar la abertura del chiflón y la velocidad de la velocidad de la bomba.

#### CHIFLÓN

ABERTUR A DEL INYECTOR	VELOCIDA D DE LA BOMBA	CAUDAL	FUERZA	REVOLUCIONES	EFICIENCIA	POTENCIA
25%						
50%						
75%						
100%						

### VELOCIDAD DE LA BOMBA.

VELOCIDAD DE LA BOMBA	ABERTURA DEL INYECTOR	CAUDAL	FUERZA	REVOLUCIONES	EFICIENCIA	POTENCIA
50%						
60%						
70%						
80%						

### TURBINA FRANCIS

En este tipo de turbina lo único que se va a variar para realizar la práctica es la velocidad de la bomba.

### VELOCIDAD DE LA BOMBA.

VELOCIDAD DE LA BOMBA	ABERTURA DE LA VALVULA	CAUDAL	FUERZA	REVOLUCIONES	EFICIENCIA	POTENCIA
40%	100%					
50%	100%					
60%	100%					
70%	100%					

### 3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

#### 3.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: PRUEBAS EN BANCO

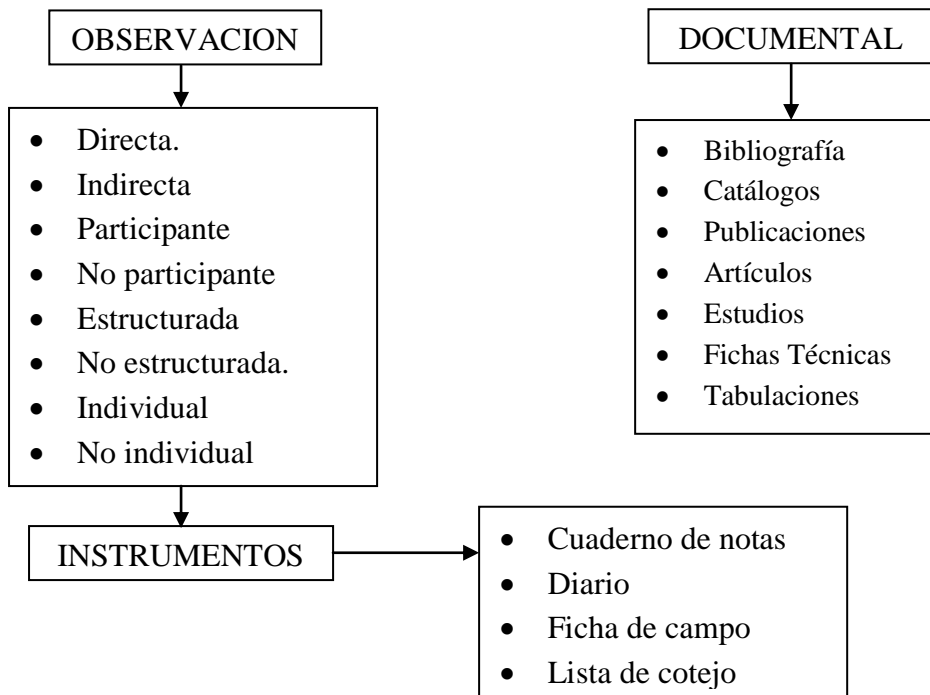
Concepto	Dimensión	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos de la investigación
<p>Un banco de pruebas es una plataforma para experimentación de proyectos de gran desarrollo. Los bancos de pruebas brindan una forma de comprobación rigurosa, transparente y repetible de teorías científicas, elementos computacionales, y otras nuevas tecnologías.</p> <p>El Banco de pruebas “Tutor” consta principalmente de dos turbinas: La Pélton y La Francis, una bomba la cual está controlada por un variador de frecuencia, Dinamómetros, Manómetros y frenos en las turbinas para poder determinar las potencias, la función principal de este banco de pruebas es mostrar el funcionamiento simplificado de una micro central hidroeléctrica.</p> <p>Para variar los parámetros se utiliza el variador de velocidad de la bomba, una válvula para la apertura del chiflón en la turbina Pélton, una palanca que direcciona los álabes de la turbina Francis y la fuerza en el freno de las turbinas.</p>	Toma de datos Manual con equipos analógicos	¿Qué datos se toman manualmente?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altura neta</li> <li>- Fuerza</li> <li>- Presiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observación</li> <li>- Catálogos</li> <li>- Bibliografía</li> <li>- Internet</li> </ul>
		¿Qué equipos analógicos nos dan datos en el banco de Pruebas?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manómetros</li> <li>- Nivel</li> <li>- Dinamómetros</li> </ul>	
	Toma de datos Automática.	¿Qué datos se adquieren automáticamente?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revoluciones</li> <li>- Caudal</li> <li>- Fuerza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observación</li> <li>- Catálogos</li> <li>- Bibliografía</li> <li>- Internet</li> </ul>
	¿Qué equipos transfieren los datos en el banco de Pruebas?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensores</li> <li>- PLC</li> <li>- Micro controladores</li> </ul>		



### 3.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE: POTENCIA Y EFICIENCIA DE LAS TURBINAS PÉLTON Y FRANCIS.

Concepto	Dimensión	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos de la investigación
<p>La potencia es el trabajo aplicado por unidad de tiempo aprovechando al máximo la energía hidráulica que se le da a las turbinas y la energía mecánica que es transformada de la hidráulica.</p> <p>Es conocido que a veces la obtención de potencia es más importante que una razonable pérdida en la eficiencia, no obstante cuando se realiza el diseño siempre se trata de tener en cuenta las recomendaciones existentes para que las pérdidas que ocurran dentro de la turbina sean minimizadas.</p> <p>La eficiencia en turbinas hidráulicas es el cociente entre la potencia de salida o mecánica y la de entrada o hidráulica, lo que se refiere al mayor aprovechamiento de la transformación de energía hidráulica a energía mecánica, que es utilizada por la turbina para transformarla en energía eléctrica.</p>	Eficiencia	¿Qué se debe hacer para aumentar la eficiencia en las turbinas?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminuir la fricción en la carcasa.</li> <li>- Bajar la turbulencia según el agua entra al rodete.</li> <li>- Disminuir la fricción en los pasajes del rodete.</li> <li>- Disminuir la fricción y turbulencia en el tubo de aspiración.</li> <li>- Disminuir las pérdidas hidráulicas.</li> </ul>	Catálogos Bibliografía
	Potencia	¿Qué datos se debe adquirir para determinar potencia y eficiencia en las turbinas?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altura neta</li> <li>- Caudal</li> <li>- Velocidades del flujo.</li> <li>- RPM en el eje.</li> <li>- Fuerza.</li> </ul>	Observación Fichas Técnicas Tabulaciones

### 3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.



#### 3.5.1 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Para la recolección de información nos basaremos en varias técnicas como es la observación, es decir en máquinas similares existentes en el país, adicionalmente reforzaremos con información bibliográfica de diversos libros y con la información del internet.

### 3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

#### 3.6.1 PRESENTACIÓN DE DATOS.

La presentación de datos que nos den en las prácticas de laboratorio se va a presentar en forma grafica y tabular para una mayor apreciación entre lo real y lo teórico.

#### 3.6.2 ANÁLISIS.

El Análisis de los resultados de esta investigación es la parte fundamental que nos permitirá establecer conclusiones y recomendaciones de la misma.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

De acuerdo a la investigación de campo y bibliográfica en conjunto de la observación como técnica para recoger la información necesaria, nos ayudó a determinar que los equipos y los procesos para adquirir datos en el Banco de pruebas “TUTOR”, se los puede encontrar en catálogos que nos muestran diferentes alternativas.

La adquisición de datos es una necesidad habitual en la mayoría de las actividades industriales. El proceso de acondicionamiento y selección de la señal a adquirir, puede ser suministrada por un sensor, la toma de muestras de esta señal, la conversión analógico/digital de dicha señal, realizada a frecuencia adecuada y la transferencia de esta información digital a un sistema que pueda procesarla debe tener una frecuencia de muestreo de las señales habitualmente que es constante, pero en ocasiones las muestras de las señales son tomadas a intervalos irregulares, siempre bajo el control del computador que procesa la información.

Es frecuente que la adquisición no se limite a una sola señal, sino a varias simultáneamente. En efecto, existen gran cantidad de aplicaciones en las que se precisa tomar gran número de medidas.

La adquisición de datos en el Banco de pruebas se la puede realizar mediante un PLC, microcontroladores o utilizando las Tarjetas de Adquisición de datos de la empresa National Instrument. Cada uno de estos procesos nos lleva al objetivo deseado, el cual va a depender de las características que se necesite tomando muy en cuenta el costo debido a que el financiamiento lo va a poner el autor del proyecto.

Una vez realizada una observación del Banco de pruebas “TUTOR”, y revisado en catálogos los datos o parámetros que se necesitan para determinar la potencia y eficiencia de las turbinas Pélton y Francis los datos que se consideran para la adquisición son los siguientes:

- Caudal a la entrada de las turbinas.
- Diámetro de la tubería
- El Salto Hidráulico
- La fuerza aplicada al freno.
- Volumen del tanque.
- Presiones
- Velocidades
- Perdidas mecánicas

## 4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS

### 4.2.1 CÁLCULO O ADQUISICIÓN DEL CAUDAL

Tabla 4.1 CÁLCULO POR MÉTODOS MANUALES

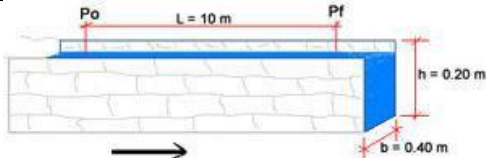

	EL MÉTODO DE UN OBJETO FLOTANTE	MÉTODO DE UN RECIPIENTE CON VOLUMEN CONOCIDO
		
PROCEDIMIENTO	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ubicar en el canal un tramo aproximado (L) y de sección uniforme. Marcar el punto Po al inicio del tramo y el punto Pf al final del tramo seleccionado.</li> <li>2. A la altura del punto Po soltar un pequeño tallo seco y anotar el tiempo (t) (seg) que demora en desplazarse hasta la altura del punto Pf.</li> <li>3. Calcular la velocidad (V).</li> <li>4. Medir el ancho del canal (B) en metros y la profundidad del agua (H) en metros</li> <li>5. Calcular el área de la sección. Mediante la siguiente fórmula:</li> <li>6. Observar el tipo de terreno del canal para seleccionar el factor de corrección (C) del caudal:</li> <li>7. Calcular el Caudal (Q) en litros</li> </ol>	<p>Para medir caudales de hasta 20 lts/seg. Aproximadamente.</p> <p>Instrumentos necesarios:</p> <p>Cilindro con volumen conocido</p> <p>Reloj con cronómetro</p> <p>Procedimiento</p> <p>Desviar toda el agua del riachuelo o canal hacia un balde o cilindro grande de capacidad conocida y tomar el tiempo que tarda en llenarse.</p>
FORMULAS	$V = L / T$ $A = B \times H.$ $Q = C \times V \times A \times 1000$	<p>Caudal ( Q ) = Volumen (litros)/  Tiempo (segundo)</p>

Tabla 4.2 CAUDALÍMETRO

	ULTRASÓNICO	DE DISCO NUTANTE	ELECTROMAGNÉTICO
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>* No ocasiona pérdida de carga.</li> <li>* No tiene partes móviles.</li> <li>* Ideal para la medición de materiales tóxicos o peligrosos.</li> <li>* Salida lineal con el caudal.</li> <li>* Su rango de medición es muy amplio.</li> <li>* Su instalación es muy simple y económica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Muy difundido y comprobado.</li> <li>* Muy económico.</li> <li>* Simple y de bajo mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* No genera pérdidas de carga.</li> <li>* Apto para la medición de barras.</li> <li>* Permite la medición de caudales bi-direccionales.</li> <li>* No tiene partes móviles, por lo que es confiable y de bajo mantenimiento.</li> <li>* Su precisión es relativamente alta.</li> </ul>
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Su precisión no es muy alta.</li> <li>* Su costo es relativamente alto para tuberías de bajo diámetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Es el de menor precisión de los instrumentos de desplazamiento positivo.</li> <li>* No se fabrica para tuberías de gran tamaño.</li> <li>* El par disponible para el accionamiento de accesorios mecánicos es muy limitado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Si el fluido a medir produce depósitos sobre los electrodos, la medición será errónea.</li> <li>* Su costo es relativamente alto.</li> <li>* No es utilizable en gases por la baja conductividad.</li> </ul>
COSTO	US\$ 7000	US\$ 232	US\$ 2187

#### 4.2.2 CÁLCULO DE LA FUERZA EN EL FRENO

Tabla 4.3 MÉTODO PARA ADQUIRIR LA FUERZA EN EL FRENO

	DINAMÓMETRO	CELDA DE CARGA
CARACTERÍSTICAS	<p><b>Amplia selección de capacidades:</b> Disponible en capacidades de 200 a 50,000 kilogramos (También disponibles en libras y en Newton)</p> <p><b>Larga vida</b> El alma del instrumento es una viga de flexión de acero.</p> <p><b>Factor de seguridad por sobrecarga</b> La mayoría de los modelos tienen un factor de seguridad límite de 5:1.</p> <p><b>Control de cero</b> También puede ser usado como tara, con capacidad hasta del 20% de la capacidad total del instrumento.</p>	<p>El sensor de fuerza resistivo (FSR) es un dispositivo de película de polímero (PTF) que presenta una disminución de la resistencia cuando aumenta la fuerza aplicada a la superficie activa. Su sensibilidad a la fuerza está optimizada para uso en el control por toque humano de dispositivos electrónicos. Las FSRs no son células de carga o galgas extensiométricas aunque tengan propiedades similares. Las FSRs no son adecuadas para medidas de precisión.</p>
COSTO	\$ 52	\$ 280.00

### 4.2.3 SENSORES

Tabla 4.4 EJEMPLOS DE LOS SENSORES.

SENSORES	EJEMPLOS
Sensores de Fuerza	Capacitivos. Piezoeléctricos. A elemento vibrante. Celdas de carga.
Sensores de Torque	Reluctivos. Fotoeléctricos. Inductivos a desplazamiento de fase
Sensores de Flujo-Caudal	Presión diferencial. Mecánico. Magnético. Oscilante. Ultrasónico.
Sensores de Nivel:	Presión. Flotadores. Conductividad. Capacitivos. Transferencia de calor. Ópticos. Osciladores amortiguados. Ultrasónicos.
Sensores de Desplazamiento Lineal y Angular, Posición	Capacitivos. Reluctivos o LVDT. Potenciométricos. Ópticos. Codificadores Lineales y Angulares (Encoders-Encoders Incrementales). Por Sensado Remoto: Radar y Sonar. Por Posición y Actitud: Giróscopos e Inclinómetros
Sensores de Proximidad:	Inductivos sensibles a metales ferromagnéticos. Inductivos no sensibles a metales ferromagnéticos. Capacitivos. Luz visible o Infrarroja. Microondas. Ultrasónicos.
Sensores de Velocidad, Aceleración y Vibraciones:	Lineales: Electromagnéticos, rueda a medida. Angulares: (Tacómetros) Electromagnéticos. Ópticos. Acelerómetros: Capacitivos. Potenciométricos. Reluctivos.
Sensores de Presión:	Capacitivos. Inductivos. A reluctancia. Potenciométricos resistivos. Piezoeléctricos.

