



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“AUTOMATIZACIÓN DE LA ADQUISICIÓN DE DATOS
EN TIEMPO REAL DEL BANCO DE PRUEBAS DE LA
BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO DEL LABORATORIO
DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA DE LA
FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”**

OLEAS OLEAS GUSTAVO ALEJANDRO

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-09-26

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

GUSTAVO ALEJANDRO OLEAS OLEAS

Titulada:

**“AUTOMATIZACIÓN DE LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL
DEL BANCO DE PRUEBAS DE LA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO DEL
LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA DE LA
FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”**

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

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Dr. Marco Haro Medina
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Pablo Montalvo Jaramillo
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: GUSTAVO ALEJANDRO OLEAS OLEAS

TÍTULO DE LA TESIS: “AUTOMATIZACIÓN DE LA ADQUISICIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL DEL BANCO DE PRUEBAS DE LA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO DEL LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2014-12-18

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Dr. Marco Haro Medina DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Pablo Montalvo Jaramillo ASESOR			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. Marco Santillán Gallegos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

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

Gustavo Alejandro Oleas Oleas

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios por permitirme vivir y poder contar con su ayuda en cada instante de mi vida, por la sapiencia, el amor y las bendiciones que he recibido, por haberme dado unos padres quienes con sus consejos, sacrificios, responsabilidades e incontables muestras de amor me han dado la fuerza para culminar una etapa importante de mi vida.

A mis hermanos Stalyn y Luis, a mis familiares y amigos quienes me brindaron su afecto, cariño y apoyo incondicional para alcanzar este anhelado logro.

Gustavo Oleas Oleas

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento profundo a Dios por la vida que me dio, a mis padres, hermanos, a todos y cada uno de los integrantes de mi querida familia por todo el cariño que me mostraron.

Un sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por proporcionarme esta hermosa profesión y poder ser una persona útil que sirva la sociedad.

A todos mis profesores que durante toda la carrera supieron guiarme y compartirme todos sus conocimientos, ya que sin su asesoría y paciencia no hubiese podido culminar y cumplir este objetivo.

Y un agradecimiento muy especial para todos mis familiares, compañeros, amigos, y demás personas que me brindaron su apoyo para culminar con éxito una etapa de mi vida.

Gustavo Oleas Oleas

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Definición de bomba de ariete hidráulico.....	5
2.1.1 <i>Reseña histórica de la bomba de ariete hidráulico</i>	5
2.2 Aplicaciones de la bomba de ariete hidráulico.....	6
2.3 Configuración general de la bomba de ariete hidráulico, partes y funciones	6
2.3.1 <i>Descripción del funcionamiento</i>	7
2.3.2 <i>Ciclo hidráulico del ariete</i>	8
2.3.2.1 <i>Periodo 1: Aceleración</i>	10
2.3.2.2 <i>Periodo 2: Bombeo</i>	10
2.3.2.3 <i>Periodo 3: Retroceso</i>	11
2.4 Características de la bomba de ariete hidráulico.....	12
2.4.1 <i>Colector</i>	13
2.4.2 <i>Ducto de entrada</i>	13
2.4.3 <i>Ducto de salida</i>	13
2.4.4 <i>Reservorio de almacenamiento</i>	14
2.5 Modelo matemático de la bomba de ariete hidráulico.....	14
2.5.1 <i>Introducción</i>	14
2.5.2 <i>Comportamiento de la onda dentro del funcionamiento del ariete</i>	14
2.5.2.1 <i>Estudio del golpe de ariete</i>	16
2.5.2.2 <i>Ciclo teórico de operación</i>	17
2.5.5 <i>Apertura de la válvula de impulso</i>	28
2.5.6 <i>Desaceleración del flujo de retorno hacia el reservorio</i>	28
2.6 Concepto de automatización.....	29
2.7 Importancia de la automatización.....	30
2.8 Elementos de la automatización.....	31
2.9 Clases de automatización.....	31
2.9.1 <i>Automatización fija</i>	31
2.9.2 <i>Automatización programable</i>	31
2.9.3 <i>Automatización flexible</i>	31
2.10 Sensores para la medición de variables.....	32
2.11 Características de un sensor.....	32
2.11.1 <i>Características estáticas</i>	33
2.11.1.1 <i>Campo de medida</i>	33
2.11.1.2 <i>Resolución</i>	33
2.11.1.3 <i>Precisión</i>	33
2.11.1.4 <i>Repetitividad</i>	33
2.11.1.5 <i>Linealidad</i>	33
2.11.1.6 <i>Sensibilidad</i>	33

2.11.1.7	<i>Ruido</i>	34
2.11.2	<i>Características dinámicas</i>	34
2.11.2.1	<i>Velocidad de respuesta</i>	34
2.11.2.2	<i>Respuesta frecuencial</i>	34
2.11.2.3	<i>Estabilidad y derivas</i>	34
2.12	<i>Clasificación de los sensores</i>	35
2.12.1	<i>Principio de funcionamiento</i>	35
2.12.1.1	<i>Activos</i>	35
2.12.1.2	<i>Pasivos</i>	35
2.12.2	<i>Tipo de señal que generan</i>	35
2.12.2.1	<i>Digitales</i>	35
2.12.2.2	<i>Análogos</i>	35
2.12.2.3	<i>Temporales</i>	35
2.12.3	<i>Rango de valores de salida</i>	35
2.12.3.1	<i>ON / OFF</i>	35
2.12.3.2	<i>De medida</i>	35
2.12.4	<i>Nivel de integración</i>	35
2.12.4.1	<i>Discretos</i>	35
2.12.4.2	<i>Integrados</i>	36
2.12.4.3	<i>Inteligentes</i>	36
2.12.5	<i>Tipo de variable física medida</i>	36
3.	PUESTA A PUNTO DEL BANCO DEL ARIETE HIDRÁULICO	
3.1	<i>Introducción</i>	37
3.1.1	<i>Mantenimiento</i>	37
3.1.1.1	<i>Mantenimiento correctivo</i>	37
3.1.1.2	<i>Mantenimiento preventivo</i>	38
3.1.1.3	<i>Mantenimiento mejorativo</i>	38
3.1	<i>Herramientas necesarias</i>	39
3.1.1	<i>Herramientas y materiales</i>	39
3.1.2	<i>Instrumentos</i>	39
3.2	<i>Descripción de estado técnico actual del “Banco de pruebas de la bomba de ariete hidráulico”</i>	39
3.2.1	<i>Reservorio</i>	40
3.2.2	<i>Bomba</i>	40
3.2.3	<i>Bomba de ariete hidráulico</i>	41
3.2.4	<i>Tubería</i>	41
3.3	<i>Operaciones y mantenimiento</i>	41
3.4	<i>Puesta en funcionamiento de la bomba de ariete hidráulico</i>	43
3.5	<i>Modificación del banco de pruebas de la bomba de ariete hidráulico</i>	45
4.	SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS E INSTRUMENTOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE LA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO	
4.1	<i>Introducción</i>	46
4.1.1	<i>Adquisición de datos utilizando LabVIEW</i>	46
4.2	<i>DAQ multifunción NI USB-6009</i>	47
4.3	<i>Estudio de las variables a ser medidas</i>	49
4.3.1	<i>Medición de presión</i>	49
4.3.1.1	<i>Medidor de tensión piezorresistivo</i>	50

4.3.1.2	<i>Capacitiva</i>	50
4.3.1.3	<i>Piezoeléctrico</i>	51
4.3.1.4	<i>Óptico</i>	51
4.3.1.5	<i>Características técnicas del transmisor de presión SITRANS P220</i>	51
4.3.2	<i>Medición de flujo</i>	52
4.3.2.1	<i>Medidores volumétricos</i>	53
4.3.2.2	<i>Características del sensor de flujo tipo paleta FP 5600</i>	54
4.4	Fuente de alimentación.....	55
5.	MONTAJE DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS EN EL BANCO DE PRUEBAS DE LA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO	
5.1	Introducción.....	56
5.2	Montaje de transmisores de presión SITRANS P220.....	56
5.2.1	<i>Instalación hidráulica</i>	56
5.2.2	<i>Instalaciones eléctricas</i>	56
5.2.3	<i>Calibración de los transmisores de presión SITRANS P220</i>	57
5.3	Montaje de los sensores de flujo tipo paleta FP 5600	61
5.3.1	<i>Instalación hidráulica</i>	61
5.3.1.1	<i>Ubicación del acople</i>	61
5.3.1.2	<i>Posición de instalación del sensor</i>	61
5.3.2	<i>Instalación estándar del sensor</i>	62
5.3.3	<i>Instalación eléctrica</i>	62
5.3.3.1	<i>Convertor LM331</i>	63
5.3.3.2	<i>Características principales del LM331</i>	64
5.3.3.3	<i>Elaboración de la tarjeta de acondicionamiento</i>	64
5.3.4	<i>Calibración de los sensores de flujo</i>	67
5.3.4.1	<i>Calibración del sensor de flujo 1</i>	67
5.3.4.2	<i>Calibración del sensor de flujo 2</i>	69
5.4	Representación de variables medidas en el programa LabVIEW.	70
5.4.1	<i>Descripción del panel frontal de la práctica de la bomba de ariete hidráulico</i>	70
6.	FASE EXPERIMENTAL	
6.1	Realización de pruebas	72
6.2	Resultados de pruebas	72
6.3	Análisis de resultados	74
6.4	Manual de procedimientos y mantenimiento.....	74
6.4.1	<i>Partes principales y guía de procesos</i>	75
6.4.2	<i>Tareas de mantenimiento</i>	79
6.4.3	<i>Registro de mantenimiento</i>	80
6.5	Guía de laboratorio.	81
7.	CÁLCULO Y ANÁLISIS DE COSTOS	
7.1	Introducción.....	85
7.2	Costos directos.....	85
7.2.1	<i>Costos de accesorios y materiales</i>	85
7.2.2	<i>Costos por equipos y maquinaria</i>	87
7.2.3	<i>Costos de mano de obra</i>	87
7.2.4	<i>Tabla del total de los costos directos</i>	87
7.3	Costos indirectos.....	88

7.4	Costos totales.....	88
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
8.1	Conclusiones.....	89
8.2	Recomendaciones	90

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS
PLANOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Operaciones y mantenimiento realizados.	42
2	Especificaciones principales DAQ Multifunción NI USB-6009	48
3	Especificaciones del transmisor de presión SITRANS P220.	52
4	Especificaciones del sensor OMEGA FP 5600	54
5	Valores de resistencias para LM317T	66
6	Tabla de reporte generada por archivo Vi de LabVIEW.	72
7	Costos de accesorios y materiales hidráulicos.	85
8	Costos de accesorios y materiales mecánicos.	86
9	Costos de accesorios y materiales electrónicos.	86
10	Costo total de accesorios y materiales.	87
11	Costo de equipos y maquinaria.	87
12	Costos de mano de obra.	87
13	Total de costos directos.....	87
14	Costos indirectos.....	88

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Esquema de funcionamiento del ariete ideado por John Whitehurst 5
2	Esquema del ariete hidráulico ideado por Joseph Michael Montgolfier 6
3	Configuración general y principio de funcionamiento de una bomba de ariete. 7
4	Eventos del ciclo hidráulico 9
5	Gráfica de los periodos velocidad-tiempo 9
6	Aceleración del fluido y derrame por la válvula de impulsión 10
7	Cierre de la válvula de impulsión 10
8	Amortiguamiento en la cámara de aire 11
9	Cierre de la válvula de descarga 11
10	Caída de presión en la caja de válvulas 12
11	Reapertura de las válvulas nuevo ciclo de trabajo 12
12	Colector de agua para la bomba de ariete hidráulico 13
13	Ducto de entrada para la bomba de ariete hidráulico 13
14	Ducto de salida y reservorio de la bomba de ariete hidráulico 14
15	Onda de presión en el cierre instantáneo de una válvula. 16
16	Cambio de presión debido al golpe de arieten función del tiempo 17
17	Ciclo teórico de operación del ariete hidráulico 18
18	Estado actual del banco de pruebas 39
19	Reservorio antes del mantenimiento 40
20	Bomba antes del mantenimiento 40
21	Bomba de ariete hidráulico antes del mantenimiento 41
22	Reservorio después del mantenimiento 43
23	Bomba de ariete hidráulico después del mantenimiento 43
24	Bomba después del mantenimiento 43
25	Nuevo banco de la bomba de ariete hidráulico 45
26	Esquema descriptivo de la adquisición de datos 46
27	NI USB-6009 48
28	Sensores de presión con puente Wheatstone 50
29	Transductor de presión capacitivo 50
30	Transductor piezoeléctrico. 51
31	Transmisor de presión SITRANS P220 51
32	Sensor de flujo tipo turbina 53
33	Sensor de flujo tipo paleta 53
34	Sensor de flujo FP 5600 54
35	Fuente de alimentación RS-75-24 55
36	Tee de bronce de 1/4" NPT 56
37	Terminales del transmisor SITRANS P220 57
38	Conexión a dos hilos. 57
39	Placa acondicionadora de la señal de los transmisores de presión 57
40	Calibración de transmisores de presión SITRANS P220 58
41	Configuración LabVIEW Signal Express 58
42	Adquisición de los valores de voltaje 59
43	Gráfica presión vs voltaje del transmisor de 0-150 Psi número 1 59
44	Gráfica presión vs voltaje del transmisor de 0-150 Psi número 2 60
45	Ubicación del acople del sensor FP 5600 61

46	Posiciones recomendadas para la instalación del sensor de flujo.	61
47	Instalación del sensor en la dirección del flujo	62
48	Ensamble del sensor con la cueda del acople.	62
49	Diagrama interno del LM331	63
50	Diagrama de conexión frecuencia-voltaje con LM331.	65
51	Circuito conversor frecuencia-voltaje en Proteus	65
52	Convertidor de voltaje.	66
53	Circuito acondicionador de señal de los sensores de flujo.	66
54	Velocidad de flujo vs frecuencia del sensor 1	67
55	Frecuencia vs voltaje del sensor 1	68
56	Velocidad de flujo vs frecuencia del sensor 2	69
57	Frecuencia vs voltaje del sensor 2	69
58	Panel frontal para la práctica de la bomba de ariete hidráulico.....	70
59	Parte de la programación en bloques.....	71
60	Curvas de la bomba de ariete hidráulico obtenidas en LabVIEW.....	73
61	Curvas de la bomba de ariete hidráulico graficadas en Excel del reporte de LabVIEW	73

SIMBOLOGÍA.

Di	Diámetro interior de la tubería de impulso	<i>mm</i>
Dn	Diámetro nominal de la tubería de impulso	<i>mm</i>
δ	Espesor de la tubería de impulso	<i>mm</i>
Pt	Presión de trabajo de la tubería de impulso	<i>Pa</i>
ε	Rugosidad absoluta de la tubería de impulso	<i>mm</i>
E	Módulo de elasticidad de la tubería de impulso	N/m^2
Ai	Área transversal interna de la tubería de impulso	mm^2
T	Temperatura del agua	$^{\circ}C$
γ	Peso específico del agua	N/m^3
ρ	Densidad del agua	kg/m^3
K	Módulo de elasticidad del agua	N/m^2
μ	Viscosidad dinámica	$N * s/m^2$
ν	Viscosidad cinemática	m^2/s
g	Aceleración debido a la gravedad	m/s^2
a	Velocidad de propagación de la onda de presión	m/s
ΔP_{ch}	Sobrepresión o aumento de presión	kg/m^2
H	Altura disponible	<i>m</i>
λ	Factor de fricción	
Re	Número de Reynolds	
Rr	Rugosidad	
L	Longitud de la tubería de impulso	<i>m</i>
h	Altura de descarga	<i>m</i>
d0	Diámetro del orificio de asiento de la válvula de impulso	<i>mm</i>
dv	Diámetro del pie de la válvula de impulso	<i>mm</i>
e	Espesor del pie de la válvula de impulso	<i>mm</i>
S	Carrera de la válvula de impulso	<i>mm</i>
d	Diámetro del vástago	<i>mm</i>
W	Peso de la válvula de impulso	<i>kg</i>
A'	Área de la válvula de impulso	mm^2
k	Coefficiente de fricción	

Ac	Área del cuerpo del ariete	mm^2
Ap	Área de paso de la válvula de impulso	mm^2
Hr	Coefficiente total de perdidas	
Vc	Velocidad para el cierre de la válvula de impulso	m/s
y	Distancia debido al retroceso del agua	m
Ko	Coefficiente de resistencia al cierre de la válvula de impulso	
hmax	Altura máxima de elevación	m
hr	Perdida de carga durante el periodo de retardación	m

LISTA DE ABREVIACIONES

DAQ	Adquisición de Datos.
CNC	Control numérico computarizado.
ADC	convertidor analógico-digital
VCD	Voltaje de corriente directa.

LISTA DE ANEXOS

- A** Características de los transmisores de presión SITRANS P220
- B** Características y especificaciones de la fuente de alimentación
- C** Circuitos para el acondicionamiento de señales
- D** Hojas de calibración de los sensores de flujo
- E** Tabla de resultados
- F** Facturas de adquisición

RESUMEN

La automatización de la adquisición de datos del banco de pruebas de la bomba de ariete hidráulico, tiene como propósito obtener un banco funcional, manipulable y confiable, que permita a las personas desarrollar conocimientos y destrezas del fenómeno del golpe de ariete con tablas de resultados y gráficas del caudal desperdiciado y bombeado, eficiencia, potencia y tiempo de duración del ciclo, todas en función de la altura de descarga.

El estudio inició con la medición de las variaciones de presión y flujo, valores determinantes para la selección y compra de los transmisores de presión SITRANS P220 y sensores de flujo tipo paleta OMEGA FP-5600; además, se elaboró una tarjeta convertidora de señal de frecuencia a voltaje con el integrado LM331, la adquisición de los datos se realizó con la tarjeta DAQ NI USB 6009 y el software LabVIEW en el que se introdujo las ecuaciones para cada sensor obtenidas en su calibración.

Se realizaron ensayos con diferentes aperturas de la válvula al ingreso de la bomba de ariete con distintas carreras y pesos de la válvula de impulso, y todas las variables anteriormente mencionadas fueron registradas por el software LabVIEW el que genera un reporte en Excel.

En los reportes se observó que a medida que la altura de descarga y caudal desperdiciado aumentan, disminuyen el caudal elevado, la eficiencia, la potencia y el tiempo de duración del ciclo.

Al término del trabajo se comprobó que el golpe de ariete en sistemas de tuberías no solo significa un grave problema; sino que, puede ser utilizado por estas bombas para elevar una cantidad de agua durante las 24 horas del día los 365 días del año sin el aporte de ningún otro tipo de energía, constituyéndose en una bomba ecológica que ayuda al desarrollo sostenible de la humanidad.

ABSTRACT

The automation of the hydraulic RAM pump test-bed data acquisition, aims to get a bank functional, can be manipulated and reliable that allows people to develop knowledge and skills of the phenomenon of wáter hammer with tables of results and graphs of wasted and pumped flow, efficiency, power and duration of the cycle, all depending on the height of discharge.

The study began with the measurement of the variations of pressure and flow, values determinants for selection and purchase of transmitters pressure SITRANS P220 and palette type flow sensors OMEGA FP-5600; in addition, was developed a card-converting a frequency signal to voltaje with integrated LM331 , the data acquisition was performed with the card DAQ NI USB-6009 and software LabVIEW in which was introduced the equations for each sensor obtained in the calibration.

