



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

**“Desarrollo de un Programa de Adquisición de Datos para el
banco de bombas del Laboratorio de Termofluidos de la
FIMCP”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Daniel Ramírez Camposano

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2002

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que
colaboraron con esta
Tesis y especialmente a mis
compañeros de la FIMCP

DEDICATORIA



A MIS PADRES,
MIS HERMANOS
Y MIS AMIGOS



TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Mario Patiño A.
**SUBDECANO FIMCP
PRESIDENTE**

Ing. Francis Loayza P.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Francisco Andrade S.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Daniel Ramirez Camposano

RESUMEN

En vista del gran desarrollo tecnológico que se lleva a cabo en áreas afines a la Ingeniería Mecánica, con este proyecto se plantea la posibilidad de la actualización del Banco de Bombas del Laboratorio de Termofluidos de la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, con la finalidad de que estudiantes de cualquier nivel tengan acceso a este tipo de tecnología, esto es, la implementación de modernos sistemas en lo que a instrumentación respecta: transductores de presión, celdas de carga, medidores de RPM, flujómetros. Para la adquisición de datos se utilizará un lenguaje de programación gráfico para leer e interpretar las señales a través del computador.

Con todas estas mejoras tendremos la capacidad de monitorear las variables del banco de bombas en el computador, en el cual los estudiantes de la FIMCP puedan realizar sus prácticas tanto en forma manual (tradicional) o utilizando la instrumentación virtual a través de un computador y así diferenciar los beneficios de la tecnología.

El primer paso será el análisis de los requerimientos del sistema, esto es, hardware, software y los transductores de tal forma que exista compatibilidad con los equipos. En función de los parámetros y objetivos con que se realizarán las mediciones, se desarrollará un programa en Lab View conformado por una serie de subrutinas (sub-

vi) que permitirán monitorear y manipular cada una de las variables. En vista de la gran cantidad de parámetros y de la baja capacidad de respuesta de los equipos de adquisición de datos, será uno de los principales objetivos la optimización de la programación de tal forma que el sistema adquiera los datos con la mayor rapidez y precisión posible.

Al término de este largo proceso experimental, esperamos que el banco de bombas brinde a los estudiantes el conocimiento que siempre ha dado acompañado ahora de una tecnología nueva en la FIMCP, la cual estará en mano de los estudiantes como una herramienta tangible la cual podrán explotar para el provecho de nuestra sociedad.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO 1

1. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Equipos para adquisición de datos.....	8
1.2.1. Descripción del FP-AI-110.....	9
1.2.2. Descripción del FP-AI-111.....	10
1.2.3. Descripción del FP-CTR-500.....	12
1.2.4. Descripción del FP-1000.....	13
1.2.5. Descripción de las bases para los FP.....	14

1.3. Requerimientos de Software.....	15
1.3.1. Programa Field Point Explorer.....	15
1.3.1.1. Introducción.....	15
1.3.1.2. Configuración del FP-AI-110.....	17
1.3.1.3. Configuración del FP-AI-111.....	18
1.3.1.4. Configuración del FP-CTR-500.....	19
1.3.2. Programa Lab View.....	21
1.3.2.1. Descripción de la Programación en Lab View.....	22
1.3.3. Transductores y sensores	23
1.3.3.1. Transductor de presión.....	24
1.3.3.1.1. Descripción general.....	24
1.3.3.2. Transductor de fuerza.....	26
1.3.3.2.1. Descripción general.....	27
1.3.3.3. Transductor y sensor de caudal.....	29
1.3.3.3.1. Descripción general.....	30
1.3.3.4. Transductor y sensor de RPM.....	31
1.3.3.4.1. Descripción general.....	31

CAPITULO 2

2. PROGRAMACIÓN DE RUTINAS PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS	33
.....	33
2.1. Esquema funcional de la programación.....	33
2.2. Rutinas y subprogramas (sub-vi's) creados.....	34
2.2.1. Programa de enceramiento de variables.....	34
2.2.1.1. Rutina de adquisición de datos.....	35
2.2.1.2. Panel frontal: Descripción.....	36
2.2.2. Programa para Configuración de canales y módulos.....	37
2.2.2.1. Rutina de posicionamiento de indicadores en pantalla.....	38
2.2.2.2. Rutina de lectura de archivos de configuración.....	39
2.2.2.3. Rutina de distribución inicial de datos.....	41
2.2.2.4. Rutina de distribución y presentación de datos.....	42
2.2.2.5. Panel frontal: Descripción.....	42
2.2.3. Programa para Adquirir Datos.....	44
2.2.3.1. Rutina para medición de RPM y Caudal.....	45
2.2.3.2. Rutina para adquirir datos de presión, fuerza	46
2.2.3.3. Rutina para almacenamiento de datos.....	48

2.2.3.4. Rutina para configuración de canales, constantes de calibración.....	49
2.2.3.5. Rutinas de ayuda, información.....	50
2.2.4. Programa para presentación de final de datos.....	50
2.2.4.1. Rutinas de operación matemática de los datos.....	52
2.2.4.2. Rutina para exportar datos a Excel.....	53
2.2.4.3. Rutinas de presentación gráfica.....	54
2.2.5. Rutinas y subprogramas utilizados.....	55

CAPITULO 3

3. PRÁCTICAS REALIZADAS EN EL BANCO DE BOMBAS.....	57
3.1. Bombas homólogas.....	57
3.1.1. Descripción de la práctica.....	57
3.1.2. Panel Frontal.....	60
3.1.3. Resultados.....	63
3.2. Bombas en serie y paralelo.....	68
3.2.1. Descripción de la práctica.....	68
3.2.2. Panel Frontal.....	69
3.2.3. Resultados.....	72

3.3. Cálculo de las curvas características de las bombas.....	75
3.3.1. Descripción de la práctica.....	75
3.3.2. Panel Frontal.....	77
3.3.3. Resultados.....	79

CAPITULO 4

4. Conclusiones y Recomendaciones.....	84
--	----

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

A	Amperio
ADC	Analogal digital conversion
CD	Corriente Directa
D	Diámetro
FP	Field Point
F	Fuerza
V	Voltaje

SIMBOLOGÍA

B1	Bomba #1
B2	Bomba #2
CH	Canal
COM	Común
I_{IN}	Corriente de entrada
I_{OUT}	Corriente de salida
V_{in}	Voltaje de entrada
V_{sup}	Voltaje de alimentación
Vrms	Raíz cuadrática media del Voltaje

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Esquema general del banco de bombas.....	3
Figura 1.2	Diagrama de un Sistema de Adquisición de Datos.....	5
Figura 1.3	Ensamble de los módulos Field Point y sus bases.....	8
Figura 1.4	Módulo FP-1000.....	14
Figura 1.5	Bases TB/1 para los módulos	15
Figura 1.6	Esquema del strain gages.....	24
Figura 1.7	Transductor de presión	26
Figura 1.8	Celda de carga.....	27
Figura 1.9	Posición del dinamómetro para lectura correcta de la Celda de Carga.....	29
Figura 1.10	Esquema de los flujómetros tipo turbina.....	30
Figura 2.1	Esquema de la programación	33
Figura 2.2	Muestra rutina para enceramiento de variables.....	36
Figura 2.3	Panel frontal del enceramiento de variables.....	37
Figura 2.4	Muestra rutina de posicionamiento de indicadores.....	39
Figura 2.5	Muestra rutina de lectura de archivos de configuración.....	40
Figura 2.6	Muestra rutina de distribución inicial de datos	41
Figura 2.7	Panel frontal del programa de configuración de canales.....	44
Figura 2.8	Muestra rutina de medición de RPM y caudal.....	46
Figura 2.9	Muestra rutina de adquisición de presión y fuerza.....	47
Figura 2.10	Muestra rutina de almacenamiento de datos.....	49
Figura 2.11	Muestra rutina de configuración de canales y constantes de calibración	50
Figura 2.12	Panel frontal del programa de presentación final de datos	52
Figura 2.13	Muestra rutina de operación matemática de datos	53
Figura 2.14	Muestra rutina para exportar datos a Excel.....	54
Figura 2.15	Muestra rutina para presentación gráfica	55
Figura 3.1	Panel frontal de la práctica de bombas homólogas	62
Figura 3.2	Cabezal vs. caudal (Práctica de Bombas Homólogas)	65
Figura 3.3	Potencia mecánica vs. caudal (Práctica De Bombas Homólogas).....	66
Figura 3.4	Eficiencia vs. caudal (Práctica de Bombas Homólogas).....	67



Figura 3.5	Panel frontal de la Práctica de Bombas en Serie	71
Figura 3.6	Panel frontal de la Práctica de Bombas en Paralelo.....	71
Figura 3.7	Gráfico de Cabezal vs. Caudal (Bombas en Serie y Paralelo).....	74
Figura 3.8	Panel Frontal de la Práctica cálculo de curvas características de las Bombas	79
Figura 3.9	Gráfico Cabezal vs. Caudal (Bomba #1).....	81
Figura 3.10	Gráfico Potencia Mecánica e Hidráulica vs. Caudal (Bomba #1)..	81
Figura 3.11	Gráfico Eficiencia vs. Caudal (Bomba #1).....	82
Figura 3.12	Gráfico Cabezal vs. Caudal (Bomba #2).....	82
Figura 3.13	Gráfico Potencia Mecánica e Hidráulica vs. Caudal (Bomba #2)..	83
Figura 3.14	Gráfico Eficiencia vs. Caudal (Bomba #2).....	83

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	Equipos de adquisición.....	4
TABLA 2	Rangos de lectura y precisión del módulo FP-AI-111	7
TABLA 3	Conexiones en el Módulo FP-AI-110	10
TABLA 4	Conexiones en el Módulo FP-AI-111.....	12
TABLA 5	Conexiones de las Celdas de Carga	17
TABLA 6	Conexiones de los transductores de presión.....	18
TABLA 7	Configuración de los canales virtuales.....	19
TABLA 8	Transductores y sensores instalados	23
TABLA 9	Datos y cálculos de la Bomba #1 en la práctica de Bombas Homólogas.....	63
TABLA 10	Datos y cálculos de la Bomba #2 en la práctica de Bombas Homólogas.....	64
TABLA 11	Resultados de la práctica de Bombas Homólogas.....	64
TABLA 12	Resultados de las Bombas en Serie.....	72
TABLA 13	Resultados de las Bombas en Paralelo.....	73
TABLA 14	Cálculos y resultados de la Bomba #1.....	80
TABLA 15	Cálculos y resultados de la Bomba #2.....	80



INTRODUCCIÓN

La necesidad de agilizar los procesos de producción, volverlos rápidos y confiables, han hecho que la automatización abarque más y más campo. Los Ingenieros Mecánicos de la ESPOL no podemos quedarnos atrás; por lo tanto, se vuelve indispensable que conozcamos como funcionan todos estos mecanismos electrónicos, de que están constituidos, como acoplarlos a un sistema, etc.; únicamente de esta manera seremos capaces de planificar, organizar, dirigir o controlar una aplicación de este tipo en cualquier industria. Por ejemplo: cualquier Central Térmica de Generación Eléctrica de nuestro país, los autoclaves que utilizan las atuneras para procesar alimentos, el manejo de estaciones de bombeo de agua, cualquiera de estos casos, poseen esta tecnología y nosotros debemos estar capacitados para poder manejarla.

En el caso del banco de bombas se utilizaron: transductores, sensores, módulos de adquisición, y un programa. El conjunto de todos ellos forma un Sistema de Adquisición de Datos, a continuación se describen todos los implementos, su configuración para su funcionamiento y el programa que es el que hace la interacción entre los implementos y los estudiantes.



CAPITULO 1

1. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

1.1. INTRODUCCIÓN.

La FIMCP cuenta en sus laboratorios con un banco de bombas en el cual se realizan las prácticas concernientes a la Mecánica de los Fluidos. Este equipo esta constituido por dos bombas centrífugas distribuidas de tal forma que puedan trabajar de manera individual o simultáneamente. En este banco se pueden realizar las siguientes prácticas experimentales:

- ✓ Características externas de bombas centrífugas y cavitación
- ✓ Bombas Homólogas
- ✓ Bombas conectadas en serie y paralelo

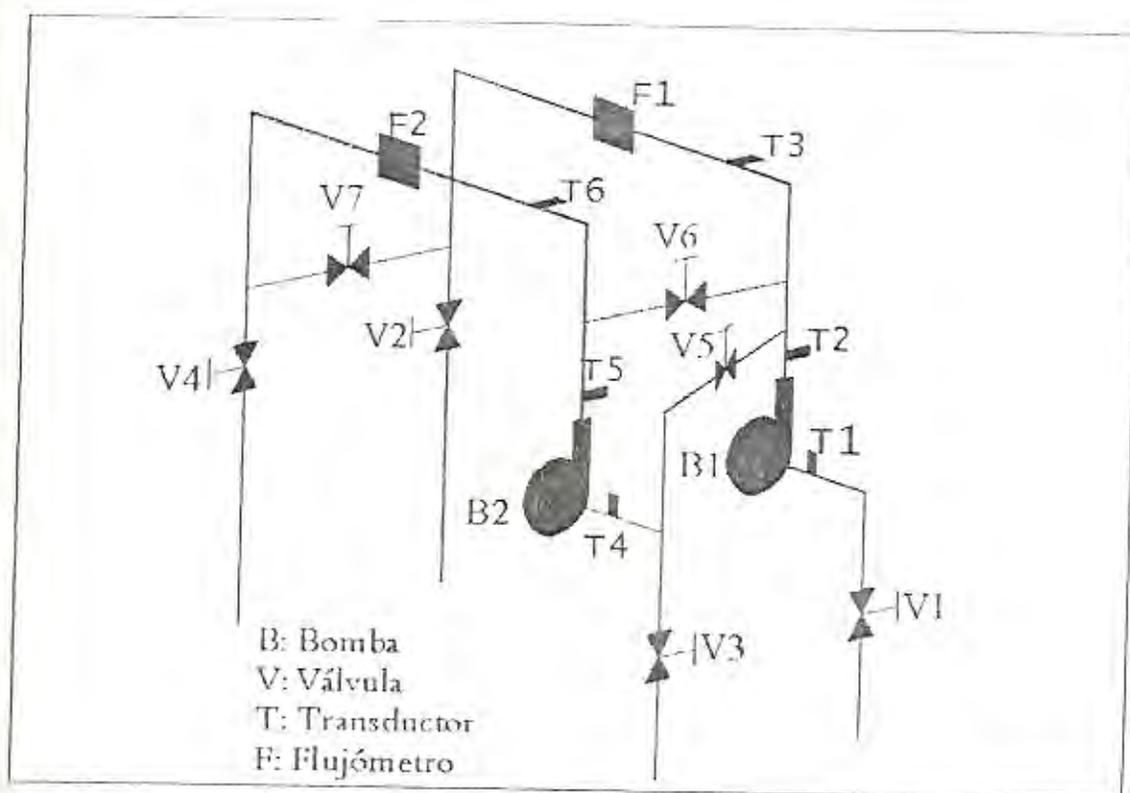


FIGURA 1.1 ESQUEMA DEL BANCO DE BOMBAS

Las bombas son geoméricamente similares, pero diferentes en tamaño. Acopladas a un motor CD de velocidad variable. La instrumentación original que poseen es detallada a continuación:

- ✓ 2 Manómetros para determinar la presión de succión
- ✓ 4 Manómetros para determinar la presión de descarga
- ✓ 2 Flujómetro electrónico
- ✓ 2 Tacómetro Digital

Adicionalmente el reservorio de este banco contiene un vertedero en "V", como un segundo método para medir el flujo.

Para poder implementar el sistema de adquisición de datos en el banco de bombas, en la FIMCP se adquirieron los siguientes equipos básicos para dicho sistema:

TABLA 1
EQUIPOS DE ADQUISICIÓN

Transductores y sensores que captan señales de las diferentes variables del proceso	Transductores de presión
	Celdas de Carga
	Optocopladores
Módulos de Adquisición de Datos	FP-AI-111
	FP-AI-110
	FP-CTR-500
	FP-1000

En este sistema los módulos cumplen con las siguientes funciones:

- ✓ Adquirir las señales de los diferentes transductores y sensores que se implementarán en el equipo.
- ✓ Convertir la señal analógica y digital proveniente de los diferentes transductores y sensores en un protocolo estándar de comunicación que la computadora sea capaz de entender.

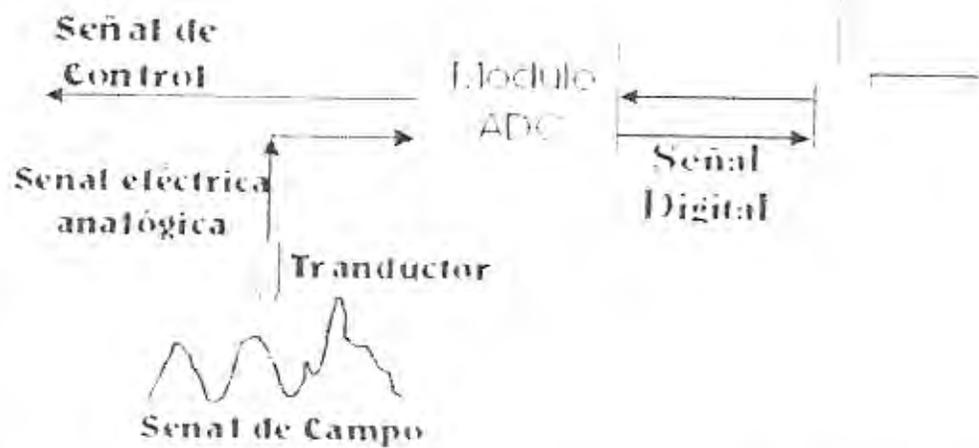


FIGURA 1.2 DIAGRAMA DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN

Cabe destacar que los flujómetros de tipo turbina que posee el equipo se han readecuado para ser utilizados con el nuevo sistema.

Todos los transductores y sensores instalados en el equipo necesitaban algunos requerimientos. Para lo cual se construyó una tarjeta de pre-interfase que cumpliera los siguientes requisitos:

1. Alimentar a los 7 sensores de presión con 10 V CD
2. Alimentar a las 2 celdas de carga con 5 V CD
3. Alimentar el optocoplador con 10 V CD
4. Modificar la señal diente de sierra del sensor de flujo a una señal cuadrada y amplificarla de 0.4 V a 10 V, para que pueda ser captada por el módulo FP-CTR-500.