## 4.2.4 ADQUISICIÓN DE DATOS

Tabla 4.5 MÉTODOS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

ADQUISICIÓN DE DATOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COSTOS
TARJETAS DAQ	<p>Diseñados para un rendimiento óptimo. Ofrecen las capacidades de E/S digitales y analógicas. Precisión de medidas Flexibilidad de software que requiere su aplicación. Con las tecnologías patentadas de hardware y software, Soluciones de control y medidas basadas en PC Mayor productividad a través de registro, análisis y visualización definidos por el usuario.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El costo es elevado.</li> <li>• La estandarización de la tecnología de las tarjetas de adquisición de datos.</li> </ul>	\$ 410
MICRO CONTROLADORES	<p>Gran variedad dentro de una misma familia Adaptado a aplicaciones concretas Robots y sistemas mecánicos. Comunicaciones (WiFi, USB, Ethernet). Multimedia (entradas A/D y salidas D/A). Aplicaciones críticas. Instrumentación (sensores, LCD). Robustez. Bajo consumo. Dormido hasta recibir interrupción. • Protección anticopia de la memoria de programa.</p>	<p>- Empaquetado: DIP 18 pines. - Memoria FLASH : 2K - Memoria RAM : 224 bytes. - Memoria EEPROM : 128 bytes. - Oscilador interno de 4MHz. - Dos comparadores análogos. - USART .</p>	\$ 110
PLC'S	<p>Reemplazar la lógica de relés para el comando de motores, máquinas. Reemplazar temporizadores y contadores electromecánicos Controles sencillos de LA y/o LC Interface computador/proceso Control y comando de tareas repetitivas o peligrosas Detección de fallas y manejo de alarmas Regulación de aparatos remotos Posibilidad para ambientes peligrosos Menor cableado Reducción de espacio Facilidad para mantenimiento y puesta a punto Flexibilidad de configuración y programación Reducción de costos</p>	<p>El coste inicial El cable eléctrico es una línea metálica recubierta de un aislante. Esto genera a su alrededor unas ondas electromagnéticas que pueden interferir en las frecuencias de otra ondas de radio. La estandarización de la tecnología PLC. El medio físico también se convierte en una desventaja a la hora de analizar los cortes de energía inesperados.</p>	\$ 310

### **4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS**

Para la verificación de la Hipótesis se va a considerar los procesos para la determinación de la potencia y eficiencia de las turbinas en el Banco de Pruebas “TUTOR”, el método de cómo se lo desarrollaba anteriormente y con lo que se va a desarrollar en la propuesta para la mejora de la utilización del Banco de pruebas.

#### **PROCESO ANTERIOR**

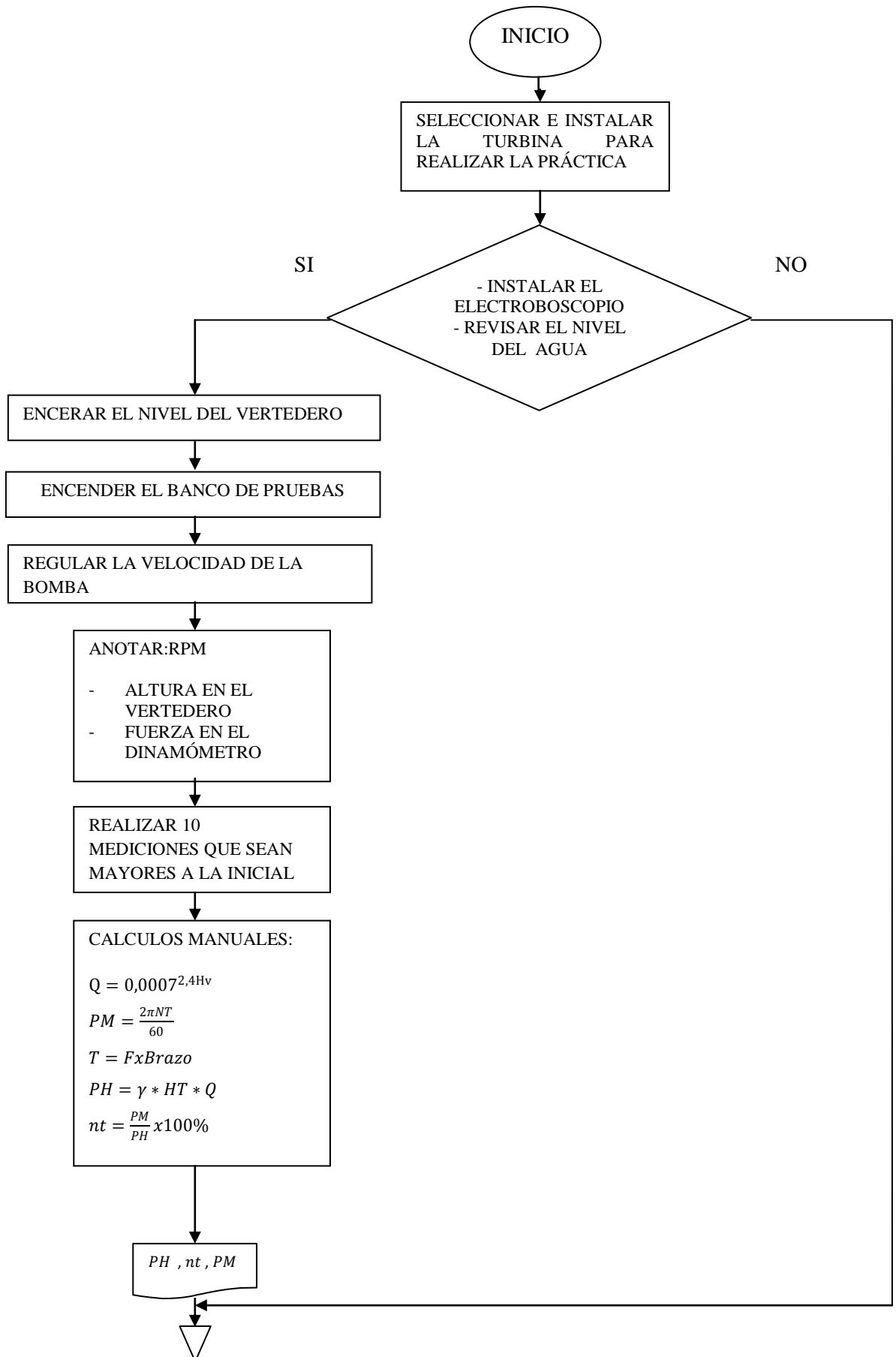
##### **PROCEDIMIENTO**

Para la determinación tanto de la Potencia y Eficiencia de las turbinas Pelton y Francis se lo realizaba de la siguiente forma:

- Primero se ubicaba el electroboscopio para que nos dé una lectura de las revoluciones del eje de la turbina, se llenaba el tanque de forma que la bomba tenga suficiente agua de bombeo y no se dañe la misma.
- Se encendía con ayuda de la mirilla el nivel de agua a la salida de la turbina con la base del vertedero para poder empezar a tomar los datos.
- Luego se aplicaba la fuerza en los frenos de la turbina y se anotaba el valor.
- Se encendía la Bomba y se regulaba su velocidad para tener una mayor apreciación del trabajo que realiza el agua en las turbinas.
- Se tomaba los datos de las revoluciones y la fuerza cuando el eje tenía una velocidad constante.
- Se leía la altura sobre la turbina con el manómetro para la turbina, luego se leía la altura del nivel sobre el Vertedero. que nos da en la mirilla y la anotamos.
- Este proceso se lo hacía con variaciones en la velocidad de la bomba y en el caso de la turbina Pelton con la variación de la apertura del Chiflón.
- Por último una vez ya tomados los datos se pasaba a calcular y a graficar las curvas.



## DIAGRAMA DEL PROCESO



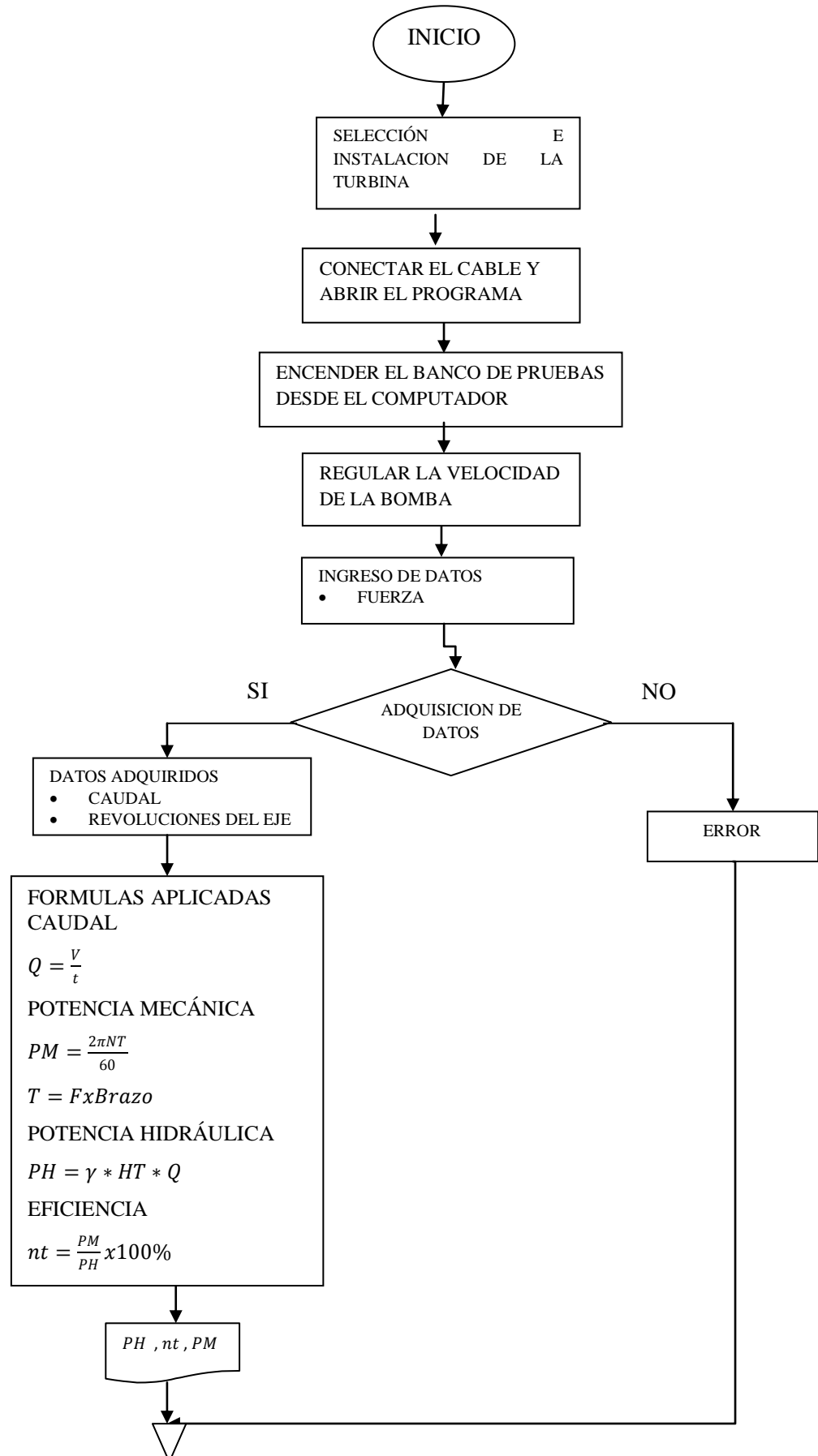
## **PROCESO PROPUESTO**

### **PROCEDIMIENTO**

En el proceso propuesto una vez tomado todos los problemas que tiene este Banco de pruebas y las mejoras que se le va hacer; el proceso para determinar la Potencia y eficiencia de las Turbinas va a ser el siguiente:

- Primero para las revoluciones de los ejes de las turbinas se lo va adquirir directamente a la computadora mediante un sensor óptico y transmitido mediante un micro controlador.
- El caudal se va a calcular directamente en la computadora con sensores de nivel que van ubicados en el vertedero.
- La bomba va a estar controlada para que no se vaya a encender si el tanque no contiene el nivel de agua necesario mediante la utilización de un sensor de nivel conectado a un micro relay y para evitar que la bomba se deteriore. .
- La fuerza que se aplica en los frenos se lo va anotar en el software desarrollado debido a que por el espacio no se va a poder colocar una celda de carga.
- No es necesario calcular manualmente ningún valor ya que el software nos va a proporcionar la potencia y eficiencia de las turbinas.
- Y por ultimo este programa nos va a proporcionar el mantenimiento que necesitaría el Banco de Pruebas ante la presencia de fallas de los sensores o partes mecánicas.

## DIAGRAMA DEL PROCESO



## ESTADO DE LOS EQUIPOS EN EL BANCO DE PRUEBAS “TUTOR”

EQUIPO	ESTADO ANTERIOR	ESTADO ACTUAL
TURBINA PELTON	- Pintura desgastada - Rodete Oxidado	En perfecto estado
TURBINA FRANCIS	Partes oxidadas	En perfecto estado
FRENOS	Oxidados	Lijados
TANQUE	Sucio	Pintado y en buen estado
TUBERÍA	Rota y con fugas.	Nueva tubería
CONEXIONES ELÉCTRICAS	- Borneras rotas. - Sin fusibles.	- Cambio de Borneras - Cambio de fusibles.
ZAPATAS	Sucias	Limpias
VÁLVULA DE BOLA	Defectuosa	Nueva

## RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRÁCTICA CON LAS TURBINAS

### TURBINA PELTON

Para verificar el funcionamiento se hizo una práctica con la turbina Pelton con el 25 % de la apertura del chiflón y variando la velocidad de la bomba.

% DE LA VELOCIDAD DE LA BOMBA	FUERZA [N]	RPM	CAUDAL m <sup>3</sup> /seg	EFICIENCIA	POTENCIA MECANICA [watts]	POTENCIA HIDRAULICA [watts]
30	1	454,597	0,000584	2.149	5.71	265,72
40	1	835,351	0,000844	2.734	10.49	383.82
50	1	1188,41	0,00114	2.88	14.93	518.157

Se realizaron tres pruebas para comprobar el funcionamiento del banco de pruebas y se las hizo a partir de 30% de la velocidad de la bomba ya que desde ese porcentaje se mueve el rodete de la turbina.

## TURBINA FRANCIS

En la turbina Francis se la hizo con la abertura de la válvula al 100% y variando la velocidad de la bomba y se tiene:

% DE LA VELOCIDAD DE LA BOMBA	FUERZA [N]	RPM	CAUDAL m <sup>3</sup> /seg	EFICIENCIA	POTENCIA MECANICA [watts]	POTENCIA HIDRAULICA [watts]
40	1	302,296	0,00126	0,659	3,79	575,73
50	1	803,045	0,00175	1,26	10,09	797,16
60	1	1158,42	0,0019	1,68	14,54	863,596

Se empezó hacer las pruebas a partir del 40% de la velocidad de la bomba ya que desde ahí empieza a moverse la turbina Francis y se hizo tres pruebas por conservar y verificar el funcionamiento del banco de pruebas.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Determinando específicamente toda la información recogida y analizada en la investigación de Campo y Bibliográfica, nos permite visualizar las problemáticas que existe en el Banco de pruebas “TUTOR” por lo que se concluye:

- Los procesos que se pueden controlar desde una computadora en el Banco de pruebas son el encendido de la Bomba, el nivel del caudal y los datos que se van adquirir de los sensores.
- Los datos que se van adquirir para determinar la potencia y eficiencia de la turbinas Pelton y Francis son: el caudal y las revoluciones en el eje de la turbinas.
- El Mantenimiento que se le dio al Banco de pruebas fue el correctivo ya que se encontraba en pésimas condiciones y para desarrollar una propuesta se debió cambiar la tubería, pintar el tanque, dar limpieza y cambio de componentes eléctricos y mecánicos.
- Después de un correcto estudio del Banco de pruebas “TUTOR” se determinó que una correcta adquisición de datos se la puede hacer mediante sensores ópticos para determinar las revoluciones de las turbinas, sensores de nivel para el caudal y el control de la bomba que proporciona la altura de las Turbinas.
- El método más adecuado para transferir datos desde los sensores a la computadora y se pueda utilizar un software, es el micro controlador PIC16F628A que tiene las siguientes características.
  - Velocidades de operación de DC - 20 MHz
  - Capacidad de interrupción
  - Pila de 8 niveles.
  - Modos de direccionamiento directos, indirectos y relativo

- 35 simples instrucciones de palabra.
  - Todas las instrucciones de ciclo único, excepto las de salto.
  - Opciones de oscilador externo e interno
  - Precisión de fábrica del oscilador interno de 4 MHz calibrada a  $\pm 1\%$ .
  - Oscilador de 48 kHz De bajo consumo interno.
  - Modo de ahorro de energía en modo sueño.
  - Resistencias programable pul-ups del PORTB.
  - Multiplexado del pin reset / Entrada-pin
  - Temporizador Watchdog con oscilador independiente para un funcionamiento fiable.
  - Baja tensión de programación <sup>TM</sup> In-Circuit Serial (a través de dos pines)
  - Protección de código programable.
  - Amplio rango de funcionamiento de tensión (2.0-5.5V).
  - Industrial y amplia gama de temperaturas extendidas.
  - Alta durabilidad de la memoria Flash /EEPROM.
- Para el cálculo del caudal, de las posibilidades que se tiene para hacerlo se optó por trabajar a la salida de la turbina, colocando sensores de nivel debido a que se va a trabajar con dos turbinas, que para la utilización del banco se las debe intercalar de acuerdo al estudio que se vaya a realizar, por lo que el montaje y desmontaje imposibilita el colocar un sensor de caudal además que el costo de los mismos es muy alto.
  - Para obtener la fuerza de aplicación en el freno de las turbinas se va a seguir utilizando los dinamómetros debido a que el espacio no nos permite utilizar celdas de carga y porque esto conllevaría a que los costos aumenten considerablemente.
  - La potencia y eficiencia de las turbinas de estudio con los datos ya obtenidos se va obtenerlas más rápidamente y sin la utilización de equipos que se tenga que ensamblarlos sino que ya con ayuda de los sensores se nos va hacer de mayor utilidad.