Trials with different opening of the value to the entry of pump of RAM with different races and weights of valve of momentum were, and all of the above variables were recorded by LabVIEW software which generates a report in Excel.

Reports noted that as the height of discharge and waste flow increase, decrease the pumped flow, efficiency, power and duration of the cycle time.

At the end of the work it was found that water hammer in pipeline systems not only means a serious problem; but that can be used by these pumps to lift water 24 hours a day, 365 days of the year without any energy input, becoming an becoming an ecological pump that helps the sustainable development of humanity.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Antecedentes

El banco de pruebas para la práctica de bombas de ariete hidráulico, es parte de un sistema de equipos necesarios para adquirir conocimientos dentro de la formación del Ingeniero Mecánico especialmente en el campo de la Ingeniería Hidráulica.

Actualmente este ensayo es posible realizarlo en un banco de pruebas que dispone el laboratorio, pero debido al deterioro que ha sufrido con el paso del tiempo, hace necesario la reparación del banco para su correcto funcionamiento, el mismo que ayudará a mejorar el entendimiento del fenómeno del golpe de ariete para efectos de impulsión de agua o bombeo, que se analiza en esta prueba. Debido a la falta de instrumentos de medición también se ha dificultado realizar este ensayo.

Con la evolución con que se están desarrollando los procesos a nivel industrial en los diferentes países, es necesario implementar instrumentos de medición y control automatizados, a base de PLC's (Controladores Lógicos Programables), para que los estudiantes de la Facultad de Mecánica puedan manipularlos y entender su funcionamiento así como también tengan la facilidad de realizar ensayos confiables y con mayor exactitud.

La utilización de estos sistemas se da en todo tipo de instalación donde es necesario el control y monitoreo.

Por lo tanto la aplicación de los PLC's abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo hasta el completo o parcial control de instalaciones.

Las crecientes necesidades hacen que dicho campo esté a la vanguardia, proyectando mejoras y actualizaciones tanto en software y hardware para la satisfacción de las mismas.

El estudio y uso de la bomba de ariete hidráulico en nuestro país no ha realizado con mucha importancia y más cuando se trata de la implementación del mismo en un laboratorio con los instrumentos de medición adecuados y actuales, estos estudios más se

han realizado para el diseño y construcción de la bomba como se podrá observar en la tesis que se encuentra en el DSpace ESPOCH con el tema “DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE ARIETE HIDRÁULICO EN LA COMUNIDAD DE AIRÓN CEBADAS” en la que podemos observar el cálculo para la determinación de los diferentes parámetros de la bomba de ariete hidráulico, la construcción e instalación de esta bomba, de la misma manera se puede ver que existen estudios en Escuela Politécnica del Ejército en la tesis “ DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ARIETE Y DE UNA RUEDA HIDRÁULICA PARA BOMBEO DE AGUA EN LA GRANJA EXPERIMENTAL SAN MARCOS DEL HCPP”, y en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca con un tema de tesis denominado “EMPLAZAMIENTO, IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y PROPUESTAS DE MEJORA DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO MEDIANTE RUEDA HIDRÁULICA Y ARIETE MULTIPULSOR PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA IRRIGACIÓN EN LA LOCALIDAD DEL CAMPUS JUAN LUNARDI – YUMACAY – PAUTE – AZUAY”.

La automatización de la toma de datos de la bomba de ariete hidráulico no se ha realizado pero se puede observar en la tesis “AUTOMATIZACIÓN DE LAS TURBOMÁQUINAS DEL LABORATORIO DE FLUÍDOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA” que se encuentra en el DSpace ESPOCH algo de lo que se pretende hacer en el presente trabajo.

1.2 Justificación

Los conocimientos adquiridos teóricamente y su aplicación en laboratorios desactualizados, ha sido una deficiencia para el desarrollo técnico de los estudiantes de Ingeniería que tienen grandes dificultades en la adaptación en el campo laboral, por tal motivo el presente trabajo tiene la finalidad de proveer al laboratorio de Turbomaquinaria Hidráulica de la Facultad de Mecánica de un banco de pruebas de bomba de ariete hidráulico, que sea actualizado, funcional y útil para el aprendizaje de quienes realizan prácticas en este laboratorio. Para cumplir con el objetivo de automatizar dicho banco se recurre al uso de dispositivos electrónicos y software especializados para procesamiento de datos que proveen mayor eficiencia en la obtención de datos en tiempo real.

La inversión en educación, recursos científicos y tecnológicos es uno de los pilares para el progreso económico de la sociedad como también para cubrir las necesidades y

demandas del país. Al tener los bancos de pruebas en óptimas condiciones se puede realizar ensayos en las que se obtienen resultados muy significativos a las que se presentan en grandes sistemas, con la ventaja de que los ensayos a escala permiten reducir costos que en la vida real nos resultarían muy caros.

La importancia de la formación de los estudiantes de la Facultad de Mecánica exige que los laboratorios sean funcionales, con equipos e instrumentos debidamente actualizados para obtener resultados fiables y precisos, la misma que conlleva al desarrollo social en este mundo globalizado en la que los avances tecnológicos cada vez son más exigentes.

La mejora progresiva de la calidad de la educación, su fortalecimiento con visión científica y humanista, articulada a los objetivos del buen vivir apoyan e incentivan a las universidades y escuelas politécnicas para la creación, estudio e investigación científica.

Por tal motivo el desarrollo de este trabajo ayuda a cumplir con metas, políticas y lineamientos del actual Gobierno, ya que se estaría impulsando y permitiendo el acceso a nuevas tecnologías de los estudiantes de la escuela de Ingeniería Mecánica fortaleciendo su aprendizaje.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Automatizar la adquisición de datos en tiempo real del banco de pruebas de la bomba de ariete hidráulico del Laboratorio de Turbomaquinaria Hidráulica de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Realizar una investigación bibliográfica que nos permita describir las partes principales y el funcionamiento de la bomba de ariete hidráulico y poder constatar también las condiciones físicas y mecánicas de este banco de pruebas para poder darle un correcto mantenimiento.

Seleccionar los equipos de automatización que garanticen el funcionamiento adecuado del banco de pruebas de la bomba de ariete hidráulico.

Experimentar la toma de datos de las variables existentes en el banco de pruebas antes y después de la instalación de sensores.

Utilizar el software LabVIEW para visualizar las variables a medir.

Determinar e implementar un mantenimiento preventivo y también correctivo para la bomba de ariete hidráulico, al igual que su respectivo registro de mantenimiento.

Elaborar manuales de procedimientos, operaciones y guías de laboratorio.

CAPÍTULO II

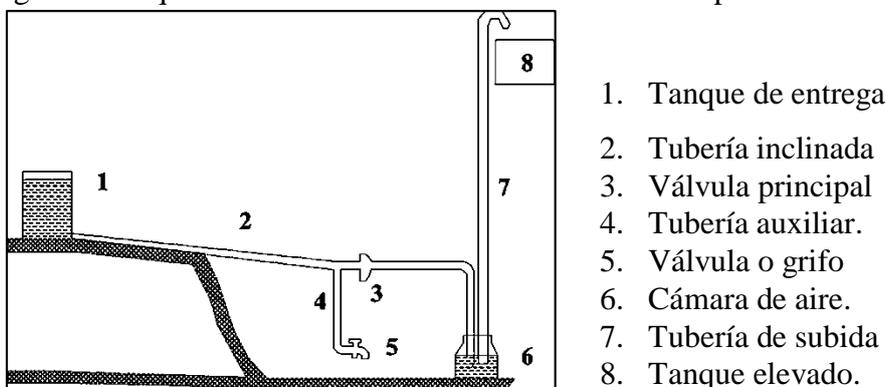
2. MARCO TEÓRICO

2.1 Definición de bomba de ariete hidráulico

El ariete hidráulico, es un tipo de bomba de agua que trabaja empleando la energía hidráulica, sin la utilización de otro tipo de energía externa. Este eleva agua empleando la fuerza que se genera cuando una masa de agua en movimiento se detiene repentinamente. A este fenómeno se le da el nombre de golpe de ariete y se produce por la transformación de energía cinética a energía de presión. (RESTREPO, 2011)

2.1.1 *Reseña histórica de la bomba de ariete hidráulico.* En el portal web cubasolar se menciona que la bomba de ariete hidráulico ingresa en la historia en la era de los grandes inventos y fue consiguiendo su progreso paralelamente a las máquinas de vapor y los motores de combustión interna. En el condado inglés de Cheshire, John Whitehurst desarrollo una máquina con un principio de funcionamiento novedoso: accionaba manualmente una válvula en una tubería que se encontraba conectada a un reservorio de abastecimiento de del fluido elevado, situado en un nivel superior, para producir el fenómeno físico del golpe de ariete, que le possibilitaba elevar el fluido a un reservorio de almacenamiento que se encontraba a una mayor altura (Ver Figura 1).

Figura 1. Esquema de funcionamiento del ariete ideado por John Whitehurst



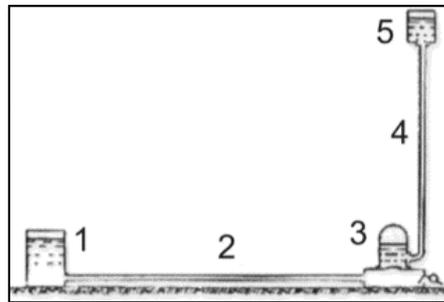
Fuente: www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia25/HTML/articulo05.htm

La gran perspicacia del hombre ha ido añadiendo elementos al invento cervecero, y años antes de que el Francés Joseph Montgolfier y su hermano Étienne inventaran el globo

aerostático, inventaron una bomba de ariete automático, con un principio de funcionamiento similar a los contemporáneos, aunque en aquel tiempo se lo llamó Belier Hydraulique (Ver Figura 2).

Este gran invento, reconocido en 1776, permitió a los infantes (y adultos) dejar de ser de ser fuerza motriz de esta máquina. Posteriormente a que el inventor francés muriera otras personalidades añadieron diferentes partes al equipo e investigaron los secretos de su supuesta magia. Los adeptos a esta gran la invención idearon diseños que combinaron la bomba de ariete con un sifón o una bomba de succión, lo utilizaron como compresor de aire, lo conectaron con una válvula de impulso operada mecánicamente, lo adecuaron a un motor o un pozo artesiano, lo revistieron de concreto reforzado o lo adaptaron para utilizar la energía de las mareas. Los perfeccionamientos nos dejaron una máquina que durante más de un siglo figuró entre las máquinas hidráulicas más apreciadas y experimentadas. (MONTESINOS L, 2010)

Figura 2. Esquema del ariete hidráulico ideado por Joseph Michael Montgolfier



Fuente: www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia25/HTML/articulo05.htm

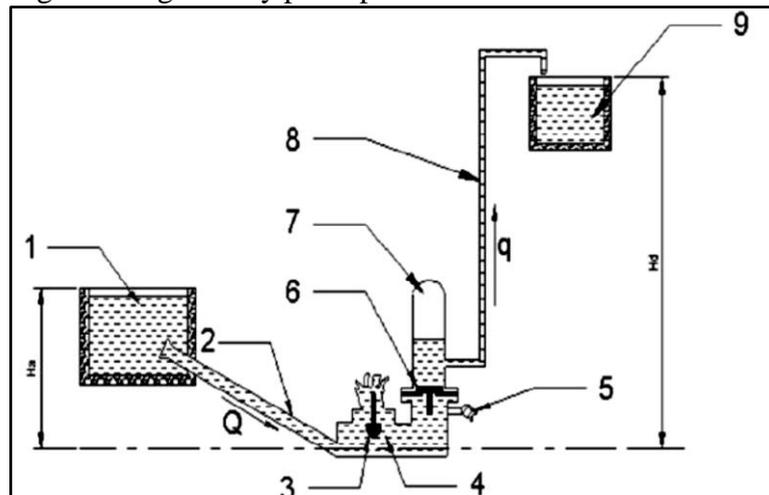
2.2 Aplicaciones de la bomba de ariete hidráulico

La bomba de ariete hidráulico puede ser utilizada en casi toda actividad, donde el caudal inicial no es un problema o puede ser reciclado como el riego de chacras, accionar aspersores o elevar agua a tanques y colinas, abrevaderos de animales, etc. Este tipo de bombas pueden ser instalados en serie o en paralelo, cuando se instalan en paralelo se puede utilizar una sola tubería de descarga.

2.3 Configuración general de la bomba de ariete hidráulico, partes y funciones

La configuración de la bomba de ariete se detalla a continuación, aunque esta depende de su diseño y fabricación, pero el principio de funcionamiento sigue siendo el mismo.

Figura 3. Configuración general y principio de funcionamiento de una bomba de ariete



Fuente: Ma Chi. Hydraulic Ram Handbook, Zhejiang University of Technology 2002

Dónde:

H_a : Altura disponible

H_d : Altura de descarga

1: Fuente de alimentación

2: Tubería de alimentación

3: Válvula de impulso

4: Caja de válvulas

5: Válvula de aire

6: Válvula check o de descarga

7: Cámara de aire

8: Tubería de descarga

9: Tanque de almacenamiento

2.3.1 Descripción del funcionamiento. El agua de la fuente de alimentación 1 puede inyectarse al depósito 9 que se halla a una cota más elevada. El dispositivo funciona de la siguiente manera:

Al descender el agua por efecto de la gravedad por la tubería de alimentación 2, tiene una cierta presión H_a debida a la diferencia de nivel, esta se derrama en la válvula de impulso 3, alcanzando una presión dinámica que sea capaz de cerrarla, contrarrestando su peso. El cierre repentino de la válvula de impulso produce una sobrepresión en la tubería de alimentación, este fenómeno es conocido como golpe de ariete. La válvula check 6 se abre por el efecto de dicha sobrepresión, y deja pasar cierta cantidad de agua hacia la

cámara de aire 7, comprimiendo el aire existente, y haciendo que fluya cierta cantidad de agua (q) por la tubería de descarga 8.

El retroceso del agua en la tubería de alimentación, produce una ligera succión en la caja de válvulas 4, creando una caída de presión que produce la apertura de las válvulas de impulsión y el cierre de la válvula check 6. De esta forma, el proceso se vuelve automático. El aire comprimido continúa impulsando el líquido almacenado en ella por la tubería de descarga, entre ciclos de operaciones; lográndose una entrega de agua casi uniforme hacia el tanque de almacenamiento 9.

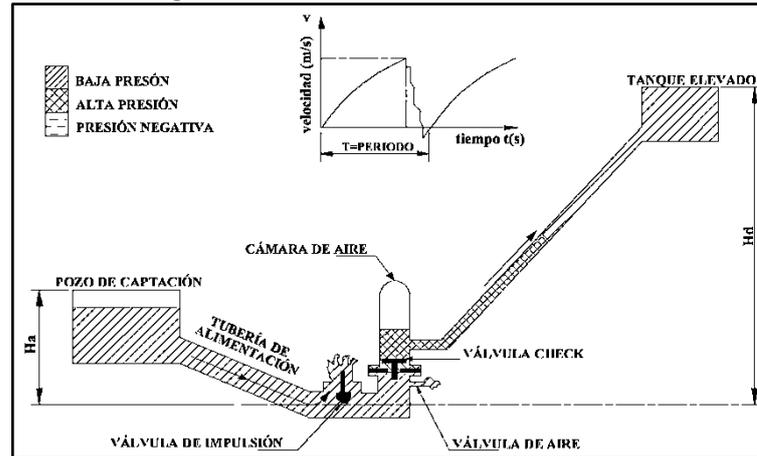
El aire que es parte de la cámara de aire se consume en el flujo bombeado, sino se renovase, manteniendo el nivel se saturaría toda la cámara de agua, por esta razón se coloca la válvula de aire 5 en su posición óptima que es debajo de la válvula check. Esta válvula funciona aprovechando la onda de presión negativa que produce una depresión en la caja del ariete y al producirse dicha depresión, succiona una pequeña cantidad de aire que va a renovar el aire de la cámara. El dispositivo trabajará automáticamente mientras el caudal Q entre en la cámara. Su mayor parte el caudal $Q - Q_p$, se verterá afuera en el tanque reservorio.

La longitud del tubo no influye directamente en el caudal. Sí influye en el tiempo de ciclo del transporte mediante la masa del agua que contiene y el tiempo de aceleración. Una tubería larga tiene tiempos de aceleración largos y tiempos de ciclo altos. Si las tuberías son demasiado cortas, la dinámica propia de la válvula de impulsión y de la válvula check, ejercen una influencia negativa. Debido a su inercia, las válvulas no tienen tiempo suficiente para abrirse y cerrarse por completo en un mismo ciclo. (MA CHI, 2002)

2.3.2 *Ciclo hidráulico del ariete.* El aprovechamiento del golpe de ariete se divide en tres periodos bien definidos durante un ciclo de operación. En las figuras cuatro y cinco que se encuentran a continuación se muestra de manera más comprensiva.

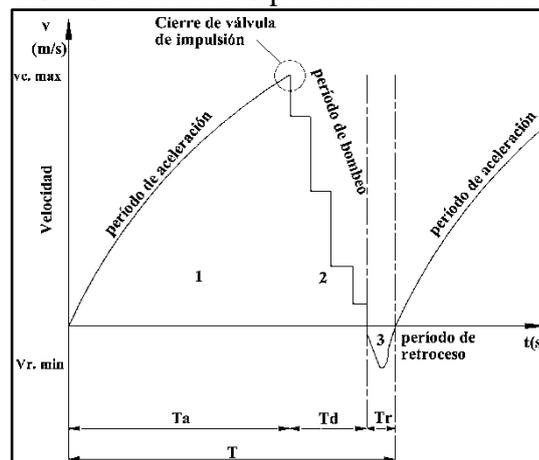
Como partida se inunda el sistema aguas abajo, la válvula de impulsión se cierra debido a la presión inicial H_a , el agua hace que se abra la válvula check, hasta el nivel H_a debido al principio de vasos comunicantes. Seguido de este primer paso, se debe accionar la válvula de impulsión manualmente, así se extrae el aire de las tuberías, hasta que el ariete comience a funcionar automáticamente. (MA CHI, 2002)

Figura 4. Eventos del ciclo hidráulico



Fuente: Ma Chi. Hydraulic Ram Handbook, Zhejiang University of Technology 2002

Figura 5. Gráfica de los periodos velocidad-tiempo



Fuente: Ma Chi. Hydraulic Ram Handbook, Zhejiang University of Technology 2002

$$T = T_a + T_d + T_r \quad (1)$$

En dónde:

T_a = tiempo de duración del periodo de aceleración en s.

T_d = tiempo de duración del periodo de bombeo en s.

T_r = tiempo de duración del periodo de retroceso en s.

T = tiempo de duración del ciclo en s.