El proceso de la adquisición de datos consiste en tomar las señales eléctricas que envían los diferentes transductores y sensores, que pueden ser: voltajes, corriente o resistencia, enviarlas a un convertidor análogo digital (ADC) el cual transforma estas señales analógicas en señales digitales. Esta señal digital ya puede ser captada por el dispositivo que se va a encargar del monitoreo o control, ya sea esto un computador, un PLC o un controlador avanzado.

La conversión de un dato análogo a uno digital viene dado por el número de bits lo cual está determinado por la resolución del ADC. Los ADC tienen más resolución entre más bit tengan, en nuestro caso los módulos tienen una resolución de 16 bits. Lo cual asegura una buena representación de la señal análoga.

La resolución del ADC determina la variación mínima de la señal analógica de entrada que puede producir una variación en la señal digital de salida. Y se lo puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\text{Precisión} = \frac{\text{rangos de la señal de entrada}}{2^n}$$

Donde n es el número de bits de resolución.

Por ejemplo, nuestra resolución es de 16 bits y queremos un rango de lectura de 0 a 10 V en la entrada, y otro rango de -10 a +10 V. Calculando obtenemos los siguientes resultados:

$$\text{Precisión} = \frac{10}{2^{16}} = 0.15 \text{ mV}$$

$$\text{Precisión} = \frac{20}{2^{16}} = 0.30 \text{ mV}$$

Por lo tanto entre más pequeño sea el rango de la señal analógica de entrada se tendrá una mejor precisión en las mediciones. La siguiente tabla muestra los diferentes rangos para los que se puede configurar el módulo FP-AI-111 con sus respectivas precisiones:

TABLA 2
RANGOS DE LECTURA Y PRECISIÓN DEL MODULO FP-AI-111

Rango de Voltaje del modulo	Config. Límite	Precisión
0 a +10 V	0 - 10 V	2.44 mV
	0 - 5 V	1.22 mV
	0 - 2.5 V	610 μ V
	0 - 1.25 V	305 μ V
	0 - 1 V	244 μ V
	0 - 0.1 V	24.4 μ V
	0 mV - 20 mV	4.88 μ V
-5 a + 5 V	-5 - 5 V	2.44 mV
	-2.5 - 2.5 V	1.22 mV
	-1.25 - 1.25 V	610 μ V
	-0.625 - 0.625 V	305 μ V
	-0.5 - 0.5 V	244 μ V
	-50 mV - 50mV	24.4 μ V
	10 mV - 10 mV	4.88 μ V
-10 a +10 V	-10 - 10 V	4.88 mV
	-5 - 5 V	2.44 mV
	-2.5 - 2.5 V	1.22 mV
	-1.25 - 1.25 V	610 μ V
	-1 - 1 V	488 μ V
	-0.1 - 0.1 V	48.8 μ V
	20 mV - 20 mV	9.76 μ V

1.2. EQUIPOS PARA ADQUISICIÓN DE DATOS

Los equipos de adquisición de datos son los encargados de digitalizar la señal de entrada (proveniente de los transductores). Existe una variedad muy grande de estos equipos en el mercado y que se ajustan a las diferentes necesidades. Dentro de National Instruments encontramos dispositivos como GPIB, VXI/VME, PXI, etc. Para nuestro sistema de banco de bombas los equipos encargados de la digitalización son los módulos Field Point, que es un sistema flexible modular de entrada o salida que se comunica por el puerto serial de la computadora. Las características y configuración de cada uno de los módulos se describen a continuación:

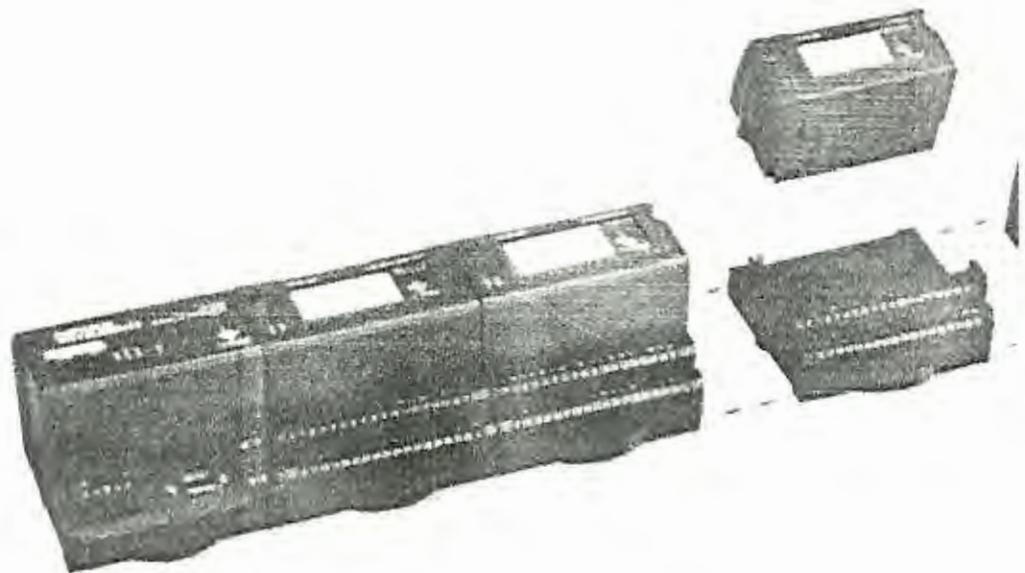


FIGURA 1.3 ENSAMBLE DE LOS MÓDULOS FIELD POINT Y
SUS BASES

1.2.1. Descripción del FP-AI-110.

Este es un módulo de adquisición de señales análogas y posee las siguientes características:

- ✓ 8 canales análogos para entrada de corriente o voltaje
- ✓ Rangos de lectura: -10 a + 10 V, -5 a + 5 V, -1 a + 1 V, -300 a +300 mV, -60 a +60 mV, 0 a 10 V, 0 a 5 V, 0 a 1 V, -20 a +20 mA, 0 a 20 mA, 4 a 20 mA
- ✓ 16 bit de resolución
- ✓ Voltaje de protección 3000 Vrms

El módulo FP-AI- 110 puede ser usado con señales de entradas de voltaje o corriente. El FP-AI-110 es ideal para señales de baja frecuencia, y tiene filtros de ruido configurables para tres opciones: 500, 60 y 50 kHz. El módulo FP-AI- 110 tiene que ser alimentado por una de las bases de terminales FP-TB1/2/3.

Cada canal de este módulo tiene cuatro terminales: I_{in} , I_{out} , I_{sup} , COM. Los cuales son conectados dependiendo si el FP-AI-110 alimenta o no al transductor con voltaje para su funcionamiento. Para las celdas de carga, la alimentación provendrá de la tarjeta de interfase, y el módulo se encargará exclusivamente de recibir la señal en mV y digitalizarla para enviarla al computador, por medio

el puerto serial. Entonces las conexiones quedan de la siguiente manera:

TABLA 3
CONEXIONES EN EL MÓDULO FP-AI-110

Canal	Número del terminal	
	V_m	COM
CH0	1	18
CH1	3	20
CH2	5	22
CH3	7	24
CH4	9	26
CH5	11	28
CH6	13	30
CH7	15	32

1.2.2. Descripción del FP-AI-111.

El FP-AI-111 es un módulo de adquisición señales análogas con las siguientes características:

- 16 canales análogos para entrada de corriente
- Rangos de lectura: -20 a +20 mA, 0 a 20 mA, 4 a 20 mA
- 16 bit de resolución
- Voltaje de protección 3000 V_{rms}
- Temperatura de operación: -40 a 70 °C

El módulo FP-AI-111 debe ser montado sobre una base de terminal FP-TB1/2/3, cualquiera de estas bases ayudarán al módulo a conectarse a otros módulos de adquisición o al módulo de comunicación FP-1000. El FP-AI-111 recibe la energía para operar a través de la base, y transmite los datos a través de la base.

Cada canal tiene tres terminales: I_m , I_{sup}^+ , COM. En nuestro caso se alimentó el transductor externamente con 10 V CD, entonces los cables que se conectan en el módulo FP-AI-111 son el I_m , I_{sup}^+ para cada uno de los canales. La siguiente tabla describe las conexiones para cada uno de los canales.

TABLA 4
CONEXIONES EN EL MÓDULO FP-AI-111

Canal	Número del terminal		
	I_{in}	I_{sup}	COM
CH0	1	17	18
CH1	2	17	18
CH2	3	19	20
CH3	4	19	20
CH4	5	21	22
CH5	6	21	22
CH6	7	23	24
CH7	8	23	24
CH8	9	25	26
CH9	10	25	26
CH10	11	27	28
CH11	12	27	28
CH12	13	29	30
CH13	14	29	30
CH14	15	31	32
CH15	16	31	32

1.2.3. Descripción del FP-CTR-500.

El módulo FP-CTR-500 es un Field Point exclusivo para el conteo de pulsos. Tiene las siguientes características:

- ✓ 8 canales contadores de 16 bit resolución
- ✓ Frecuencias internas de referencia de 1 kHz y 32 kHz para canal contador
- ✓ 4 canales de entrada discretos
- ✓ 4 canales de salida discretos

- ✓ Voltaje de protección 3000 Vrms

Las bases de los terminales proporcionan de energía al FP-CTR-500. A pesar de que el módulo no necesita de energía externa para sus operaciones internas, los canales de salida requieren de una fuente externa que les suministre energía para poder operar. Cada canal de entrada tiene un terminal I_{in} y cada canal de salida tiene un I_{out} . Y todos los canales tienen sus respectivos I_{sup} y COM que son canales que suministran voltaje en caso de que se requiera tensión para que funcione.

1.2.4. Descripción del FP-1000.

El módulo FP-1000 es el encargado de realizar la comunicación con los diferentes módulos a través del puerto serial. Debe ser alimentado con un voltaje entre 11 - 30 V CD. El módulo de comunicación filtra y regula esta tensión suministrada y proporciona de tensión a todos los demás módulos. Así mismo, si algún módulo necesita de poder externo para el funcionamiento de uno de sus canales puede tomarlo del módulo FP-1000.

También se puede configurar la dirección del módulo FP-1000 en caso de tener algunos de estos módulos conectados y la velocidad de transmisión de datos tiene que coincidir con la configuración

que se hace desde el computador. La cantidad de datos transmitidos por segundo también puede ser configurada.



FIGURA 1.4 MÓDULO FP-1000

1.2.5. Descripción de las bases para los FP

Las bases de terminales FP-TB tienen las siguientes características:

- ✓ Trabajan con todos los módulos Field Point Explorer
- ✓ Los terminales V y C proporcionan de voltaje a todos los canales (24 V CD)
- ✓ Posee 32 terminales para conexiones
- ✓ Están construidas por una material que es un aislante térmico, para minimizar los gradientes de temperatura cuando se usa termocuplas
- ✓ Opera entre -40 a $+70$ °C

Las bases para los terminales FP-TB proporcionan lo siguiente: el sistema interno de comunicación entre los diferentes módulos FP y el módulo de comunicación, la conexiones para las señales de entrada y la base para el montaje de los módulos.



FIGURA 1.5 BASES TB/1 PARA LOS MÓDULOS

1.3. REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

1.3.1. Programa Field Point Explorer.

1.3.1.1. Introducción

La configuración de los módulos y los diferentes canales que se utilizan para leer cada uno de los sensores se la realiza desde el Field Point Explorer. La velocidad de transmisión depende también de esta configuración, pues existen algunas alternativas para realizarlo, pero, sólo una nos da la mayor velocidad. Se necesita siempre tener la

mayor cantidad de memoria del computador disponible ya que de esto depende que los datos se han tomados en tiempo real y no se encuentren desfasados, pues entonces no representarían la realidad instantánea que es el mayor objetivo en esta tesis.

De acuerdo a la configuración fijada, es posible leer un grupo de datos pertenecientes a cada módulo, el cual nos da una matriz de donde cada elemento de esta matriz es un canal correspondiente a cada módulo. Otra opción es configurar para leer cada canal de cada módulo independientemente. En total la matriz contenía todos los canales. Así mismo, podíamos leer cada canal de manera individual.

Una tercera opción que es la que hemos aplicado y que nos da una mejor eficiencia de velocidad consiste en crear un canal virtual que contiene todos los canales necesarios para cada módulo.

Cada vez que se realice una práctica se debe de verificar que los canales estén correctamente conectados y

configurados, de lo contrario se obtendrán lecturas erróneas; ya que a pesar de que un canal no esté conectado, igual siempre leerá un valor falso que necesariamente será cero.

1.3.1.2. Configuración del FP-AI-FP-AI-110

El módulo FP-AI -110 se destinó exclusivamente a los transductores que dan como señal final mV. En el banco de bombas los únicos transductores que dan mV como resultado son las celdas de carga. Los canales de este módulo son leídos de manera individual y pueden ser ubicados de manera indiferente en cualquier posición. Por ejemplo:

TABLA 5

Conexiones de las Celdas de Carga

Canal 1	Celda de carga (1)
Canal 2	Celda de carga (2)

1.3.1.3. Configuración del FP-AI-111

En el módulo FP-AI-111 para establecer un orden y tener un mejor control de cada uno de los sensores se ubicaron únicamente aquellos transductores que nos dan como lectura mA, para lo cual se configura el módulo FP-AI-111 de manera que sólo lea mA, en un rango de -0.0021 hasta 0.0021 . La disposición en los canales del módulo FP-AI-111 es de la siguiente manera:

TABLA 6
CONEXIONES DE LOS TRANSDUCTORES DE PRESIÓN

Canal 1	Succión B1
Canal 2	Descarga-A B1
Canal 3	Descarga-B B2
Canal 4	Succión B2
Canal 5	Descarga-A B2
Canal 6	Descarga-B B2
Canal 7	Nivel de tanque

Dentro de esta configuración se crearon tres canales virtuales. Uno para cada uno de las bombas (B1 y B2) y otro cuando se realice la práctica de las bombas en serie o en paralelo (s-p). Cada uno de estos canales virtuales contiene dentro de ellos lo siguiente:



TABLA 7
CONFIGURACIÓN DE LOS CANALES VIRTUALES

Nombre del Canal virtual	CANALES
All1	Canal 1 (Succión B1)
	Canal 2 (Descarga-A B1)
	Canal 3 (Descarga-B B1)
	Canal 7 (Nivel de tanque)
All2	Canal 4 (Succión B2)
	Canal 5 (Descarga-A B2)
	Canal 6 (Descarga-B B2)
	Canal 7 (Nivel de tanque)
s-p	Canal 1 (Succión B1)
	Canal 2 (Descarga-A B1)
	Canal 5 (Descarga-A B2)
	Canal 7 (Nivel de tanque)

1.3.1.4. Configuración del FP-CTR-500

El módulo FP-CTR-500 tiene una configuración especial diferente a los otros dos módulos, las lecturas de caudal y de RPM que se toman de este módulo son muy sensibles. Este módulo nos da información del número de pulsos. Para determinar las RPM, necesitamos tener un tiempo de

referencia, la cual se la puede obtener mediante dos procedimientos: El primero es tomar el tiempo del reloj de la computadora, con el cual no obtuvimos información exacta, ya que la información del tiempo que entrega el computador depende del nivel de ocupación del procesador. Pudimos determinar también que cada cierto tiempo el sistema operativo (Windows) ocupa el procesador para sus actividades internas, lo que produce un error muy alto en el valor de tiempo de referencia que estábamos utilizando para nuestros cálculos, lo que nos llevó a la búsqueda de una base de tiempo más confiable, la cual puede ser interna que es entregada por el mismo Field Point, u otra externa independiente del Field Point.

En la primera configuración se utiliza el reloj interno de cualquiera de los cuatro canales independientes que posee este módulo, el cual está dado en kHz. Este reloj internamente abre (10 V) o cierra (0 V) un "switch" a través de un transistor para cada canal que permite una entrada máxima de 30V, con lo cual generamos una señal cuadrada con la frecuencia fijada vía software, y una amplitud en función del voltaje CD de entrada 10V. Esta

señal cuadrada es alimentada a otro canal (Gate 3) que permite que cualquier canal contador enlazado con el contador cuente mientras el Gate 3 esta en 10V y se detenga mientras Gate 3 es 0V.

El otro método que hemos utilizado consiste en construir un circuito generador de una función cuadrada de XkHz de frecuencia y una amplitud de 0 a 10V. La cual reemplaza al reloj interno del Field Point. Esta señal es conectada directamente al "Gate 3". Esto nos ayuda, pues el canal que se utilizaba anteriormente como reloj puede ser utilizado nuevamente como contador.

1.3.2. Programa Lab View

Lab View es un lenguaje de programación gráfica que usa iconos (herramientas gráficas) para crear aplicaciones, en contraste con la programación basada en líneas de texto.

En Lab View, se construye un interfaz usando una serie de herramientas y objetos. La interfaz con el usuario es conocida como Panel Frontal. A todo esto se le adiciona un código para crear funciones. Este código esta contenido en el *Diagrama de Bloque*

1.3.2.1. Descripción de la Programación en Lab View

Un programa o subrutina creado en Lab View es llamado instrumento virtual, o VI's (por sus siglas en inglés, virtual instrument), por su apariencia y operación imitada a los instrumentos físicos. Cada VI usa funciones que manipula el interfaz del usuario y muestra información.

Todo VI contiene siempre estos tres componentes:

- ✓ El panel frontal que es el interfaz del usuario. El panel frontal se construye con controles e indicadores. Los controles pueden ser manijas, botoneras, selectores, etc.; todo dispositivo de entrada que alimente al diagrama de bloques con datos. Los indicadores pueden ser LED, pantallas, gráficos, etc.; que muestran los resultados que se están generando o adquiriendo en el diagrama de bloque.
- ✓ El diagrama de bloque es donde se programa usando representaciones gráficas y es el que contiene el código de la programación. En el diagrama de bloque aparecen los terminales correspondientes a los objetos que se han puesto en el panel frontal. Además se encuentran las funciones y estructuras para construir la

programación y los cables que conectan los nodos de los terminales de los controles, indicadores, funciones y estructuras.

- ✓ Y los iconos y conectores que identifican a un VI; esto quiere decir, que se puede usar un VI dentro de otro VI, es lo que se denomina sub-vi, que en una programación basada en texto es lo que se llamaría subrutina.