- Con la adquisición de datos en la turbina Pelton en donde variando tanto el Porcentaje de la velocidad de la bomba o la apertura del chiflón se tiene que: A mayor velocidad se tiene mayor eficiencia y entre mayor apertura del chiflón la eficiencia disminuye.
- En la turbina Francis se nota algo similar que la turbina Pelton pero comparando entre estas dos la eficiencia en la turbina Francis es mucho menor.
- El software desarrollado en Labview nos da la facilidad de manejar varias ventanas en donde se aplico los procesos necesarios para la propuesta que son el mantenimiento y el funcionamiento del Banco de pruebas.
- Una vez realizada la práctica en la turbina Pelton variando la velocidad del motor y la apertura del chiflón se llega a concluir que entre más se cierra el chiflón se obtiene una mayor eficiencia ya que el caudal disminuye y así se aprovecha mejor la fuerza hidráulica aplicada a las cucharas de la turbina Pelton.
- El mantenimiento que se hizo dio como resultado que el banco de pruebas trabaje en óptimas condiciones y sirva como una herramienta de aprendizaje sobre Turbinas hidráulicas.
- La adquisición de datos de esta manera se hace con mayor rapidez y sin cálculos manuales ni con ayuda de equipos que se deban instalar y con un mayor control; lo que nos da una mejor apreciación del funcionamiento de las turbinas hidráulicas, además que se tienen varias protecciones para preservar la bomba y el variador de velocidad.
- Con todo lo antes concluido el Banco de pruebas “TUTOR” trabaja correctamente y con la incorporación de la adquisición de datos se va a convertir en una herramienta muy útil para los estudiantes de Ingeniería Civil y Mecánica.



## 5.2 RECOMENDACIONES

- Para una mayor conservación del Banco de pruebas “TUTOR” se recomienda tener un plan de mantenimiento programado para evitar que se dañen las partes constitutivas del mismo al igual que los sensores ya que estos son delicados y más costosos.
- Para seleccionar los sensores a trabajar tener en cuenta las características y aplicaciones que le vayamos a dar al mismo, y saber si es un sensor analógico o por pulsos para de ahí saber que método de transmitir datos a la computadora ya que puede ser Tarjetas DAQ, microcontroladores o PLC.
- Al utilizar o trabajar con microcontroladores se debe tomar muy en cuenta las características y el voltaje con el que trabaja ya que si se utiliza con menos de 110v, obligadamente se debe colocar una fuente de poder extra según las necesidades, y esto ocasionará pérdida de espacio.
- Tener en cuenta la ubicación de los sensores para que no estén en contacto con un ambiente ruidoso o junto a elementos que vibren para que no se dañen o se deterioren.
- La práctica se la debe hacer en un tiempo máximo de 25 minutos ya que el encender y prender la bomba va a generar altas intensidades con lo que se va a deteriorar o quemar el variador de velocidad.
- El tiempo de espera entre la toma de datos es de 3 minutos para dejar descansar al regulador de velocidad de la bomba que al encenderse se crean altas intensidades.
- Una vez terminada la práctica se recomienda vaciar el tanque en su totalidad para que no se creen microorganismos que puedan deteriorar el tanque y proporcionar suciedad que ocasionara el mal funcionamiento de la bomba.
- Para una correcta utilización del Banco de pruebas se debe tener la guía del profesor o a su vez leerse la guía de funcionamiento para que los equipos se conserven en buen estado y trabaje en su totalidad.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 DATOS INFORMATIVOS**

**6.1.1 TEMA:** MANTENIMIENTO Y AUTOMATIZACIÓN DE LA TOMA DE DATOS DEL BANCO DE PRUEBAS “TUTOR” PARA DETERMINAR LA POTENCIA Y EFICIENCIA DE LAS TURBINA PELTON Y FRANCIS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.

#### **6.1.2 INSTITUCIÓN EJECUTORA**

La Institución en la cual se va a desarrollar la propuesta es la Universidad Técnica de Ambato, específicamente para la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

#### **6.1.3 BENEFICIARIOS**

Los beneficiarios en la realización del Mantenimiento y Automatización del Banco de pruebas “TUTOR” son: los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, los docentes y la Institución Ejecutora.

#### **6.1.4 UBICACIÓN**

La propuesta se va a realizar en la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica ubicada en Huachi de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua.

#### **6.1.5 TIEMPO ESTIMADO PARA LA EJECUCIÓN**

La presente propuesta se va a realizar desde el mes de Marzo del 2011 al mes de Agosto del 2011.

### **6.1.6 EQUIPO TECNICO RESPONSABLE**

El responsable de llevar a cabo la propuesta en su totalidad es el autor de la propuesta como responsable de los procesos que conlleve su culminación.

### **6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

El Banco de pruebas “TUTOR” fue adquirido por la facultad de Ingeniería Civil Y Mecánica específicamente para la materia de Hidráulica, pero ya no fue utilizado continuamente. Se describe a continuación el estado en que se halló el equipo.

La pintura y estado del tanque se encontraba en pésimas condiciones lo que ocasionaba que la bomba no trabaje en toda su potencia por la suciedad acumulada. La tubería que conectaba la bomba con las Turbinas estaba modificada y los empaques desgastados ocasionaban la presencia de fugas.

Los frenos oxidados y las zapatas sucias, lo que evitaba el frenado idóneo en las turbinas. El panel de Control deteriorado lleno de suciedad y los mandos no controlaban correctamente el Banco de pruebas además que las borneras ya estaban rotas. Es por eso antes del desarrollo de la propuesta se realizó un mantenimiento correctivo descrito de la siguiente forma:

- Observación e identificación de las fallas del banco de pruebas.



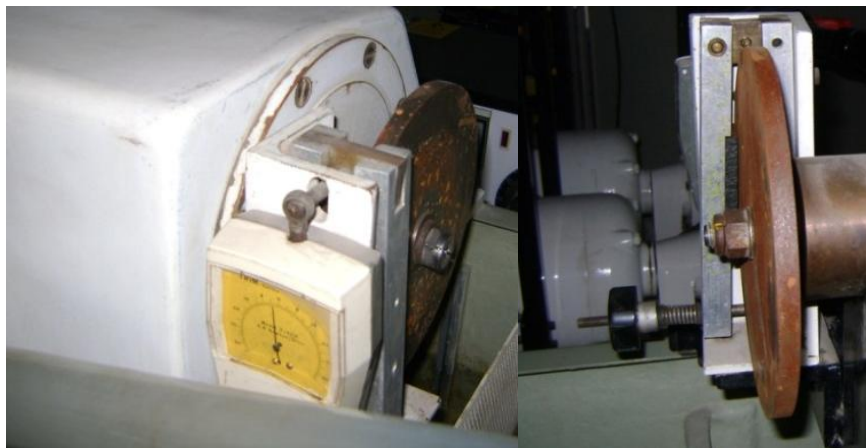
Banco de pruebas “TUTOR”

[Fuente: Rubén Porras]



Turbina Pélton en mal estado.

[Fuente: Rubén Porras]



Dinamómetros y frenos deteriorados

[Fuente: Rubén Porras]



Tanque en mal estado

[Fuente: Rubén Porras]



Tubería defectuosa y sucia

[Fuente: Rubén Porras]



Conexiones rotas y pintura descascarada.

[Fuente: Rubén Porras]

- Desarmado del Banco de pruebas y las partes constitutivas





[Fuente: Rubén Porras]

- Lijado de las partes oxidadas y del tanque.



[Fuente: Rubén Porras]

- Pintado de las partes y del tanque.





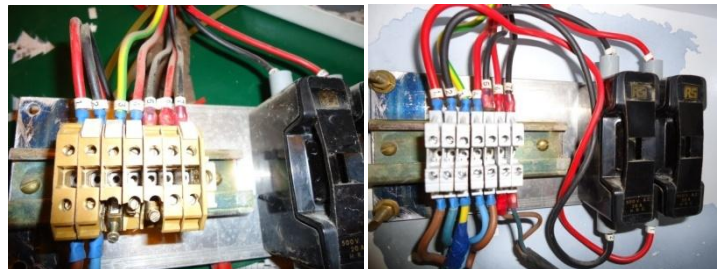
[Fuente: Rubén Porras]

- Cambio de tubería



[Fuente: Rubén Porras]

- Revisión de las conexiones eléctricas, cambio de borneras y fusibles.



[Fuente: Rubén Porras]

### 6.3 JUSTIFICACIÓN

El plan de mantenimiento en el Banco de pruebas “Tutor” es una necesidad para recuperar una herramienta que facilite a los estudiantes a realizar prácticas que ayuden a fortalecer conocimientos adquiridos en las aulas.

Se va a mejorar el Banco de pruebas “TUTOR” porque está visualizado en el desarrollo de los estudiantes de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de

Ambato, que ayude a resolver diferentes inquietudes en las materias de Máquinas Hidráulicas y Control Industrial.

La adquisición de datos mediante el micro controlador PIC16F628A en el Banco de pruebas “TUTOR” permitirá además a los estudiantes realizar los análisis correspondientes en cuanto se refiere al estudio de turbinas Pelton y Francis con la obtención de curvas de datos, simulaciones, resultados; entre otras ventajas que se obtienen al momento de hacerlo.

Debido a los considerables cambios y avances tecnológicos, existe la necesidad de cambiar equipos defectuosos que dan medidas análogas que interfieren en la toma de datos, por equipos que mejoren la adquisición de datos y el funcionamiento del banco de pruebas completo, que permita variar parámetros y así acentuar todos los conocimientos que tengamos sobre turbinas conjuntamente con el control industrial.

Este banco de pruebas será de gran ayuda a las carreras de Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica, posibilitando la capacitación de estudiantes y personal que esté a cargo del manejo y operación de equipos electromecánicos de generación hidroeléctrica de pequeña y mediana capacidad

## **6.4 OBJETIVOS**

### **6.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Adquirir datos del banco de pruebas “Tutor” para determinar la potencia y eficiencia de las turbinas Pelton y Francis.

### **6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Programar un software que permita controlar el Banco de Pruebas.
- Seleccionar el equipo para transferir los datos desde los sensores a la computadora.
- Seleccionar los sensores adecuados que permitan determinar la potencia y eficiencia de las turbinas del Banco de Pruebas.



- Proporcionar una Guía de funcionamiento del Banco de pruebas para su correcta utilización y conservación del mismo.
- Crear un plan de mantenimiento conjuntamente con un software para conservar el banco de pruebas “Tutor”.

## **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

Debido a que la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica no cuenta con un Banco de pruebas que determine en forma automatizada la eficiencia y potencia de las Turbinas Pelton y Francis, resulta factible realizar la adquisición de datos mediante la implementación de un micro controlador que permita el ingreso de entradas digitales de los sensores que se van a colocar; todo esto incentivará a que el estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica se desarrolle en Maquinas Hidráulicas.

La implementación que se la va hacer al Banco de pruebas “TUTOR” es factible debido a que en el mercado nacional se dispone de una gran variedad de sensores y microcontroladores adecuados para la propuesta planteada.

La propuesta es factible porque existen fuentes bibliográficas que sustenten el mantenimiento y la automatización de la toma de datos del Banco de pruebas, además de que el costo es accesible en cuanto al cambio de equipos de adquisición de datos.

## **6.6 FUNDAMENTACIÓN**

### **6.6.1 SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR**

El micro controlador se selecciona de acuerdo a las entradas digitales, analógicas y la velocidad de transmisión de datos que se necesita en la tarjeta.

En la siguiente figura 6.1 se muestran los microcontroladores que componen esta serie.

Device	Program Memory	Data Memory		I/O	CCP (PWM)	USART	Comparators	Timers 8/16-bit
	Flash (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					
PIC16F627A	1024	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F628A	2048	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F648A	4096	256	256	16	1	Y	2	2/1

Figura 6.1 Tabla de características de diferentes Micro controladores.

[Fuente: <http://www.electan.com/microcontrolador-pic-16f628aip-dip18-p-1216.html>]

Por lo tanto se decidió trabajar con el micro controlador PIC16F628A que tiene las siguientes características.

El PIC16F628A es un micro controlador de 8 bit, posee una arquitectura RISC avanzada así como un juego reducido de 35 instrucciones. Este micro controlador es el remplazo del obsoleto PIC16F84A, los pines del PIC16F628A son compatibles con el PIC16F84A.

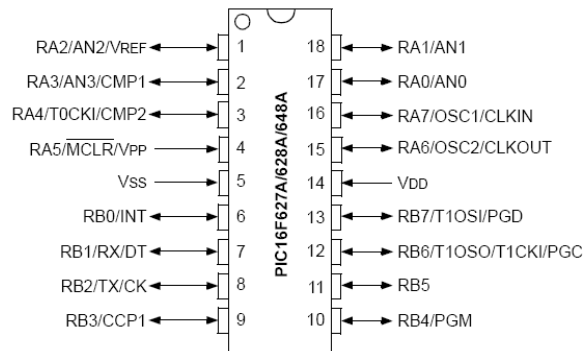


Figura 6.2 En la siguiente figura se muestra el diagrama de pines.

[Fuente: <http://www.electan.com/microcontrolador-pic-16f628aip-dip18-p-1216.html>]

PUERTO	PIN	BIT
RA0	17	Bit 0 puerto A
RA1	18	Bit 1 puerto A
RA2	1	Bit 2 puerto A
RA3	2	Bit 3 puerto A
RA4	3	Bit 4 puerto A
RA5/reset	4	Bit 5 puerto A
RA6	15	Bit 6 puerto A
RA7	16	Bit 7 puerto A
RB0	6	Bit 0 puerto B
RB1	7	Bit 1 puerto B
RB2	8	Bit 2 puerto B
RB3	9	Bit 3 puerto B
RB4	10	Bit 4 puerto B
RB5	11	Bit 5 puerto B
RB6	12	Bit 6 puerto B
RB7	13	Bit 7 puerto B

## CARACTERÍSTICAS DEL PIC16F628A:

- Velocidades de operación de DC - 20 MHz
- Capacidad de interrupción
- Pila de 8 niveles.
- Modos de direccionamiento directos, indirectos y relativo
- 35 simples instrucciones de palabra.
- Todas las instrucciones de ciclo único, excepto las de salto.
- Opciones de oscilador externo e interno
- Precisión de fábrica del oscilador interno de 4 MHz calibrada a  $\pm 1\%$  .
- Oscilador de 48 kHz De bajo consumo interno.
- Modo de ahorro de energía en modo sueño.
- Resistencias programable pul-ups del PORTB.
- Multiplexado del pin reset / Entrada-pin
- Temporizador Watchdog con oscilador independiente para un funcionamiento fiable.
- Baja tensión de programación <sup>TM</sup> In-Circuit Serial (a través de dos pines)
- Protección de código programable.
- Amplio rango de funcionamiento de tensión (2.0-5.5V).
- Industrial y amplia gama de temperaturas extendidas.
- Alta durabilidad de la memoria Flash /EEPROM.