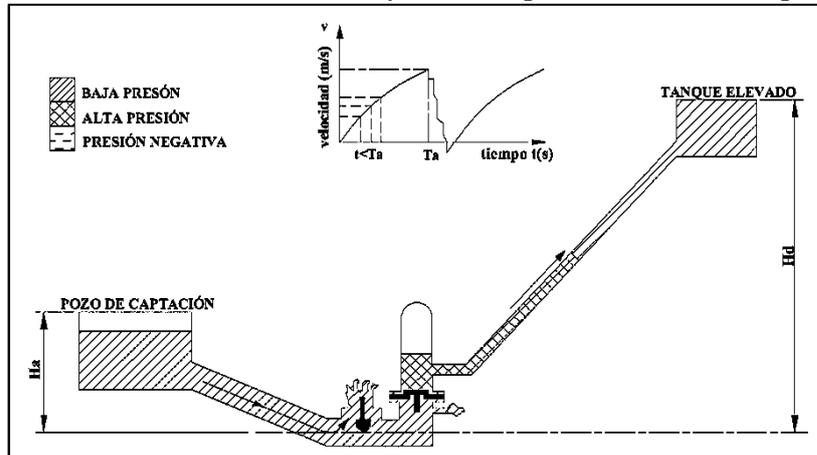
V_c = velocidad del agua en la tubería de alimentación en el momento del cierre de la válvula de impulsión en m/s .

V_r = velocidad del agua durante el período de flujo invertido en m/s .

$V(t)$ = velocidad del agua en la tubería de alimentación en los diferentes instantes de tiempo en m/s .

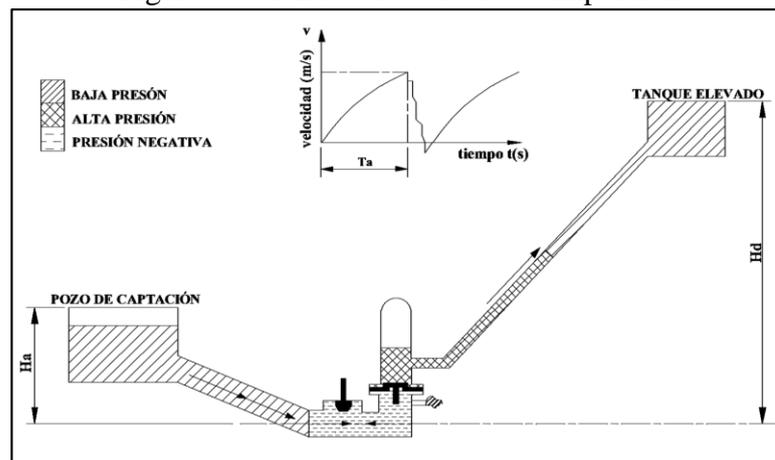
2.3.2.1 Período 1: Aceleración. El fenómeno inicia desde que la energía cinética del agua es nula, por lo que la velocidad es igualmente cero, es decir el agua todavía se encuentra en el tanque de captación, seguido de esto el agua empieza a acelerar debido a la gravedad, las válvulas se encuentran en su posición baja hasta que el agua llega con una presión que está en función directa con la altura de alimentación H_a , haciendo que se cierren, terminando el período 1 y comienza el período 2. (MA CHI, 2002)

Figura 6. Aceleración del fluido y derrame por la válvula de impulsión



Fuente: Ma Chi. Hydraulic Ram Handbook, Zhejiang University of Technology 2002

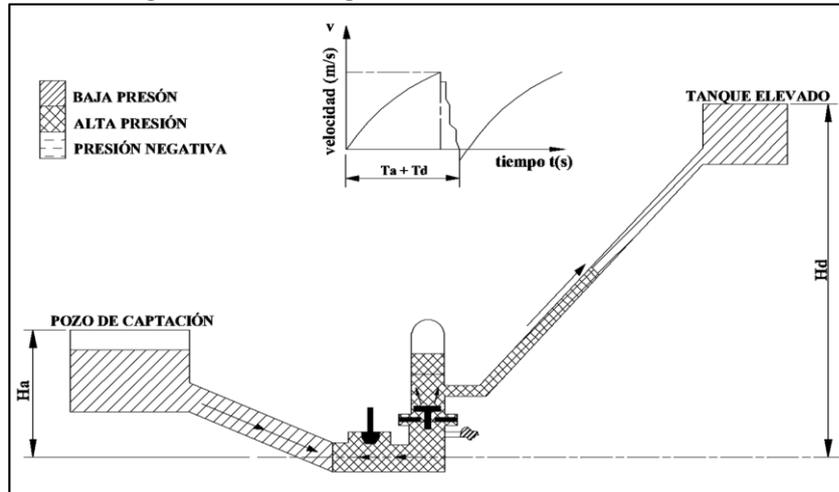
Figura 7. Cierre de la válvula de impulsión



Fuente: Ma Chi. Hydraulic Ram Handbook, Zhejiang University of Technology 2002

2.3.2.2 Período 2: Bombeo. El instante en que la válvula de impulso se cierra, inicia el período 2, este finaliza el momento que se produce una desaceleración del flujo en la cámara de aire como podemos observarlo en la figura 8. En este instante en el sector de la válvula de impulso se produce una presión muy alta, ésta es amortiguada en la cámara de aire.

Figura 8. Amortiguamiento en la cámara de aire

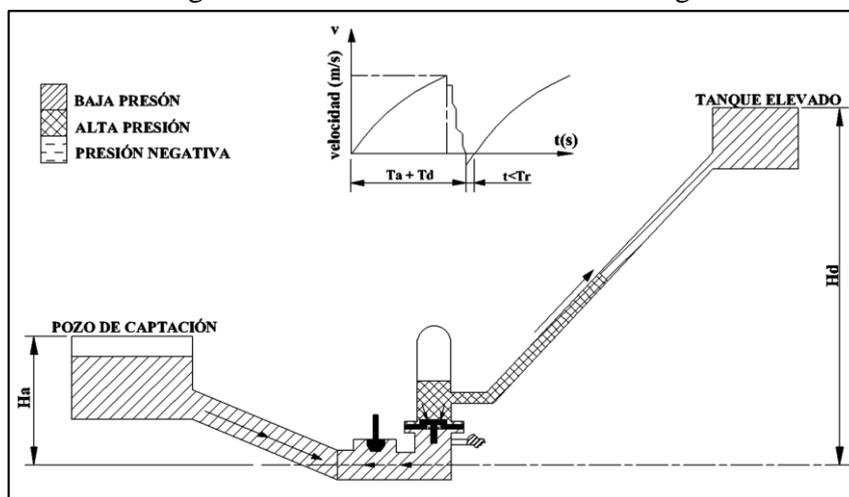


Fuente: Ma Chi. Hydraulic Ram Handbook, Zhejiang University of Technology 2002

2.3.2.3 Período 3: Retroceso. El período 3 se observa en la figura 9, el cual consta de 3 partes: la caída de presión, la reapertura de la válvula de impulso, y el tiempo durante el cual se cierra la válvula check. Aquí la velocidad vuelve a hacer cero, teniendo un nuevo ciclo en progreso. Se observa que el colchón de aire que existe en la cámara de aire ejerce una presión sobre la válvula check haciendo que se cierre haciendo que el agua fluya por la tubería de descarga y no vuelva a la tubería de impulsión.

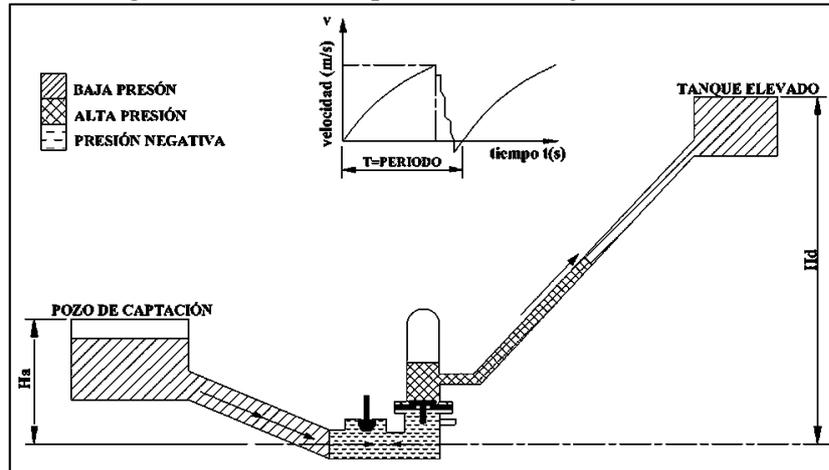
Al retroceder el agua por la tubería de alimentación se produce una sección de baja presión en el cuerpo del ariete, haciendo de esta manera que se genere una renovación de aire en la cámara neumática por la válvula de aire, al mismo tiempo se abre nuevamente la válvula de impulsión, empezando un nuevo ciclo de trabajo. (MA CHI, 2002)

Figura 9. Cierre de la válvula de descarga



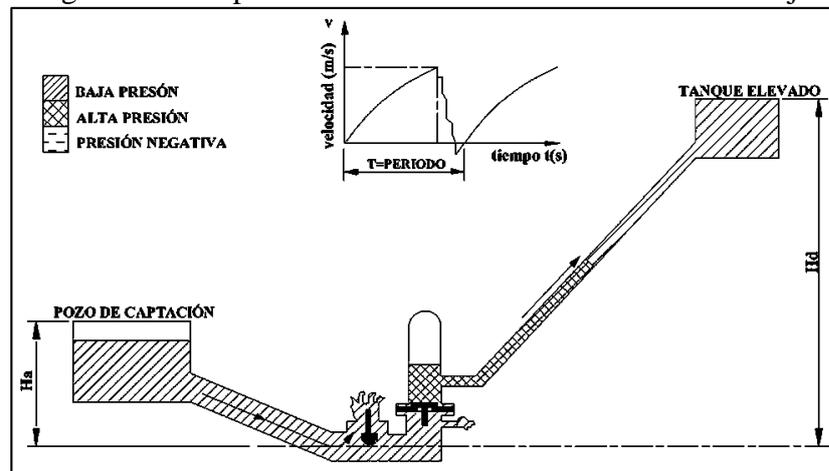
Fuente: Ma Chi. Hydraulic Ram Handbook, Zhejiang University of Technology 2002

Figura 10. Caída de presión en la caja de válvulas



Fuente: Ma Chi. Hydraulic Ram Handbook, Zhejiang University of Technology 2002

Figura 11. Reapertura de las válvulas nuevo ciclo de trabajo



Fuente: Ma Chi. Hydraulic Ram Handbook, Zhejiang University of Technology 2002

2.4 Características de la bomba de ariete hidráulico

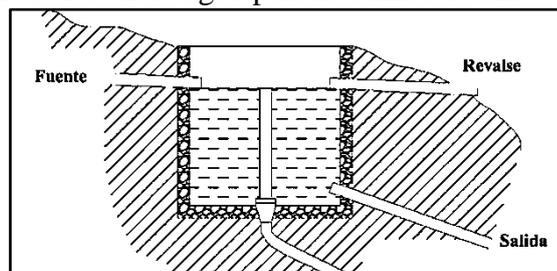
No requiere de energía eléctrica ni suministro de energía vía combustible para su funcionamiento, por lo cual no genera contaminación alguna. Puede trabajar ininterrumpidamente las 24 horas. Ideal para terrenos escarpados o de quebradas en donde se pueda realizar riego tecnificado. La bomba de ariete hidráulico es una máquina de construcción y funcionamiento muy sencillos y de bajo costo, éste aprovecha la elevada presión generada por el fenómeno conocido como “golpe de ariete hidráulico” para impulsar un fluido a una altura superior de su altura inicial. (ESPINOZA, 2009)

Para que una bomba de ariete hidráulico funcione correctamente, necesitamos de cinco componentes principales: colector, ducto de entrada, bomba de ariete, ducto de salida y reservorio de almacenamiento. A continuación se dan sugerencias para su instalación.

2.4.1 Colector. El colector puede tener diferentes tamaños. Puede ser un tubo de cemento de un diámetro de 0,6 hasta 1 metro. Puede ser también un cilindro plástico o de metal. De todas maneras el tubo de salida que va a la bomba de ariete debe estar siempre cubierto por unos 30 a 40 centímetros de agua para no dejar escapar el golpe de ariete.

El colector debe ser construido de manera que las burbujas de agua que llegan de la fuente no entren en el tubo de salida. Para evitar que eventuales residuos sólidos como arena o piedras entren en el tubo de salida, el tubo debe estar colocado unos 20 centímetros arriba del fondo del colector. (RÉ , y otros, 2008)

Figura 12 Colector de agua para la bomba de ariete hidráulico

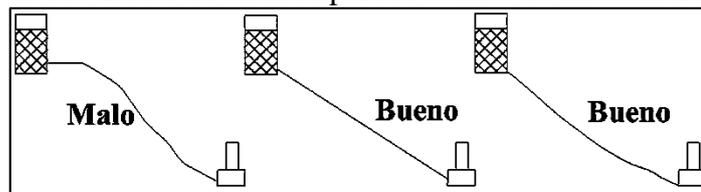


Fuente: <http://www.taller-inti.org>

2.4.2 Ducto de entrada. El ducto o tubo de entrada conecta el colector con la bomba de ariete. El diámetro de este tubo depende del tamaño del ariete utilizado. El ducto de entrada debe ser de 3 a 5 veces la caída de entrada entre el colector y la bomba. Así si la caída a la entrada es de 2 metros, el tubo tendrá entre 6 y 10 metros de largo.

El tubo de entrada debe resistir a los golpes de ariete y debe ser de material rígido. El tubo debe ser perfectamente hermético, no puede tener ninguna fuga. El ducto de entrada debe tener una pendiente constante, en este tubo no se puede tener curvas de ningún tipo. (RÉ , y otros, 2008)

Figura 13. Ducto de entrada para la bomba de ariete hidráulico



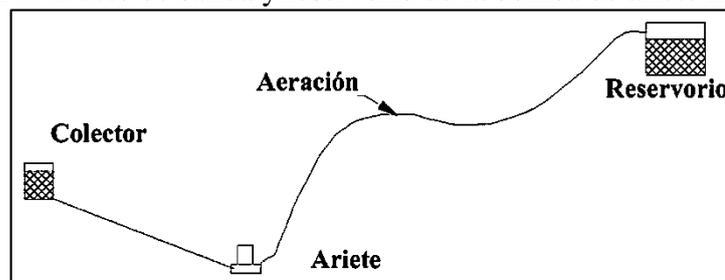
Fuente: <http://www.taller-inti.org>

2.4.3 Ducto de salida. El tubo de salida conecta la bomba de ariete con el reservorio de almacenamiento. El diámetro de este tubo depende del tamaño del ariete. El tubo de

salida no debe tener tramos de contra pendientes. Si no se pueden evitar estas pendientes, tendremos que prever unos sistemas de aeración en los puntos más elevados. El tubo de salida puede ser de plástico, solo hay que tener en cuenta la presión hidráulica estática a la cual está sometida el ducto (1 kg/cm^2 cada 10 metros de altura). (RÉ , y otros, 2008)

2.4.4 *Reservorio de almacenamiento.* El reservorio será instalado en la parte más elevada, el tubo de salida debe entrar en el reservorio encima del nivel de agua más elevado. (RÉ , y otros, 2008)

Figura 14. Ducto de salida y reservorio de la bomba de ariete hidráulico



Fuente: <http://www.taller-inti.org>

2.5 Modelo matemático de la bomba de ariete hidráulico

2.5.1 *Introducción.* Se analizará los modelos matemáticos existentes, para concluir con el modelo más adecuado que permita conocer los valores máximos de las principales variables, que alcanzan en cada periodo, para cada elemento del ariete, funcionamiento, del papel de cada uno de estos dentro del ariete, con miras a un entendimiento más detallado. Además de conseguir un sustento teórico más completo.

A pesar de todas las ventajas que ofrece el ariete hidráulico no han sido utilizados como deberían, por lo tanto su uso se reduce a pequeña escala, y no tan comercial. Los estudios que se han realizado alrededor del ariete hidráulico pueden ser divididos en tres grupos principales.

2.5.2 *Comportamiento de la onda dentro del funcionamiento del ariete.* El estudio del golpe o martillo de ariete tiene su fundamento en la “teoría de la onda elástica”, la cual implica el desplazamiento a una velocidad dada de las variaciones de presión a lo largo de una tubería.

La velocidad de la onda, es el sonido dentro del sistema analizado, condicionada por el diámetro, el espesor y la elasticidad de la tubería además de las propiedades físicas

inherentes al fluido como densidad y compresibilidad. Se entiende por período crítico de una tubería el tiempo que se tarda una onda en desplazarse desde el origen de la perturbación hasta el extremo libre y regreso. Además el tiempo de parada T es aquel intervalo entre la inclinación y terminación de la perturbación (duración del ciclo del golpe de ariete) en la vena líquida. Los factores más importantes que intervienen en el golpe de ariete son: la energía cinética, la aceleración de la gravedad, las pérdidas de carga y el movimiento de inercia del grupo de bombeo.

En el estudio de este fenómeno hay que abandonar las dos hipótesis normalmente adoptadas en flujo en tuberías: fluido incompresible y régimen permanente. El golpe de ariete es un fenómeno transitorio y por tanto de régimen variable, en el que la tubería ya no es rígida y el líquido es compresible.

Aunque es físicamente imposible cerrar una válvula instantáneamente, el estudio inicial del caso de cierre instantáneo ayuda a comprender el estudio de los casos reales.

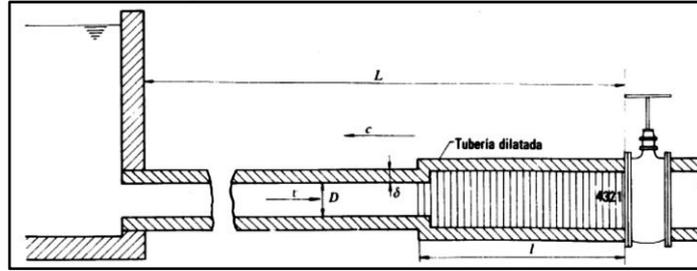
Así, al cerrarse instantáneamente la válvula de impulso de la figura 15, el frenazo provoca una sobrepresión, que se transmite aguas arriba a la velocidad del sonido. Por tanto, esta transmisión aguas arriba no ocurre de forma instantánea, sino que lo hace a una velocidad finita. En la zona por donde ha pasado la onda, el flujo se ha detenido, el fluido se ha comprimido y la tubería se ha expandido, mientras que donde aún no ha llegado, las condiciones siguen siendo las iniciales.

De esta forma, se ha creado una onda elástica, una onda de presión que se propaga por la tubería, se refleja en el depósito, vuelve a la válvula y de nuevo al depósito, así sucesivamente, originando sobrepresiones y depresiones en la tubería, la cual se dilata o contrae al paso de la onda.

Si la longitud de la tubería se denota como L , entonces el tiempo que tarda la onda en recorrer la distancia entre la válvula y el depósito es: $t_0 = L/C$. Al cabo de un tiempo $4t_0 = 4L/C$, el ciclo se repite. Evidentemente, una situación ideal como esta conduciría a un bucle infinito.

El proceso se repetiría indefinidamente si no existiera rozamiento en la tubería. En un caso real con rozamiento, el fenómeno se va amortiguando con el tiempo. (MATAIX, 1986)

Figura 15. Onda de presión en el cierre instantáneo de una válvula.