1.3.3. Transductores y sensores

Sensor es el elemento que responde a un estímulo físico, que puede ser energía térmica, energía electromagnética, energía acústica, presión, magnetismo, movimiento, etc.; para producir una señal, usualmente eléctrica.

En el sistema que estamos implementando en el banco de bombas tenemos lo siguientes transductores y sensores:

TABLA 8
TRANSDUCTORES Y SENSORES INSTALADOS

VARIABLE A MEDIR	TRANSDUCTOR
PRESIÓN	6 Transductores de presión
FUERZA	2 Celdas de carga
CAUDAL	2 Medidores de Turbina, 1 Transductor de baja presión
RPM	2 Optocopladores

1.3.3.1. Transductor de presión

Los transductores de presión que utilizamos en el Banco de Bombas transforman una señal de 0 a 100 psi a una señal estándar de corriente de 4 a 20 mA. Generalmente un diafragma metálico fino en el cual están adheridos una serie de strain gages los cuales son pequeños conductores que producen una variación en la resistencia eléctrica en función de su deformación, la misma que es proporcional a la presión que se esta ejerciendo sobre el diafragma. Los strain gages requieren por lo tanto un voltaje de excitación para poder determinar la variación de voltaje de salida en función de la variación de su resistencia que es proporcional a la variación de presión.

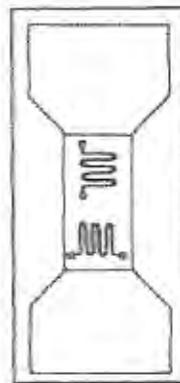


FIGURA 1.6 ESQUEMA DEL STRAIN GAGES

1.3.3.1.1. Descripción general

Los transductores de presión están instalados en la succión y en la descarga de las bombas. En la

descarga tenemos un transductor a la salida de la bomba y otro después de un codo, lo cual ayuda a verificar la caída de presión por el accesorio. Estos transductores están siendo excitados con una voltaje de 10 V CD proveniente de la tarjeta de pre-interfase. Lo que se obtiene como respuesta de esta excitación es un valor de corriente ubicado entre 4 a 20 mA. A pesar de que estos transductores están destinados a leer presiones positivas, se consulto al fabricante si estos transductores estaban en capacidad de leer presiones negativas ya que es el caso de la succión de la bomba. La respuesta que se obtuvo fue positiva, esto es, el diseño de los transductores permiten también leer presiones negativas.

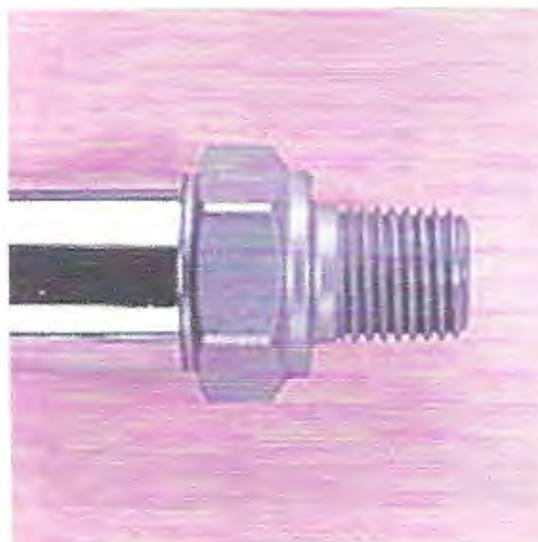


FIGURA 1.7 TRANSDUCTOR DE PRESIÓN

1.3.3.2. Transductor de fuerza

Una de las aplicaciones directas de los strain gages es para la medición de fuerza. Estos transductores son llamados celdas de carga, miden la deformación producida por la fuerza. De manera general, se montan algunos strain gages en una barra, y al someterse una fuerza a esta barra, los strain gages sufrirán la misma deformación. Generalmente, estos transductores se calibran para que la deformación sea directamente proporcional a la resistencia.



FIGURA 1.8 CELDA DE CARGA

1.3.3.2.1. Descripción general

Para obtener la eficiencia de las bombas, es necesario determinar la potencia mecánica de los motores eléctricos que las mueven. La potencia mecánica es igual al producto del torque por las RPM. El torque se lo encontrará multiplicando la fuerza " F " ejercida sobre la celda de carga por el motor basculante y la distancia " D " al eje del motor

Las celdas de carga están ubicadas a un costado de los motores, instaladas dentro de los dinamómetros que ya se encontraban en el banco



de bombas. Los cables respectivos de estas celdas de carga llegan a una bornera, que será la encargada de llevar esa señal hasta el módulo FP-AI-110 para su digitalización. Después de haber realizado un gran número de pruebas en el banco de bombas se determinó que el ruido y la corriente generada por el motor de la bomba no causan ninguna distorsión en la señal de la celda de carga. La lectura de la celda de carga está sujeta al movimiento del dinamómetro; por lo tanto, sólo moviendo el tornillo que posee el dinamómetro permitirá una adquisición correcta de esta señal, manteniendo siempre una perpendicularidad entre el eje del motor y el dinamómetro.

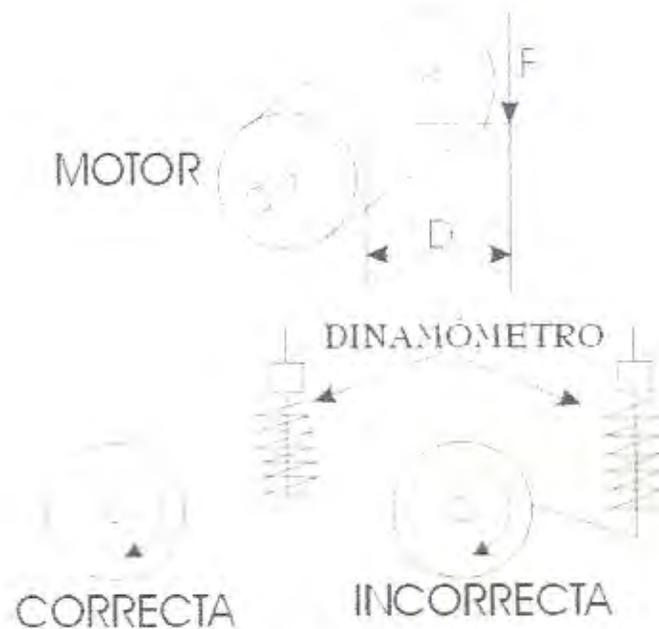


FIGURA 1.9 POSICIÓN DEL DINAMÓMETRO PARA LECTURA CORRECTA DE LA CELDA DE CARGA

1.3.3.3. Transductor y sensor de caudal

El transductor de caudal es un flujómetro tipo turbina, esto es, una turbina tipo rotor montada en la tubería por donde circula el fluido. La turbina es rotada por el paso del fluido, la velocidad de rotación es proporcional a la velocidad del fluido y esta es convertida en pulsos eléctricos por una bobina con una imán insertada en el interior de la tubería. Los alabes de la turbina pasan por el campo magnético generando un pulso en la bobina. El número de pulsos por unidad de tiempo es proporcional a la cantidad de flujo.

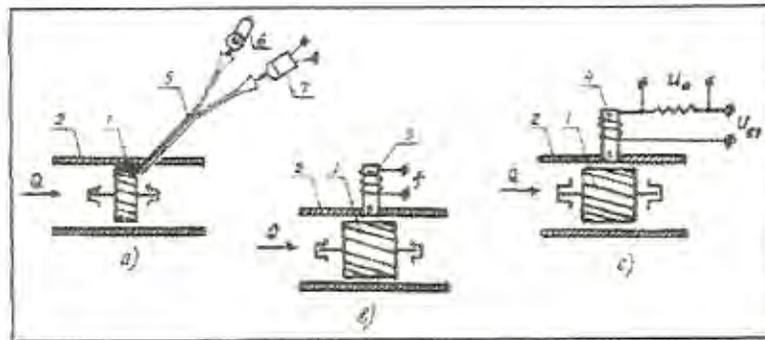


FIGURA 1.10 ESQUEMA DE LOS FLUJÓMETROS TIPO TURBINA

1.3.3.3.1. Descripción general

Los flujómetros con los que cuenta actualmente el banco de bombas son los mismos que tenía el equipo. Pero, sus señales fueron acondicionadas para que el módulo FP-CTR-500 pueda captarlas. El sensor de flujo (conjunto de imán y bobina) en el mejor de los casos generaba una señal diente de sierra. Esta señal fue amplificada a 10V CD y convertida en una señal cuadrada, lo primero con el objetivo de que el módulo FP-CTR-500 pueda captar esa señal y lo último para tener un mejor control de los pulsos. Los flujómetros fue necesario desmontarlos y desarmarlos para realizar una limpieza, ya que

el inicio de las pruebas no generaban el número de pulsos correctos.

1.3.3.4. Transductor y sensor de RPM

Para determinar las RPM del motor eléctrico, utilizamos un optocoplador, el cual nos genera una señal una señal cuadrada con una amplitud de 0 a 10V y frecuencia proporcional a la velocidad de rotación del eje del motor. Con el programa y una base de tiempo externa y confiable, nos es posible traducir esos pulsos a un valor de RPM.

1.3.3.4.1. Descripción general

El sistema de lectura de RPM esta constituido por:

- ✓ Un disco de dientes, que es él que indirectamente da el número de pulsos. Fue construido en las máquinas de control numérico que se encuentran en el laboratorio CAD-CAM de la facultad.
- ✓ El optocoplador y su circuito, encargado de generar la señal eléctrica. Este circuito es alimentado por la tarjeta pre-interfase.

- ✓ Y finalmente, la rutina del programa destinada a interpretar esos pulsos y convertirlos en RPM.

Todas las mediciones de RPM fueron verificadas por un tacómetro digital que se encuentra en el Laboratorio de Termofluidos (1).

(1) OCHOA GUSTAVO, “Diseño y construcción de un equipo interfase de señales para un sistema de adquisición de datos aplicado al banco de bombas centrífugas de Laboratorio de Termofluidos de la FIMCP “ (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2002)

CAPITULO 2

2. PROGRAMACIÓN DE RUTINAS PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS

2.1. ESQUEMA FUNCIONAL DE LA PROGRAMACIÓN

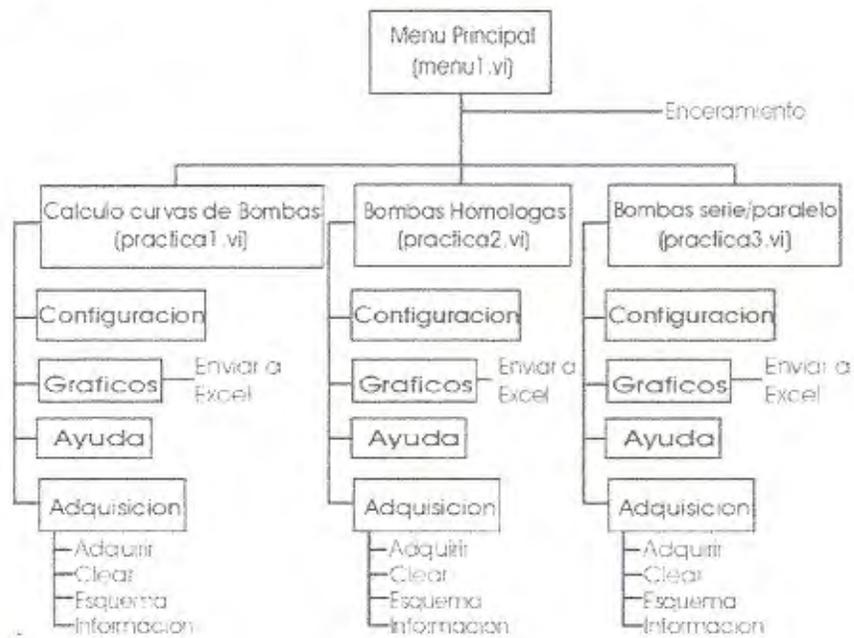


FIGURA 2.1 ESQUEMA DE LA PROGRAMACIÓN

Todas las rutinas del programa fueron dirigidas para realizar las prácticas ya antes mencionadas y que los estudiantes tengan todas las herramientas para ejecutarla: Adquirir datos, graficarlos, configurar los módulos e información sobre la práctica. El esquema (Figura 2.1) muestra como se encuentra dividido el programa y las opciones que posee.

2.2. RUTINAS Y SUBPROGRAMAS (SUB-VI'S) CREADOS

Para poder realizar la programación se crearon rutinas especiales para cada función que se deseaba realizar y para los problemas que se presentaban en el camino, otras rutinas ya existentes en Labview fueron modificadas para su utilización. A continuación se van a detallar las rutinas que fueron exclusivamente creadas para este programa y los objetivos por las que fueran creadas.

2.2.1. Programa de enceramiento de variables

Los transductores de presión y fuerza son muy sensibles a variaciones de temperatura, vibración y sobrecargas. Para poder asegurarnos que la primera lectura que se tome sea correcta, tomamos el primer dato como un cero relativo. A partir de ese cero relativo se tomarán lecturas que se considerarán válidas. Por ejemplo: Los transductores de presión tienen un rango de 0 a 100 psi equivalente a una escala de 4 a 20 mA. Esto quiere decir que para 0 psi tendremos 4 mA idealmente. Pero si al momento de

iniciar la lectura con las bombas apagadas (0 psi) tenemos un valor de corriente de 4.328 mA este valor deberá ser mi cero relativo. Esta es la razón por la cual se debió programar esta rutina, tomar todos los valores iniciales de presión y fuerza y almacenarlos en matrices para que sean considerados en cada operación del programa.

2.2.1.1. Rutina de adquisición de datos

En esta rutina inicial de adquisición tratamos de tomar todos los datos sin ningún orden en particular y con la mayor velocidad posible, sin distinción de ninguno de ellos. Se toman sólo los valores iniciales de los módulos FP-AI-110 y FP-AI-111 que son los que están conectados a los transductores de presión y celdas de carga; el módulo FP-CTR-500 no necesita ser encendido. Se inicia una sesión de comunicación con el módulo FP-1000 mediante las herramientas de Lab View.

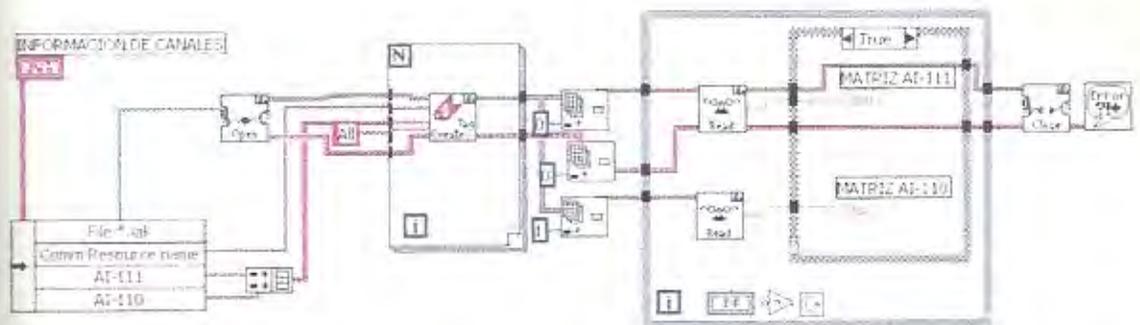


FIGURA 2.2 MUESTRA RUTINA PARA ENCERAMIENTO DE VARIABLES

2.2.1.2. Panel frontal: Descripción

En el panel frontal de este programa llamado “*cero.vi*”, encontraremos la siguiente información:

- ✓ Dirección del archivo del Field Point Explorer donde se encuentra almacenada toda la configuración de los canales y los módulos.
- ✓ La dirección de cada uno de los módulos.
- ✓ Los canales seleccionados para leer todas las variables del sistema.
- ✓ Las matrices que muestran los datos que se están adquiriendo en ese momento.
- ✓ Y por último el botón de finalizar la rutina, el mismo que hace regresar a la pantalla anterior.

INFORMACION DE CANALES				MATRIZ AI-111		MATRIZ AI-110	
File *.jak				0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Comni Resource name:				0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
CTR-500		AI-111		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Flujometro 1	Flujometro 2	B1-Succión	B2-Succión	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
B1-RPM	B2-RPM	B1-Descarga(A)	B2-Descarga(A)	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
AI-110		B1-Descarga(B)	B2-Descarga(B)	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
B1-Celda/	B2-Celda/			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,00	0,00						
		MED. FLUJO-NIVEL		0,00			

STOP

FIGURA 2.3 PANEL FRONTAL DEL ENCERAMIENTO DE VARIABLES

Es importante señalar que este programa es necesario ejecutarlo solamente una vez al iniciar una práctica y con las dos bombas apagadas, pero con la fuente de poder alimentando la tarjeta de pre-interfase. Si en algún momento se nota que alguna variable tiene valores demasiado altos esto indica que por alguna razón no existen lecturas correctas. Por lo tanto, no se pueden adquirir datos.

2.2.2. Programa para configuración de canales y módulos

Previniendo cualquier manipulación de los módulos y los canales que tiene el sistema, la configuración de los canales y módulos

permite redireccionar los módulos y los canales de acuerdo a la conveniencia del usuario del banco de bombas. Además este programa almacena las constantes de cada uno de los sensores, lo cual permitirá que si en algún momento se descalibra un sensor su nueva constante de calibración pueda ser ingresada al programa y no afecte a la adquisición de datos.

2.2.2.1. Rutina de posicionamiento de indicadores en pantalla

En este programa existen tres menús desplegables los cuales ayudarán a ingresar la información de los módulos y los diferentes transductores. Básicamente, se toma la información de un arreglo especial denominado *cluster* y se la presenta en el indicador, si se requiere una modificación de la información se la puede ingresar mediante teclado o usando el ratón del computador. Si se desea ir de un transductor a otro se da un clic sobre el menú desplegable y aparecerán los transductores correspondientes para cada bomba centrífuga.