### 6.6.2 SELECCIÓN DE LOS SENSORES

Los sensores seleccionados para que trabajen en conjunto con el micro controlador PIC16F628A son los siguientes:

- **SENSOR OPTICO TCRT 5000.**- Este sensor refleja el color negro que se va a ubicar intercalado con blanco en el freno para tener los pulsos que se transformaran en el programa en revoluciones por minuto para el cálculo necesario.



Figura 6.3 Sensor óptico TCRT 5000

[Fuente: Rubén Porras]

- **SENSOR DE NIVEL DE BOYA.-** Este sensor se lo selecciono ya que necesitamos que nos dé un pulso cuando el nivel llegue al calculado para que trabaje la bomba y se pueda caudal el caudal en el vertedero.



Figura 6.4 Sensor de nivel de boya

[Fuente: Rubén Porras]

### **6.6.3 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS ELECTRÓNICOS PARA QUE TRABAJE EL MICROCONTROLADOR.**

- **TRANSFORMADOR DE 110V a 12V.-** Se lo utiliza para disminuir el voltaje a lo mínimo para después transformar a 5V con lo que trabaja el micro controlador.
- **MICRO RELAY 10A.-** Se selecciono este relay ya que el amperaje necesario con el que trabaja es de 3.5 A pero debido a que al momento del arranque se duplica por protección se coloca uno de 10 A.



Figura 6.5 Micro relay

[Fuente: Rubén Porras]

- **CONTACTOR**

El contactor es un dispositivo electro-mecánico de mando, que actúa de forma similar a un interruptor.

El contactor lleva como elementos esenciales:

- a) Contactos principales: usados para alimentar el circuito de potencia.
- b) Contactos auxiliares: empleados para alimentar a la propia bobina y a otros dispositivos de mando y lámparas de aviso.
- c) La bobina: es quien realiza la apertura o cierre de los contactos, ya sean los principales o los auxiliares.

Se instaló un contactor de 110 v para precautelar el funcionamiento de la bomba después de que el sensor de la señal que el nivel de agua sea el correcto.

#### **6.6.4 FORMULAS APLICADAS EN EL SOFTWARE**

Para obtener la potencia y eficiencia de las Turbinas Pelton y Francis en el software de funcionamiento se necesita introducir las siguientes formulas para los cálculos correspondientes.

##### **CÁLCULO DE LA ALTURA NETA EN LA TURBINA**

Para calcular la altura neta se toma en cuenta las características de la bomba.

$$P_b = \gamma * Q_b * H_b \quad (2.1)$$

Donde:

$P_b$ = Potencia de salida de la Bomba.

$\gamma$  = Peso específico del agua

$Q_b$ = Caudal de la Bomba

$H_b$ = Altura de la bomba

Se despeja  $H_b$

$$H_b = \frac{P}{Q * \gamma} \quad (2.2)$$

Datos:

P= 2200 Watts

$$\gamma = 9800 \frac{N}{s}$$

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.3)$$

Donde :

Q= Caudal

V= Volumen tomado para el calculo

t= Tiempo en que se demora la bomba en vaciar.

$$Q = \frac{0.0322 \text{ m}^3}{6.63 \text{ s}}$$

$$Q = 4.87 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Entonces:

$$Hb = \frac{2200}{9800 * 4.87 * 10^{-3}}$$

Hb= 46.38 m = HT es una constante para todos los cálculos en el Software.

HT= Altura neta de la Turbina.

POTENCIA MECÁNICA

$$PM = \frac{2\pi NT}{60} \quad (2.4)$$

$$T = FxBrazo \quad (2.5)$$

F= Fuerza de frenado

N= RPM de la turbina.

T= Torque

## POTENCIA HIDRÁULICA

$$PH = \gamma * HT * Q \quad (2.6)$$

Donde

$\gamma$ =Peso específico del agua.(Constante para los cálculos)

$Q$ =Caudal

$HT$ =Carga de la turbina

## EFICIENCIA

$$nt = \frac{PM}{PH} \times 100\% \quad (2.7)$$

Donde

$Nt$ = Eficiencia

$PM$ =Potencia Mecánica

$PH$ =Potencia Hidráulica

## 6.7 METODOLOGÍA

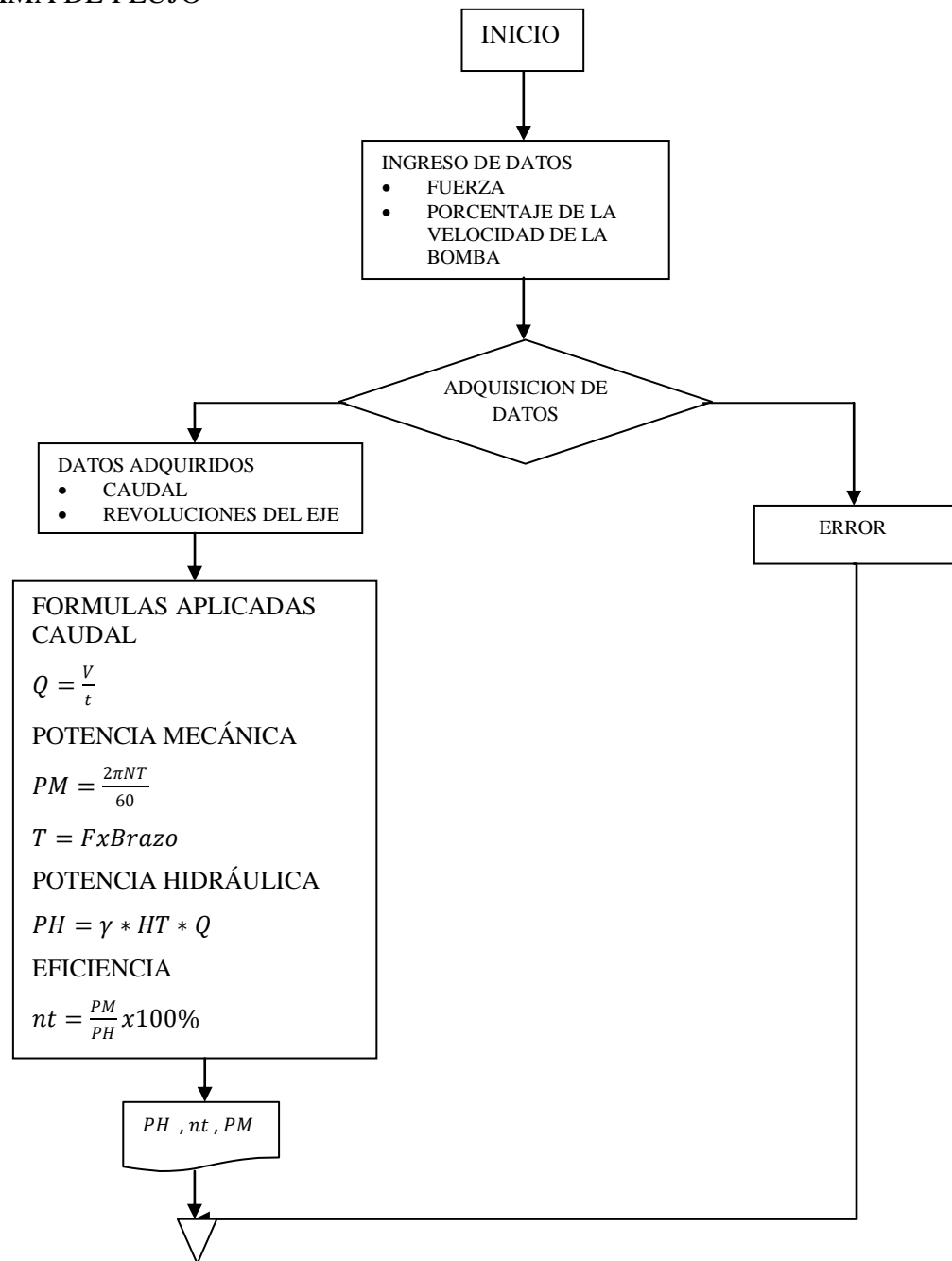
Para la adquisición de datos en el banco de pruebas se parte de un diagrama de flujo que identifique el proceso a seguir para determinar la potencia y eficiencia de las turbinas Pelton y Francis.



Banco de pruebas "TUTOR"

[Fuente: Rubén Porras]

## DIAGRAMA DE FLUJO



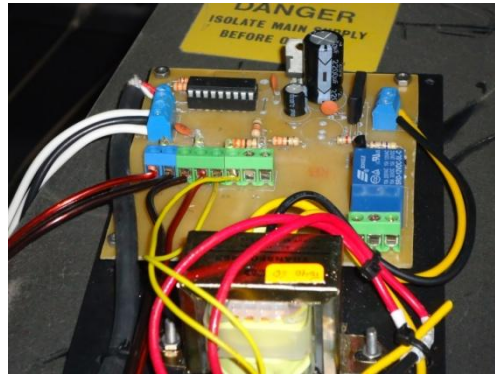
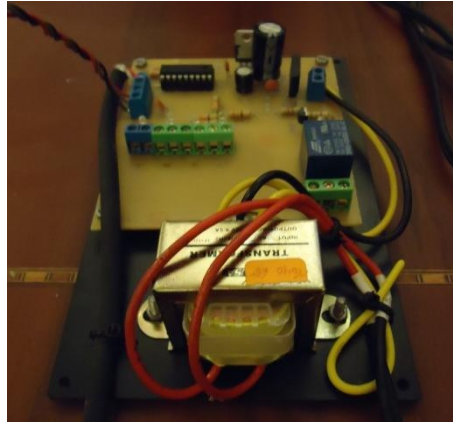
Para el Mantenimiento y Automatización de la toma de datos del Banco de pruebas “TUTOR”, se lo hizo de la manera siguiente:

### 6.7.1 ADQUISICIÓN DE DATOS DESDE EL MICROCONTROLADOR

La adquisición de datos se realizó mediante la elaboración de una tarjeta con el micro controlador PIC16F628A y de acuerdo a las entradas que necesitamos es decir cuatro entradas digitales para la conexión de los sensores de nivel del agua



para adquirir el caudal, el sensor óptico para las revoluciones del eje de las turbinas y controlar el funcionamiento de la bomba con el accionamiento de un micro relay.



Tarjeta de adquisición de datos.

[Fuente: Rubén Porras]

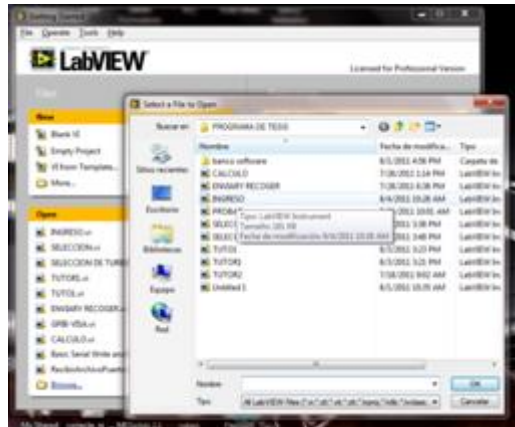
## 6.7.2 BANCO DE PRUEBAS “TUTOR”

### FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

NOTA: Es importante recordar al estudiante que el Banco de pruebas “TUTOR”, solo se debe encender como máximo 25 minutos, y entre medición se lo debe hacer esperando 3 minutos ya que la encender y prender la máquina absorbe gran cantidad de intensidad lo que provocará que el variador se queme. Además que el encendido de la bomba se lo debe hacer cuando el regulador de velocidad por lo menos en 10% al encenderse y después se varia hasta ubicar la velocidad deseada.

El funcionamiento del banco de pruebas se lo realizó controlado desde el software para un mayor manejo de las nuevas tecnologías y el procedimiento es el siguiente:

- Encender la computadora y abrir el programa INGRESO en Labview, sino está instalado el programa instalar de acuerdo al Anexo D.



- Conectar el cable Serial a USB, si no le reconoce instalar el programa.(Ver Anexo E).



Cable serial a USB  
[Fuente: Rubén Porras]

- Se verifica la ubicación de la tarjeta de adquisición, los sensores de nivel y el óptico.





Verificación e Instalación de los sensores  
[Fuente: Rubén Porras]

- Una vez abierto el programa ingresar el usuario y la clave descritos en la siguiente tabla.

**BANCO DE PRUEBAS "TUTOR"**

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA



**INGENIERIA MECANICA**





Ingrese su nombre

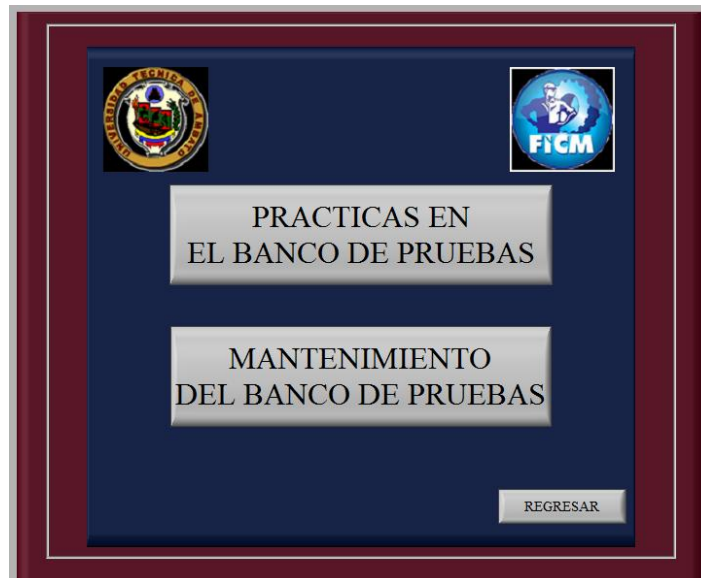
Ingrese su clave

OK

SALIR DEL PROGRAMA

USUARIO	CLAVE
mecanica	123
civil	123
practicas	123

- Después elegir si se va a realizar prácticas o hacer un mantenimiento del Banco de pruebas.



- Seleccionar Practicas se desplegara para seleccionar con que turbina se va a trabajar en la caratula siguiente:



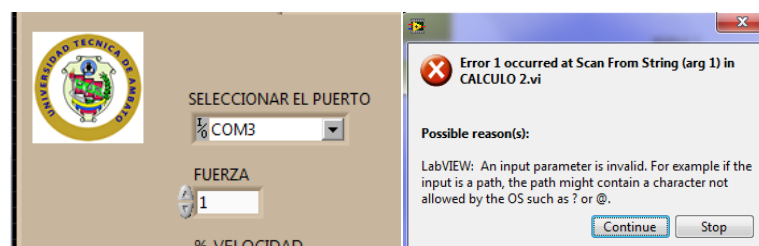
- Después se aparecerá indistintamente de la turbina seleccionada la caratula de prácticas en donde se va ingresar los siguientes datos:
  - Fuerza del dinamómetro.
  - Y el porcentaje de la velocidad de la bomba con que se va impulsar el agua a la turbina.



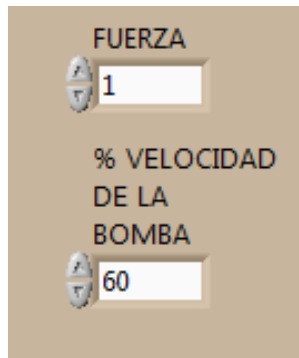
NOTA: Para la turbina Pelton se debe ajustar la apertura del chiflón y anotar en el programa para tomarlo en cuenta para las conclusiones de la práctica.



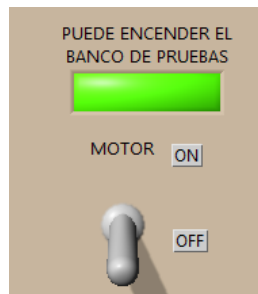
- Si les aparece un mensaje de error ahí le damos clic en Stop , esto sucede porque hay que seleccionar el puerto que está conectado a la tarjeta de adquisición de datos, y de ahí correr el programa.



- Se ingresa el valor de la velocidad a la que se va hacer la práctica y la fuerza que se va aplicar.



- Cuando ya está corriendo el programa y si el nivel de agua es el deseado el sensor que está ubicado en el tanque encenderá un foco que nos permitirá prender la bomba.