Fuente: Mecánica de fluidos y Máquinas hidráulicas, Claudio Mataix

2.5.2.1 Estudio del golpe de ariete. Se denomina golpe de ariete al choque que se produce sobre las paredes de un conducto forzado cuando el movimiento del líquido que viene es modificado bruscamente. En otras palabras, consiste en la sobrepresión que las tuberías reciben al cerrarse o abrirse bruscamente una válvula por la energía potencial y cinética con la que corre el agua en el ariete. El fenómeno de golpe de ariete se presenta en forma de una onda oscilatoria o celeridad que viaja a lo largo de la tubería en el momento del cierre brusco de la válvula de impulso. En este instante la cantidad de movimiento (energía cinética) se reduce a cero originando una gran presión.

La magnitud de aumento de presión debido al golpe de ariete ΔP_{ch} , en una tubería cuando el tiempo de cierre es rápido, para un tiempo $t_0 = 2L/C$, se halla la condición que la energía cinética del líquido se convierte en trabajo de deformación tanto de la tubería según NEKRASOV está dada por la siguiente ecuación: (NEKRASOV, 1968)

$$\Delta P_{ch} = \frac{\gamma V \sqrt{\frac{Kg}{\gamma}}}{g \sqrt{1 + \frac{DK}{\delta E}}} \quad (2)$$

Dónde:

ΔP_{ch} = sobrepresión o aumento de presión (kg/m^2).

γ = peso específico del agua (kg/m^3).

g = aceleración debida a la gravedad (m/s^2).

V = velocidad del agua en la tubería antes de cerrarse la válvula de impulso (m/s).

K = módulo de elasticidad del agua (kg/cm^2).

E = módulo de elasticidad de la tubería (kg/m^2).

D = diámetro interno de la tubería (m).

δ = espesor de la tubería (m).

La magnitud $a = \frac{\sqrt{\frac{Kg}{\gamma}}}{\sqrt{1 + \frac{DK}{\delta E}}}$ representa la velocidad de propagación de la onda de presión.

Por lo tanto la magnitud de aumento de presión de golpe de ariete puede quedar expresada:

$$\Delta P_{ch} = \frac{\gamma V a}{g} \quad (3)$$

Esta ecuación puede ser expresada en términos de altura de carga o sea:

$$h_a = \frac{\Delta P_{ch}}{\gamma} = \frac{V a}{g} \quad (4)$$

Dónde:

h_a = sobrepresión (m)

El tiempo fase en que se produce la onda de sobrepresión y depresión viene determinada por:

$$T = \frac{2L}{a} \quad (5)$$

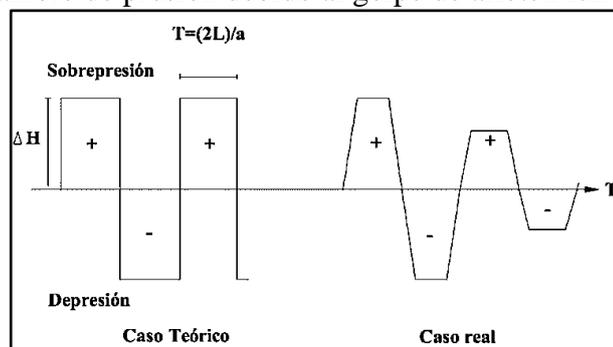
Dónde:

T= tiempo o fase (s)

L = longitud de la tubería (m)

a = velocidad de onda de presión (m/s).

Figura 16. Cambio de presión debido al golpe de ariete función del tiempo



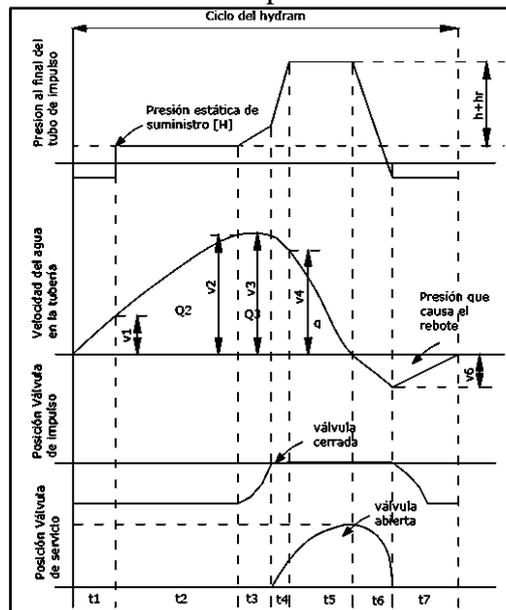
Fuente: Ricardo Alfredo López Cualla. Diseño de acueductos y alcantarillados

2.5.2.2 Ciclo teórico de operación. El funcionamiento y comportamiento del ariete hidráulico se lo representa básicamente por dos curvas en función del tiempo. Se escoge presión y velocidad debido a que estas pueden ser medidas directamente. Además de

dichas gráficas se representan curvas de posición de las válvulas dentro del ciclo del ariete como se puede ver en la figura 18. Los diagramas a analizar los mencionamos a continuación. (KROL, y otros, 1976)

- Presión al final de la tubería de impulso en función del tiempo.
- Velocidad del agua en la tubería de impulso en función del tiempo.
- Posición de la válvula de impulso en función del tiempo.
- Posición de la válvula de servicio en función del tiempo.

Figura 17. Ciclo teórico de operación del ariete hidráulico



Fuente: KROL, J. The Automatic Hydraulic Ram

Para el propósito de análisis matemático del ciclo, Krol divide en siete periodos el ciclo teórico de operación del ariete, los cuales son discutidos a continuación.

Análisis del periodo 1. Este período también es conocido como de aceleración ya que la masa agua se desperdicia hasta adquirir una energía cinética suficiente para iniciar el cierre de válvula. Se inicia el período en un instante del ciclo en el que por efectos del ciclo anterior el agua ha retornado hacia el reservorio una distancia “y”, desde el extremo inferior del tubo de impulso. La presión en el cuerpo del ariete es la atmosférica y el agua en el tubo de alimentación está completamente en reposo; estado que será cambiado por la acción de la carga de agua del reservorio de alimentación.

Por otra parte la válvula de servicio o entrega se mantiene cerrada gracias a la carga de servicio que actúa en ella. Se forma una bolsa de aire: esta pequeña cantidad de aire se

asegura gracias al vacío o succión que se genera en los alrededores de la válvula de impulso por efecto del desperdicio de agua. Una vez que el frente de la columna de agua hace contacto con la válvula de impulso, el período 1, finaliza.

Teóricamente la aceleración del agua en la tubería de impulso está dada según la ley de Newton:

$$\sum F = m \cdot a \quad (6)$$

$$\gamma \left[H - \left(1 + f \frac{L}{D} + \sum K \right) \frac{V^2}{2g} \right] = \frac{\gamma AL}{g} \frac{dv}{dt}$$

$$\left[H - \left(1 + f \frac{L}{D} + \sum K \right) \frac{V^2}{g} \right] = \frac{L}{g} \frac{dv}{dt}$$

Como los valores durante este periodo son pequeños, el segundo término se puede desprejarse quedando la siguiente ecuación simplificada:

$$H = \frac{L}{g} \frac{dv}{dt} \quad (7)$$

Si reemplazamos $v = \frac{dy}{dt}$ en la ecuación anterior ya que el agua tiene que recorrer una distancia “y”.

$$\text{Tenemos: } H = \frac{L}{g} \frac{d^2y}{dt^2}$$

Integrando la ecuación se obtiene como solución

$$t_1 = \sqrt{\frac{2Ly}{gH}} \quad (8)$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{2gHy}{L}} \quad (9)$$

Dónde:

H = altura disponible (m)

t_1 = tiempo del periodo 1 (s)

y = distancia debido al retroceso del agua (m)

V_1 = velocidad del agua en la tubería de impulso durante el periodo 1 (m/s)

Análisis del periodo 2. El flujo se incrementa al máximo a través de la válvula de impulso abierta. La aceleración del agua continúa hasta que esta alcance a llegar a una velocidad V_2 , necesaria para que ocurra el cierre de la válvula de impulso, esta velocidad viene dado por la siguiente ecuación: (BERGERON, 1928)

$$V_2 = \sqrt{\frac{Wg}{A'\gamma K_0}} \quad (10)$$

Dónde:

V_2 = velocidad del agua en la tubería de impulso durante el periodo 2 (m/s)

W = peso de la válvula de impulso (kg)

A' = área de la válvula de impulso (m^2)

K_0 = coeficiente de resistencia de cierre de la válvula de impulso.

Según BEGERON, recomienda que la velocidad en la tubería de impulso necesaria para que ocurra el cierre de la válvula de impulso es:

$$V_2 = (0,3 \text{ a } 0,5) \sqrt{\frac{2gH}{Z}} \quad (11)$$

Dónde:

Z = coeficiente total de pérdidas

H = altura disponible (m)

g = gravedad (m/s^2)

El período 2 forma la mayor parte del tiempo t_0 tal de la duración del ciclo completo (T); por tanto la pérdida debida a la fricción y accesorios debe ser considerada.

Haciendo el análisis de fuerzas que actúan en la tubería de impulso se tiene:

$$\gamma AH - \gamma A \left(1 + f \frac{L}{D} + \sum K \right) \frac{V^2}{2g} = \frac{\gamma AL}{g} \frac{dv}{dt}$$

$$H - \left(1 + f \frac{L}{D} + \sum K \right) \frac{V^2}{2g} = \frac{L}{g} \frac{dv}{dt}$$

Si:
$$Z = 1 + f \frac{L}{D} + \sum KZ$$

Se tiene:

$$H - Z \frac{V^2}{2g} = \frac{L}{g} \frac{dv}{dt}$$

Multiplicando esta ecuación por $\frac{2g}{Z}$ y despejando dt , se tiene:

$$dt = \frac{\frac{2L}{Z}}{\frac{2gH}{Z} - V^2} dv \quad (12)$$

Integrando esta ecuación con los límites $V = V_1$ y $V = V_2$, se tiene:

$$t_2 = \frac{L}{\sqrt{2gHZ}} \ln \frac{\left[1 + \sqrt{\frac{WZ}{2A'H\gamma K_0}}\right] \left[1 - \sqrt{\frac{yZ}{L}}\right]}{\left[1 - \sqrt{\frac{WZ}{2A'H\gamma K_0}}\right] \left[1 + \sqrt{\frac{yZ}{L}}\right]} \quad (13)$$

Dónde:

t_2 = tiempo del periodo 2 (s)

La cantidad de agua desechada por la válvula de impulso durante este periodo vendrá dado por:

$$Q_2 = \gamma A \int_{V_1}^{V_2} V dt$$

Reemplazando el valor de dt de la ecuación 12 se tiene:

$$Q_2 = \gamma A \int_{V_1}^{V_2} V \frac{\frac{2L}{Z}}{\frac{2gH}{Z} - V^2} dv$$

Teniendo como solución:

$$Q_2 = \frac{\gamma AL}{Z} \ln \left[\frac{\frac{2gH}{Z} - \frac{2gHy}{L}}{\frac{2gH}{Z} - \frac{Wg}{A'\gamma K_0}} \right] \quad (14)$$

Dónde:

Q_2 = cantidad de agua desechada durante el periodo 2 (kg/ciclo).

A = área de la tubería de impulso (m^2).

Una importante relación puede ser establecida por la siguiente expresión:

$$\frac{Wg}{A'\gamma K_0} = \frac{2gH}{Z} \quad (15)$$

Si se lleva este valor a la ecuación 14 su denominador sería igual a cero, lo que traerá como consecuencia el valor de $\ln = \infty$ y $Q_2 = \infty$.

El valor de $Q_2 = \infty$ indica que cuando se cumple la relación ecuación 15 la válvula de impulso no cerrará completamente. Por tanto el peso de la válvula de impulso debe satisfacer la siguiente condición:

$$0 < W < \frac{2HA'\gamma K_0}{Z} \quad (16)$$

Integrando la ecuación 12 con respecto a t, con los límites $V = 0$ y $V = V_2$, la duración de los periodos 1 y 2 está dada por la siguiente ecuación:

$$\int_0^{t_1+t_2} dt = \int_0^{V_2} \frac{\frac{2L}{Z}}{\frac{2gH}{Z} - V^2} dv$$

Se tiene como solución:

$$t_1 + t_2 = \frac{L}{\sqrt{2gHZ}} \ln \left[\frac{1 + \left(\frac{WZ}{2A'H\gamma K_0} \right)^{1/2}}{1 - \left(\frac{WZ}{2A'H\gamma K_0} \right)^{1/2}} \right] \quad (17)$$

Análisis del período 3. La velocidad del agua es ahora tal que, la acción de la fuerza en la superficie interior de la válvula de impulso es superior que el peso de la misma. La válvula de impulso comienza a cerrarse y es completado su cierre al final del período.

El análisis del período 3 es complicado por el hecho que el agua y la válvula de impulso están en movimiento. Sin embargo usando la ecuación fundamental de movimiento, fuerza igual a masa por aceleración e introduciendo algunas simplificaciones matemáticas se tiene que, las ecuaciones aproximadas para el movimiento de la válvula de impulso son:

$$\frac{d^2s}{dt^2} = \frac{\frac{2Hg^2t}{L} \left[1 - \frac{WZ}{2A'H\gamma K_0} \right]}{\sqrt{\frac{Wg}{A'\gamma K_0}}}$$

Lo cual da finalmente:

$$t_3 = \sqrt[3]{\frac{LS\left(\frac{Wg}{A'\gamma K_0}\right)^{1/2}}{4g^2 H\left(1 - \frac{WZ}{2A'H\gamma K_0}\right)}} \quad (18)$$

Dónde:

t_3 = tiempo del periodo 3(s)

S = carrera de la válvula de impulso (m)

La variación de velocidad del agua durante el periodo 3, es un tanto obscura para ser expresada matemáticamente. Porque debido a la corta duración del período 3, la velocidad no varía grandemente desde su valor inicial V_2 ; por tanto para fines prácticos puede asumirse que:

$$V_2 = V_3 \quad (19)$$

Sobre esta base la cantidad de agua desechada durante el período 3 puede como:

$$Q_3 = \gamma AV_3 t_3 \quad (20)$$

Dónde:

Q_3 = cantidad de agua desechada durante el periodo 3 (kg/ciclo)

La energía cinética de la columna de agua detenida al final del período 3 puede ser determinada como:

$$Ec = \frac{mV_3^2}{2}$$

Si:

$$V_3 = V_2$$

$$m = \frac{\gamma AL}{g}$$

Se tiene:

$$Ec = \frac{\gamma AL}{2g} V_3^2 \quad (21)$$

Dónde:

Ec = energía al final del periodo 3 (kg – m/ciclo)

V_3 = velocidad del agua en la tubería de impulso durante el periodo 3 (m/s)

Análisis período 4. Al final del período 3, la válvula de impulso es cerrada completamente y una retardación brusca da lugar causando la abertura de la válvula de descarga mientras que al mismo tiempo la velocidad en la tubería de impulso es reducida en proporción a la cabeza de presión ($h+hr$) generada en exceso de la carga estática H . Considerando la inercia de las válvulas, toma un tiempo hasta que el momento dinámico creado por el golpe de ariete se traslade hasta la válvula de impulso en un tiempo $2L/a$. Además la bolsa de aire que se generó por vacío en el período 1, bajo la válvula de impulso, se comprime por la acción de la presión.

La duración del periodo 4 es muy corto pudiendo ser estimado como:

$$t_4 = \frac{2L}{a} \quad (22)$$

Dónde:

t_4 = tiempo del periodo 4 (s)

Se puede decir que t_4 , es el tiempo requerido para una completa reflexión de una onda de presión viajada a lo largo de la tubería de impulso.

Sí la velocidad del agua al final del período es V_4 , en ese instante se tiene la relación:

$$V_4 = V_3 - (h + hr) \frac{g}{a} \quad (23)$$

Dónde:

V_4 = velocidad al final del periodo 4 (m/s)

H = altura de descarga medida sobre el nivel de suministro (m)

hr = pérdida de carga durante el periodo de retención (m)

La pérdida hr durante el periodo de retardación en la tubería de impulso, válvula de descarga y tubería de descarga, puede ser determinada por:

$$hr = 5,64 \left(1 - \frac{h}{hm_{\max}} \right) \quad (24)$$

Dónde:

hm_{\max} = altura de descarga desarrollada por el ariete (m)

De la ecuación 23 la altura máxima de descarga que desarrolla un ariete puede determinarse cuando $V_4 = 0$ y $hr = 0$.

Por lo tanto:

$$h \text{ máx} = \frac{aV_3}{g} \quad (25)$$

Si:

$$V_3 = V_2$$

Se tiene:

$$h \text{ máx} = \frac{a}{g} \sqrt{\frac{Wg}{A'\gamma K_0}} \quad (26)$$

Esta ecuación muestra que para un peso dado de la válvula de impulso (W) y una longitud de carrera S, hay siempre una altura máxima de descarga a la cual no puede ser bombeada el agua y también muestra que si la válvula de impulso es demasiado liviana, únicamente una pequeña altura de descarga puede ser obtenido.

Debido a la reducción de velocidad en este período por efecto de la subida de presión (golpe de ariete), hay una cierta pérdida de energía cinética que es gastada en la compresión del agua contenida en la tubería de impulso y el ensanchamiento de las paredes de la misma.

Esta pérdida de energía cinética puede ser determinada como:

$$E_{cp} = \frac{m\Delta V^2}{2}$$

Sí:

$$\Delta V^2 = \frac{(h + hr)^2 g^2}{a^2}$$
$$m = \frac{\gamma AL}{g}$$

Se tiene:

$$E_{cp} = \frac{\gamma ALg(h+hr)^2}{2a^2} \quad (27)$$

Dónde:

E_{cp} = pérdida de energía cinética (kg-m/ciclo)

Análisis del período 5. La válvula de descarga se abre completamente y el agua es descargada dentro de la cámara de aire a una velocidad V_4 , en ese instante es aprovechada la energía disponible para bombear la cantidad q' contra la carga $(h+hr)$ que es igual a la energía cinética desarrollada al final del período 3, menos la energía cinética gastada en la compresión del agua y dilatación de las paredes de la tubería. La cantidad de agua descargada por el ciclo es por tanto:

$$q'(h + hr) = Ec - Ecp$$

$$q' = \frac{Ec - Ecp}{(h + hr)} \quad (28)$$

Dónde:

q' = cantidad de agua descargada por el ciclo (kg/ciclo)

La duración del periodo 5, puede ser determinada por el teorema de impulso o cantidad de movimiento.

$$F dt = m dv$$

$$(h + hr)\gamma a t_5 = \frac{\gamma AL}{g} (V_4 - V_5)$$

Sí:

$$V_4 = V_3 - \frac{(h + hr)g}{a}$$

$$V_3 = V_2$$

Se tiene:

$$t_5 = \frac{L}{(h + hr)g} \left[\sqrt{\frac{Wg}{A'\gamma K_0}} - \frac{(h + hr)g}{a} \right] \quad (29)$$

Dónde:

t_5 = tiempo del periodo 5 (s)

El resultado obtenido muestra que el tiempo de descarga decrece rápidamente con el incremento de altura de descarga.