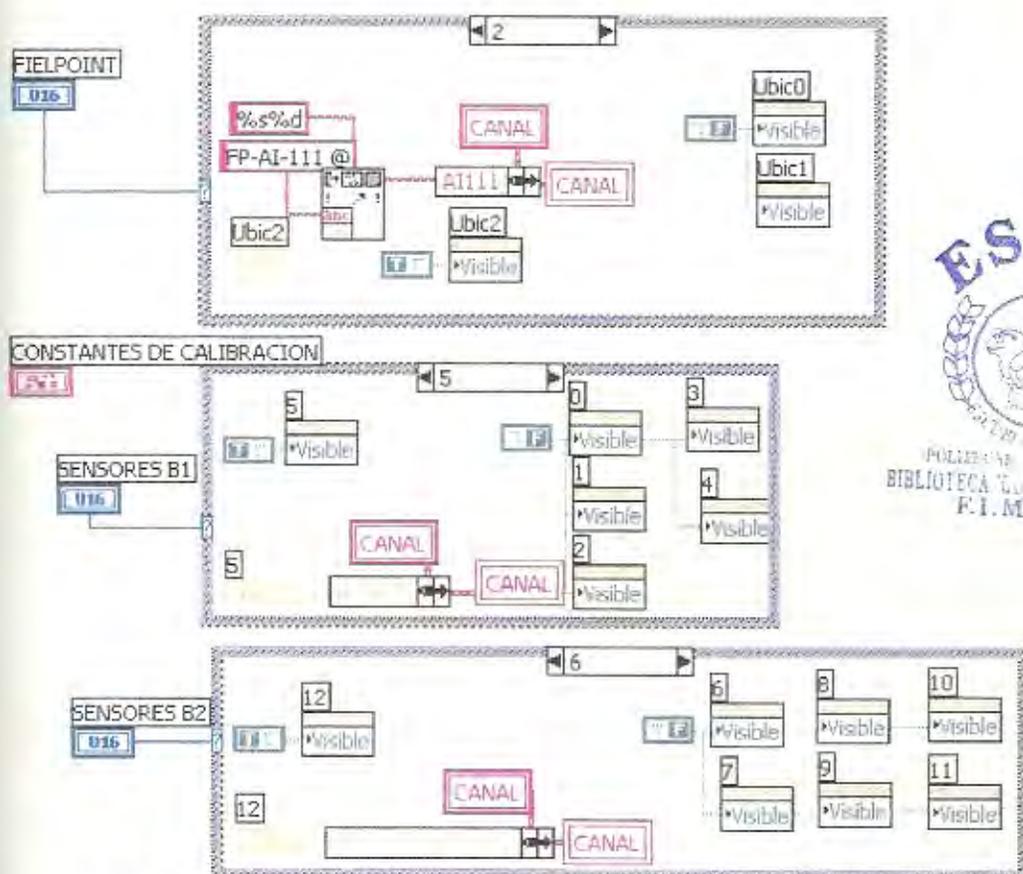


FIGURA 2.4 MUESTRA RUTINA DE POSICIONAMIENTO DE INDICADORES

2.2.2.2. Rutina de lectura de archivos de configuración

Toda la información referente a la configuración de este sistema será almacenada en un archivo con extensión cal, en estos archivos tenemos información referente a la configuración del programa. La importancia de mantener guardados estos datos es de no tener que ingresarlos cada vez y cuando se realice una práctica. En caso de que algún

usuario desee crear otra configuración todos los valores serán inicializados y deberán ser ingresados en el mismo formato para que el programa funcione normalmente.

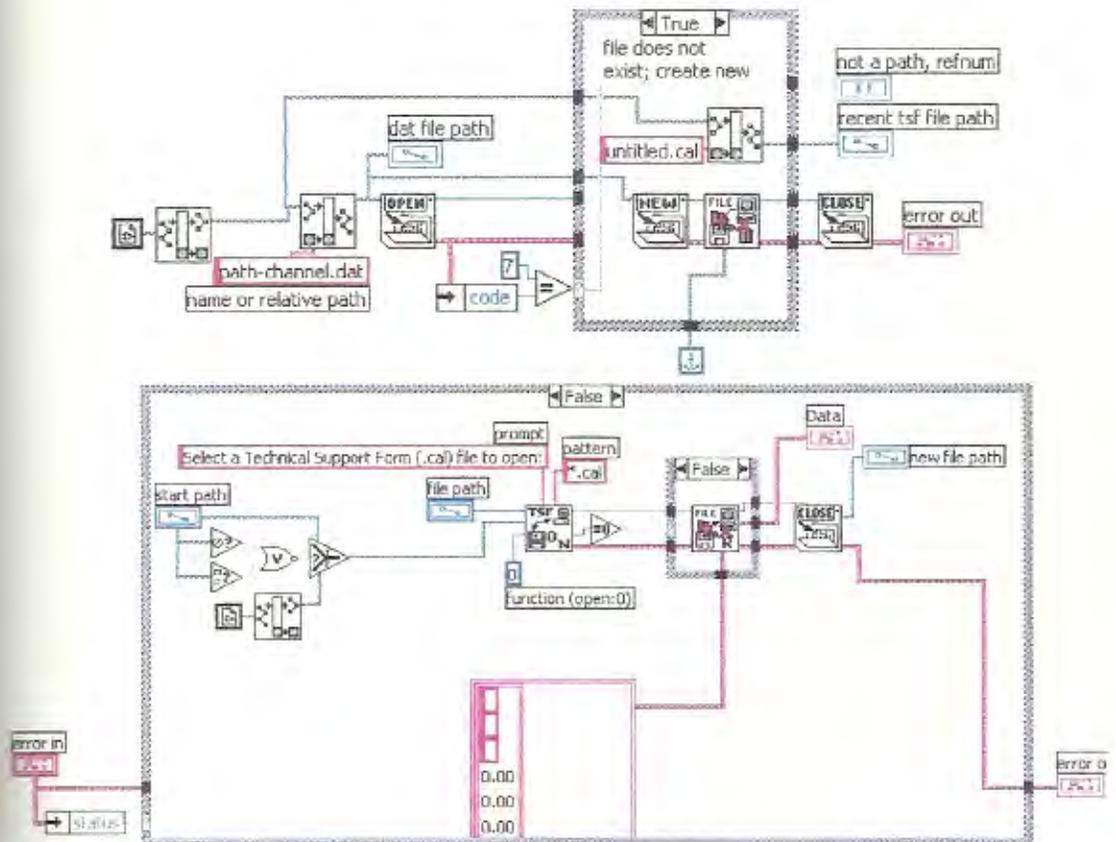


FIGURA 2.5 MUESTRA RUTINA DE LECTURA DE ARCHIVOS DE CONFIGURACIÓN

2.2.2.3. Rutina de distribución inicial de datos

Para iniciar una configuración de los canales se deben presentar inicialmente los datos ya almacenados en el archivo de configuración. En caso de no encontrarse este archivo, se debe de crear uno nuevo, caso contrario el programa no funcionará correctamente.

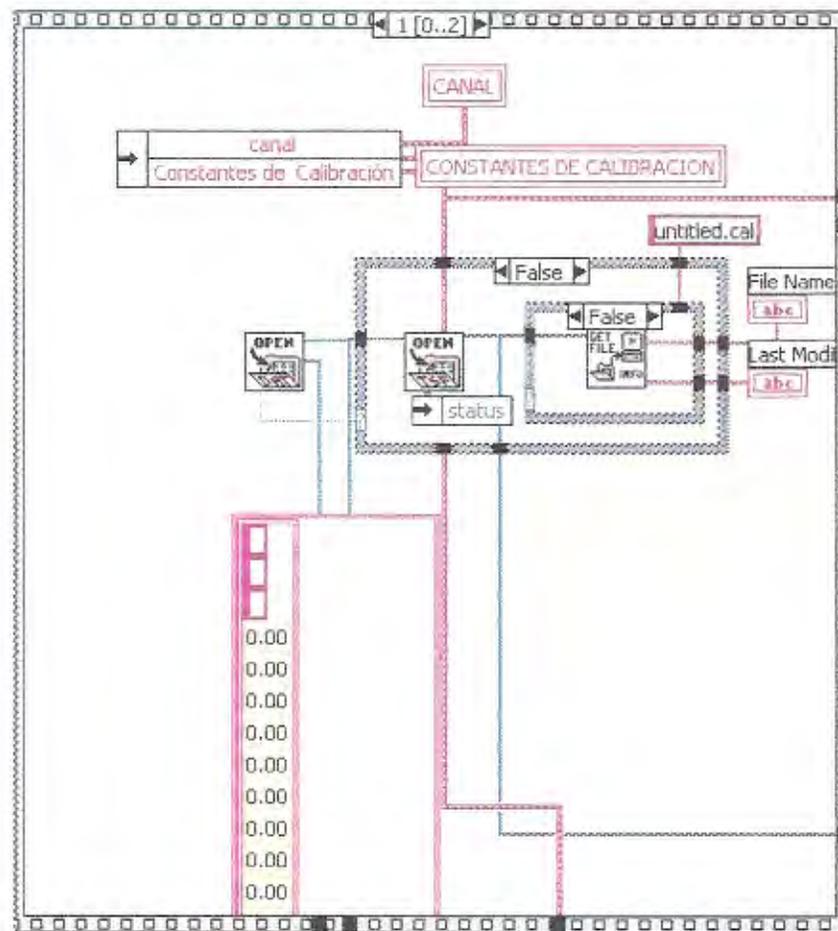


FIGURA 2.6 MUESTRA RUTINA DE DISTRIBUCIÓN INICIAL DE DATOS

2.2.2.4. Rutina de distribución y presentación de datos

Una vez que la información ha sido extraída del archivo debe ser distribuida y presentada en los indicadores. La información esta contenida dentro de los cluster y se debió crear una rutina especial para que extrajera la información y se ha distribuida y presentada.

2.2.2.5. Panel frontal: Descripción

Nuevamente en el panel frontal de este programa encontraremos:

- ✓ La dirección del archivo del Field Point Explorer donde se encuentra almacenada toda la configuración de los canales y los módulos, la dirección de cada uno de los módulos, los canales seleccionados para leer todas las variables del sistema
- ✓ Los menús desplegables que contienen las variables de cada una de las bombas
- ✓ Un arreglo especial que contiene todas la información de cada uno de los transductores
- ✓ Indicadores que muestran el nombre del archivo actual y su ultima modificación

- ✓ Un botón que me permite en cualquier momento cambiar el archivo "nombre.iak", se debe tener en cuenta que se puede realizar este cambio siempre y cuando el archivo iak tenga la configuración prevista para el sistema del banco de bombas.

Es de mucha importancia que a la hora de ingresar toda esta información de texto correspondiente a las direcciones de archivos, módulos, canales, constantes de calibración, ecuaciones, se cumpla con todos los requerimientos del formato de escritura para que el programa los pueda interpretar. Por ejemplo, cuando ingrese el texto para "Comm resource name" sería un error ingresarlo así: **FP Res**, si lo hace de esta manera el programa simplemente no funcionará correctamente. Tendría que escribirlo así: **FP Res**. Cualquier otro error de este tipo como espacios en blanco, puntuaciones, símbolos, etc., dejaría al programa en la absoluta ineficiencia, pues, a pesar de que el programa se sigue ejecutando no hará ninguna sesión de adquisición. De ahí, la sugerencia que una vez creado un archivo de configuración se utilice siempre el mismo y si existe una modificación que se la haga con precaución. Y en caso de crear un archivo nuevo de configuración

hacerlo bajo la referencia de un archivo anterior que haya funcionado al 100%.

FIGURA 2.7 PANEL FRONTAL DEL PROGRAMA DE CONFIGURACIÓN DE CANALES

2.2.3. Programa para Adquirir Datos

En esta parte del programa es donde se va a encontrar la adquisición propiamente dicha. En la parte inicial se realizó una introducción con el objetivo de que se realice de una mejor manera la adquisición y en la parte final es una presentación de datos y

resultados. La diferencia entre esta adquisición y la que se realizó en el encerramiento de las variables, es que en esta es muy importante la rapidez con la que se adquieren los datos para lo cual se deben de elegir los canales estrictamente necesarios para leer las diferentes variables.

2.2.3.1. Rutina para medición de RPM y Caudal

La medición de RPM y caudal va a ser obtenida en base a un tiempo de referencia el cual se obtiene de un reloj electrónico que da una señal discreta de 0 a 10 V en periodos que pueden ser variados por las resistencias que contiene el mismo. Se realizaron pruebas para fijar que tiempo da un mejor resultado de estas variables, ya que mucho tiempo de espera vuelve lento el proceso pero más exacto, y un tiempo muy pequeño da lecturas inestables. El tiempo de referencia final quedó establecido en 4.31 s; esto quiere decir, que cada 4.31 segundos tendremos una lectura correspondiente a RPM y caudal. Una parte de este tiempo esta dedicada al conteo de los pulsos generados: aproximadamente 2.5 s, y el tiempo restante es para que la computadora haga todas sus operaciones. Todo este procedimiento se debe de recordar que es a causa de que no

se cuenta con un tiempo de referencia estable en la computadora, y se tuvo que recurrir a una referencia externa. Por lo tanto; a la hora de adquirir datos del banco de bombas se debe esperar un tiempo prudencial para que el dato de RPM y caudal sea el correcto.

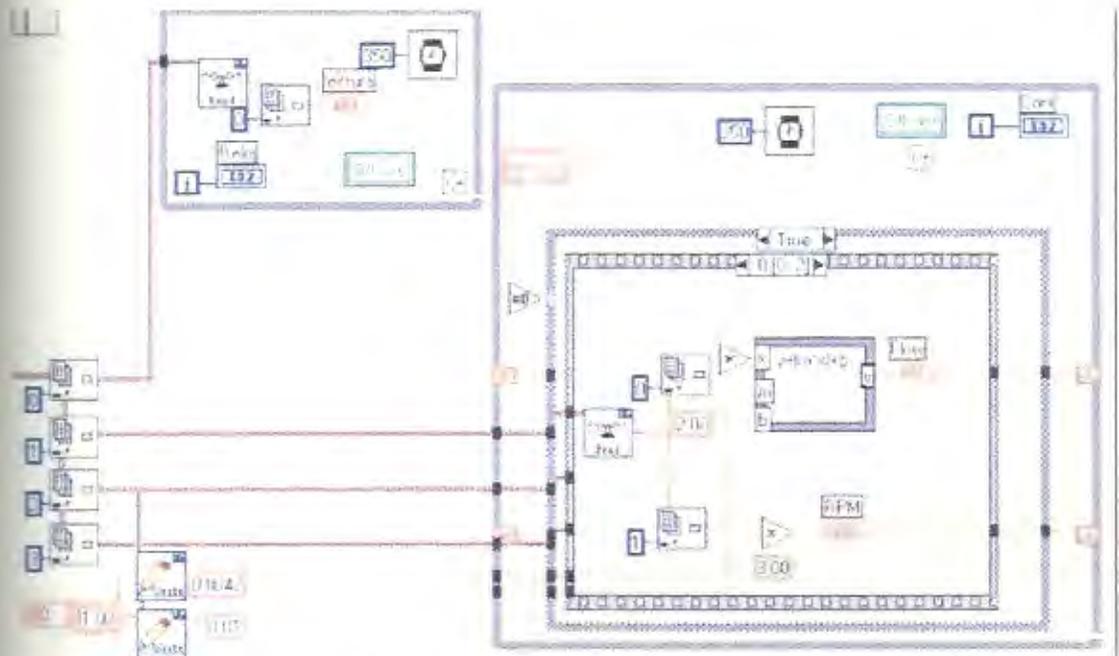


FIGURA 2.8 MUESTRA RUTINA DE MEDICIÓN DE RPM Y CAUDAL

2.2.3.2. Rutina para adquirir datos de presión y fuerza

La presión y la fuerza son datos provenientes de los módulos FP-AI-111 y FP-AI-110 respectivamente. En principio se programó una sesión de adquisición para cada variable del sistema, pero al ser demasiadas las variables del sistema el programa se ponía muy lento. Después se optó por leer un “canal virtual” de cada módulo el cual

2.2.3.3. Rutina para almacenamiento de datos

Todos los datos serán ingresados a una matriz que contiene el número de columnas igual al número de variables existentes, y con un número de filas indeterminado, lo que permite almacenar un número infinito de datos (entre más puntos se tengan, mejor es la curva). Cada vez que las variables cumplan con todas las tendencias que deben cumplir, sólo ahí esos datos deberán ser llevados a la matriz de resultado, dando un clic en el botón de "ADQUIRIR". Esta opción en particular de almacenar datos fue elegida porque en algunas circunstancias las variables del proceso que no se apegaban a la realidad. Por ejemplo, cuando se cierra la válvula de descarga de la bomba para un régimen constante de esta, la presión no se mantiene y empieza a disminuir, a causa de malos empaques y filtraciones en las juntas.

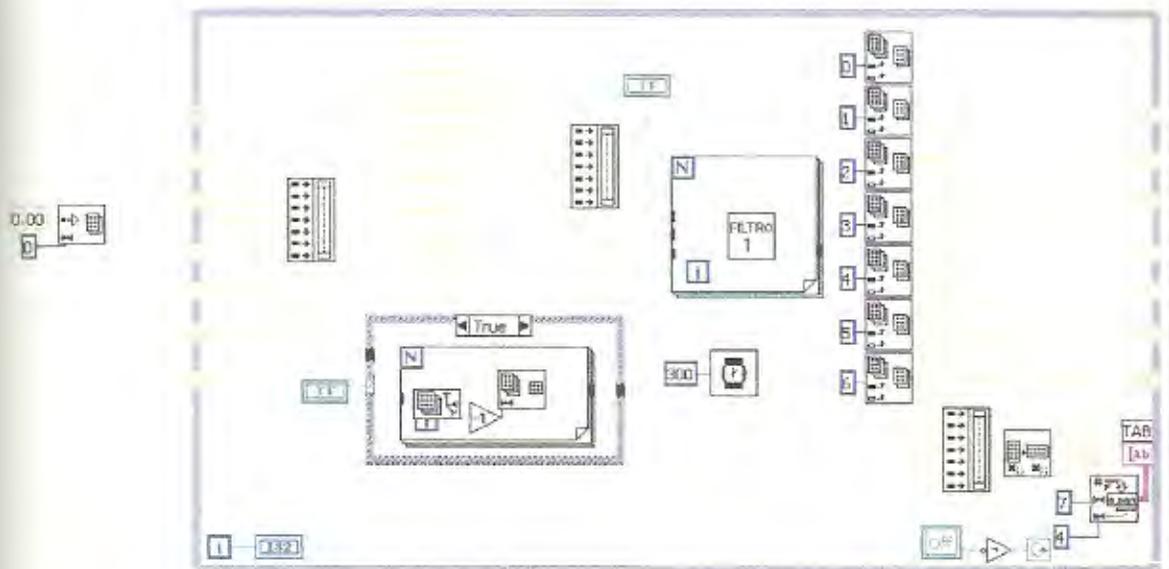


FIGURA 2.10 MUESTRA RUTINA DE ALMACENAMIENTO DE DATOS

2.2.3.4. Rutina para configuración de canales, constantes de calibración

Esta rutina esta destinada exclusivamente para inicializar el procedimiento de adquisición. Lo hace enviando toda la información del archivo de configuración hacia cada una de las herramientas que realiza la sesión de comunicación con los módulos. Además también traslada información que se utiliza en la presentación gráfica del programa. Si no existiera esta rutina pequeña habría que crear un programa para cada bomba en cada práctica, ahora sólo

hay un programa que es utilizado en repetidas ocasiones conteniendo diferente información.