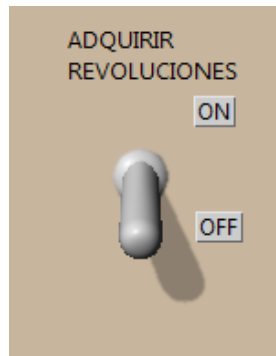
- Luego se enciende el interruptor de la bomba que está en el panel de control desde el 10% de la velocidad hasta el porcentaje que se desee hacer la práctica.



- Una vez encendida la bomba y aplicada la velocidad requerida se activa el sensor el nivel mínimo y el programa empieza a contar el tiempo hasta que se active el sensor de nivel máximo y nos dé el valor del caudal.



- Para tener las revoluciones del eje de la turbina para los cálculos el momento en que se enciende el sensor de nivel mínimo también se activa el contador de revoluciones y se lo para cuando el sensor de nivel máximo se active.



- Una vez realizado estos paso se tienen los datos del caudal, potencia mecánica, potencia hidráulica y la eficiencia de la turbina. Y se da clic en almacenar para registrar los datos obtenidos.

TABLA DE RESULTADOS						
% VELOCIDAD DE LA BOMBA	FUERZA [N]	RPM	CAUDAL [m <sup>3</sup> /s]	EFICIENCIA	POTENCIA MECANICA [watts]	POTENCIA HIDRAULICA [watts]
0	0	0	0	0	0	0

- Para obtener otra medida primero se debe apagar el banco de pruebas en su totalidad, luego evacuar toda el agua del vertedero y una vez desactivados los sensores de nivel se da clic en encerrar para registrar datos nuevos y no sumarlos a los anteriores.

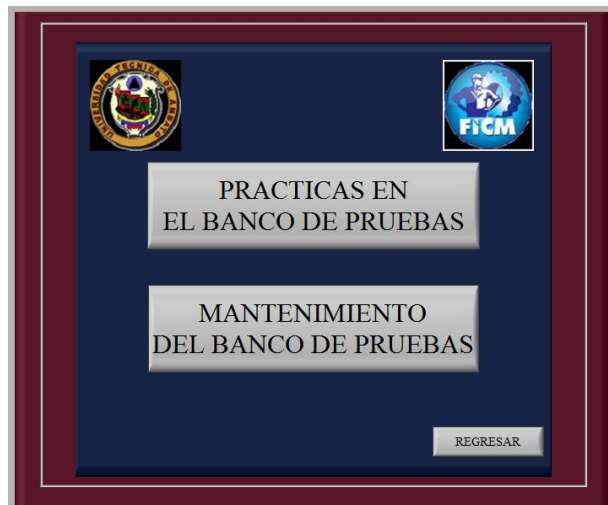


- Si en el momento de la práctica se están tomando datos erróneos se da clic en reset y se borran todos los datos que en ese momento si tienen.

## MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

### 6.7.3 MANTENIMIENTO

- Para el mantenimiento en la caratula seleccionamos la pestaña deseada.



- Si se va a realizar el Mantenimiento seleccionamos a que turbina se lo va a realizar.

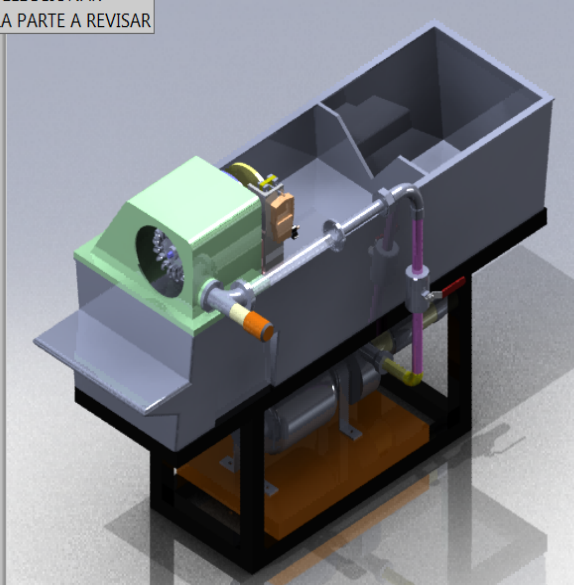





- Una vez elegida la turbina para hacer el mantenimiento, se debe seleccionar la parte a revisar y el programa nos explicara qué hacer y una descripción de la parte seleccionada.

## TURBINA PELTON

SELECCIONAR LA PARTE A REVISAR



**TURBINA PELTON**




DESCRIPCIÓN:

Una turbina Pelton es uno de los tipos más eficientes de turbina hidráulica. Es una turbomáquina motora, de flujo transversal, admisión parcial y de acción. Consiste en una rueda (rodete o rotor) dotada de cucharas en su periferia, las cuales están especialmente realizadas para convertir la energía de un chorro de agua que incide sobre las cucharas.

**MANTENIMIENTO**

\* VERIFICAR SI LOS ALABES NO ESTAN ROTOS  
 \* REVISAR LOS RODAMIENTOS  
 \* REVISAR EL ACOUPLE DEL EJE CON EL FRENO



HORA Y FECHA DE INGRESO

12:17    8/4/2011

REGRESAR

SALIR DEL PROGRAMA

## TURBINA FRANCIS

SELECCIONAR LA PIEZA A REVISAR



**TURBINA FRANCIS**



DESCRIPCIÓN:

Una turbina es una máquina motriz que consiste de una parte giratoria llamada rodete, que se impulsa por un fluido en movimiento. Dependiendo de la naturaleza de este fluido, las turbinas se pueden dividir en: hidráulicas, a vapor y a gas.

**MANTENIMIENTO**

\* VERIFICAR SI LOS ALABES NO ESTAN ROTOS  
 \* REVISAR LOS RODAMIENTOS  
 \* REVISAR EL ACOUPLE DEL EJE CON EL FRENO



HORA Y FECHA DE INGRESO

12:23    8/4/2011

REGRESAR

SALIR DEL PROGRAMA

Además se expone una conservación óptima del Banco de pruebas se realizó un Mantenimiento preventivo detallado de la siguiente forma:

#### MANTENIMIENTO PREVENTIVO (ANEXO F)

##### MENSUAL

- Revisión del sistema hidráulico.
- Chequeo de los dinamómetros.
- Ubicación de los sensores.
- Limpieza total del tanque.
- Chequeo de fugas en la tubería.

##### TRIMESTRAL

- Chequeo de los rodamientos de las Turbinas
- Limpieza de los frenos.
- Limpieza de las zapatas.
- Revisión de la corriente de funcionamiento de la Bomba.

##### SEMESTRAL

- Limpieza general del Banco de Pruebas.
- Chequeo de zapatas.
- Regulación de las válvulas.

##### ANUAL

- Chequeo de la Bomba
- Chequeo de los equipos.
- Chequeo de los rodamientos.
- Cambio de las zapatas.
- Chequeo del funcionamiento de los sensores.

#### MANTENIMIENTO EN EL HADWARE

No se requiere un mantenimiento regular o preventivo para estos equipos debido a que no tienen partes mecánicas que se desgasten con frecuencia, sin embargo es buena práctica una verificación rutinaria del PLC, sensores ópticos, sistemas de control y los sensores de nivel.

## 6.8 ADMINISTRACIÓN

En esta parte del proyecto se deberá tener mucho cuidado; conforme se deberá verificar los precios en el tiempo que se realice el proyecto.

### 6.8.1 COSTOS DIRECTOS

Tabla 6.1 Detalle de los costos directos

CANTIDAD	RUBROS	COSTO UNITARIO	UNIDAD DE MEDIDA	TOTAL
1	Válvula de paso de bola 1”	\$8.00	Unidades	\$8.00
2	Codo 90° PVC 1”	\$3.50	Unidades	\$7.00
1	Codo de 90 ° largo PVC 1”	\$3.00	Unidades	\$3.00
2	Llave Universal del 1”	\$6.50	Unidades	\$13.00
4	Brida de 1”	\$3.00	Unidades	\$12.00
10	Teflones	\$0.60	Unidades	\$6.00
10	Pernos 7 mm	\$0.15	Unidades	\$1.50
1	Pintura esmalte verde	\$8.00	Litro	\$8.00
3	Lijas	\$0.50	Pliegos	\$1.50
2	Pegamentos para Tubería	\$3.00	Unidades	\$6.00
1/4	Pintura esmalte blanca	\$3.00	Litro	\$3.00
3	Tubería PVC 3/4”	\$5.00	Metros	\$15.00
2	Tubería de Acrílico 1”	\$ 8.00	Unidades	\$16.00
5	Sensores	\$ 7	Unidades	\$35
1	Tarjeta de adquisición	\$110	Unidades	\$110
1	Fuente de 24v	\$30	Unidades	\$30
1	Contactador	\$25	Unidades	\$25
			<b>TOTAL</b>	\$300

### 6.8.2 COSTOS INDIRECTOS

Tabla 6.2 Detalle de los costos indirectos

CARGO	HORAS TRABAJADAS	COSTO/HORA	COSTO
Pintor	4	\$ 3	\$ 20
Plomero	5	\$ 4	\$ 20
Programador	10	\$ 6	\$ 60
COSTO TOTAL			\$ 100

### 6.8.3 COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN

Tabla 6.2 Detalle de los costos totales de la inversión.

COSTOS	CANTIDAD
Directos	\$ 300
Indirectos	\$100
10% imprevistos	\$60
TOTAL	\$460

### 6.8.4 FINANCIAMIENTO

El financiamiento del proyecto será cubierto al 100% por parte del autor del mismo en lo que se refiere a la implementación, mantenimiento y automatización en la toma de datos en el Banco de pruebas.

### 6.9 PREVISION DE LA EVALUACIÓN

Una vez realizado el mantenimiento y automatización de la toma de datos del banco de pruebas “TUTOR” que determina la potencia y eficiencia de las turbinas Pelton y Francis en forma correcta, para una completa automatización sería adecuado para obtener datos del caudal en las turbinas, colocar un flujómetro que desde la computadora gobierne el caudal que se desee, además de colocar sensores de presión y celdas de carga para que todos los datos sean visualizados en la computadora para un mayor control y verificación de resultados conjuntamente con el funcionamiento del Banco de pruebas.

### BIBLIOGRAFÍA

- AGÜERA SORIANO, JOSÉ (1992). *Mecánica de Fluidos Incompresibles y Turbomáquinas Hidráulicas*.
- GARRIDO SANTIAGO (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*, España.
- WHITE, FRANK M. (2008). *Mecánica de Fluidos*. Ed. McGraw-Hill.

- CENGEL, YUNUS A. Y CIMBALA, JOHN M. (2006). *Mecánica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones*. Ed. Mc Graw-Hill.
- FOX, R.W. MCDONALD, A.T. (1989). *Introducción a la Mecánica de Fluidos*. Ed. McGraw-Hill.
- SHAMES, IRVING H. (1995). *Mecánica de Fluidos*. Mc Graw-Hill.
- Potter, Merle C., Wiggert, David C. (2002). *Mecánica de Fluidos*. Thomson.
- ANGULO USATEGUI. "Microcontroladores PIC diseño práctico de aplicaciones". Ed Mac Graw Gil. José M<sup>a</sup>
- HERRERA L (2004) Tutoría de la investigación científica. DIMERINO Editores. Quito.
- VALDERRAMA S (2000) Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica. Editorial San Marcos. Lima-Perú.
- JOSÉ RAFAEL LAJARA / JOSÉ PELEGRÍ (2000). *LabVIEW, Adquisición de Datos (DAQ) y Control de instrumentos (IEEE-488 y serie)*

## **LINKCOGRAFÍA**

- <http://ocw.unican.es/enseanzas-tecnicas/fisica-y-tecnologia-energetica/recursos/05->
- <http://www.unav.es/digilab/doctorado/>
- [www.sce.carleton.ca/faculty/chinneck/thesis/laspanish.html](http://www.sce.carleton.ca/faculty/chinneck/thesis/laspanish.html)
- <http://www.ni.com/labviewse/esa/>
- [www.programarpicenc.com/](http://www.programarpicenc.com/)
- <http://www.microcontroladorespic.com/>
- <http://www.ni.com/multisim/>
- <http://www.spectrum-soft.com/>
- <http://www.microchip.com/conference/>

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS SELECCIONADOS PARA EL BANCO DE PRUEBAS

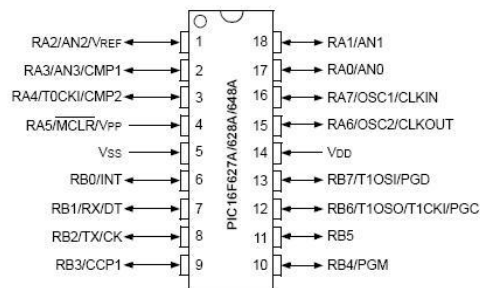
#### A.1 MICRO CONTROLADOR

### PIC16F628A



#### DATOS RELEVANTES:

<b>Característica</b>	<b>Propiedad</b>
Memoria de programa	1 <u>KBytes</u>
Memoria <u>SRAM</u>	224 <u>Bytes</u>
Memoria <u>EEPROM</u>	128 <u>Bytes</u>
Pines de <u>E/S</u>	16
Entradas analógicas ( <u>ADC</u> )	No
Salidas <u>PWM</u>	2
<u>SPI</u>	No
<u>I2C</u>	No
<u>USART</u>	Si
<u>Temporizadores de 8 Bits</u>	2
<u>Temporizadores de 16 Bits</u>	1
<u>Comparadores</u>	2
<u>Oscilador</u>	Frecuencia máxima: 20 <u>MHz</u> Oscilador interno de 4 <u>MHz</u> .
Número de pines	18
<u>Encapsulado</u>	<u>PDIP</u> , <u>SOIC</u> , <u>SSOP</u> , <u>QFN</u>



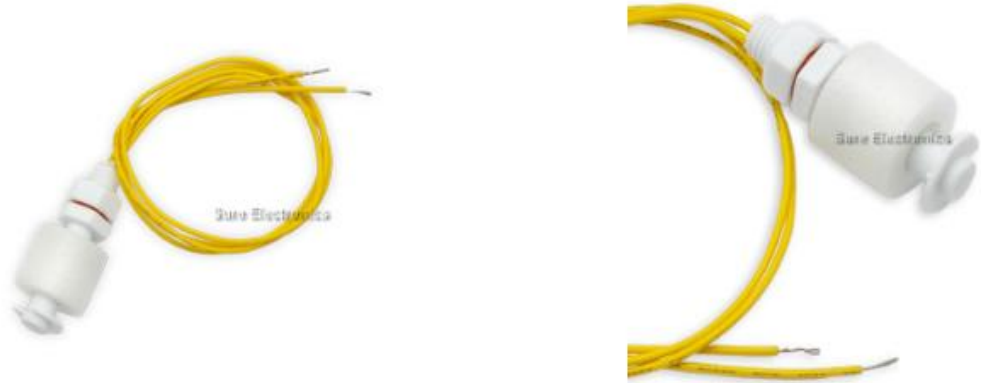
## A.2 SENSORES DE NIVEL

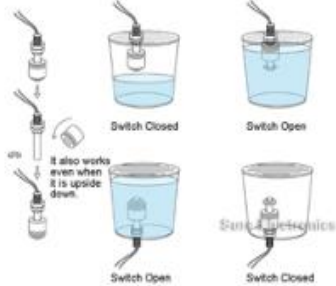
**Product Name**

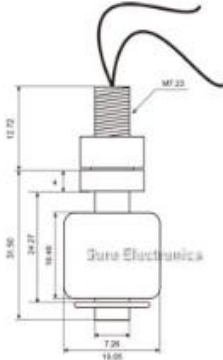
Liquid Water Level Sensor Internal Horizontal Float Switch

**Product Gallery**

Click to enlarge the picture







**Product Description**

A **float switch** is a device used to sense the level of liquid within a tank. The switch may actuate a pump, an indicator, an alarm, or other device.