Análisis del período 6. Al final del período 5, la velocidad del agua en la válvula de descarga es de recorrido nulo y el total de la energía disponible para bombear es consumida; la válvula de descarga está cerrada. Este cierre de la válvula pretende que la

tubería de impulso, permanezca bajo la altura de presión total ($H + h + hr$), súbitamente retornando a la altura estática disponible H . El tiempo de duración que este cambio tiene lugar, es muy corto y puede ser estimado como el tiempo requerido para una reflexión completa de una onda de presión.

$$t_6 = \frac{2L}{a} \quad (30)$$

Dónde:

t_6 = tiempo del periodo 6 (s)

Como resultado del cambio repentino de presión, la energía de deformación del agua y la tubería; ecuación 27 es convertida en la energía cinética del movimiento del agua hacia el tanque de suministro. La magnitud de la velocidad negativa con que el agua retrocede desde la válvula de impulso puede ser obtenida igualando la energía de deformación del agua y la tubería de impulso para la energía cinética, que produce V_6 .

$$\frac{A\gamma Lg(h + hr)^2}{2\alpha^2} = \frac{\gamma AL}{2g} V_6^2$$

$$V_6 = -\frac{(h+hr)g}{a} \quad (31)$$

Dónde:

V_6 = velocidad al final del periodo 6 (m/s).

Este periodo comprende el intervalo de tiempo desde que se cierra la válvula de descarga hasta el inicio de apertura de la de impulso por la inercia de las válvulas, además posee dos actividades.

a) Flujo de retroceso. En el instante del cierre de la válvula de descarga la presión en el cuerpo del ariete será apenas menor respecto a la presión de la cámara de aire. Esta condición se alivia por un flujo de retorno del tubo de alimentación hacia el reservorio alcanzado de este modo una presión menor a la atmosférica del cuerpo del ariete.

b) Reposición de aire a la cámara de aire. En breve intervalo de “vacío” en el cuerpo del ariete se aprovechado para reponer el aire perdido; introduciendo cierta cantidad de aire mediante una pequeña válvula anti retorno de aire, situada bajo la válvula de servicio. La energía elástica que acumuló el volumen de agua en el tubo de impulso, se convierte en cinética.

Análisis del período 7. Al final del período 6, el agua en la tubería de impulso adquiere una velocidad negativa, consecuentemente la válvula de impulso se abre bajo la acción del peso una diferencia de presión causada por el retroceso del agua. El tiempo t_7 durante el cual el agua se mueve lejos de la válvula de impulso, puede ser encontrado por la ecuación 7 del período 1. La solución de la ecuación da:

$$H = \frac{L}{g} \frac{dv}{dt}$$

$$t_7 = \frac{L}{gH} V_6$$

Reemplazando el valor de V_6 , se tiene:

$$t_7 = \frac{L(h+hr)}{Ha} \quad (32)$$

Dónde:

t_7 = tiempo del periodo 7 (s)

La magnitud de la distancia viajada por el retroceso del agua dentro de la tubería de impulso puede ser obtenida igualando las ecuaciones 9 y 31.

$$V_1 = V_6$$

$$\sqrt{\frac{2gHy}{L}} = \frac{(h+hr)g}{a}$$

$$y = \frac{(h+hr)^2 Lg}{2Ha^2} \quad (33)$$

Dónde:

y = distancia debido al retroceso del agua en la tubería de impulso (m)

2.5.5 *Apertura de la válvula de impulso.* El efecto combinado de la presión atmosférica que actúan en la cara exterior de la válvula de impulso, el peso de la misma y la presión interna que actúa en la cara interior, producen una fuerza resultante suficiente para abrir la válvula automáticamente. Además la onda de presión que se refleja de regreso hacia arriba del tubo de impulso, causa una ligera succión en el cuerpo del ariete.

2.5.6 *Desaceleración del flujo de retorno hacia el reservorio.* Al abrirse la válvula de impulso, el vacío en el cuerpo del ariete comienza a desaparecer debido a que la presión trata de igualarse con la atmosférica.

Por otro lado, la carga de suministro y la fricción en el tubo actúan para desacelerar el flujo de retorno al reservorio.

Por estos efectos, se llega a detener el flujo de retorno. De esta forma, al final del período se tiene las condiciones iniciales del período 1 y el ciclo se repite. Los resultados del análisis anterior pueden ser resumidos en las siguientes fórmulas principales:

- La cantidad de agua descargada por ciclo:

$$q' = \frac{Ec - Ecp}{(h + hr)} \quad (34)$$

- La cantidad de agua desechada por ciclo:

$$Q' = Q_2 + Q_3 \quad (35)$$

- Duración total del ciclo:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 \quad (36)$$

- La eficiencia de acuerdo a la fórmula propuesta por Eytelwein y Rankine:

$$\eta = \frac{q'h}{Q'H} \quad (37)$$

- La potencia desarrollada:

$$P = \frac{q'h}{T} \quad \left[\frac{kg-m}{seg} \right] \quad (38)$$

2.6 Concepto de automatización

La palabra automatización proviene del vocablo griego “auto” y significa el cumplimiento de un proceso por medios propios, en el que materia, información o energía es cambiado o transformado.

Automatización es la tecnología que trata de la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y de bases computacionales para operar y controlar la producción, es un sistema donde se pasan las tareas de producción, que las realizan corrientemente por operadores a un conjunto de elementos tecnológicos. En los más modernos sistemas de automatización, el control de las máquinas es realizado por ellas mismas gracias a sensores de control que le permiten percibir cambios en sus alrededores de ciertas

condiciones tales como temperatura, volumen y fluidez de la corriente eléctrica y otros, sensores los cuales le permiten a la máquina realizar los ajustes necesarios para poder compensar estos cambios. Hoy, una gran mayoría de las operaciones industriales son realizadas por enormes máquinas de este tipo.

2.7 Importancia de la automatización

A través de los siglos el hombre se ha propuesto mejorar sus condiciones de vida, facilitar sus labores cotidianas, mejorar los procesos de producción, ser más competitivo y generar mayor riqueza a través de su trabajo, evitando desgastarse e incluso, tener que hacerlo por sí mismo. A partir de la inventiva, experiencia y demás virtudes que el hombre posee ha podido generar miles de soluciones a sus problemas cotidianos, si unimos parte de estas virtudes con la necesidad de mejorar, ser más competitivo, reducir al máximo su participación en los trabajos pesados y generar para sí mismo mayores beneficios, encontramos soluciones tan creativas y a la vez tan avanzadas que nos permiten eliminar por un instante los límites que el hombre como ser racional posee.

En medio de su afán por mejorar sus producciones, conseguir mayores beneficios, y ser mejor cada día, el hombre de la mano de la tecnología, grandes investigaciones y una infinidad de posibilidades ha logrado crear sistemas automáticos, que de una u otra manera han hecho más fácil y a la vez más productiva la vida del hombre.

Estos sistemas, creados a partir de conceptos básicos de las diferentes ciencias, ramas de la industria, e incluso de necesidades tan básicas como el tener que contar, han generado en el hombre la necesidad de tener todo proceso de manera automática, a partir de esta idea, se concibe la automatización, como una serie de sistemas que de manera automática o semiautomática logran realizar cualquier trabajo en menos tiempo y con mayor calidad.

Sistemas de cualquier tipo como mecánico, eléctrico, neumático, etc. son aquellos que sitúan dentro de la escala de evolución tecnológica al humano en cada espacio de tiempo, siendo cada uno de estos sistemas en la vida cotidiana del hombre indispensables para su funcionamiento normal dentro de cualquier ámbito. La automatización como proceso ha sido una de las mayores creaciones del hombre, pues a partir de sus resultados se han logrado disminuir significativamente fallas de tipo humano, así como se han mejorado los niveles de producción, y sus mismos niveles de vida. (SABOGAL, 2012)

2.8 Elementos de la automatización

Cuando la flexibilidad es el calificativo que engloba todas las tendencias presentes en la automatización de las plantas industriales, los medios de transporte interno deben ser asimismo flexibles. Ante esta necesidad, los sistemas modulares constituyen la respuesta idónea. Robustez, mejor sujeción y, especialmente, incorporación de nuevos tipos de accionamientos y elementos de control, son las principales novedades que han ido introduciéndose en los sistemas modulares de automatización. Por otro lado, la tendencia constructiva de los suministradores apunta a que a partir de un número importante de componentes estándar se llegue a diseñar un sistema totalmente adaptado a unas necesidades específicas. (CHICALA, 2004)

2.9 Clases de automatización

Existen tres clases muy extensas de automatización:

- Automatización fija.
- Automatización programable.
- Automatización flexible.

2.9.1 *Automatización fija.* Se emplea si el volumen de producción es muy elevado, y por lo tanto se puede justificar el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto, con un excelente rendimiento y tasas de producción elevadas. Un problema de la automatización fija es su tiempo de vida el que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado. (CHICALA, 2004)

2.9.2 *Automatización programable.* Se emplea si el volumen de producción es probablemente bajo y existe una gran variedad de producción a obtener. En este tipo de automatización el equipo de producción es diseñado para adaptarse a las alteraciones de configuración del producto; ésta adaptación se efectúa por medio de un software. (CHICALA, 2004)

2.9.3 *Automatización flexible.* Adecuada para un rango de producción medio. Estos métodos flexibles poseen características de la automatización fija y de la automatización programada. Los métodos flexibles suelen estar compuestos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por un computador. (CHICALA, 2004)

2.10 Sensores para la medición de variables

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo.

Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. (CAMILOS, 2004)

2.11 Características de un sensor

Un sensor ideal sería aquel en que la relación entre la magnitud de salida y la variable de entrada fuese puramente proporcional y de respuesta instantánea e idéntica para todos los elementos de un mismo tipo. Sin embargo, la respuesta real de los sensores nunca es del todo lineal, tiene un campo limitado de validez, suele estar afectada por perturbaciones del entorno exterior y tiene un cierto retardo a la respuesta. Todo ello hace que la relación salida / entrada deba expresarse por una curva, o mejor por una familia de curvas, para sensores de un mismo tipo y modelo. (PROTON, 2009)

Para definir el comportamiento real de los sensores se suelen comparar éstos con un modelo ideal de comportamiento o con un transductor patrón y se definen una serie de características que ponen de manifiesto las desviaciones respecto a dicho modelo. Dichas características pueden agruparse en dos grandes bloques:

- Características estáticas
- Características dinámicas.

2.11.1 Características estáticas. Describen la actuación del sensor en régimen permanente o con cambios muy lentos de la variable a medir.

2.11.1.1 Campo de medida. Es el rango de valores de la magnitud de entrada comprendido entre el máximo y el mínimo detectables por un sensor, con una tolerancia de error aceptable.

2.11.1.2 Resolución. Indica la capacidad del sensor para discernir entre valores muy próximos de la variable de entrada. Se mide por la mínima diferencia entre dos valores próximos que el sensor es capaz de distinguir. Se puede indicar en términos de valor absoluto de la variable física medida o en porcentaje respecto al fondo de escala de la salida.

2.11.1.3 Precisión. La precisión define la máxima desviación entre la salida real obtenida de un sensor en determinadas condiciones de entorno y el valor teórico de dicha salida que corresponderla, en idénticas condiciones, según el modelo ideal especificado como patrón. Se suele indicar en valor absoluto de la variable de entrada o en porcentaje sobre el fondo de escala de la salida.

2.11.1.4 Repetitividad. Característica que indica la máxima desviación entre valores de salida obtenidos al medir varias veces un mismo valor de entrada, con el mismo sensor y en idénticas condiciones ambientales. Se suele expresar en porcentaje referido al fondo de escala y da una indicación del error aleatorio del sensor. Algunas veces se suministran datos de repetitividad variando ciertas condiciones ambientales, lo cual permite obtener las derivas ante dichos cambios.

2.11.1.5 Linealidad. Se dice que un transductor es lineal, si existe una constante de proporcionalidad única que relaciona los incrementos de señal de salida con los correspondientes incrementos de señal de entrada, en todo el campo de medida. La no linealidad se mide por la máxima desviación entre la respuesta real y la característica puramente lineal, referida al fondo de escala.

2.11.1.6 Sensibilidad. Característica que indica la mayor o menor variación de la salida por unidad de la magnitud de entrada. Un sensor es tanto más sensible cuanto mayor sea la variación de la salida producida por una determinada variación de entrada. La sensibilidad se mide, pues, por la relación:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\text{Magnitud de salida}}{\text{Magnitud de entrada}}$$

2.11.1.7 Ruido. Se entiende por ruido cualquier perturbación aleatoria del propio transductor o del sistema de medida, que produce una desviación de la salida con respecto al valor teórico.

2.11.1.8 Histéresis. Se dice que transductor presenta histéresis cuando, a igualdad de la magnitud de entrada, la salida depende de si dicha entrada se alcanzó con aumentos en sentido creciente o en sentido decreciente. Se suele medir en términos de valor absoluto de la variable física o en porcentaje sobre el fondo de escala. Obsérvese que la histéresis puede no ser constante en todo el campo de medida.

2.11.2 Características dinámicas. Que describen la actuación del sensor en régimen transitorio, a base de dar su respuesta temporal ante determinados estímulos estándar o a base de identificar el comportamiento del transductor con sistemas estándar, e indicar las constantes de tiempo relevantes.

2.11.2.1 Velocidad de respuesta. La velocidad de respuesta mide la capacidad de un transductor o sensor para que la señal de salida siga sin retraso las variaciones de la señal de entrada. La forma de cuantificar este parámetro es a base de una o más constantes de tiempo, que suelen obtenerse de la respuesta al escalón.

2.11.2.2 Respuesta frecuencial. Relación entre la sensibilidad y la frecuencia cuando la entrada es una excitación senoidal. Se suele indicar mediante un gráfico de Bode. La respuesta de frecuencia está muy directamente relacionada con la velocidad de respuesta.

2.11.2.3 Estabilidad y derivas. Características que indican la desviación de salida del sensor al variar ciertos parámetros exteriores distintos del que se pretende medir, tales como condiciones ambientales, alimentación, u otras perturbaciones. Debe tenerse en cuenta que todas las características suelen variar con las condiciones ambientales. Por ello, uno de los parámetros esenciales a comprobar al elegir un transductor es el campo de validez de los parámetros que se indican como nominales del mismo y las máximas desviaciones provocadas por dichas condiciones ambientales.

2.12 Clasificación de los sensores

Aunque es complicado realizar una clasificación única, debido a la gran cantidad de sensores que existen actualmente, las siguientes son las clasificaciones más generales y comunes. (ORTEGA, 2013)

2.12.1 Principio de funcionamiento

2.12.1.1 Activos. Son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir en forma autónoma, sin requerir de fuente alguna de alimentación.

2.12.1.2 Pasivos. Son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir por intermedio de una fuente auxiliar.

2.12.2 Tipo de señal que generan

2.12.2.1 Digitales. Son aquellos que frente a un estímulo pueden cambiar de estado ya sea de cero a uno o de uno a cero, en este caso no existen estados intermedios y los valores de tensión que se obtienen son únicamente dos, 5V y 0V (o valores muy próximos).

2.12.2.2 Análogos. Son aquellos que, como salida, emite una señal comprendida por un campo de valores instantáneos que varían en el tiempo, y son proporcionales a los efectos que se están midiendo.

2.12.2.3 Temporales. Son aquellos que entregan una señal variable en el tiempo la cual puede ser una onda sinusoidal, triangular o cuadrada.

2.12.3 Rango de valores de salida

2.12.3.1 ON/OFF. También conocidos como sensores si-no, sensores 0-1, sensores on-off, o sensores binarios son en general dispositivos mecánicos simples.

2.12.3.2 De medida. Se obtiene una salida proporcional a la señal de entrada.

2.12.4 Nivel de integración

2.12.4.1 Discretos. Sensor en el que el circuito de acondicionamiento se realiza mediante componentes electrónicos separados e interconectados entre sí.

2.12.4.2 Integrados. Elemento sensor y circuito acondicionador (al menos este último) construidos en un único circuito integrado, monolítico o híbrido.

2.12.4.3 Inteligentes. Realiza al menos una de las siguientes funciones: Cálculos numéricos, Comunicación en red, Auto calibración y autodiagnóstico, Múltiples medidas con identificación del sensor.

2.12.5 Tipo de variable física medida. De acuerdo a la variable física medida los sensores pueden ser mecánicos, eléctricos, magnéticos, térmicos, acústicos, ultrasónicos, químicos, ópticos, de radiación, laser etc.

CAPÍTULO III

3. PUESTA A PUNTO DEL BANCO DEL ARIETE HIDRÁULICO

3.1 Introducción

En la práctica es imposible encontrar una máquina o equipo que no necesite Mantenimiento. Es así, que para producir o fabricar se requiere de máquinas o equipos, que con la acción del tiempo y del uso están sujetos a un proceso irreversible de desgaste, de envejecimiento y a una degradación de eficiencia técnica; así como a su obsolescencia tecnológica. Por lo tanto, para aliviar estos males inevitables se requerirá asociar la vida de estas máquinas o equipos con el mantenimiento. (CUADRADO, 2010)

3.1.1 *Mantenimiento.* Es el conjunto de Medidas y Acciones necesarias para asegurar el normal funcionamiento de una planta, maquinaria o equipo, a fin, de conservar el servicio para el cual han sido diseñadas dentro de su vida útil estimada.

El mantenimiento puede ser dividido en tres grandes grupos: mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento mejorativo. (CUADRADO, 2010)

3.1.1.1 *Mantenimiento correctivo.* Basa su acción en la corrección de daños o fallas luego de que éstos se han producido. Este sistema se basa en la improvisación y representa el más alto costo para la industria.

En este tipo de mantenimiento, el equipo sigue en servicio hasta que no pueda desempeñar su función normal, y que exista la obligación de llamar al Servicio de Mantenimiento para reparar el defecto. Una vez reparado el defecto, el servicio de mantenimiento, no atiende de nuevo al equipo hasta que no presente otra falla.

La actitud de permitir que instalaciones, equipos y maquinarias funcionen sin prestarles mucha atención, sino, hasta que una avería disminuya la producción, tiene origen en:

- La indiferencia ante las técnicas de programación.
- Falta de justificación económica para un gasto de aplicación de estas técnicas.
- Demanda excesiva, temporal o permanente de la capacidad normal del equipo o empresa.

No requiere por tanto, una programación previa a la acción, porque bajo este sistema se está actuando siempre de “urgencia”. (CUADRADO, 2010)

3.1.1.2 Mantenimiento preventivo. Es un sistema de trabajo aplicable en el área de mantenimiento industrial, que tiene por lema: “Inspeccionar y reparar antes de que se produzca la avería”, es decir, reparar cuando la maquinaria o instalaciones están aún en cuanto a seguridad, calidad y desgaste, dentro de los límites aceptables.

Este tipo de mantenimiento, es la única forma de asegurar al máximo la continuidad del trabajo. Técnicamente hablando, lo ideal sería que un servicio de mantenimiento trabajara plenamente en preventivo, pero para determinados componentes y maquinaria de tipo universal, y que no son críticos en la producción, es decir, que no son capaces de producir una parada importante, puede ser antieconómico incluirlas en este tipo de mantenimiento. (CUADRADO, 2010)

3.1.1.3 *Mantenimiento mejorativo.* Puede existir una pequeña confusión entre mantenimiento correctivo y mantenimiento mejorativo.

Es necesario puntualizar que, al hablar de mantenimiento correctivo, se entiende que está corrigiendo alguna falla o avería, al reemplazar o reparar un componente averiado; sin embargo, al reemplazarlo o repararlo no necesariamente se lo estaría mejorando con respecto a sus condiciones originales de diseño.