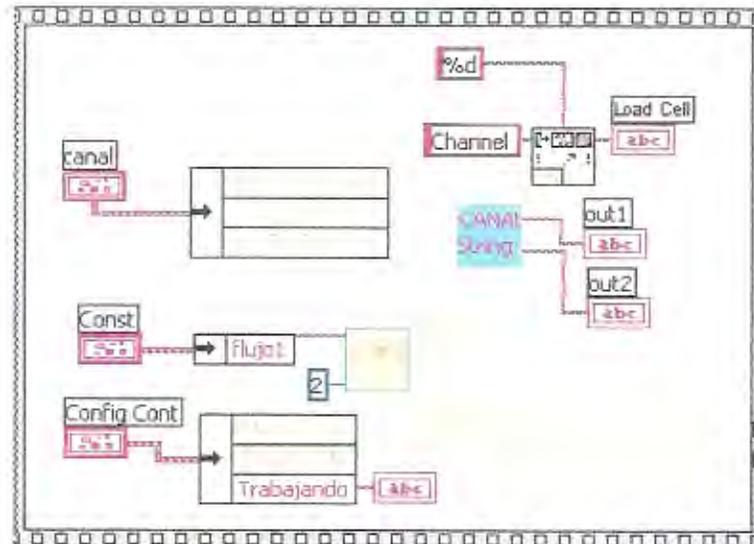


FIGURA 2.11 MUESTRA RUTINA DE CONFIGURACIÓN DE CANALES Y CONSTANTES DE CALIBRACIÓN

2.2.3.5. Rutina de ayuda, información

En algún momento de la práctica cuando el usuario requiera ayuda sobre el programa o información sobre el procedimiento de la práctica, esta rutina proporcionará el texto con todo lo necesario.

2.2.4. Programa para presentación final de datos

Una vez que tenemos todos los datos adquiridos correctamente, se creó un programa adicional para la presentación adecuada de datos

y una rutina de operaciones matemáticas para calcular resultados, con el objetivo de que se cumplan todos los pasos de una práctica en el banco de bombas.

En esta ventana tenemos:

- ✓ Tablas que presentan los datos adquiridos y los resultados de cada una de las bombas.
- ✓ Un gráfico x-y donde presentamos la curva de *cabezal* versus *caudal*.
- ✓ Un gráfico x-y donde presentamos la curva de *potencia mecánica* versus *caudal*.
- ✓ Un gráfico x-y donde presentamos la curva de *eficiencia* versus *caudal*.

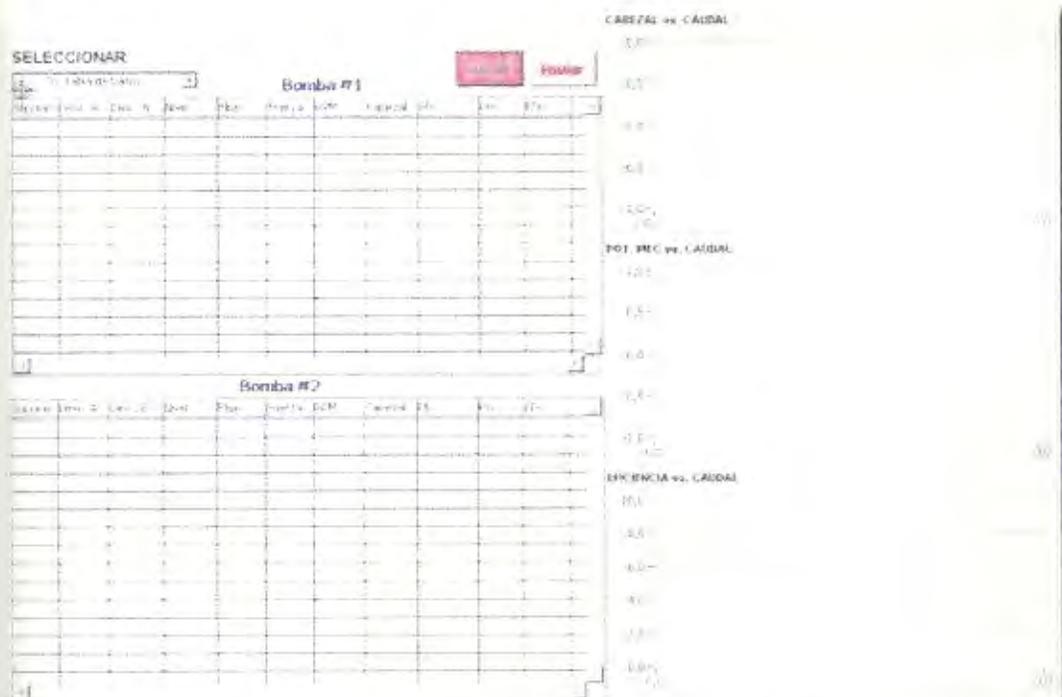


FIGURA 2.12 PANEL FRONTAL DEL PROGRAMA DE PRESENTACIÓN FINAL DE DATOS

2.2.4.1. Rutinas de operación matemáticas de datos

La matriz de datos adquiridos puede contener como máximo 7 columnas y un número infinito de filas, para poder realizar una representación gráfica de modo que los estudiantes puedan apreciar las diferentes curvas de la bomba apenas haya concluido la práctica, esta rutina que calcula de manera inmediata: cabezal total, potencia hidráulica, potencia mecánica, eficiencia. Todo esta información es trasladada a los gráficos x-y para una mejor presentación.

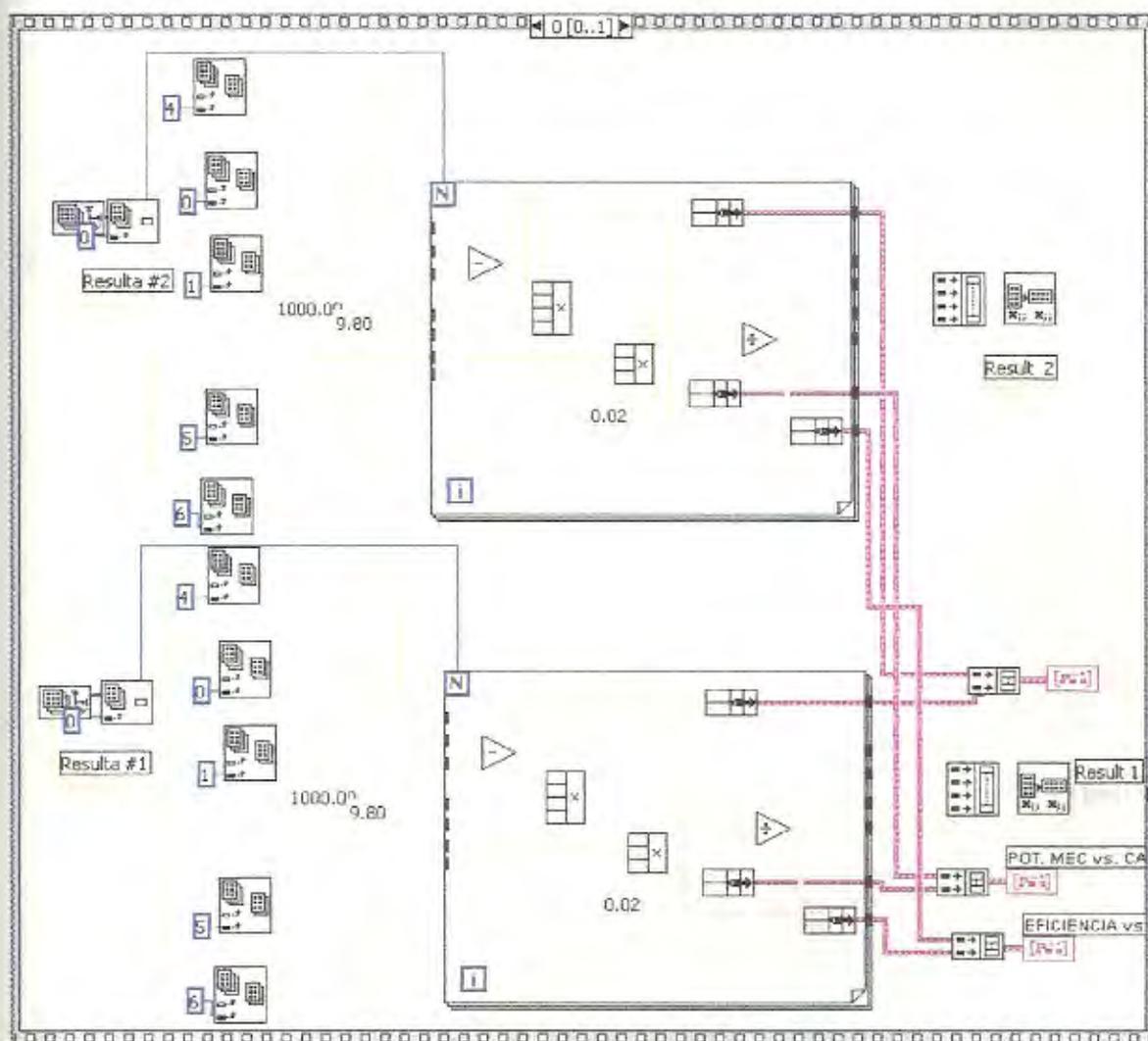


FIGURA 2.13 MUESTRA RUTINA DE OPERACIÓN MATEMÁTICA DE DATOS

2.2.4.2. Rutina para exportar datos a Excel

Después de haber adquirido una cantidad muy grande de datos y para facilitar el manejo de información, los estudiantes tendrán la opción de exportar los datos a una

hoja electrónica universal como Excel. Para después ser grabado en diskette o enviado por correo electrónico para análisis posteriores de cada una de las variables.

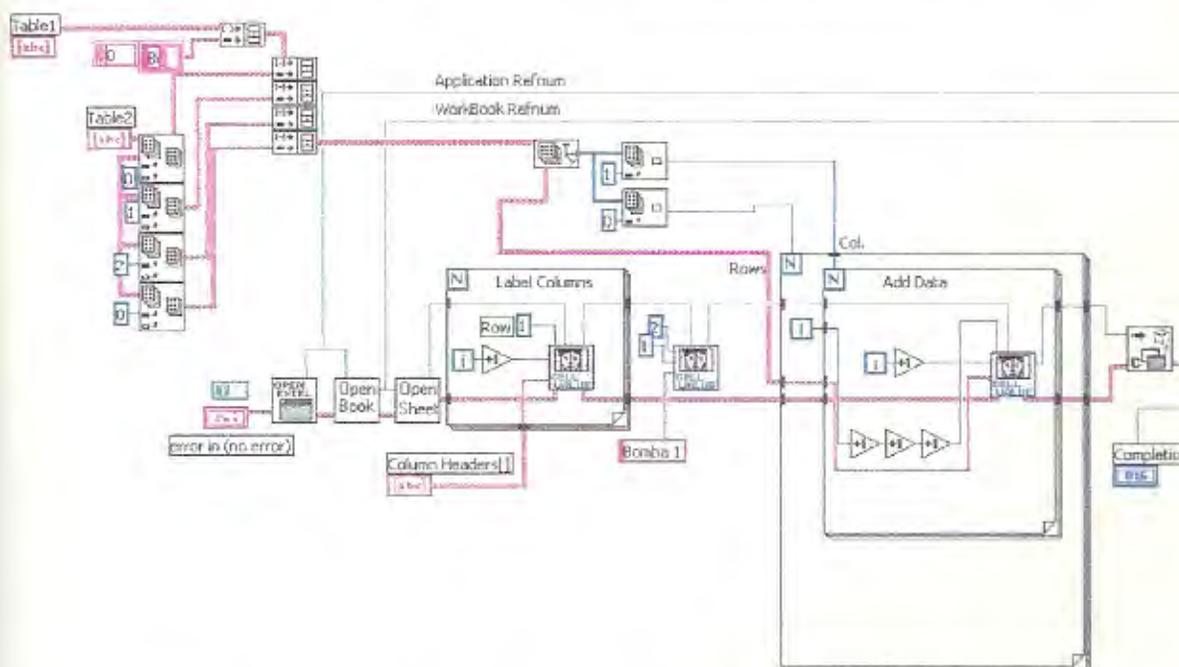


FIGURA 2.14 MUESTRA RUTINA PARA EXPORTAR DATOS A EXCEL

2.2.4.3. Rutinas de presentación gráfica

Para poder apreciar de una manera más detallada cada una de las curvas que se obtienen en el programa, se las puede presentar a cada una de las curvas ocupando toda la pantalla de manera independiente o si se prefiere se podrá observar las tablas de datos y resultados junto con todas las gráficas. Para ello el usuario debe dar un click en el indicador y él mostrará las opciones que existen.

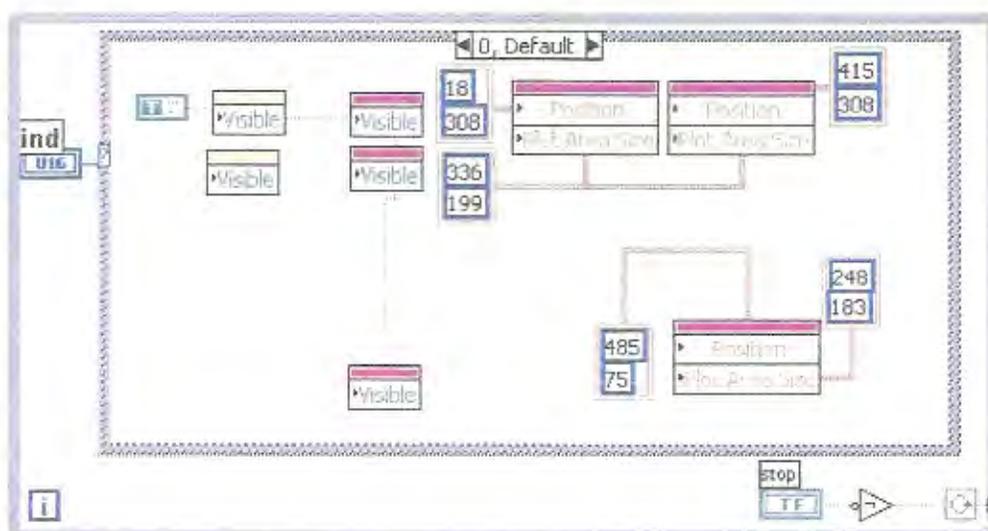


FIGURA 2.15 MUESTRA RUTINA PARA PRESENTACIÓN GRÁFICA

2.2.5. Rutinas y subprogramas utilizados

Existe una lista numerosa de sub-vi secundarios que han sido creados para diferentes objetivos, describirlos y explicarlos uno por uno resultaría demasiado extenso, por esta razón solo se los nombrará y se dirá en pocas palabras que es lo que hacen.

- ✓ *More Information:* Almacena la ayuda de texto para después ser presentada.
- ✓ *Filtro:* Esta rutina es la encargada de actualizar la matriz de datos cada vez que oprime el botón de adquisición.
- ✓ *FP Open:* Inicia la sesión de adquisición de datos con el Field Point Explorer.

- ✓ *FP Create Tag:* Después de que el FP Open encuentra el archivo que contiene la información del Field Point, FP Create Tag se comunica con los canales que el programa le indique.
- ✓ *FP Advice o FP Read:* Son las rutinas que al ser ejecutadas toman el valor del canal y lo presentan en pantalla en un arreglo.
- ✓ *FP Close:* Es el encargado de cerrar la comunicación con los módulos.
- ✓ *Source:* Es una rutina que realiza exclusivamente operaciones matemáticas para convertir los valores de los módulos (mA, mV, V) en presión, fuerza y RPM.
- ✓ *Extract number:* Se ingresa una ecuación (texto) a este sub-vi y extrae las partes de texto numéricas de la ecuación y los convierte en número.
- ✓ *General Polinomial:* Crea una línea de tendencia en cada uno de los gráficos que se van a formando en la pantalla del programa.
- ✓ *Convert Array:* Los arreglos numéricos los convierte en arreglos de texto para exportarlos a Excel.

CAPITULO 3

3. PRÁCTICAS REALIZADAS EN EL BANCO DE BOMBAS

3.1.BOMBAS HOMÓLOGAS

3.1.1. Descripción de la práctica

El objetivo de la práctica es predecir el funcionamiento de una bomba geoméricamente y dinámicamente similar a otra de características conocidas y comparar los resultados teóricos con los obtenidos experimentalmente.

Esta práctica tiene el siguiente procedimiento experimental:

1. Encienda la fuente de poder que alimenta la tarjeta de interfase y los equipos de adquisición de datos.
2. Ejecute el programa en la práctica que se denomina: "Bombas Homólogas".

3. Asegúrese de que la configuración correspondiente de los módulos, constantes de los transductores, dirección de los canales sea la correcta.
4. Proceda al programa de adquisición de datos.
5. Poner las válvulas en posición de trabajo de la bomba #1.
6. Incrementar suavemente la velocidad de la bomba #1 hasta 2000 RPM.
7. El caudal se regula mediante la válvula de descarga y, para cada posición de esta, controle que la velocidad se mantenga constante. Adquirir lectura de las variables para cada posición de la válvula de descarga haciendo clic en el botón de adquirir. El programa está diseñado para adquirir las lecturas que el usuario considere necesarias.
8. Cebear la bomba #2 usando la bomba #1.
9. Poner las válvulas en la posición de trabajo de la bomba #2 y apagar la bomba #1.
10. Incrementar suavemente la velocidad de la bomba #2 hasta 2500 RPM.
11. El caudal se regula mediante la válvula de descarga y, para cada posición de esta, controle que la velocidad se mantenga constante. Adquirir lectura de las variables para cada posición de la válvula de descarga.