Use them with hydroponics, saltwater tank, freshwater tank, gardening, aquariums for power head control, pet bowls, fish tanks, filtration, heating, pumps, ponds, basement alarms, boats, air condition drain pans, pressure washers, carpet cleaning mach., reef aquarium, fluid control, ice machines, coffee pots, marine, automotive, automobiles, tropical fish tanks, evaporator coils, condensation line, in relays, or what ever your project may be. This is a mini float switch. Contains no mercury.

Product Number	CS-C0057
Product Name	Liquid Water Level Sensor Internal Horizontal Float Switch
Max Contact Rating	10W
Max Switching Voltage	100V DC/AC
Max Switching Current	0.5A
Max Breakdown Voltage	220V DC/AC
Max Load Current	1.0A
Max Contact Resistance	100 mΩ
Temp Rating	-10~+85°C
Float Body Material	P.P
Float Ball Material	P.P
Net Weight	20g/0.7oz

## A.3 SENSOR OPTICO TCRT 5000



TCRT5000(L)

Vishay Semiconductors

### Reflective Optical Sensor with Transistor Output

#### Description

The TCRT5000(L) has a compact construction where the emitting-light source and the detector are arranged in the same direction to sense the presence of an object by using the reflective IR beam from the object. The operating wavelength is 950 nm. The detector consists of a phototransistor.



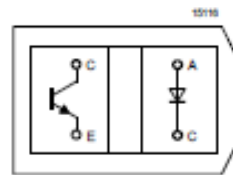
W442

#### Applications

- Position sensor for shaft encoder
- Detection of reflective material such as paper, IBM cards, magnetic tapes etc.
- Limit switch for mechanical motions in VCR
- General purpose – wherever the space is limited

#### Features

- Snap-in construction for PCB mounting
- Package height: 7 mm
- Plastic polycarbonate housing construction which prevents crosstalk
- L = long leads
- Current Transfer Ratio (CTR) of typical 10%



Top view

#### Order Instruction

Ordering Code	Sensing Distance	Remarks
TCRT5000	12 mm	Leads (3.5 mm)
TCRT5000(L)	12 mm	Long leads (15 mm)

#### Absolute Maximum Ratings

##### Input (Emitter)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Reverse voltage		$V_R$	5	V
Forward current		$I_F$	60	mA
Forward surge current	$t_s \leq 10 \mu\text{s}$	$I_{FSM}$	3	A
Power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$	$P_V$	100	mW
Junction temperature		$T_J$	100	$^\circ\text{C}$

##### Output (Detector)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Collector emitter voltage		$V_{CEO}$	70	V
Emitter collector voltage		$V_{ECO}$	5	V
Collector current		$I_C$	100	mA
Power dissipation	$T_{amb} \leq 55^\circ\text{C}$	$P_V$	100	mW
Junction temperature		$T_J$	100	$^\circ\text{C}$

##### Sensor

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Total power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$	$P_{tot}$	200	mW
Operation temperature range		$T_{amb}$	-25 to +85	$^\circ\text{C}$
Storage temperature range		$T_{stg}$	-25 to +100	$^\circ\text{C}$
Soldering temperature	2 mm from case, $t \leq 10 \text{ s}$	$T_{sol}$	260	$^\circ\text{C}$



## A.3 MICRO RELAY 10 A

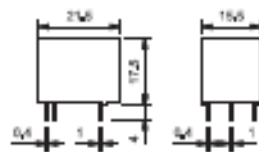


### Serie 36 - Mini-relé para circuito impreso 10 A

#### Características

Montaje en circuito impreso 10 A

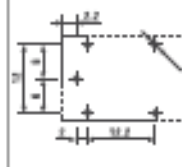
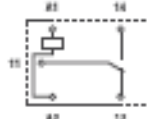
- 1 contacto conmutado o
- 1 contacto normalmente abierto
- Relé tipo dado
- Bobina DC variable - 360 mW
- Lavable: RT III
- Variante con contactos sin Cadmio



36.11



- 1 contacto conmutado, 10 A
- Relé tipo dado
- Montaje en circuito impreso

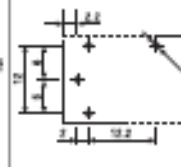
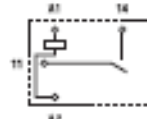


Vista parte inferior

36.11-0300



- 1 NA, 10 A
- Relé tipo dado
- Montaje en circuito impreso



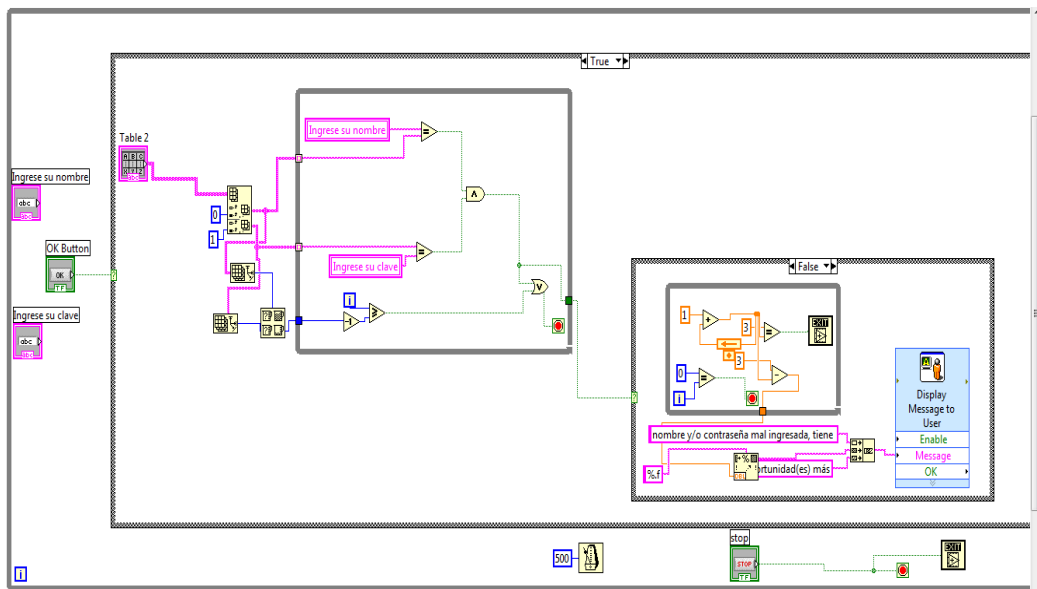
Vista parte inferior

Características de los contactos			
Configuración de contactos		1 contacto conmutado	1 NA
Corriente nominal/Máx. corriente instantánea A		10/15	10/15
Tensión nominal/Máx. tensión de conmutación V AC		250/250	250/250
Carga nominal en AC I VA		2500	2500
Carga nominal en AC 15 (230 V AC) VA		500	500
Motor mecánico (230 V AC) kW		0.37	0.37
Capacidad de apertura en DC: 30/110/220 VA		10/0.3/0.12	10/0.3/0.12
Carga mínima conmutable mW (V/mA)		500 (5/100)	500 (5/100)
Material estándar de los contactos		AgCdO	AgCdO
Características de la bobina			
Tensión nominal V AC (50/60 Hz)		—	—
de alimentación (U <sub>N</sub> ) V DC		3 - 5 - 6 - 9 - 12 - 24 - 48	3 - 5 - 6 - 9 - 12 - 24 - 48
Potencia nominal en AC/DC VA (50 Hz)/W		—/0.36	—/0.36
Campo de funcionamiento AC		—	—
DC		(0.75...1.5)U <sub>N</sub>	(0.75...1.5)U <sub>N</sub>
Tensión de mantenimiento AC/DC		—/0.4 U <sub>N</sub>	—/0.4 U <sub>N</sub>
Tensión de desconexión AC/DC		—/0.1 U <sub>N</sub>	—/0.1 U <sub>N</sub>
Características generales			
Vida útil mecánica AC/DC ciclos		—/10 - 10 <sup>7</sup>	—/10 - 10 <sup>7</sup>
Vida útil eléctrica con carga nominal en AC I ciclos		100 - 10 <sup>6</sup>	100 - 10 <sup>6</sup>
Tiempo de respuesta: conexión/desconexión ms		7/3	7/2
Aislamiento entre bobina y contactos (I 2/50 µ) kV		4	4
Rigidez dieléctrica entre contactos abiertos V AC		1000	1000
Temperatura ambiente °C		-40...+85	-40...+85
Categoría de protección		RT III	RT III
Homologaciones (según los tipos)			

## ANEXO B

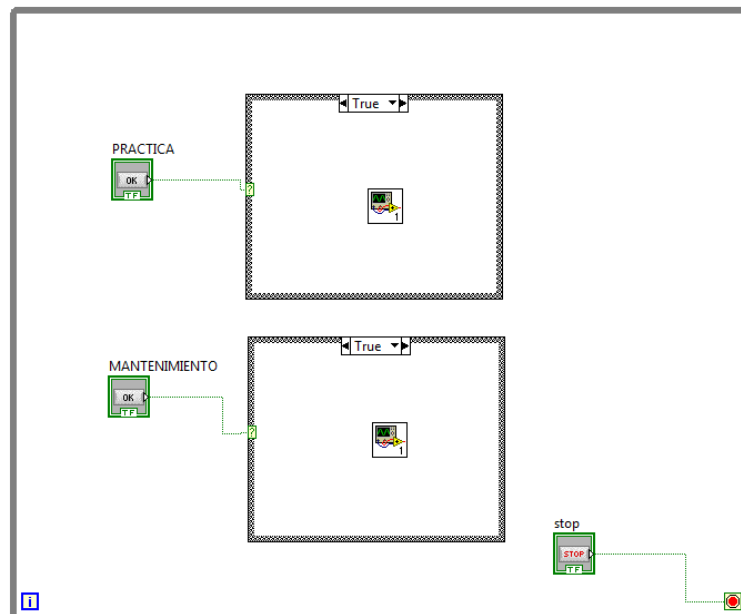
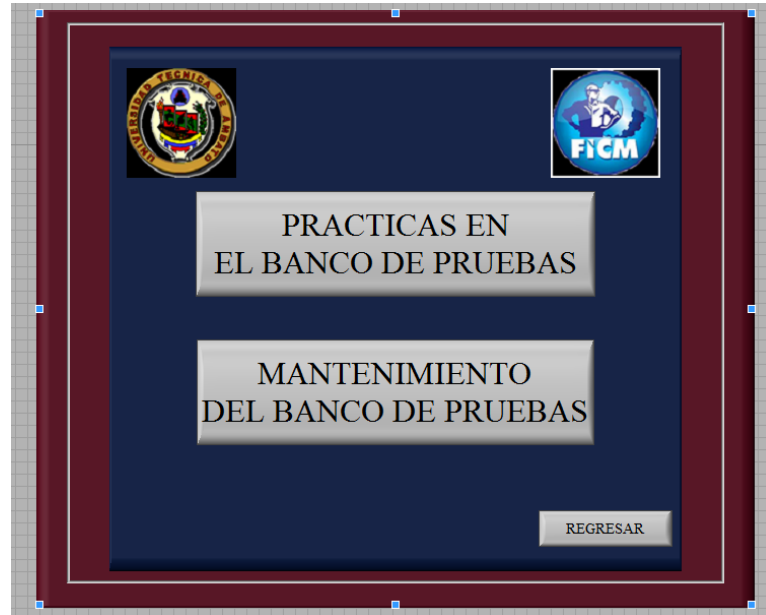
### PROGRAMACION EN LABIEW DE LOS PROGRAMAS

#### B.1 INGRESO



## B.2 SELECCIÓN

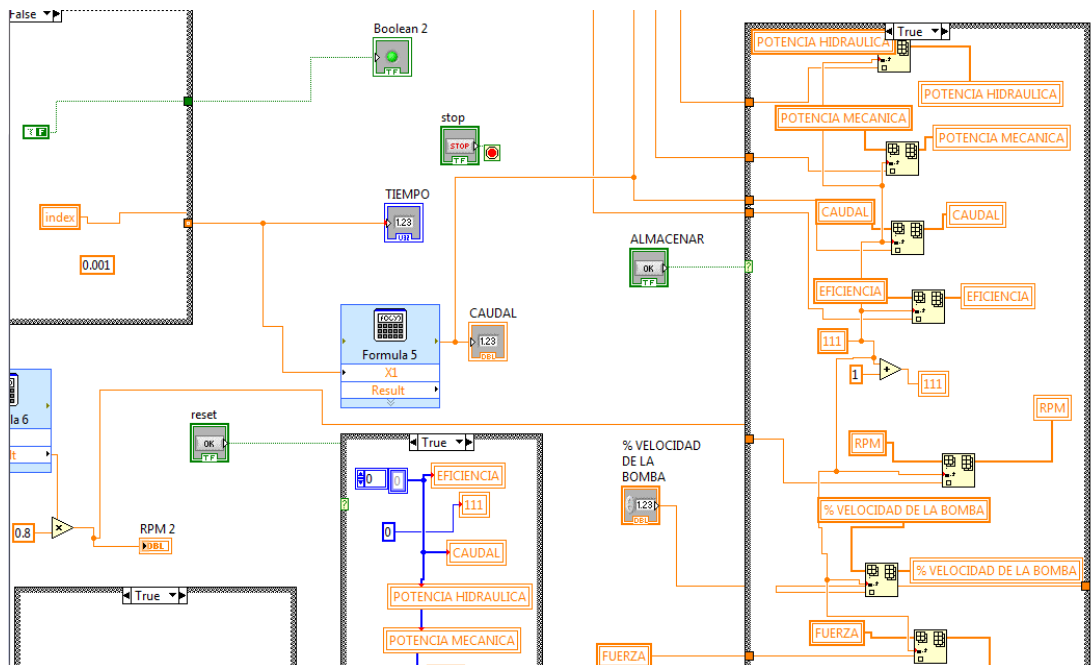
Para cualquier caratula de selección se utiliza la misma programación.