En cambio el “mantenimiento mejorativo” sí nos presentaría la alternativa de mejora, ya sea en el aspecto de diseño de una pieza, incluyendo el uso de un material de mejor calidad y resistencia o ya sea en las nuevas condiciones en que se haría funcionar la pieza o la máquina hablando en forma global. (CUADRADO, 2010)

Por otra parte, el mantenimiento mejorativo, no solamente toma en consideración los componentes de las máquinas y su funcionamiento, sino también:

- La introducción de modificaciones en el modo de realizar ciertos trabajos.
- La utilización de ciertos instrumentos para mejorar el control de funcionamiento.
- La utilización de personal más hábil y calificado para la operación y mantenimiento de las máquinas.

3.1 Herramientas necesarias

Las herramientas esenciales para el mantenimiento de la bomba de ariete hidráulico fueron las siguientes:

3.1.1 Herramientas y materiales

- Arco de sierra, destornilladores, martillo de goma, espátula, tarraja.
- Cepillo metálico manual y de amoladora, lijas, guaípe, teflón, brocha.
- Llaves inglesa, Stillson, de boca, allen.
- Pintura anticorrosiva, thinner, pintura de fondo.
- Tubo, niples, tee, unión universal, codo de 90°, llave de bola de una pulgada.
- Unión universal de 2 pulgadas, pega tubo
- Empaques, silicón, cable eléctrico, enchufe.

3.1.2 Instrumentos

Soplete, compresor, amoladora, amperímetro, voltímetro.

3.2 Descripción de estado técnico actual del “Banco de pruebas de la bomba de ariete hidráulico”

En el banco de pruebas de la bomba de ariete hidráulico no se puede constatar el funcionamiento y la generación del golpe de ariete debido al estado en el que se encuentra sus partes y elementos por tal razón se realiza el correspondiente mantenimiento. A continuación se detalla el estado de cada parte y elemento del banco de pruebas:

Figura 18. Estado actual del banco de pruebas



Fuente: Autor

3.2.1 *Reservorio.* Esta construido en planchas de cuatro milímetros de espesor, con las siguientes dimensiones de 1,536 m X 0,906 m X 1,023 m.

Además posee una brida para la instalación de la tubería de succión de la bomba de tres pulgadas, dos orificios para el desfogue del agua de media pulgada. No cuenta con una instalación de una tubería de desfogue del agua, solo cuenta con llaves de bola de media pulgada. Las paredes y la base del reservorio presentan corrosión, acumulación de sedimentos y un desprendimiento casi total de la pintura anticorrosiva.

Figura 19. Reservorio antes del mantenimiento



Fuente: Autor

3.2.2 *Bomba.* Posee un motor de dos caballos de fuerza de 1745 RPM con alimentación eléctrica de 110/220 V, 26/13 A y 60Hz el mismo que acciona la bomba.

Se trata de una bomba centrífuga al parecer dimensionada y fundida en la escuela de Ingeniería Mecánica, no tiene un fácil movimiento rotacional del eje en el que se encuentra el impulsor y además un la que presenta una fuga en uno de los pernos de unión.

Internamente por el paso del tiempo y el no darle mantenimiento ha adquirido una capa de corrosión y los empaques se encuentran en malas condiciones. La bomba centrífuga posee una tubería de descarga de dos pulgadas en buenas condiciones.

Figura 20. Bomba antes del mantenimiento



Fuente: Autor

3.2.3 Bomba de ariete hidráulico. El cuerpo de la bomba de ariete hidráulico está construido con niples, codos de 90° y una tee de tres pulgadas.

Las válvulas de impulso y descarga, sus bridas, las válvulas de punzón, la cámara de aire se encuentra en buen estado con una delgada capa de corrosión, no posee una tubería de descarga apropiada, ni los elementos necesarios para simular la altura de descarga.

En la tubería de ingreso al cuerpo del ariete tiene instalado un manómetro en buen estado. Este banco de pruebas no tiene los instrumentos de medición de las variables como presión de descarga, caudal de ingreso, caudal impulsado para la realización de una práctica de laboratorio.

Figura 21. Bomba de ariete hidráulico antes del mantenimiento



Fuente: Autor

3.2.4 Tubería. El banco de pruebas de la bomba de ariete hidráulico posee una tubería de dos pulgadas en buenas condiciones, la que suministra de agua al cuerpo del ariete.

La tubería de succión de la bomba posee pequeñas fugas.

3.3 Operaciones y mantenimiento

Las operaciones y el mantenimiento realizado en cada una de las partes para su mejor comprensión se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Operaciones y mantenimiento realizados

Parte		Estado actual	Servicio de mantenimiento	Nuevo estado
Reservorio	Paredes y fondo	Malo	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de la corrosión con abrasivos (lijas). • Aplicación de pintura de fondo. • Aplicación de pintura anticorrosiva. 	Óptimo
	Tubería	No instalado	Implementación de un sistema de desfogue de agua con tubería de una pulgada.	Óptimo
Motor	Cable de alimentación eléctrica.	Malo	Reemplazo	Óptimo
	Carcasa	Bueno	Limpieza	Óptimo
	Enchufe	Malo	Reemplazo	Óptimo
Bomba	Rodamiento	Regular	Limpieza y lubricación	Óptimo
	Impulsor	Bueno	Limpieza	Óptimo
	Empaques	Malo	Reemplazo	Óptimo
	Carcasa	Bueno	Impermeabilización	Óptimo
Tubería	Válvulas de compuerta	Bueno	Limpieza	Óptimo
	Unión universal 2"	Malo	Reemplazo	Óptimo
	Tubos	Muy bueno	Limpieza	Óptimo
Bomba de ariete hidráulico	Pernos	Regular	Limpieza	Óptimo
	Bridas	Bueno	Limpieza y aplicación de pintura antioxidante	Óptimo
	Válvula de impulso	Bueno	Limpieza	Óptimo
	Válvula de descarga	bueno	Limpieza	Óptimo
	Cuerpo de la bomba	Bueno	Limpieza y aplicación de pintura antioxidante	Óptimo
	Cámara de aire	Muy bueno	Limpieza y aplicación de pintura antioxidante	Óptimo
	Instrumentos	Manómetro	Muy bueno	Limpieza

Fuente: Autor

Figura 22. Reservorio después del mantenimiento



Fuente: Autor

Figura 23. Bomba de ariete hidráulico después del mantenimiento



Fuente: Autor

Figura 24. Bomba después del mantenimiento



Fuente: Autor

3.4 Puesta en funcionamiento de la bomba de ariete hidráulico

Luego de realizar un completo mantenimiento a cada una de las partes del banco se trata de poner en funcionamiento la bomba de ariete hidráulico para lo cual se procedió de la siguiente forma.

- Se inunda el reservorio hasta un nivel adecuado para que la bomba centrífuga no se quede sin agua.
- Abrir la válvula de compuerta para permitir el paso del agua al impulsor de la bomba centrífuga.
- Encender la bomba centrífuga para simular la altura de caída de agua para la bomba centrífuga, pudiendo observar en el manómetro disponible una presión de 22 Psi.
- Abrir la válvula de compuerta que permite el paso del agua a la bomba de ariete hidráulico hasta que se produzca el cierre de la válvula de impulso.
- La cámara de aire se inunda completamente de agua.
- Se abre la válvula de compuerta en la descarga.

Luego de realizar este procedimiento no se pudo observar la generación del golpe de ariete para lo cual se cambia la válvula de impulso de plato perforado por una válvula de impulso con pesas encima la que nos permitirá observar de mejor manera si se está produciendo el golpe de ariete, esta válvula se encontraba localizada en el laboratorio, y después de realizar el procedimiento anterior con la nueva válvula el fenómeno del golpe de ariete sigue sin generarse. Se observa además que la válvula check colocada entre el cuerpo de la bomba de ariete y la cámara de aire no se está cerrando correctamente se cambia el empaque que produce el cierre de esta válvula.

Al realizar estos cambios y al manipular la válvula de impulso para arrancar el ciclo del golpe de ariete se observa que la presión de ingreso es muy elevada razón por la que se coloca una tubería de retorno de agua al reservorio antes de la bomba de ariete para disminuir la presión sin tener éxito en la generación del fenómeno del golpe de ariete.

Posteriormente con ayuda de las válvulas instaladas en el banco de pruebas se trata de obtener las condiciones para las cuales la bomba de ariete hidráulico fue diseñada pero una vez más la presión de ingreso juega un papel importante en la generación de golpe de ariete en esta bomba por tal motivo se decide hacer pruebas con la bomba de ariete hidráulico sin la utilización de la bomba centrífuga sino esta vez con un reservorio elevado obteniendo éxito en la generación del golpe de ariete tanto con la válvula de plato perforado como con la válvula de pesas en la parte superior, observando en el manómetro colocado al ingreso de la bomba, que el incremento de la presión que genera el cierre de la válvula de impulso es instantánea lo que no se podía obtener con la bomba centrífuga que simulaba la altura disponible, debido a que una vez que se cerraba la válvula de

impulso la presión incrementaba pero no disminuía más bien aumentaba debido a que la bomba seguía encendida.

Debido a las circunstancias y problemas anteriormente mencionados se decide modificar completamente el banco de pruebas tratando de utilizar la mayor parte de materiales del banco anterior.

3.5 Modificación del banco de pruebas de la bomba de ariete hidráulico

Después de verificar el espacio disponible en el laboratorio y seleccionar los elementos del banco anterior que nos serán útiles se modifica el banco de pruebas tratando de obtener los parámetros con los que la bomba de ariete hidráulico fue diseñado.

Para conseguir esto se construye una pequeña torre en acero con una altura de 1.95 metros la que soportara un reservorio de 500 litros. El base de la bomba de ariete hidráulico se encuentra a una distancia de 3.1 metros de la estructura y tiene una altura de 0,63 metros con un reservorio con una capacidad aproximadamente de 0,2 metros cúbicos para el agua desperdiciada por la bomba de ariete.

Figura 25. Nuevo banco de la bomba de ariete hidráulico



Fuente: Autor

CAPÍTULO IV

4. SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS E INSTRUMENTOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE LA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO

4.1 Introducción

LabVIEW (acrónimo de Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico. (NATIONAL INSTRUMENT, 2013)

4.1.1 Adquisición de datos utilizando LabVIEW. La adquisición de datos (DAQ) es el proceso de medir con una PC un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. Un sistema DAQ consiste de sensores, hardware de medidas y una PC con un software programable. Comparados con los sistemas de medidas tradicionales, los sistemas de adquisición de datos basados en PC aprovechan la potencia del procesamiento, la productividad, la visualización y las habilidades de conectividad de las PCs estándares en la industria, proporcionando una solución de medidas más potente, flexible y rentable.

Figura 26. Esquema descriptivo de la adquisición de datos



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

La medida de un fenómeno físico, como la temperatura de una habitación, la intensidad de una fuente de luz o la fuerza aplicada a un objeto, comienza con un sensor.

Un sensor, también llamado un transductor, convierte un fenómeno físico en una señal eléctrica que se puede medir. Dependiendo del tipo de sensor, su salida eléctrica puede ser un voltaje, corriente, resistencia u otro atributo eléctrico que varía con el tiempo. Algunos sensores pueden requerir componentes adicionales y circuitos para producir correctamente una señal que puede ser leída con precisión y con toda seguridad por un dispositivo DAQ.

El hardware DAQ actúa como la interfaz entre una PC y señales del mundo exterior. Funciona principalmente como un dispositivo que digitaliza señales analógicas entrantes para que una PC pueda interpretarlas. Los tres componentes clave de un dispositivo DAQ usado para medir una señal son el circuito de acondicionamiento de señales, convertidor analógico-digital (ADC) y un bus de PC. Varios dispositivos DAQ incluyen otras funciones para automatizar sistemas de medidas y procesos. Por ejemplo, los convertidores digitales-analógicos (DACs) envían señales analógicas, las líneas de E/S digital reciben y envían señales digitales y los contadores/temporizadores cuentan y generan pulsos digitales. Una PC con software programable controla la operación del dispositivo DAQ y es usada para procesar, visualizar y almacenar datos de medida.

El software controlador ofrece al software de aplicación la habilidad de interactuar con un dispositivo DAQ. Simplifica la comunicación con el dispositivo DAQ al abstraer comandos de hardware de bajo nivel y programación a nivel de registro. Generalmente, el software controlador DAQ expone una interfaz de programación de aplicaciones (API) que es usada en un entorno de programación para construir software de aplicación.

El software de aplicación facilita la interacción entre la PC y el usuario para adquirir, analizar y presentar datos de medidas que en nuestro caso es LabVIEW. Puede ser una aplicación pre-construida con funcionalidad predefinida o un entorno de programación para construir aplicaciones con funcionalidad personalizada. Las aplicaciones personalizadas generalmente son usadas para automatizar múltiples funciones de un dispositivo DAQ, realizar algoritmos de procesamiento de señales y mostrar interfaces de usuario personalizada. (NATIONAL INSTRUMENT, 2013)

4.2 DAQ multifunción NI USB-6009

El NI USB-6009 brinda funcionalidad DAQ básica para aplicaciones como registro de datos simple, medidas portátiles y experimentos académicos de laboratorio. Es accesible

para uso de estudiantes y lo suficientemente poderoso para aplicaciones de medida más sofisticadas. Para usuarios de Mac OS X y Linux, descargue el software NI-DAQmx Base y programe el USB-6009 con NI LabVIEW o C. Los módulos DAQ USB son compatibles con las siguientes versiones (o posteriores) de software de aplicación de NI: LabVIEW 7.x, LabWindows/CVI 7.x o Measurement Studio 7.x. Los módulos DAQ USB también son compatibles con Visual Studio .NET, C/C++ y Visual Basic 6.0. (NATIONAL INSTRUMENT, 2013)

Figura 27. NI USB-6009



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

Tabla 2. Especificaciones principales DAQ Multifunción NI USB-6009

General	
Producto	USB-6009
Familia de productos	DAQ Multifunción
Formato físico	USB
Número de parte	779026-01
Sistema operativo/objetivo	Linux , Mac OS , Pocket PC , Windows
Familia de productos DAQ	Serie B
Tipos de medida	Voltaje
Potencia USB	Energizado por bus
Entrada analógica	
Canales	4 , 8
Canales de una sola terminal	8
Canales diferenciales	4
Resolución	14 bits
Velocidad de muestreo	48 kS/s
Máx. voltaje de entrada analógica	10 V
Rango de voltaje máximo	-10 V , 10 V
Precisión máxima del rango de voltaje	7.73 mV
Rango de voltaje mínimo	-1 V , 1 V
Mínima precisión del rango de voltaje	1.53 mV
Número de rangos	8
Muestreo simultáneo	No
Memoria interna	512 B

Salida analógica	
Canales	2
Resolución	12 bits
Máx. voltaje de entrada analógica	5 V
Rango de voltaje máximo	0 V , 5 V
Precisión máxima del rango de voltaje	7 mV
Rango de voltaje mínimo	0 V , 5 V
Mínima precisión del rango de voltaje	7 mV
Razón de actualización	150 S/s
Capacidad de corriente simple	5 mA
Capacidad de corriente total	10 mA
E/S Digital	
Canales bidireccionales	12
Filtros de entrada programables	No
Capacidad de corriente simple	8.5 mA
Capacidad de corriente total	102 mA
Máximo rango de entrada	0 V , 5 V
Máximo rango de salida	0 V , 5 V
Contadores/Temporizadores	
Número de contadores/Temporizadores	1
Rango máximo	0 V , 5 V
Frecuencia máxima de la fuente	5 MHz
Generación de pulso	No
Resolución	32 bits
Estabilidad de tiempo	50 ppm
Niveles lógicos	TTL
Especificaciones físicas	
Longitud	8.51 cm
Ancho	8.18 cm
Altura	2.31 cm
Conector de E/S	Terminales de tornillo
Temporización/Disparo/Sincronización	
Disparo	Digital
Bus de sincronización (RTSI)	No

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

4.3 Estudio de las variables a ser medidas

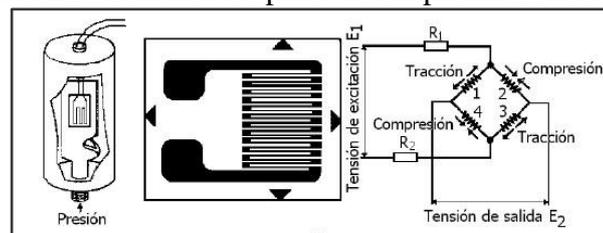
4.3.1 Medición de presión. La presión es una magnitud física escalar que mide la relación de la fuerza con la superficie sobre cual actúa.

En el Sistema Internacional la presión se mide en una unidad derivada que se denomina pascal (Pa) que es equivalente a una fuerza total de un newton actuando uniformemente en un metro cuadrado. En el Sistema Inglés la presión se mide en libra por pulgada cuadrada (pound per square inch o psi) que es equivalente a una fuerza total

de una libra actuando en una pulgada cuadrada. Un sensor de presión mide la presión, por lo general de los gases o líquidos. Un sensor de presión por lo general actúa como un transductor, que genera una señal como una función de la presión impuesta. Los sensores de presión se pueden clasificar en términos de rangos de presión que miden, rangos de temperatura de funcionamiento, y lo más importante el tipo de presión que miden. Los sensores de presión están variadamente nombrados de acuerdo a su propósito, pero la misma tecnología puede utilizarse con diferentes nombres.

4.3.1.1 Medidor de tensión piezorresistivo. Utiliza el efecto piezorresistivo de medidores de tensión en régimen de servidumbre o formados para detectar la tensión debido a la presión aplicada. Tipos de tecnologías comunes son de silicio, de polisilicio película delgada, Bonded Metal Foil, Película gruesa y farfulló Thin Film. En general, los medidores de tensión están conectados para formar un circuito de puente de Wheatstone para maximizar la salida del sensor y para reducir la sensibilidad a errores. Esta es la tecnología de detección más comúnmente empleado para la medición de la presión de propósito general. En general, estas tecnologías son adecuadas para medir absoluta, indicador de vacío y presión diferencial.

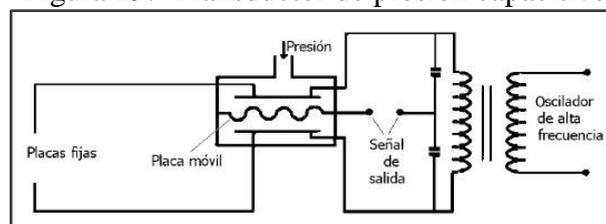
Figura 28. Sensores de presión con puente Wheatstone



Fuente: <http://www.tecnoficio.com/docs/doc58.php>

4.3.1.2 Capacitiva. Utiliza una cavidad del diafragma y la presión para crear un condensador variable para detectar la tensión debido a la presión aplicada. Tecnologías comunes utilizan metal, cerámica, y diafragmas de silicio. En general, estas tecnologías son las más aplicadas a bajas presiones.