Al terminar ya de adquirir datos, el programa realiza cálculos para hallar: Cabezal total, Potencia Mecánica, Potencia hidráulica y Eficiencia, utilizando las siguientes fórmulas:

✓ *Cabezal Total*

$$H_T = H_{DES} - H_{SUC} \text{ (mH}_2\text{O)}$$

Donde: H_{DES} : Cabezal de descarga

H_{SUC} : Cabezal de succión

✓ *Potencia hidráulica*

$$P_H = H_T * m * g \text{ (watt)}$$

$$m = \dot{v} * \rho \text{ (kg / s)}$$

Donde: \dot{v} : flujo volumétrico (lt / s)

g : aceleración de la gravedad (m/s^2)

ρ : densidad del agua (kg/m^3)

✓ *Potencia mecánica*

$$P_M = T * \omega = 2\pi * RPM * T / 60 \text{ (watt)}$$

$$T = 0.165 * F$$

Donde: F = fuerza ejercida en el dinamómetro (N)

✓ *Eficiencia total de la bomba*

$$\eta = P_H / P_M$$

Usando los resultados obtenidos para la bomba #2 (modelo), y mediante los grupos adimensionales, se estima los parámetros de Cabezal total, flujo, potencia mecánica y eficiencia para la bomba #1 trabajando a 2000 RPM.

3.1.2. Panel Frontal

El panel frontal consta de las siguientes partes:

1. Un gráfico que presenta las diferentes variables del sistema y las fluctuaciones que estas sufren a través del tiempo:

Variables	Color de Identificación
Succión	Rojo
Descarga-A	Azul
Descarga-B	Verde
Nivel	Celeste
Flujo	Amarillo
Fuerza	Violeta
RPM	Negro

Este indicador gráfico es importante porque permite verificar la tendencia que deben seguir cada una de las variables a través de la práctica.

2. Indicadores para cada una las variables: manómetro de succión, manómetros de descarga, indicador de flujo, fuerza, RPM, tabla de datos.

3. Un botón de adquisición el cual al ser accionado permite que los datos que se están leyendo en ese momento sean almacenados en la tabla de datos.
4. Un botón "CLEAR" el cual elimina la última fila de datos que sea ha adquirido en caso de que la misma no cumpla con las condiciones adecuadas.
5. Un botón "ESQUEMA" el cual al ser activado llama a un subvi que mostrará en pantalla un esquema del banco de bombas y las variables que se están midiendo en ese momento.
6. Un botón que permite visualizar la tabla de datos, o gráficos que muestran como se van formando las diferentes curvas que se esperan obtener.

3.1.3. Resultados

Las dos primeras tablas muestran los datos que se han adquirido tanto en la bomba #1 como en la bomba #2 y los resultados de los cálculos de cabezal, potencia hidráulica, potencia mecánica y la eficiencia de las dos bombas. La tercer tabla muestra la estimación de la bomba #1 basada en los datos de la bomba #2.

TABLA 9
DATOS Y CÁLCULOS DE LA BOMBA #1 EN LA PRÁCTICA DE BOMBAS HOMÓLOGAS

BOMBA 1						
Cabezal(m H₂O)	Caudal (lt/s).	Fuerza (N)	RPM	Ph (watt)	Pm(watt)	Eficiencia ex
2.379	3.8182	14.349	2025	89.012	502.07	0.18
2.743	3.8077	14.332	2028.8	102.351	502.40	0.20
3.307	3.7972	14.315	2028.8	123.073	501.80	0.25
4.283	3.7762	14.204	2032.5	158.504	498.82	0.32
5.972	3.6292	13.904	2036.3	212.404	489.19	0.43
8.402	3.2302	13.621	2047.5	265.970	481.89	0.55
10.201	2.8942	13.450	2058.8	289.320	478.44	0.60
12.365	2.1907	12.919	2070	265.464	462.06	0.57
13.221	1.6447	11.993	2096.3	213.095	434.41	0.49
13.603	1.2457	11.385	2103.8	166.067	413.85	0.40
13.528	1.1932	11.942	2092.5	158.190	431.77	0.37
13.466	1.0987	11.548	2100	144.997	419.02	0.35
14.327	-0.0143	10.349	2148.8	-2.008	384.22	-0.01

TABLA 10
 DATOS Y CÁLCULOS DE LA BOMBA #2 EN LA PRÁCTICA DE BOMBAS
 HOMÓLOGAS

BOMBA 2						
Cabezal(m H ₂ O)	Caudal (lt/s)	Fuerza (N)	RPM	Ph (watt)	Pm(watt)	Eficiencia
1.319	2.273	6.442	3004	29.384	334.355	0.088
1.445	2.273	6.459	3004	32.189	335.244	0.096
1.504	2.273	6.399	3004	33.501	332.132	0.101
1.661	2.273	6.382	3004	36.992	331.243	0.112
2.299	2.273	6.416	3000	51.204	332.605	0.154
3.875	2.242	6.297	2996	85.142	325.980	0.261
6.274	2.109	6.211	3000	129.656	321.948	0.403
8.074	1.893	5.645	3011	149.821	293.737	0.510
9.919	1.709	5.294	3026	166.116	276.834	0.600
12.402	1.299	4.557	3049	157.872	240.082	0.658
14.046	0.950	3.881	3071	130.820	205.939	0.635
14.830	0.725	3.341	3090	105.350	178.381	0.591
15.745	-0.013	2.202	3135	-2.021	119.261	-0.017

TABLA 11
 RESULTADOS DE LA PRÁCTICA DE BOMBAS HOMÓLOGAS

RESULTADOS			
Q estimado	Ht estimado	Pm. Estimada	Efic. estimada
4.081	1.152	524.233	0.088
4.088	1.267	528.553	0.096
4.088	1.318	523.646	0.101
4.096	1.461	525.146	0.112
4.108	2.035	532.221	0.154
4.080	3.477	532.307	0.261
3.854	5.677	532.434	0.403
3.466	7.331	488.273	0.510
3.153	9.144	470.834	0.600
2.387	11.346	403.655	0.658
1.725	12.527	333.291	0.635
1.312	13.160	286.527	0.591
-0.024	14.212	196.506	-0.017

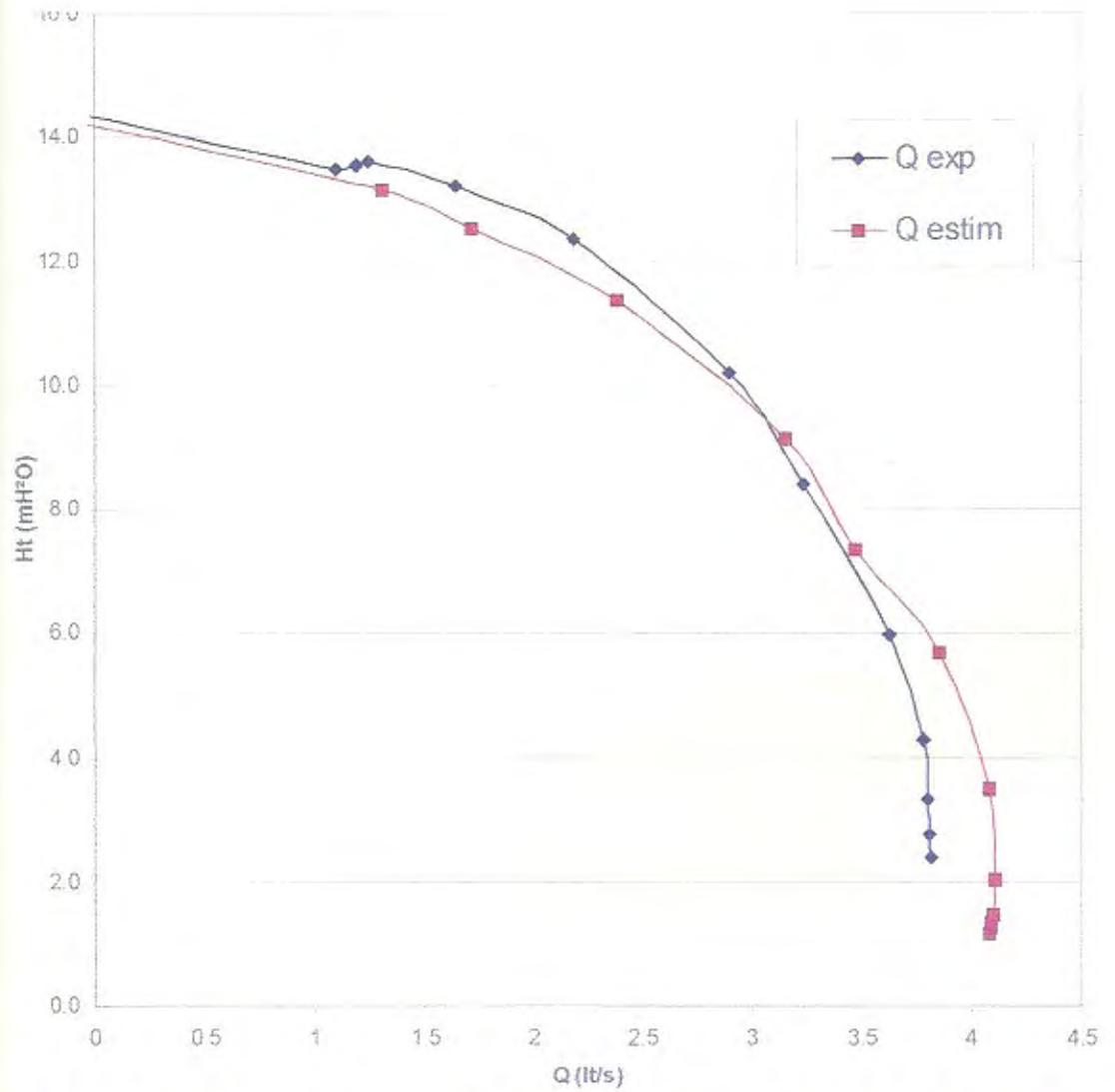


FIGURA 3.2 GRÁFICO CABEZAL VS. CAUDAL (PRÁCTICA DE BOMBAS HOMÓLOGAS)

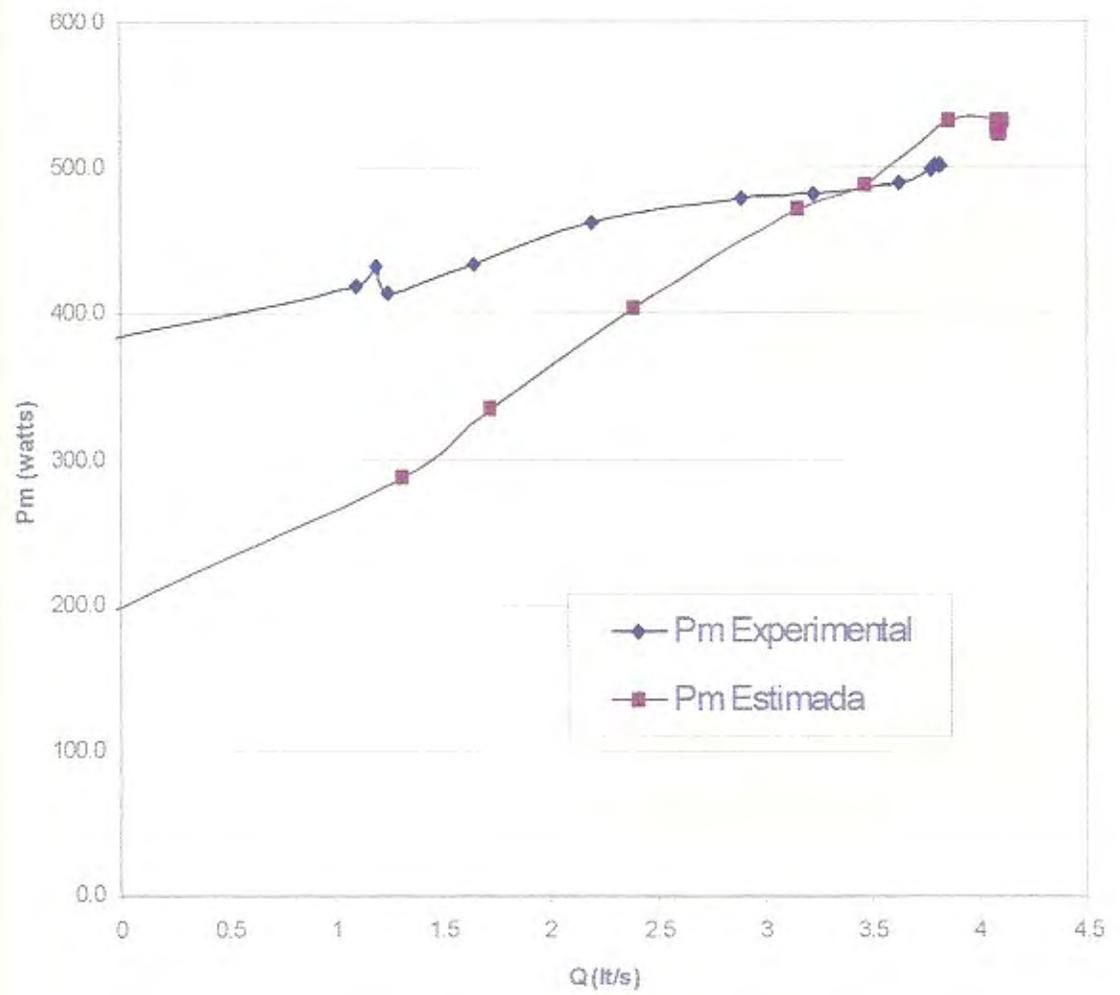


FIGURA 3.3 GRÁFICO POTENCIA MECÁNICA VS. CAUDAL
(PRÁCTICA DE BOMBAS HOMÓLOGAS)

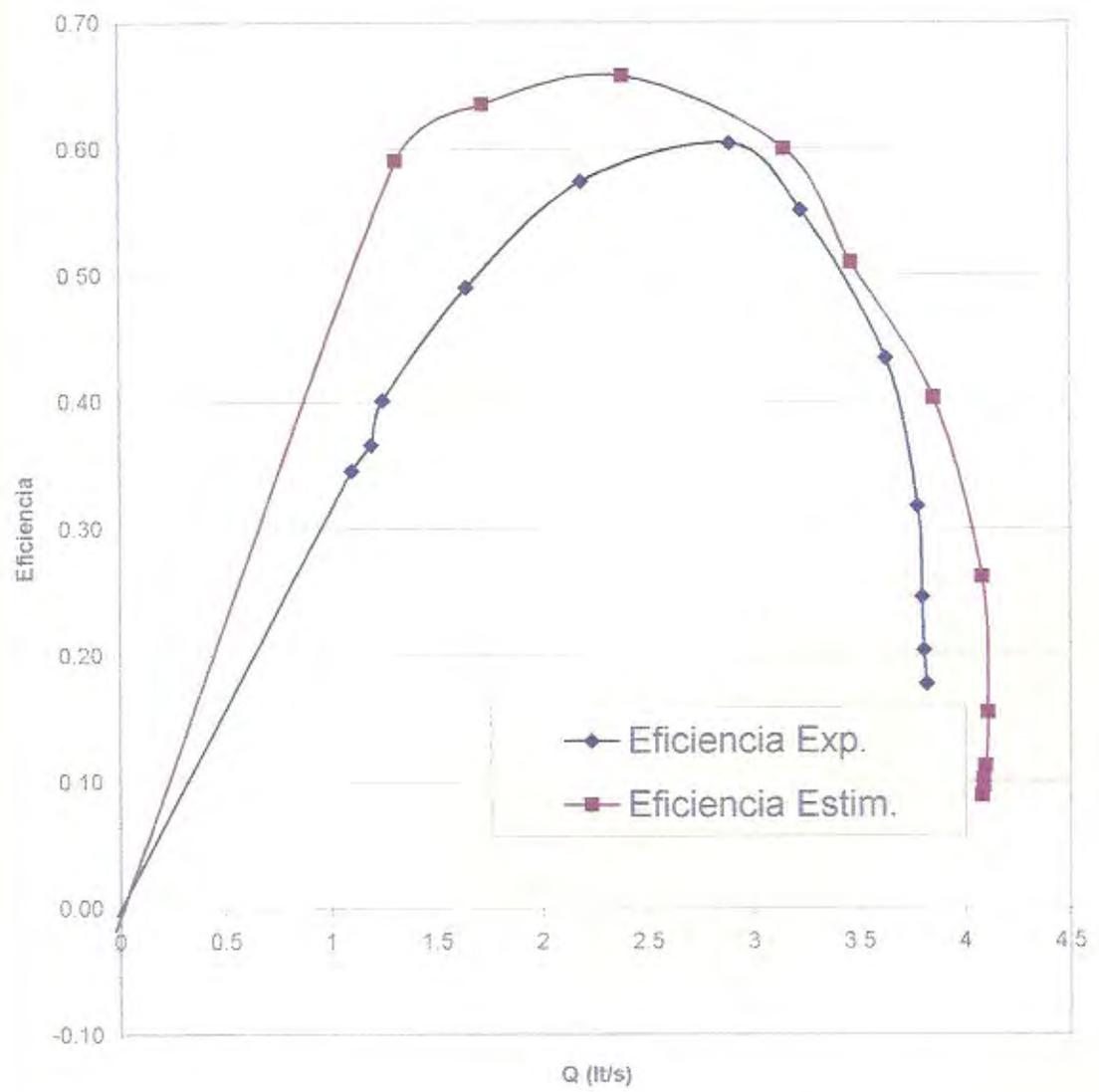


FIGURA 3.4 GRÁFICO EFICIENCIA VS. CAUDAL (PRÁCTICA DE BOMBAS HOMÓLOGAS)

3.2. BOMBAS EN SERIE Y PARALELO

3.2.1. Descripción de la práctica

Con esta práctica se busca determinar y comparar las características de operación de bombas trabajando en serie o paralelo. El procedimiento que se debe seguir para la siguiente práctica es el siguiente:

1. Encender la fuente de poder de la tarjeta de pre-interfase y de los equipos de adquisición de datos.
2. Ejecutar el programa de adquisición de datos en la parte correspondiente a esta práctica (Bombas en Serie y Paralelo)
3. Verificar la configuración correspondiente de los módulos, constantes de los transductores, dirección de los canales.
4. Proceda al programa de adquisición de datos

Operación en serie:

5. Incremente suavemente la velocidad de la bomba #1 hasta 2500 RPM aproximadamente.
6. Colocar la válvula en posición de trabajo para conexión en serie.
7. Incremente suavemente la velocidad de la bomba #2 hasta 1800 RPM
8. El caudal se regula mediante la válvula de descarga de la bomba #2 y para cada posición de esta controle que la velocidad

de la bomba se mantenga constante. Y se adquiere datos con el botón "ADQUISICIÓN" para cada posición de la válvula de descarga.