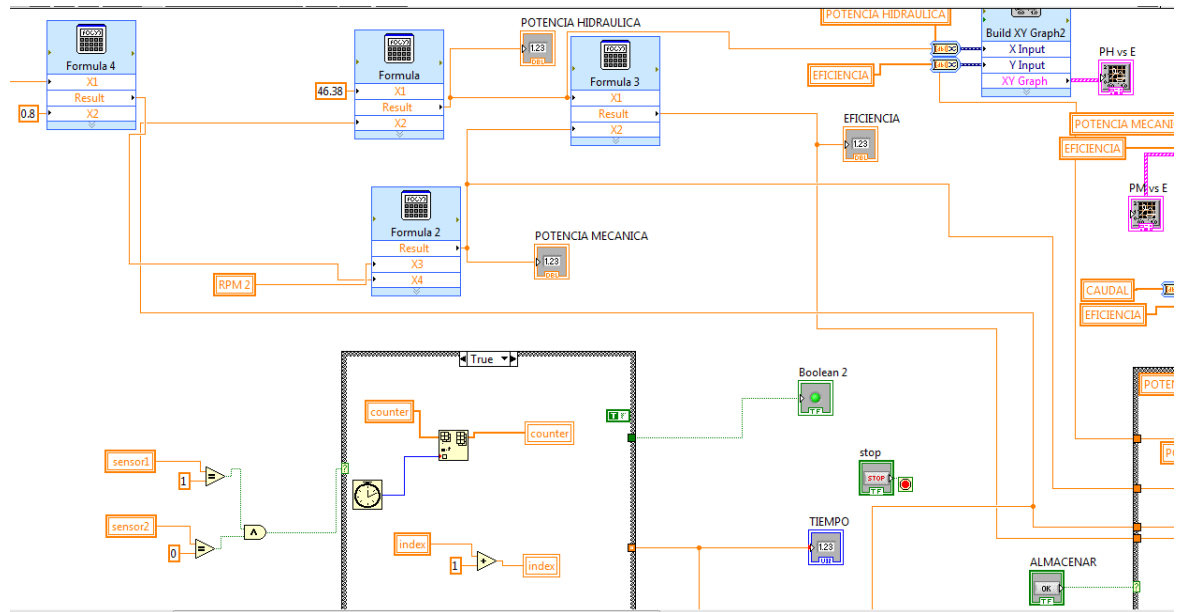
### B.3 CÁLCULO



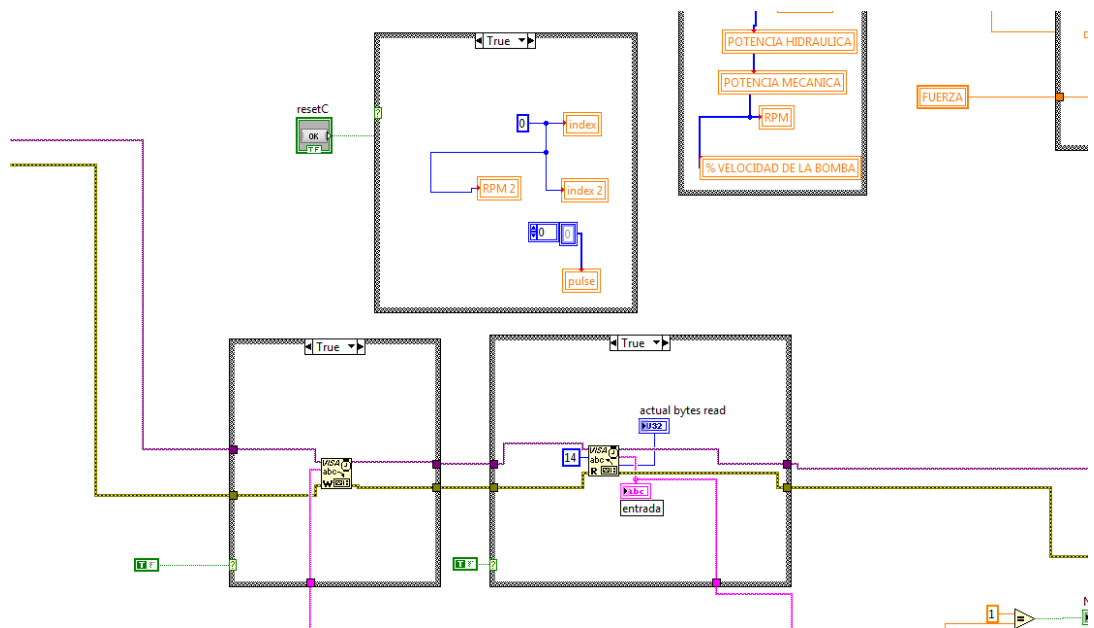
### TOMA DE DATOS



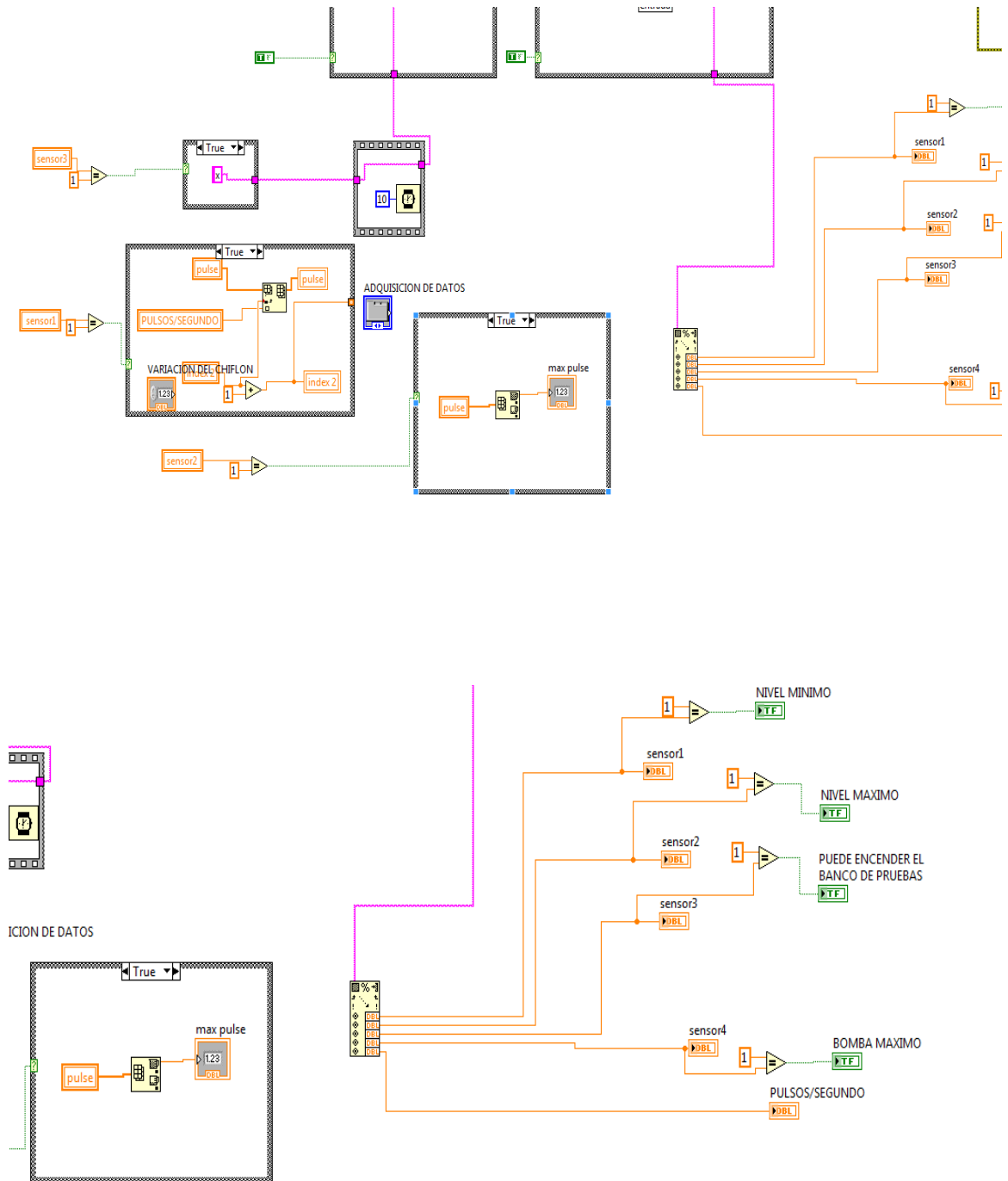
## FORMULAS Y PROGRAMACION DEL CONTADOR



## PROGRAMACION PARA TRANSFERIR DATOS



## ACTIVACION DE LOS SENSORES Y SUS FUNCIONES



## B.4 MANTENIMIENTO

SELECCIONAR LA PIEZA A REVISAR



**TURBINA FRANCIS**

DESCRIPCIÓN:  
Una turbina es una máquina motriz que consiste de una parte giratoria llamada rodete, que se impulsa por un fluido en movimiento. Dependiendo de la naturaleza de este fluido, las turbinas se pueden dividir en: hidráulicas, a vapor y a gas.

**MANTENIMIENTO**

- \* VERIFICAR SI LOS ALABES NO ESTAN ROTOS
- \* REVISAR LOS RODAMIENTOS
- \* REVISAR EL ACOUPLE DEL EJE CON EL FRENO

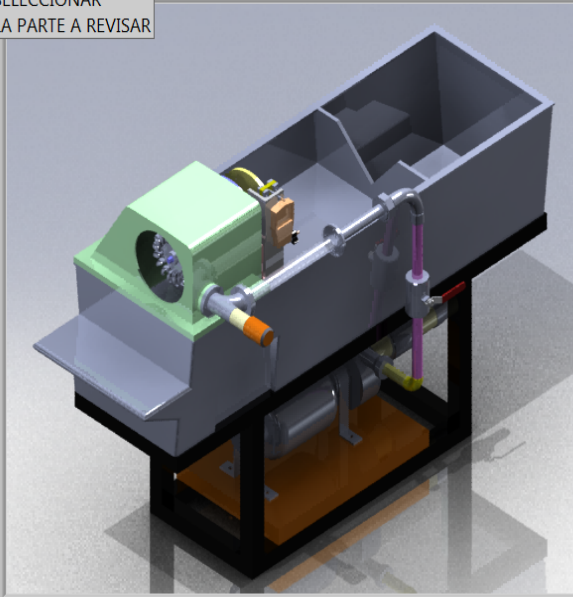


HORA Y FECHA DE INGRESO

12:23 8/4/2011

REGRESAR SALIR DEL PROGRAMA

SELECCIONAR LA PARTE A REVISAR




**TURBINA PELTON**

DESCRIPCIÓN:  
Una turbina Pelton es uno de los tipos más eficientes de turbina hidráulica. Es una turbomáquina motora, de flujo transversal, admisión parcial y de acción. Consiste en una rueda (rodete o rotor) dotada de cucharas en su periferia, las cuales están especialmente realizadas para convertir la energía de un chorro de agua que incide sobre las cucharas.

**MANTENIMIENTO**

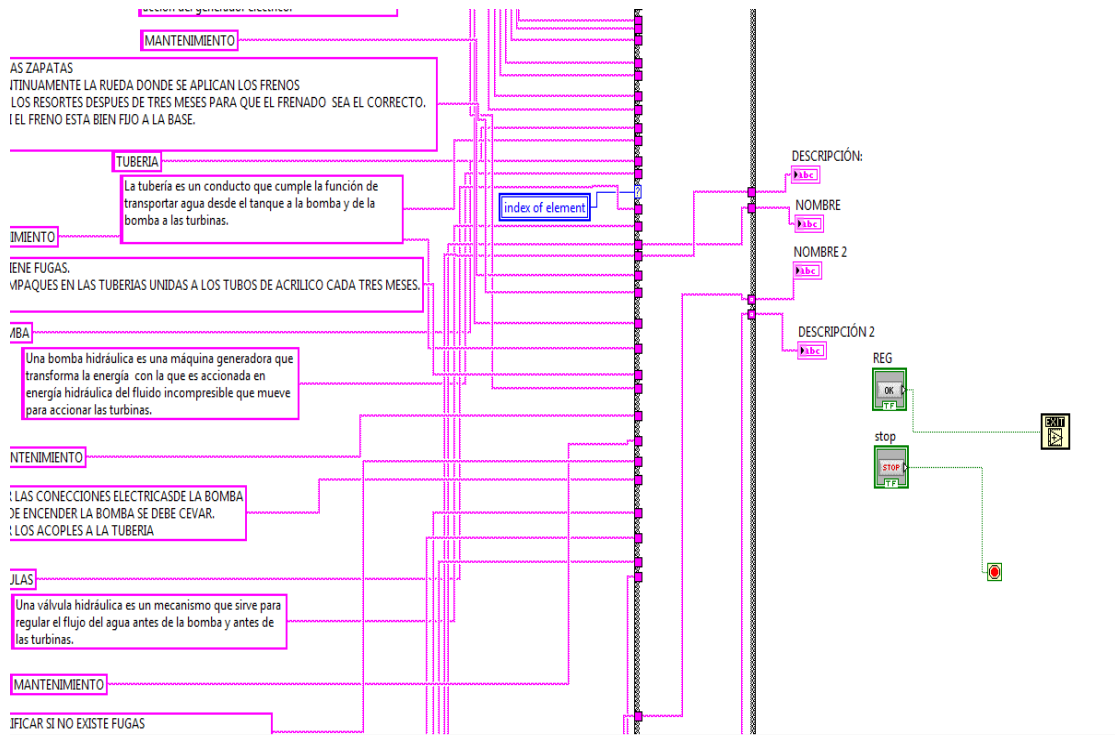
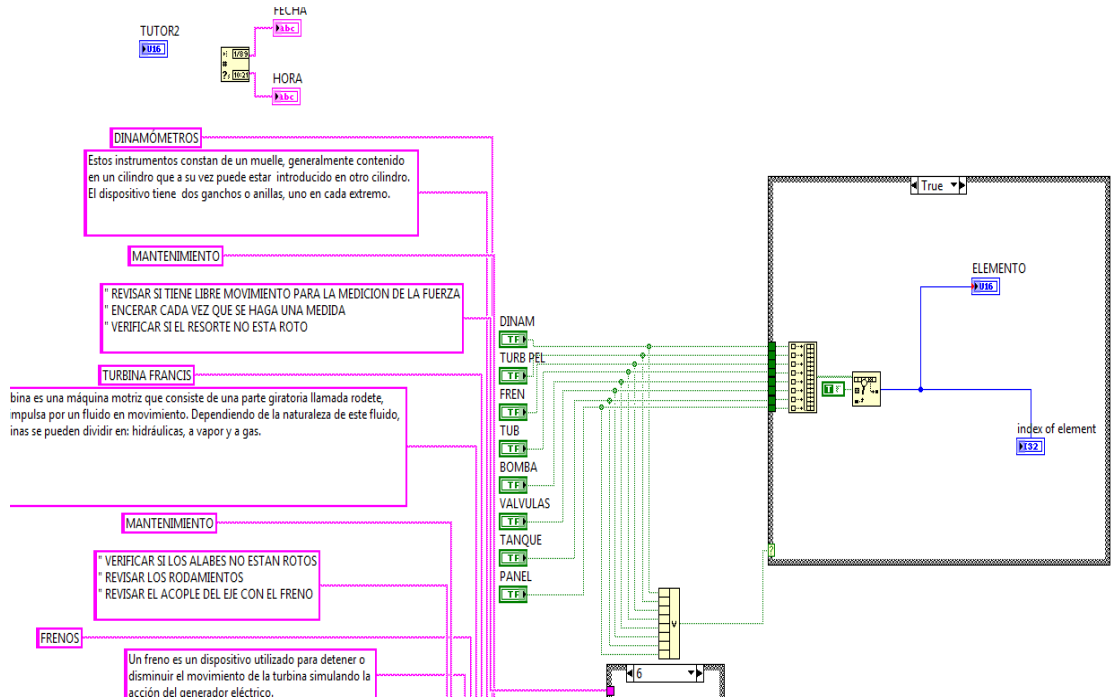
- \* VERIFICAR SI LOS ALABES NO ESTAN ROTOS
- \* REVISAR LOS RODAMIENTOS
- \* REVISAR EL ACOUPLE DEL EJE CON EL FRENO



HORA Y FECHA DE INGRESO

12:17 8/4/2011

REGRESAR SALIR DEL PROGRAMA

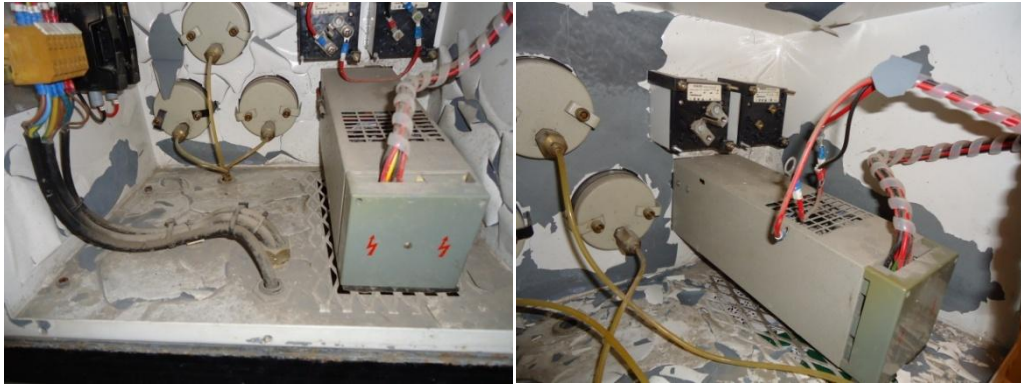




## ANEXO C

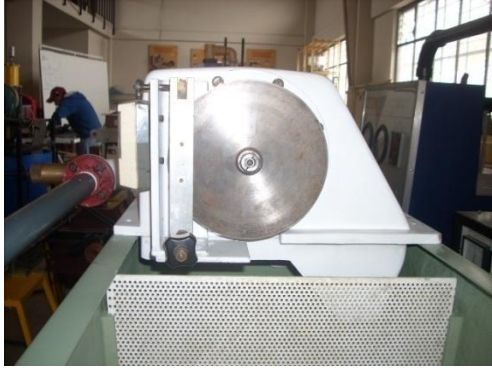
FOTOGRAFÍAS DEL ESTADO EN QUE SE ENCONTRABA EL BANCO DE PRUEBAS.