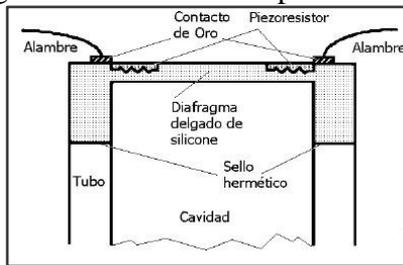
Figura 29. Transductor de presión capacitivo



Fuente: <http://www.tecnoficio.com/docs/doc58.php>

4.3.1.3 Piezoeléctrico. Utiliza el efecto piezoeléctrico en ciertos materiales tales como cuarzo para medir la tensión sobre el mecanismo de detección debido a la presión. Esta tecnología se emplea comúnmente para la medición de presiones altamente dinámicos.

Figura 30. Transductor piezoeléctrico



Fuente: <http://www.tecnoficio.com/docs/doc58.php>

4.3.1.4 Óptico. Las técnicas incluyen el uso del cambio físico de una fibra óptica para detectar la tensión debido a la presión aplicada. Un ejemplo común de este tipo utiliza fibra de Bragg. Esta tecnología se emplea en aplicaciones complejas en las que la medición puede ser muy remoto, en condiciones de alta temperatura, o puede beneficiarse de las tecnologías inherentemente inmunes a las interferencias electromagnéticas. Otra técnica análoga utiliza una película elástica construida en capas que pueden cambiar longitudes de onda reflejadas de acuerdo con la presión aplicada.

4.3.1.5 Características técnicas del transmisor de presión SITRANS P220. Los SITRANS P200, P210 y P220 son transmisores de medida compactos de un rango para medir la presión absoluta y relativa. Dentro de esta serie se utilizan dos tipos de sensores de presión: dos sensores de acero inoxidable y un sensor con membrana cerámica. De este modo se facilita la medición de la presión de proceso, la presión absoluta y la presión hidrostática. La presión determinada por los sensores se transforma en una señal de 4-20 mA o de 0-10 V, según se prefiera. Para una mayor comprensión y mejor conocimiento de las características de estos sensores revisar el Anexo A.

Figura 31. Transmisor de presión SITRANS P220



Fuente: <http://www.automation.siemens.com>

Tabla 3. Especificaciones del transmisor de presión SITRANS P220

Campo de aplicaciones	
Medición de la presión relativa	Líquidos, gases y vapores
Modo de operación	
Principio de medición	Célula de medida piezorresistiva
Magnitud de medida	Presión relativa
Entrada	
Rango de medida Presión relativa:	
• Métrico	2,5 ... 600 bar (36 ... 8700 psi)
• Rango de medida para EE.UU.	30 ... 8700 psi
Salida	
Señal de corriente	4 ... 20 mA
• Carga	(UB - 10 V)/0.02 A
• Alimentación auxiliar UB	7 ... 33 V CC (10 ... 30 V para Ex)
Señal de tensión	0 ... 10 V CC
• Carga	$\geq 10 \text{ k}\Omega$
• Alimentación auxiliar UB	12 ... 33 V CC
• Consumo de corriente	$< 7 \text{ mA at } 10 \text{ k}\Omega$
Característica	lineal creciente

Fuente: <http://www.automation.siemens.com/sc->

[static/catalogs/catalog/pi/FI01/es/FI01_es_kap01.pdf](http://www.automation.siemens.com/sc-static/catalogs/catalog/pi/FI01/es/FI01_es_kap01.pdf)

4.3.2 Medición de flujo. La medición de flujo constituye tal vez, el eje más alto porcentaje en cuanto a medición de variables industriales se refiere. Ninguna otra variable tiene la importancia de esta, ya que sin mediciones de flujo, sería imposible el balance de materiales, el control de calidad y aún la operación de procesos continuos.

Existen muchos métodos para medir flujos, en la mayoría de los cuales, es imprescindible el conocimiento de algunas características básicas de los fluidos para una buena selección del mejor método a emplear. Estas características incluyen viscosidad, densidad, gravedad específica, compresibilidad, temperatura y presión, las cuales no vamos a detallar aquí.

Básicamente, existen dos formas de medir el flujo: el caudal y el flujo total. El caudal es la cantidad de fluido que pasa por un punto determinado en cualquier momento dado. El flujo total de la cantidad de fluido por un punto determinado durante un periodo de tiempo específico. De acuerdo al principio de operación, los medidores de flujo pueden ser agrupados de la siguiente manera:

- Medidores diferenciales (head meters)
- Medidores de desplazamiento positivo.

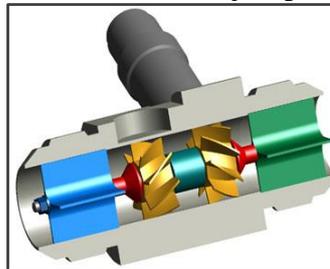
- Medidores de área variable.
- Medidores volumétricos.
- Medidores de flujo másico.

4.3.2.1 Medidores volumétricos

a) Medidores tipo turbina. Un instrumento de este tipo consiste de una rueda de turbina de precisión, montada en cojinetes de una porción de tubería, y una bobina electromagnética colocada en la pared de la tubería, causa el giro de la turbina a una velocidad que varía directamente con el caudal del fluido de proceso. La interrupción del campo magnético, con cada paso de cada hoja de la turbina produce un pulso eléctrico.

La frecuencia de estos pulsos determina la velocidad del fluido.

Figura 32 Sensor de flujo tipo turbina



Fuente: <http://www.instrumentacionycontrol.net>

b) Medidores tipo paletas. El sensor funciona basándose en un principio electromecánico simple pero preciso, a partir de una medición de la velocidad y el volumen del caudal en el tubo. Cuatro imanes permanentes, incrustados en las hojas del rotor, giran una bobina en el cuerpo del sensor. A medida que el caudal de fluido hace que se mueva el rotor, se genera una señal de onda sinusoidal, directamente proporcional a la velocidad del caudal.

Figura 33. Sensor de flujo tipo paleta



Fuente: http://es.omega.com/pptst/FP5100_5300.html

4.3.2.2 Características del sensor de flujo tipo paleta FP 5600. Los sensores de bajo flujo FP-5600 y de la serie FP-8500A son de alta resolución, bajo los dispositivos de energía ideal para la medición de flujo en sistemas de tuberías con velocidades extremadamente bajas.

Utilizando la tecnología de rueda de paletas de inserción, estos sensores son fáciles de instalar y mantener. Incorporan estado-of-the-art, el diseño avanzado de efecto Hall, que les permite operar con una amplia gama de voltajes y suministros actuales. Los sensores tienen una amplia gama de flujo y protección de polaridad inversa. El diseño de la inserción se adapta fácilmente a una amplia gama de aplicaciones.

Figura 34. Sensor de flujo FP 5600



Fuente: http://es.omega.com/pptst/FP5600_8500A.html

Tabla 4. Especificaciones del sensor OMEGA FP 5600

Salida	
Señal de salida	Colector abierto, hundimiento
Salida de frecuencia	15 Hz por fps nominal
Rango de funcionamiento	0,3 a 20 fps
Repetibilidad	± 0,5% del rango completo
Linealidad	± 1% del rango completo
Requisitos	
Presión / Temperatura	Carcasa del sensor PP: 180 psi @ 20 ° C (68 ° F), 25 psi @ 85 ° C (185 ° F) Carcasa del sensor PVDF: 200 psi @ 20 ° C (68 ° F), 25 psi @ 85 ° C (185 ° F)
Alimentación	3,3 a 24 Vcc <1,5 mA@3.3V a 6 Vdc, <20 mA a 6 V a 24 V CC
Tamaño de la tubería	0,5 a 24 "
Tipo de cable	Par trenzado, blindaje con cable de drenaje
Longitud del cable	6 m (25 '); 300 m (1,000') max

Fuente: http://es.omega.com/pptst/FP5600_8500A.html

4.4 Fuente de alimentación

Los transmisores de presión SITRANS P220, necesitan una excitación de 7Vcc a 33Vcc según especificaciones técnicas anteriormente indicadas, y los sensores de flujo necesitan una ser alimentados con un voltaje de 3,3Vcc a 24 Vcc por tal motivo se ha seleccionado una fuente de alimentación auxiliar que proporcione 24V tipo RS-75-24.

La fuente de alimentación RS-75-24, es un circuito o dispositivo eléctrico activo que provee una diferencia de potencial o una corriente de manera confiable para que otros circuitos puedan funcionar.

La fuente de alimentación se encarga de convertir la tensión alterna de la red industrial en una tensión casi continua. Para esto consta de un rectificador, fusibles y otros componentes que le permiten recibir la electricidad, regularla, filtrarla y adaptarla a las necesidades de los sensores, en el Anexo B se puede apreciar todas sus especificaciones y características.

Figura 35. Fuente de alimentación RS-75-24



Fuente: <http://www.meanwell.com/search/RS-75/>

CAPÍTULO V

5. MONTAJE DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS EN EL BANCO DE PRUEBAS DE LA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO

5.1 Introducción

En este capítulo se encontrarán detallados los componentes adecuados, métodos, pasos, y pruebas que se deben realizar para el correcto montaje y conexión de los diferentes sensores que integran el proceso de automatización de la toma de datos de la bomba de ariete hidráulico. La instalación de este banco de pruebas se ha realizado con fines académicos, el mismo que está conformado por una parte hidráulica, en la que se reproducirá el fenómeno de golpe de ariete, y una parte de instrumentación para adquisición de datos con las que se visualiza las variables a medir.

5.2 Montaje de transmisores de presión SITRANS P220

5.2.1 Instalación hidráulica. En el montaje de los transmisor de presión es necesario instalar para cada uno de ellos una Tee de bronce de 1/4" NPT, para tener dos tomas de presión en cada punto de medición, siendo una la de los sensores y la otra la del manómetros. Además es necesario para la protección de cada uno de estos sensores acoplar un Snubber el mismo que es la protección de los sensores contra picos de presión.

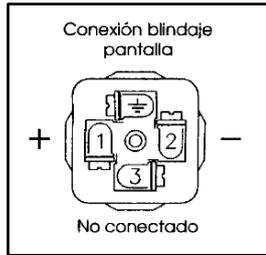
Figura 36. Tee de bronce de 1/4" NPT



Fuente: <http://es.aliexpress.com/w/wholesale-brass-male-tee.html>

5.2.2 Instalaciones eléctricas. Las señales que ingresan a la DAQ dependen de la conexión dada por el fabricante, la conexión que se realiza a dos hilos en la que se usa dos terminales del transmisor de presión verde 1(+) y rojo 2(-).

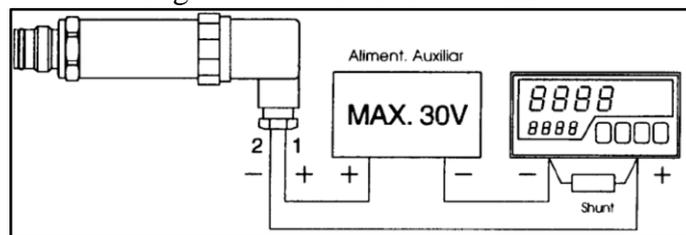
Figura 37. Terminales del transmisor SITRANS P220



Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/es/pdfs/IM/el2610.pdf>

Con esta conexión el transmisor de presión proporciona una señal de salida con una intensidad entre 4-20mA, la que es transformada en voltaje entre 1-5V por medio de una resistencia de 250 Ω colocada en los terminales de la DAQ.

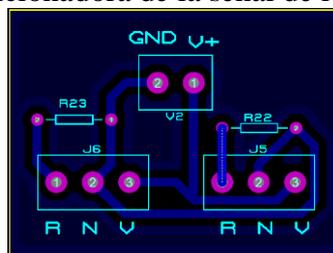
Figura 38. Conexión a dos hilos



Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/es/pdfs/IM/el2610.pdf>

Para una mejor facilidad de las conexiones de los sensores de presión a la tarjeta de adquisición de datos se realiza una pequeña placa alimentada con 24 voltios y la resistencia de 250Ω para la conversión de corriente a voltaje.

Figura: 39. Placa acondicionadora de la señal de los transmisores de presión



Fuente: Autor

El circuito que debe ser impreso para ser quemado en la placa en baquelita inverso se muestra en el Anexo C así como también se indica cada uno de los valores de los componentes para cada una de las placas de acondicionamiento de señal.

5.2.3 *Calibración de los transmisores de presión SITRANS P220.* El objetivo de realizar una calibración de los transmisores de presión es obtener y observar el tipo de la gráfica presión vs voltaje. Si la gráfica obtenida es lineal creciente estos transmisores de

presión no necesitaran un acondicionamiento de la señal, si la gráfica obtenida es una curva la señal que nos entrega este sensor necesita ser acondicionada. También hay q indica que otro de los objetivos de la calibración de los transmisores SITRANS P220 es tener la ecuación de la gráfica presión vs voltaje la que nos permitirá tener la coincidencia de los valores detectados por los manómetros con los valores mostrados en el computador por medio del software LabVIEW.

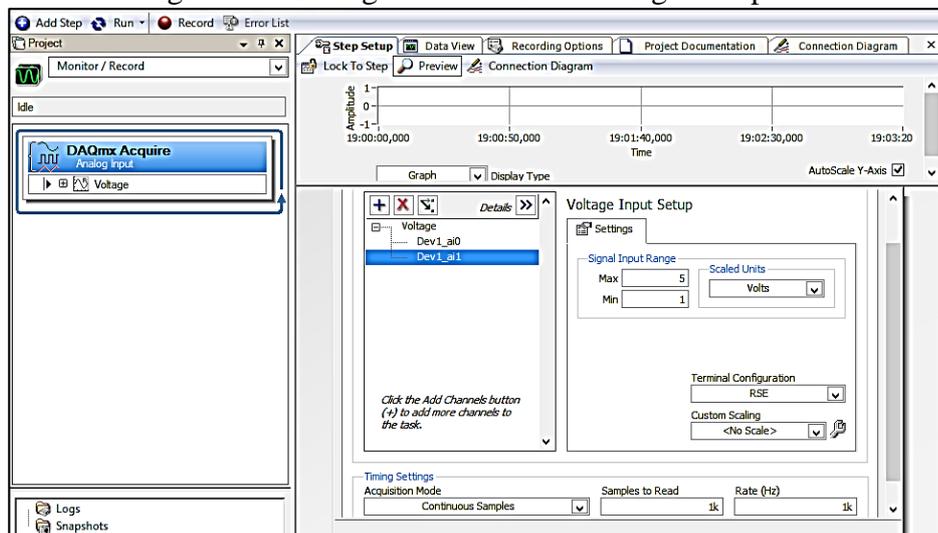
Figura 40. Calibración de transmisores de presión SITRANS P220



Fuente: Autor

Para la calibración de los transmisores SITRANS P220 de 0-150 Psi se necesita de un manómetro patrón, un compresor de aire de 0-240 Psi, la tarjeta de adquisición de datos NI USB – 6009 y el software LabVIEW Signal Express. Unas ves que se ha conectado el transmisor con la tarjeta como anteriormente se indicó, se deberá conectar en una misma línea el compresor, el transmisor y el manómetro por medio de una Tee como se puede observar en la Figura 40. Antes de realizar la calibración se procede con la configuración de los parámetros en el Software Signal Express para lo cual crearemos un nuevo proyecto de adquisición de datos como se muestra en la Figura 41.

Figura 41. Configuración LabVIEW Signal Express

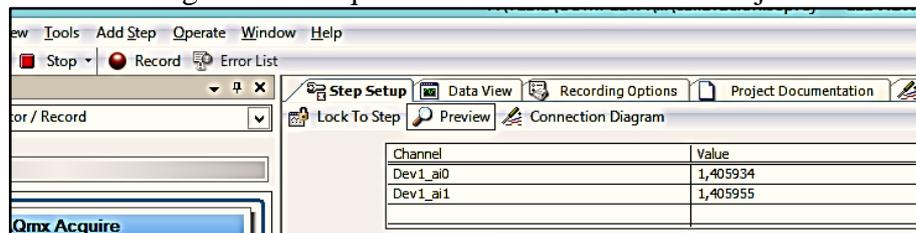


Fuente: Autor

Se deberá seleccionar los canales de la tarjeta la que han sido conectados cada uno de los transmisores.

Una vez finalizada la configuración en el software LabVIEW Signal Express y que cada transmisor esté conectado a su respectivo canal de la tarjeta de adquisición y a la línea de alimentación del aire, se debe ejecutar el programa dando clic en el botón Run para poder visualizar los valores de voltaje que entrega el transmisor en la Figura 42, hay que indicar que le valor máximo debe ser 5 VCD. Se deberá tomar el número de datos que se crea conveniente cada 10 Psi para posteriormente sacar un promedio y poder obtener la gráfica y su ecuación en Excel.