Operación en paralelo:

5. Cerrar la bomba #2 mediante la bomba #1
6. Poner a funcionar las dos bombas en forma simultánea hasta 1500 RPM.
7. Colocar la válvula en posición de paralelo e incrementar las velocidades de la bomba #1 y #2 hasta 2500 RPM y 1800 RPM respectivamente.
8. El caudal se regula mediante la válvula de descarga de la bomba #2 y para cada posición de esta controle que la velocidad de la bomba se mantenga constante. Y se adquiere datos con el botón "ADQUISICIÓN" para cada posición de la válvula de descarga.

El número de lecturas que se adquieran deben determinarse por el usuario, esto se puede apreciar por la forma que van tomando las diferentes curvas.

3.2.2. Panel Frontal

La pantalla de presentación de este programa consta de las siguientes partes:

- ✓ Un gráfico con las variables del sistema versus tiempo.

<i>Variables</i>	<i>Color de Identificación</i>
Succión del sistema en paralelo	Rojo
Descarga del sistema en paralelo	Verde
Nivel	Celeste
Flujo del sistema en paralelo	Amarillo

- ✓ Indicadores para cada una las variables: manómetro de succión, manómetros de descarga, indicador de flujo, RPM y tabla de datos.
- ✓ Botón de adquisición: al ser accionado permite que los datos que se están leyendo en ese momento sean almacenados en la tabla de datos.
- ✓ Botón "CLEAR": elimina la última fila de datos que sea ha adquirido en caso de que la misma no cumpla con las tendencias que se espera.
- ✓ Botón "ESQUEMA": al ser activado llama a una sub-vi que mostrará en pantalla un esquema del banco de bombas y las variables que se están midiendo en ese momento.
- ✓ Un botón que permite visualizar la tabla de datos o gráficos que muestran como se van formando las diferentes curvas que se esperan obtener.

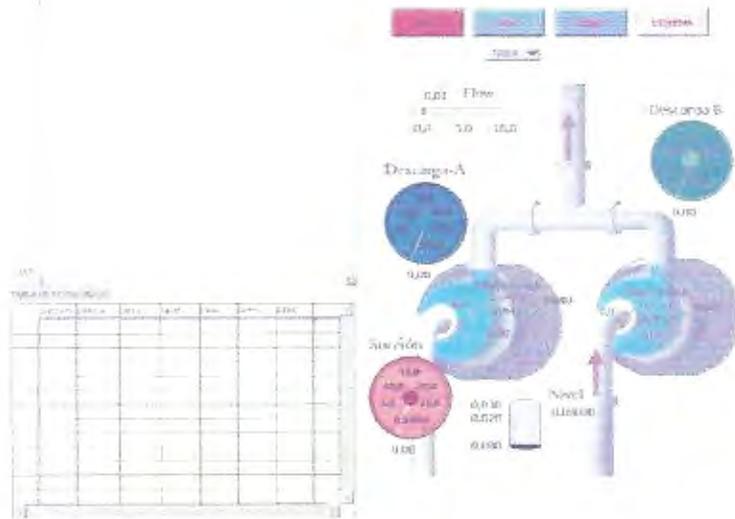


FIGURA 3.5 PANEL FRONTAL DE LA PRÁCTICA DE BOMBAS EN SERIE

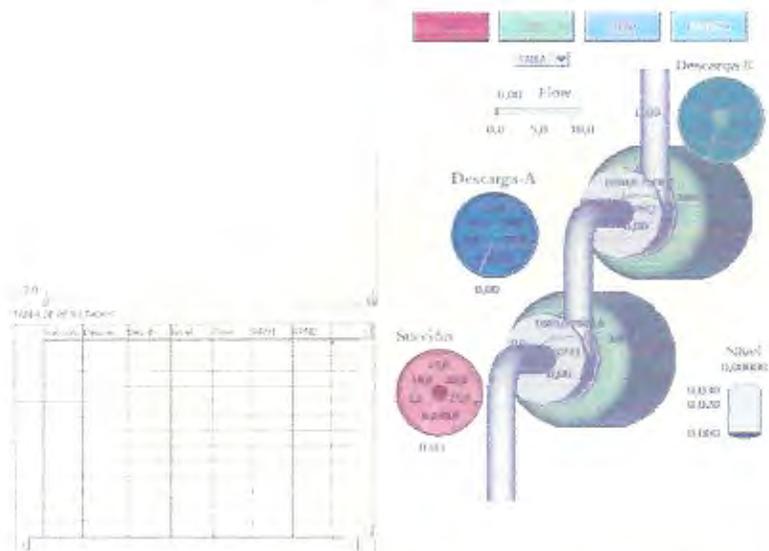


FIGURA 3.6 PANEL FRONTAL DE LA PRÁCTICA DE BOMBAS EN PARALELO



3.2.3. Resultados

Las tablas mostradas a continuación son los resultados que el programa muestra después de haber realizado la práctica, tanto el sistema dispuesto en serie como en paralelo.

TABLA 12 RESULTADOS DE LAS BOMBAS EN SERIE

Cabezal (mH ₂ O)	Flujo (lt/s)	RPM B1	RPM B2
-0,722	2,8858	2385	2206
-0,458	2,8942	2400	2220
0,183	2,8942	2397	2217
0,954	2,701	2253	2084
2,260	2,8942	2400	2220
8,471	2,8606	2403	2223
16,731	2,491	2421	2239
19,323	2,2642	2436	2253
21,548	2,1046	2430	2248
24,234	2,0626	2697	2495
24,154	1,9114	2457	2273
27,221	1,609	2430	2248
30,160	1,2898	2487	2300
30,999	1,2394	2496	2309
32,167	1,1218	2505	2317
31,973	1,105	2508	2320
33,104	1,0546	2535	2345
32,981	1,0546	2535	2345
33,201	1,0546	2535	2345
33,173	0,7942	5130	4745
34,115	0,013	2568	2375

TABLA 13 RESULTADOS DE LAS BOMBAS EN PARALELO

Cabezal (mH ₂ O)	Flujo (lt/s)	RPM B1	RPM B2
3,033	6,63	2496	2209
3,746	6,57	2499	2212
3,878	6,48	2496	2209
4,645	6,46	2496	2209
5,290	6,42	2499	2212
5,834	6,28	2502	2214
5,811	6,28	2502	2214
7,008	6,02	2508	2220
8,638	5,71	2514	2225
9,686	5,42	2523	2233
10,115	5,16	2526	2236
11,109	4,71	2532	2241
11,055	4,68	2532	2241
12,063	3,95	2541	2249
13,263	3,57	2553	2259
16,081	2,74	2580	2283
17,948	2,09	2613	2313
19,383	1,62	2634	2331
20,150	1,53	2643	2339
20,067	1,54	2646	2342
21,582	0,08	2673	2366

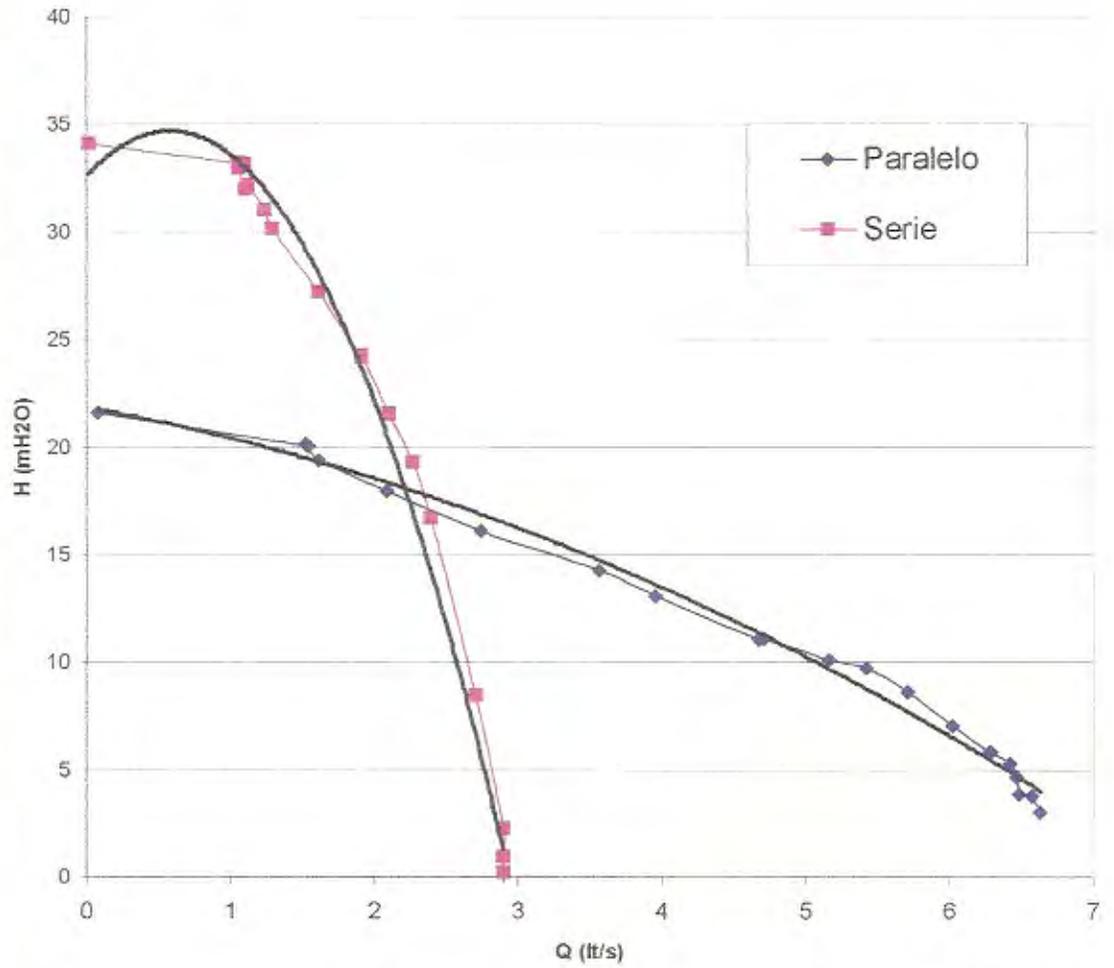


FIGURA 3.7 GRÁFICO DE CABEZAL VS. CAUDAL (BOMBAS EN SERIE Y PARALELO)

3.3. CÁLCULO DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS

3.3.1. Descripción de la práctica

Los objetivos de las prácticas son los siguientes:

1. Comprender el manejo y funcionamiento básico de una bomba centrífuga.
2. Determinar las curvas características de una bomba centrífuga.

Para poder realizar la práctica y obtener óptimos resultados se debe seguir el siguiente procedimiento experimental:

1. Encienda la fuente de poder que alimenta la tarjeta de pre-interfase y los equipos de adquisición de datos.
2. Ejecute el programa en la práctica que se denomina "Características externas de bombas centrifugas".
3. Verifique la configuración correspondiente de los módulos constantes de los transductores, dirección de los canales.
4. Proceda a ejecutar el programa de adquisición de datos.
5. Incremente suavemente la velocidad de la bomba #1 hasta 2000 RPM.
6. El caudal se regula mediante la válvula de descarga y para cada posición de esta, controle que la velocidad se mantenga constante.

7. Adquiera datos de las variables (presión, fuerza, flujo, RPM) para cada posición de la válvula.
8. Repita los pasos 6, 7, 8 para la bomba #2.

Después de haber tomado todos los datos de cada una de las bombas se espera obtener como resultado final el cabezal total, potencia hidráulica, potencia mecánica y eficiencia total de cada una de las bombas; para lo cual, utilizamos las siguientes fórmulas:

✓ *Cabezal Total*

$$H_T = H_{DES} - H_{SUC} \text{ (mH}_2\text{O)}$$

Donde: H_{DES} : Cabezal de descarga

H_{SUC} : Cabezal de succión

✓ *Potencia hidráulica*

$$P_H = H_T * m * g \text{ (watt)}$$

$$m = v * \rho \text{ (kg / s)}$$

Donde: v : flujo volumétrico (l / s)

g : aceleración de la gravedad (m/s^2)

ρ : densidad del agua (kg/m^3)

✓ *Potencia mecánica*

$$P_M = T * \omega = 2\pi * RPM * T / 60$$

$$T = 0.165 * F$$

Donde: F = fuerza ejercida en el dinamómetro (N)

✓ *Eficiencia total de la bomba*

$$\eta = P_H / P_M$$

3.3.2. Panel Frontal

La pantalla de presentación del programa "Características externas de bombas centrifugas" consta de las siguientes partes:

✓ Un gráfico que presenta las variables del sistema versus tiempo:

<i>Variables</i>	<i>Color de Identificación</i>
Succión	Rojo
Descarga-A	Azul
Descarga-B	Verde
Nivel	Celeste
Flujo	Amarillo
Fuerza	Violeta
RPM	Negro

✓ Indicadores para cada una las variables: manómetro de succión, manómetros de descarga, indicador de flujo, RPM, nivel y tabla de datos.

✓ *Botón de adquisición:* Cuando es presionado permite que los datos que se están leyendo en ese momento sean almacenados en la tabla de datos.

- ✓ *Botón "CLEAR"*: Elimina la última fila de datos que sea ha adquirido en caso de que la misma no cumpla con las tendencias que debe cumplir toda bomba.
- ✓ *Botón "ESQUEMA"*: Si se es presionado llama a un sub-vi que mostrará en pantalla un esquema del banco de bombas y las variables que se están midiendo mediante unos indicadores que estarán en estado intermitente.
- ✓ Un control que da la opción de visualizar la tabla de datos o gráficos que muestran como se van formando las diferentes curvas que se esperan obtener.

TABLA 14 CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LA BOMBA #1

BOMBA #1								
Succion(psi)	Descarga(psi)	H (mH ₂ O)	Q (l/s)	Fuerza (N)	RPM	Ph(watt)	Pm(watt)	Efic
-1.845	1.538	2.379	3.8182	14.35	2025	89.01	502.072	0.177
-1.837	2.064	2.743	3.8077	14.33	2028.8	102.35	502.401	0.204
-1.841	2.863	3.307	3.7972	14.31	2028.8	123.07	501.800	0.245
-1.841	4.251	4.283	3.7762	14.20	2032.5	158.50	498.817	0.318
-1.776	6.718	5.972	3.6292	13.90	2036.3	212.40	489.188	0.434
-1.642	10.309	8.402	3.2302	13.62	2047.5	265.97	481.889	0.552
-1.503	13.005	10.201	2.8942	13.45	2058.8	289.32	478.442	0.605
-1.312	16.276	12.365	2.1907	12.92	2070	265.46	462.059	0.575
-1.153	17.652	13.221	1.6447	11.99	2096.3	213.09	434.407	0.491
-1.092	18.257	13.603	1.2457	11.39	2103.8	166.07	413.852	0.401
-1.092	18.150	13.528	1.1932	11.94	2092.5	158.19	431.772	0.366
-1.063	18.091	13.466	1.0987	11.55	2100	145.00	419.020	0.346
-1.022	19.356	14.327	-0.0143	10.35	2148.8	-2.01	384.219	-0.005

TABLA 15 CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LA BOMBA #2

BOMBA #2								
Succion (psi)	Descarga (psi)	Cabezal mH ₂ O	Q (l/s)	Fuerza (N)	RPM	Ph (watt)	Pm (watt)	Efic.
-0.948853	0.927682	1.3193	2.273	6.442	3004	29.384	334.355	0.088
-0.972673	1.082956	1.4453	2.273	6.459	3004	32.189	335.244	0.096
-0.913122	1.226289	1.5042	2.273	6.399	3004	33.501	332.132	0.101
-0.905182	1.457216	1.6609	2.273	6.382	3004	36.992	331.243	0.112
-0.972673	2.297303	2.2990	2.273	6.416	3000	51.204	332.605	0.154
-0.853569	4.658308	3.8752	2.242	6.297	2996	85.142	325.980	0.261
-0.837689	8.086347	6.2742	2.109	6.211	3000	129.656	321.948	0.403
-0.786078	10.698183	8.0743	1.893	5.645	3011	149.821	293.737	0.510
-0.754318	13.353818	9.9190	1.709	5.294	3026	166.116	276.834	0.600
-0.591544	17.048613	12.4023	1.299	4.557	3049	157.872	240.082	0.658
-0.488322	19.489248	14.0457	0.950	3.881	3071	130.820	205.939	0.635
-0.408919	20.683686	14.8296	0.725	3.341	3090	105.350	178.381	0.591
-0.373188	22.021457	15.7450	-0.013	2.202	3135	-2.021	119.261	-0.017

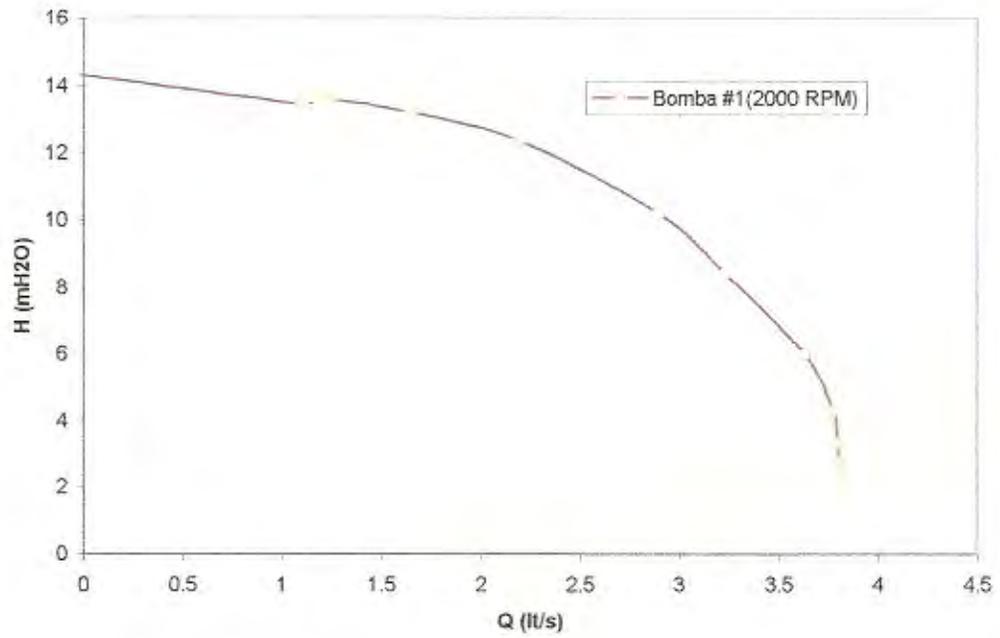


FIGURA 3.9 GRÁFICO CABEZAL VS. CAUDAL (BOMBA #1)