FOTOGRAFIAS DEL ESTADO ACTUAL DEL BANCO DE PRUEBAS

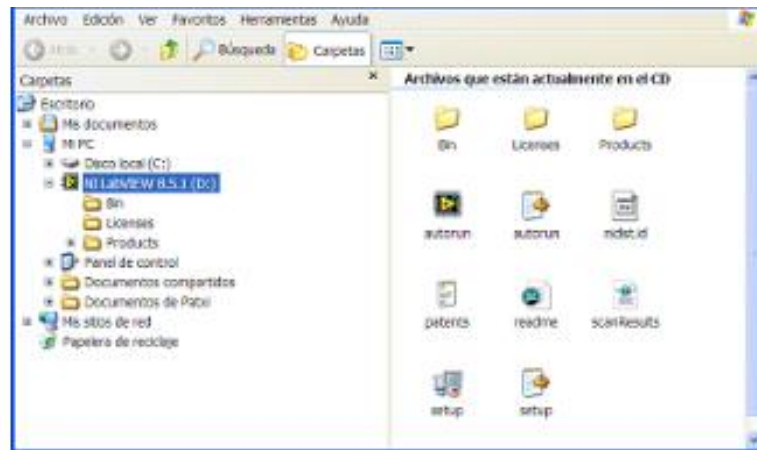




## ANEXO D

### COMO INSTALA LABIEW

Paso 1. La instalación de LabVIEW comienza insertando el CD-ROM en el lector correspondiente del ordenador habitual. Con ello, se ejecutará automáticamente el programa Autorun de instalación. Si no fuera así, habría que visualizar el contenido del CD-ROM y hacer doble Click sobre el icono del archivo autorun.exe.



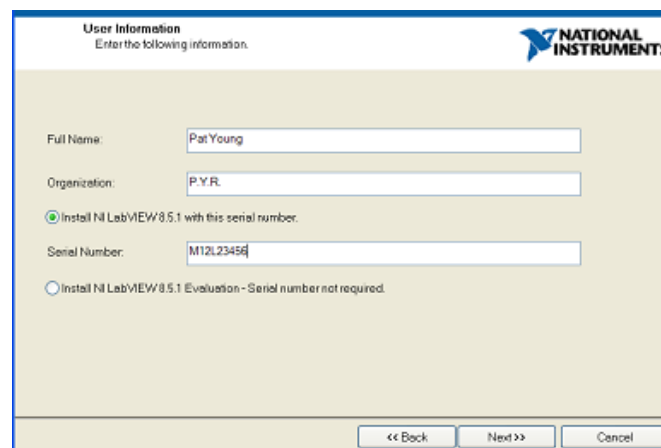
Paso 2. A continuación, aparece la ventana inicial de instalación, donde se hace click sobre Install NI LabVIEW 8.5.1 para que comience la instalación de LabVIEW.



Paso 3. Tras ello aparece la ventana de inicio de instalación, en la que hay que hacer click sobre Next para que continúe el proceso.

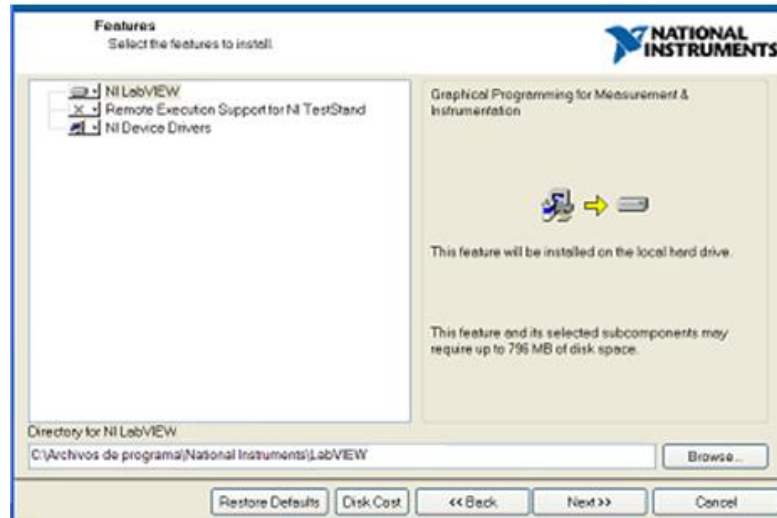


Paso 4. Acto seguido, aparece en pantalla la ventana que solicita los datos del usuario y el número de serie del software (impreso sobre el CD-ROM). Lo lógico es que los datos de usuario coincidan con los del propio ordenador. Se elegirá la opción Install NI LabVIEW 8.5.1 y se pulsará con el ratón sobre Next. La otra opción (no es la nuestra), permite hacer una instalación de evaluación, sin que para ello sea necesario introducir el número de serie.

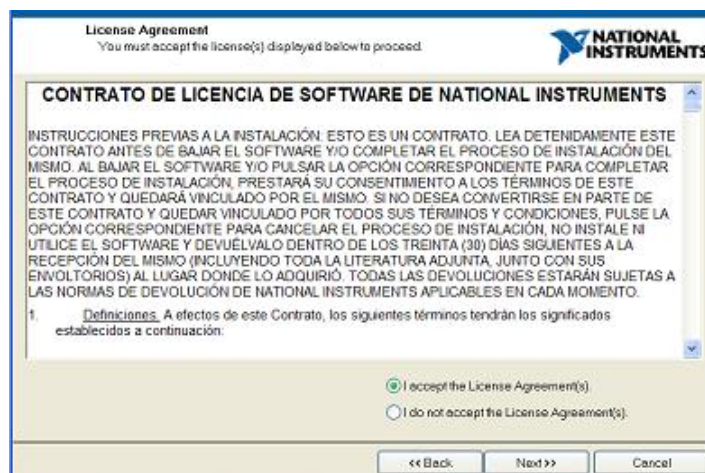


NOTA: Abrir la carpeta Crack que está dentro del CD y abrir KeyGen y nos proporcionara una clave. Lugo dar clic en guardar clave.

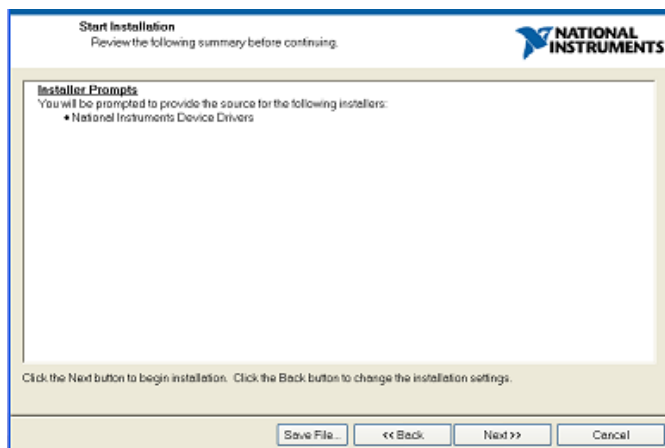
Paso 5. En la ventana que aparece en figura 6, se muestra el software que compone la instalación básica oficial de LabVIEW, donde indica qué cantidad de disco duro necesita la misma. Pulsar sobre Next para continuar.



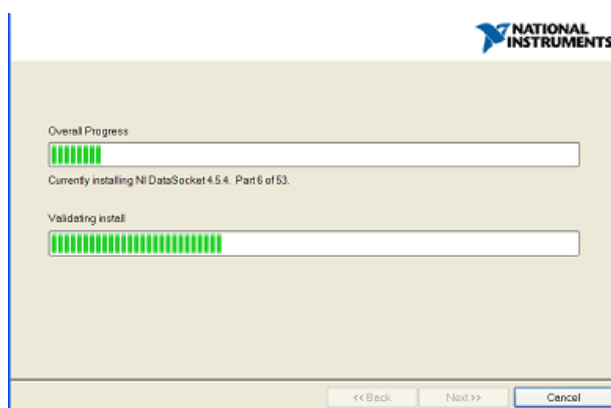
Paso 6. La ventana de figura 8 nos muestra las condiciones del contrato de la licencia de LabVIEW. Es imprescindible estar de acuerdo con estas condiciones para poder continuar con la instalación, para lo cual se selecciona la opción I accept the License agreement(s) y se pulsa sobre Next.



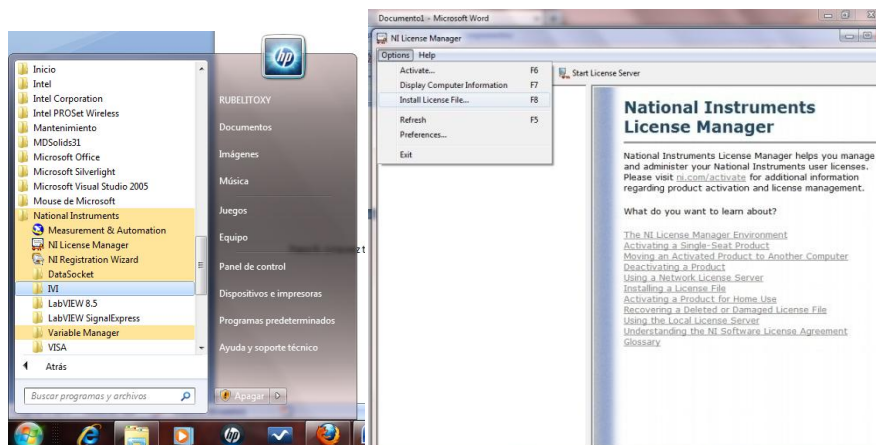
Paso 7. La ventana de figura 9, nos indica que estemos al tanto del proceso de la instalación, ya que durante la misma se nos pedirá la inserción del CD que contiene unos drivers, aunque en nuestro caso no será necesario hacerlo. Pulsando Next, es cuando comienza realmente la instalación de LabVIEW.



Paso 8. La instalación de LabVIEW muestra el aspecto que muestra la figura 10 y puede tardar entre 30 y 60 minutos.



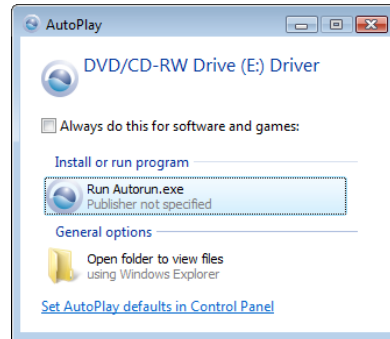
Paso 9. Una vez terminada la instalación abrir de la siguiente forma para crackear el programa. Abri ventana/Todos los programas/National Instrument/ NI Licence manager/ pulsar Options y buscar el archivo guardado cuando se copio la clave y poner OK. Y listo.



## ANEXO E

### INTALACION DE LOS DRIVERS DEL CABLE SERIAL A USB

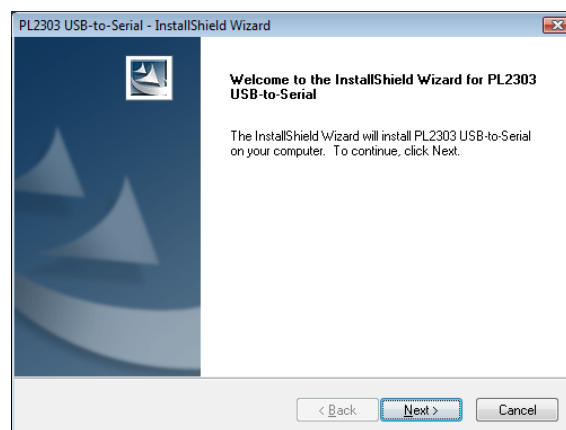
1. Inserte el CD en la unidad de CD-ROM.
2. Haga clic en Autorun.exe.



- 3.- Click en Install Driver

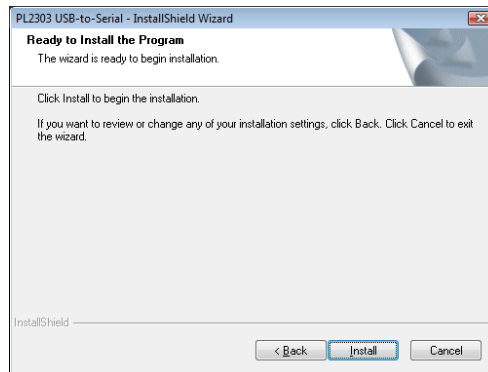


- 4.- Click en Next

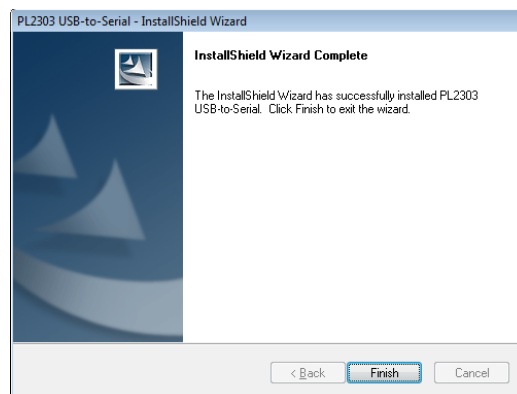




5. Click **Install**.



6. Click **Finish**.



7. Conecte el TU-S9 a un puerto USB de su ordenador

8. Los controladores se instalarán automáticamente.

**ANEXO F**

MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL												
ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
- Revisión del sistema hidráulico.												
- Chequeo de los dinamómetros.												
- Ubicación de los sensores.												
- Limpieza total del tanque.												
- Chequeo de fugas en la tubería.												
MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRIMESTRAL												
ACTIVIDADES	ENERO- MARZO			ABRIL - JUNIO			JULIO - AGOSTO			OCTUBRE - DICIEMBRE		
- Chequeo de los rodamientos de las Turbinas												
- Limpieza de los frenos.												
- Limpieza de las zapatas.												
- Revisión de la corriente de funcionamiento de la Bomba.												

**OBSERVACIONES:**.....

.....

.....

.....

MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEMESTRAL						
ACTIVIDADES	ENERO - JUNIO			JULIO - DICIEMBRE		
- Limpieza general del Banco de Pruebas.						
- Chequeo de zapatas.						
- Regulación de las válvulas.						
MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL						
ACTIVIDADES	AÑO 2011					
- Chequeo de la Bomba						
- Chequeo de los equipos.						
- Chequeo de los rodamientos.						
- Cambio de las zapatas.						
- Chequeo del funcionamiento de los sensores.						

**OBSERVACIONES:**.....  
.....  
.....  
.....

**ANEXO G**  
**GUÍA DE PRÁCTICAS DE LOS USOS DEL BANCO DE PRUEBAS**  
**“TUTOR” (TURBINA PELTON).**

**TEMA:**

**OBJETIVO GENERAL**

**OBJETIVOS ESPECIFICOS**

**EQUIPOS Y MATERIALES**

**PROCEDIMIENTO**

**CALCULOS**

**RESULTADOS**

**CHIFLÓN**

ABERTURA DEL INYECTOR	VELOCIDAD DE LA BOMBA	CAUDAL	FUERZA	REVOLUCIONES	EFICIENCIA	POTENCIA
25%						
50%						
75%						
100%						

**VELOCIDAD DE LA BOMBA.**

VELOCIDAD DE LA BOMBA	ABERTURA DEL INYECTOR	CAUDAL	FUERZA	REVOLUCIONES	EFICIENCIA	POTENCIA
50%						
60%						
75%						
80%						

**GRÁFICAS**

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**GUÍA DE PRÁCTICAS DE LOS USOS DEL BANCO DE PRUEBAS  
“TUTOR” (TURBINA FRANCIS).**

**TEMA:**

**OBJETIVO GENERAL**

**OBJETIVOS ESPECIFICOS**

**EQUIPOS Y MATERIALES**

**PROCEDIMIENTO**

**CALCULOS**

**RESULTADOS**

**VALVULA**

ABERTURA DE LA VALVULA	VELOCIDAD DE LA BOMBA	CAUDAL	FUERZA	REVOLUCIONES	EFICIENCIA	POTENCIA
25%						
50%						
75%						
100%						

**VELOCIDAD DE LA BOMBA.**

VELOCIDAD DE LA BOMBA	ABERTURA DE LA VALVULA	CAUDAL	FUERZA	REVOLUCIONES	EFICIENCIA	POTENCIA
40%						
50%						
60%						
70%						

**GRÁFICAS**

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**