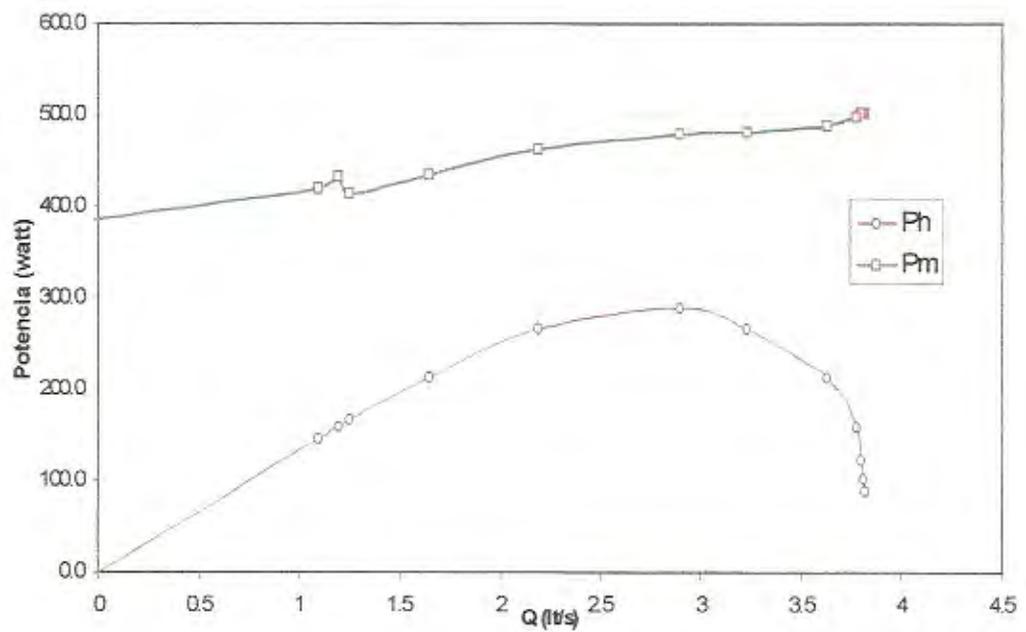


FIGURA 3.10 GRÁFICO POTENCIA MECÁNICA E HIDRÁULICA VS. CAUDAL (BOMBA #1)

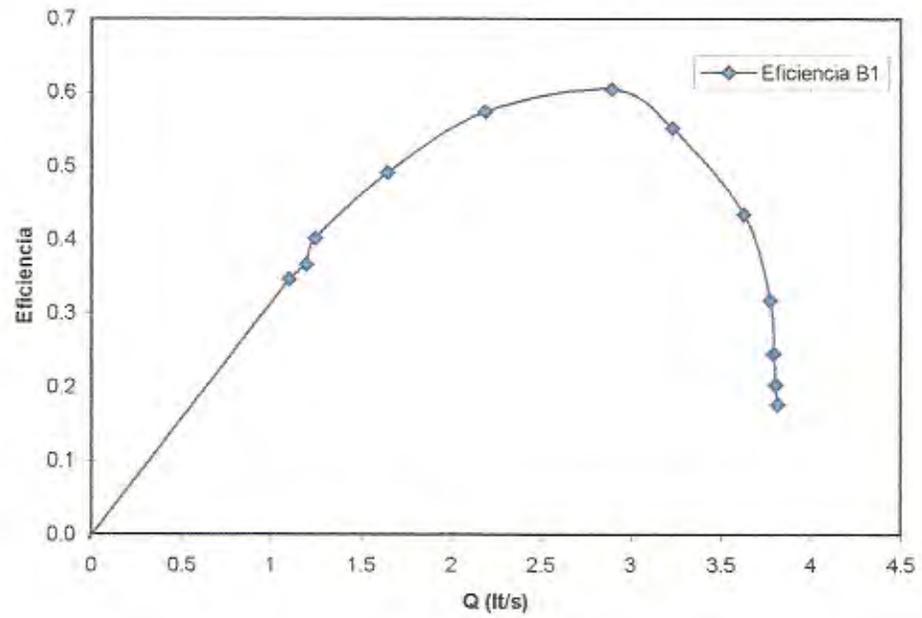


FIGURA 3.11 GRÁFICO EFICIENCIA VS. CAUDAL (BOMBA #1)

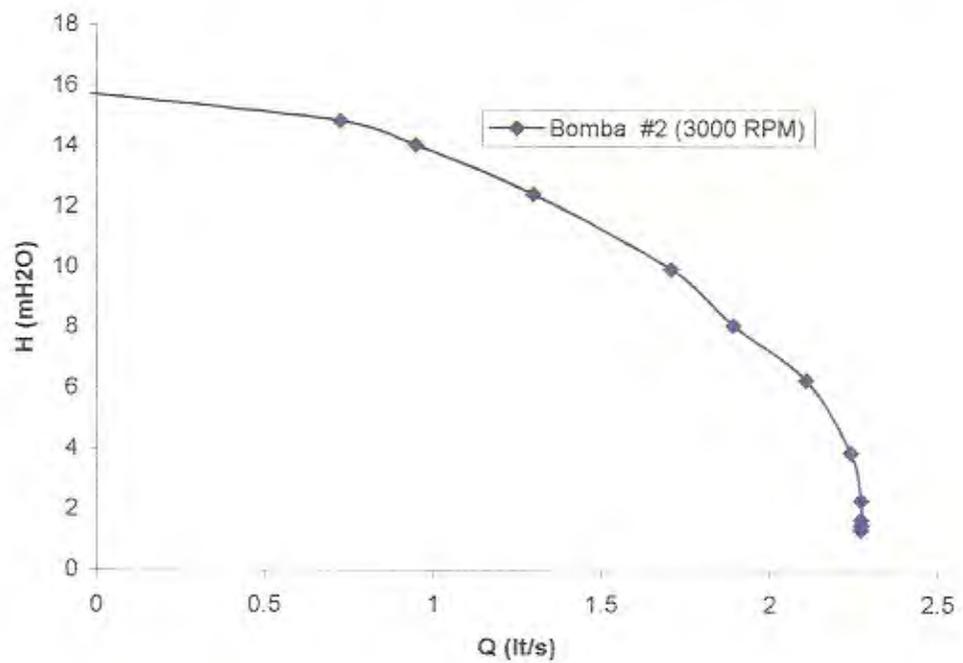


FIGURA 3.12 GRÁFICO CABEZAL VS. CAUDAL (BOMBA #2)

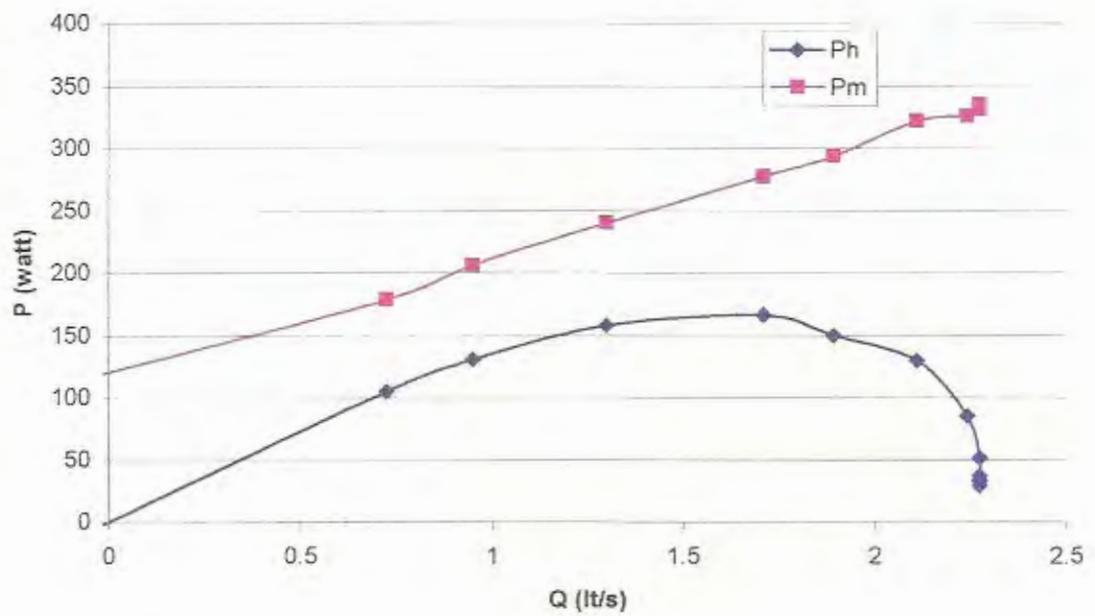


FIGURA 3.13 GRÁFICO POTENCIA MECÁNICA E HIDRÁULICA VS. CAUDAL (BOMBA #2)

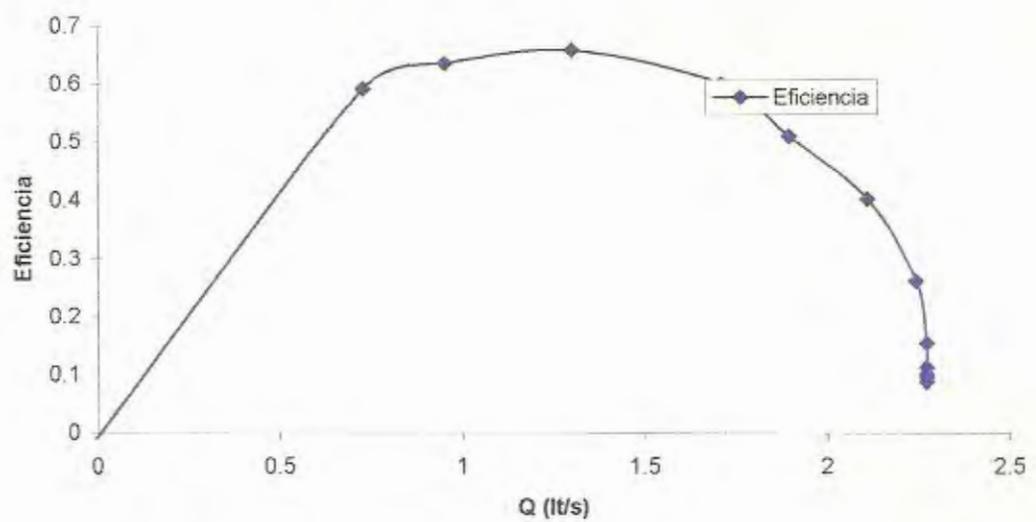


FIGURA 3.14 GRÁFICO EFICIENCIA VS. CAUDAL (BOMBA #2)

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al terminar todo este largo trabajo de campo, el nuevo sistema implantado en el banco de bombas de la FIMCP proporciona las curvas que se requieren de acuerdo la práctica que se esta realizando. El programa que se ha implementado es capaz de monitorear el banco de bombas, adquirir datos y realizar una presentación de resultados; su capacidad de respuesta y eficiencia son aceptables y están sujetas a las siguientes variables del sistema:

- ✓ La fuerza que se lee en cada una de las bombas es correcta siempre y cuando el tornillo del dinamómetro haya ubicado a la celda de carga de carga en un nivel adecuado.
- ✓ El flujómetro y el tacómetro entregan resultados cada intervalo de tiempo y no instantáneamente.
- ✓ La presión es la única variable que entrega las respuestas inmediatamente
- ✓ La información que se ingresa al programa para su configuración debe ser correctamente escrita (espacios, signos de puntuación, signos de separación de decimales, signos de operaciones matemáticas).

- ✓ La tarjeta de pre-interfase debe de funcionar correctamente para tener lecturas reales.

Como se ve la velocidad de respuesta y la eficiencia del programa esta en función de otras variables ajenas a él; pero si las mismas son manejadas correctamente el programa funcionará. Los resultados que se han obtenido tienen una mejor precisión que los anteriores y se acercan más a las curvas originales de las bombas. Por lo tanto, el programa cumple con los objetivos planteados inicialmente, se ha logrado monitorear el banco de bombas desde el computador y se obtienen resultados óptimos, ayudando a los estudiantes con una nueva herramienta para facilitar sus tareas y ampliar sus fronteras en el campo de la tecnología.

Para tener un funcionamiento correcto de todo el sistema (banco de bombas, sensores, transductores, tarjeta pre-interfase, programa) se recomienda los siguientes puntos:

- ✓ La alimentación de la fuente de voltaje y de la tarjeta pre-interfase debe hacerse desde un tomacorriente que se encuentre aterrizado; caso contrario, se comenzará a leer datos falsos, especialmente en los medidores de flujo.
- ✓ Mantener el agua del depósito libre de impurezas y basura, ya que pueden llegar a obstruir a los transductores de presión; y además, podrían molestar a la turbina del flujómetro como paso anteriormente.

- ✓ Si se empieza a tener una lectura errónea de los transductores se debe revisar que tengan una alimentación correcta de voltaje, y en el peor de los casos se tendrían que volver a calibrar, para verificar que la constante de calibración no haya cambiado.
- ✓ Si al tomar una lectura, alguna de las variables tiene un valor muy alto, hay que revisar todas las posibles causas de esa lectura y no comenzar la práctica hasta que ese problema se haya solucionado.
- ✓ Si cuando se este realizando cualquiera de las prácticas las variables comienzan a tener un comportamiento diferente al que deberían de tener, es posible, que algo este ocurriendo en el banco de bombas o la tarjeta pre-interfase no tenga una correcta alimentación.
- ✓ Lo más conveniente es que las bombas trabajen a velocidades de 2000 RPM hacia arriba, pues en este rango es donde se obtiene flujo más estable en la tubería.
- ✓ Lo más conveniente es trabajar en una computadora que tenga instalado el sistema operativo Windows 95, ya que es el sistema más estable.
- ✓ Para seguir mejorando el banco de bombas sería una buena opción automatizar las válvulas de descarga para controlarlas desde el computador.



ANEXOS

ANEXO A
DATOS TÉCNICOS DE LOS TRANSDUCTORES DE PRESIÓN

MARCA:	ENTRAN SENSORS & ELECTRONICS
TIPO:	EPO
MODELO:	EPO-W41-100P
S/N:	8-C3120124
OUTPUT:	4 a 20 mA
Zero Offset typ.:	4 mA
Operating Temp:	-20°C a 85°C
Compensated Temp.:	-0°C a 55°C
TZS:	±2% FSO/55°C
TSS:	±2%/55°C
Range:	100 psi
Do not exceed:	200 psi
Excitación:	10 V CD
Output load recommend	1,1 KΩ

ANEXO B
DATOS TÉCNICOS DE LAS CELDAS DE CARGA

MARCA:	ENTRAN SENSORS & ELECTRONICS
TIPO:	EL
MODELO:	ELFM-T2M-50N
S/N:	00K00J24-B10
SENSITIVITY:	2,14mV/V
INPUT IMPEDANCE:	369 ohms
OUTPUT IMPEDANCE:	353 ohms
POSITIVE OUTPUT FOR:	TENSION
Range:	50 N
Do not exceed:	75 N
Excitación:	5 V DC
MODE:	TENSION & COMPRESSION

ANEXO C

CONSTANTES DE CALIBRACIÓN DE LOS TRANSDUCTORES

SERIE DE LOS TRANSDUCTORES DE PRESIÓN	CONSTANTE (kPa)	CONSTANTE (mH ₂ O)
8-C3120143	6235,70	4384,15
8-C3120013	6194,77	4355,37
8-C3120124	6170,00	4337,95
8-C3120127	6219,60	4372,83
8-C3119976	6356,06	4468,76
8-C3120304	6212,50	4367,83

NUMERACIÓN DE LAS CELDAS DE CARGA	CONSTANTE (N)
CELDA DECARGA #1	4318,6
CELDA DECARGA #3	4340

FLUJOMETRO #1	$y = 0,0041x - 0,0131$
FLUJOMETRO #2	$y = 0,0042x - 0,0144$

ANEXO D
POSICIÓN DE VÁLVULAS PARA LAS PRÁCTICAS

OPERACIÓN	NUMERO DE VÁLVULA						
	1	2	3	4	5	6	7
BOMBA #1	○	○*	●	●	●	●	●
BOMBA #2	●	●	○	○*	●	●	●
PARALELO	○	●	○	○*	●	○	●
SERIE	○	●	●	○*	○	●	●

- Válvula Abierta
- Válvula Cerrada
- * Controlando Válvula



ANEXO E

CONFIGURACIÓN INICIAL DEL PROGRAMA

Archivo	F:\pump\bombas.iak
Comm Resource name	FP Res

Módulo:	FP-AI-110 @1	
Sensores	Canal	Constantes (N)
B1-Celda/carga	2	4318,6
B2-Celda/carga	3	4340

Módulo:	FP-CTR-500 @2	
Sensores	Canal	Constantes
Flujómetro #1	1	$y=0.0041x-0.013$
RPM	2	
Flujómetro #2	3	$y=0.0042x-0.014$
RPM	4	

Módulo:	FP-AI-111 @3	
Sensores	Canal	Constantes (mH2O)
B1-succión	1	4468,76
B1-descarga (A)	2	4337,95
B1-descarga (B)	3	4372,83
B2-succión	4	4355,37
B2-descarga (A)	5	4367,83
B2-descarga (B)	6	4384,13

BIBLIOGRAFÍA

1. DATA ACQUISITION BASICS MANUAL LABVIEW, National Instrument, Enero de 1998
2. GUÍA DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, junio 2001,
3. OCHOA GUSTAVO, “ Diseño y construcción de un equipo interfase de señales para un sistema de adquisición de datos aplicado al banco de bombas centrífugas de Laboratorio de Termofluidos de la FIMCP “ (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2002)
4. THE MEASUREMENT AND AUTOMATION (Catalog), National Instrument, 2001