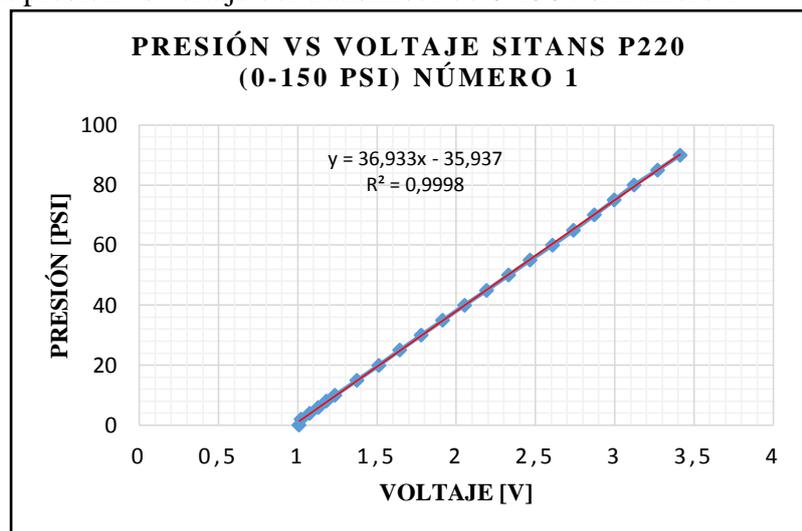
Figura 42. Adquisición de los valores de voltaje



Fuente: Autor

Figura 43. Gráfica presión vs voltaje del transmisor de 0-150 Psi número 1

Presión [Psi]	Voltaje [V]
0	1,00967
2	1,022394
4	1,075626
6	1,130286
8	1,180088
10	1,237062
15	1,375114
20	1,51222
25	1,64503
30	1,780076
35	1,91688
40	2,053164
45	2,194264
50	2,330982
55	2,467782
60	2,608582
65	2,742612
70	2,872326
75	2,999004
80	3,123674
85	3,27211
90	3,413624



Fuente: Autor

La ecuación para observar los valores en Psi y que debe ser ingresada en el programa desarrollado en LabVIEW para el sensor de presión 1 es la siguiente:

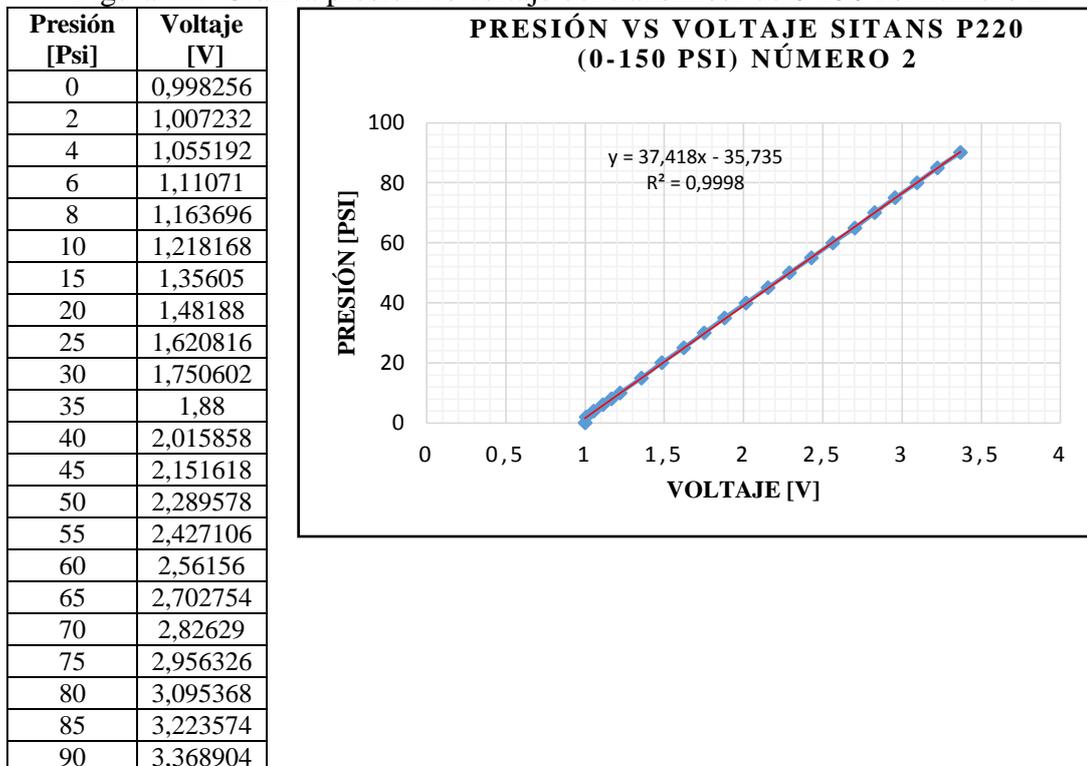
$$P_1 = 36,933v_1 - 35,937 \quad (39)$$

Dónde:

P_1 = Presión del fluido [Psi]

v_1 = voltaje leído por la DAQ paara cada valor de presión [V]

Figura 44. Gráfica presión vs voltaje del transmisor de 0-150 Psi número 2



Fuente: Autor

La ecuación para obtener los valores de la presión en Psi para el sensor es la que se indica a continuación:

$$P_2 = 37,418v_2 - 35,735 \quad (40)$$

Dónde:

P_1 = presión del fluido [Psi]

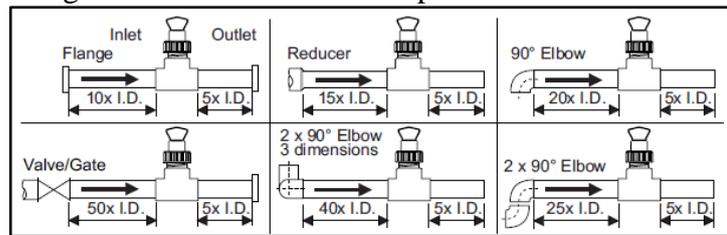
v_1 = voltaje leído por la DAQ paara cada valor de presión [V]

5.3 Montaje de los sensores de flujo tipo paleta FP 5600

5.3.1 Instalación hidráulica. Para tener un correcto funcionamiento del sensor de flujo se debe tener en cuenta algunas recomendaciones dadas por el fabricante.

5.3.1.1 Ubicación del acople. Se debe tener cuenta la recomendación que el fabricante indica tanto en la longitud que debe existir entre el acople y diferentes accesorios como reducciones, codos, bombas, válvulas, etc.

Figura 45. Ubicación del acople del sensor FP 5600



Fuente: <http://www.omega.com/manuals/manualpdf/M2978.pdf>

Tubería de 3/4 de pulgada

I.D.=1,06''=2,69 cm

20 x I.D.= 53,8 cm

5 x I.D.= 13,45 cm

Tubería de 2 pulgadas

I.D.=2,4''=6,096 cm

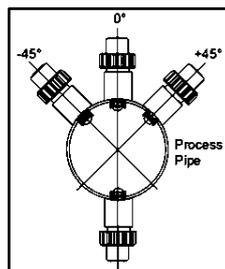
20 x I.D.= 121,92 cm

5 x I.D.= 30,48 cm

5.3.1.2 Posición de instalación del sensor

- Para tramos horizontales de tuberías se recomienda instalar el sensor de caudal en posición vertical (0°) para un mejor rendimiento general.
- Cuando exista burbujas de aire se deberá ubicar el sensor a un máximo de 45°.
- No se deberá situar el sensor en la parte inferior de la tubería cuando haya presencia de sedimentos.

Figura 46. Posiciones recomendadas para la instalación del sensor de flujo

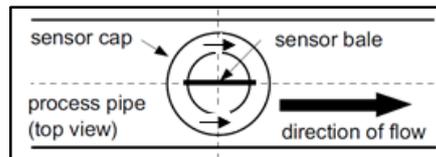


Fuente: <http://www.omega.com/manuals/manualpdf/M2978.pdf>

5.3.2 Instalación estándar del sensor

- Lubricar juntas tóricas (O-ring) del sensor con un lubricante de silicona (por ejemplo, GE silicona compuesto # G632 o equivalente). No use lubricante a base de petróleo que dañe las juntas tóricas.
- Usando un movimiento de giro, baje el sensor en el acople, con las flechas de instalación que se señalan en tapón negro en la dirección del flujo.

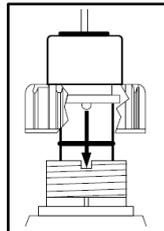
Figura 47. Instalación del sensor en la dirección del flujo



Fuente: <http://www.omega.com/manuals/manualpdf/M2978.pdf>

- Introducir la rosca de la tapa del sensor y gire el sensor hasta que la lengüeta de alineación se asiente en la muesca de acople. Apriete a mano la tapa del sensor. No use herramientas en la tapa del sensor o las roscas de la tapa y / o roscas del acople sufrirán daños.

Figura 48. Ensamble del sensor con la muesca del acople



Fuente: <http://www.omega.com/manuals/manualpdf/M2978.pdf>

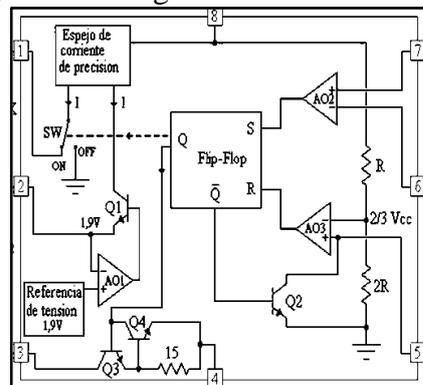
5.3.3 Instalación eléctrica. Debido a que el sensor de flujo FP-5600 nos entrega una señal de salida en frecuencia, la tarjeta de adquisición de datos NI USB 6009 no nos permite recibir este tipo de señales y al elevado costo de un convertidor de señal comercial de frecuencia a tensión, se construye una tarjeta de acondicionamiento de la señal para poder introducirla en la tarjeta de adquisición de datos.

La función de un conversor tensión – frecuencia es la de convertir una señal analógica a una serie de pulsos. La principal aplicación de este dispositivo es la implementación en una manera muy sencilla de una conversión analógica a digital. La razón para realizar

este tipo de conversión es que es mucho más fácil transmitir y decodificar con precisión una serie de pulsos que una señal analógica, sobre todo, si la distancia a la que se debe transmitir la señal es larga y ruidosa. En estos casos se colocará al final de la línea de transmisión, un conversor frecuencia – tensión para obtener nuevamente una señal analógica. La aplicación más común de los conversores frecuencia – tensión está dada en la medición de velocidad de motores donde una serie de pulsos, proporcional a la velocidad del motor, es transformada en una señal analógica para ser medida y quizás también utilizada para realizar un control de la velocidad.

5.3.3.1 Conversor LM331. El conversor LM331 es un integrado de gran versatilidad que puede operar con fuente simple y con errores aceptables en el rango de 1 Hz a 10 KHz. Está pensado para realizar tanto la conversión tensión – frecuencia, como para la conversión frecuencia–tensión. En la siguiente figura vemos un circuito típico de aplicación sugerido por el fabricante en las hojas de datos del circuito integrado para la conversión frecuencia - tensión.

Figura 49. Diagrama interno del LM331



Fuente: www.fceia.unr.edu.ar/eca2/Files/Apuntes/CONVERSORES%20TENSION%20-%20FRECUENCIA%20%20_V-2012-1_.pdf

La entrada está formada por un filtro pasa altos con una frecuencia de corte mucho mayor que la máxima de entrada, lo que hace que el pin 6 vea solo los saltos de la onda de entrada y de esta forma se obtiene una serie de pulsos positivos y negativos montados sobre la continua Vcc. Por otro lado, la tensión en el pin 7 está fijada por el divisor resistivo y es aproximadamente ($0,87 \times V_{cc}$). Cuando el pulso negativo hace que V6 baje sobre el nivel de V7, el comparador (AO2) conmuta su salida a un estado alto y setea el F-F llevando a la llave SW a ON y conectando la corriente I con la salida (pin 1).

Cuando el nivel de V6 vuelve a superar a V7, el set se hace cero nuevamente pero el F-F mantiene su estado anterior.

A la vez que se produce el seteo del F-F, el transistor Q2 entra en corte y comienza a cargarse Ct a través de Rt. Esta condición se mantiene (durante tc) hasta que la tensión en el pin 5 alcanza 2/3 de Vcc; un instante después el comparador (AO3) resetea el F-F llevando a la llave SW a OFF; al mismo tiempo, Q negado hace que el transistor Q2 conduzca y el capacitor se descarga rápidamente. Esto hace que el comparador vuelva a conmutar llevando el reset a cero. Este estado se mantiene hasta que el F-F se setea con el inicio de un nuevo período de la frecuencia de entrada y el ciclo se repite. (EBERLIN, y otros, 2012)

5.3.3.2 Características principales del LM331. En las hojas de datos del fabricante se encuentran los siguientes datos que son los más relevantes a la hora de elegir un conversor:

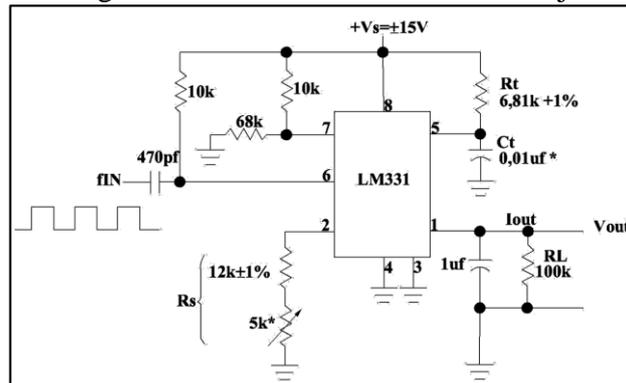
- Error de no linealidad de la escala ($T_{min} < T < T_{max}$): $\pm 0,02$ % de fondo de escala.
- Error de no linealidad de la escala (circuito típico de aplicación): $\pm 0,14$ % de fondo de escala.
- Factor de conversión de la escala (ganancia):
G min = 0,90
G tip = 1,00
G max = 1,10
Cambio de la ganancia con Vcc (de 4,5 V a 10 V): $\pm 0,1$ % / V
Estabilidad en temperatura de la ganancia: ± 50 ppm / °C
Estabilidad de la ganancia en el tiempo (sobre 1000 hs): $\pm 0,02$ % de fondo de escala.
- Referencia de voltaje (pin 2):
V min = 1,70 V
V tip = 1,89 V
V max = 2,08

5.3.3.3 Elaboración de la tarjeta de acondicionamiento

a) Circuito conversor frecuencia voltaje. De acuerdo al datasheet del integrado LM331, la fórmula para obtener el voltaje de salida y con la que se debe calcular los

valores de los diferentes elementos que se deben conectar se muestra a continuación.

Figura 50. Diagrama de conexión frecuencia-voltaje con LM331

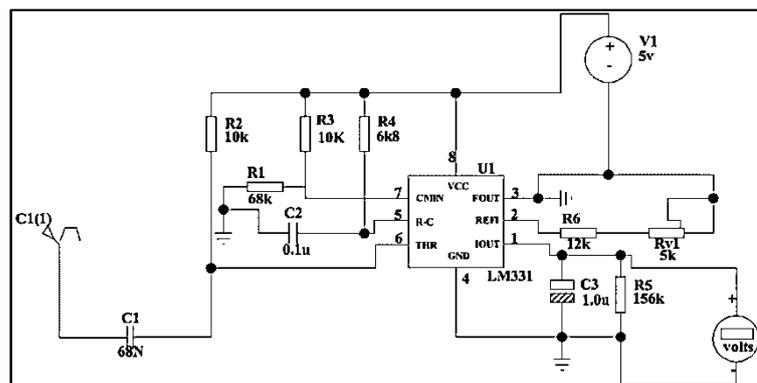


Fuente: Datasheet LM331

$$V_{OUT} = f_{IN} * 2.09V * \frac{R_L}{R_S} * (R_t * C_t) \quad (41)$$

Para poder tener un rango de voltaje de salida entre de 0 a 5 voltios para una frecuencia máxima de 250 Hz se debe modificar algunos valores que se establecen en el datasheet del integrado LM331, como $R_L=156 \text{ K}\Omega$, $C_t=0,1 \text{ }\mu\text{F}$ y el capacitor de 470 pF remplazado por uno de 68nF además hay q indicar que este capacitor debe ser de poliéster.

Figura 51. Circuito conversor frecuencia-voltaje en Proteus

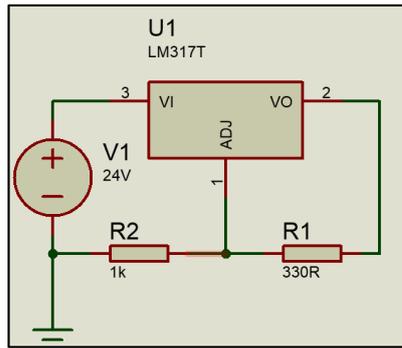


Fuente: Autor

Debido a que el circuito LM331 necesita una alimentación de voltios se debe realizar un conversor de 24 a 5 voltios.

b) Conversor 24 a 5 voltios. Para realizar la conversión del voltaje de 24 a 5 voltios se utiliza primero el circuito integrado LM317T que es un regulador de voltaje ajustable a 1.5 amperios.

Figura 52. Convertidor de voltaje



Fuente: Autor

Para encontrar los valores de las resistencias se aplica la siguiente formula y tabla:

$$V_{OUT} = 1,25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad (42)$$

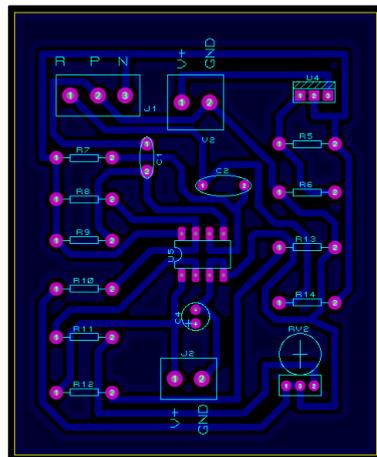
Tabla 5. Valores de resistencias para LM317T

R2 Valor	La resistencia R1 Valor								
	150	180	220	240	270	330	370	390	470
330	4.00	3.54	3.13	2.97	2.78	2.50	2.36	2.31	2.13
370	4.33	3.82	3.35	3.18	2.96	2.65	2.50	2.44	2.23
390	4.50	3.96	3.47	3.28	3.06	2.73	2.57	2.50	2.29
470	5.17	4.51	3.92	3.70	3.43	3.03	2.84	2.76	2.50
560	5.92	5.14	4.43	4.17	3.84	3.37	3.14	3.04	2.74
680	6.92	5.97	5.11	4.79	4.40	3.83	3.55	3.43	3.06
820	8.08	6.94	5.91	5.52	5.05	4.36	4.02	3.88	3.43
1000	9.58	8.19	6.93	6.46	5.88	5.04	4.63	4.46	3.91

Fuente: <http://www.electronics-tutorials.ws/blog/variable-voltage-power-supply.html>

Obteniendo como resultado los valores para R_1 330 Ω y para R_2 1000 Ω . Los dos circuitos anteriormente mencionados al ser unidos en uno solo, se obtienen la placa de acondicionamiento de señal para los sensores de flujo.

Figura 53. Circuito acondicionador de señal de los sensores de flujo



Fuente: Autor

En el Anexo C se muestra el circuito impreso para ser graficado en la baquelita así como también los valores de cada uno de los componentes.

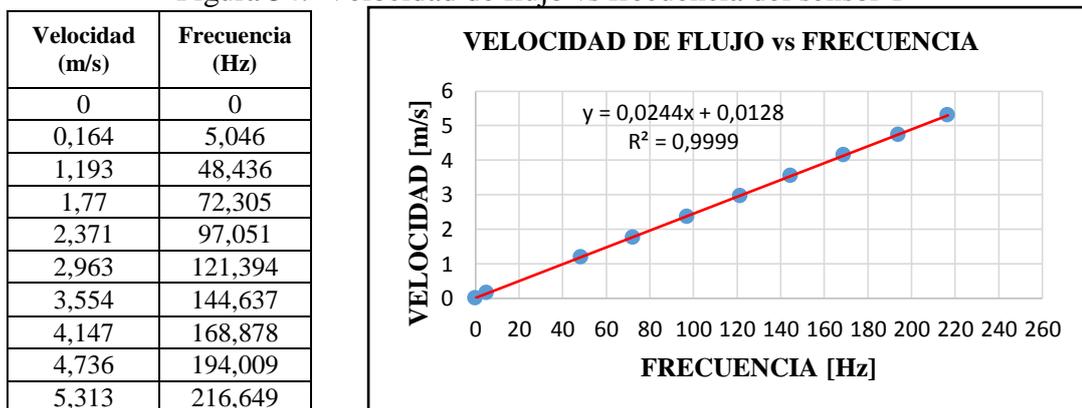
5.3.4 Calibración de los sensores de flujo. El objetivo de realizar una calibración de los sensores de flujo es obtener y la ecuación de velocidad vs voltaje.

Para realizar esto también nos ayudaremos de la hoja de calibración de cada uno de los sensores que se muestran en el Anexo D de donde obtendremos la ecuación de velocidad de flujo en función de la frecuencia.

Para realizar una calibración de los sensores de flujo se necesitara además un frecuencímetro, el software Signal Express con la configuración anteriormente mencionada en la calibración de los sensores de presión, en la calibración de estos sensores se tomara diferentes valores de frecuencia que generan estos sensores y los valores de voltaje q nos arroja el acondicionador de señal para que la tarjeta de adquisición de datos pueda recibir estos valores y poder obtener la ecuación frecuencia en función del voltaje y poder remplazarla en la ecuación anterior y obtener la ecuación velocidad de flujo en función del voltaje.

5.3.4.1 Calibración del sensor de flujo 1

Figura 54. Velocidad de flujo vs frecuencia del sensor 1



Fuente: Hoja de calibración del sensor de flujo 1

De esta gráfica obtenemos la ecuación que gobierna al sensor 1:

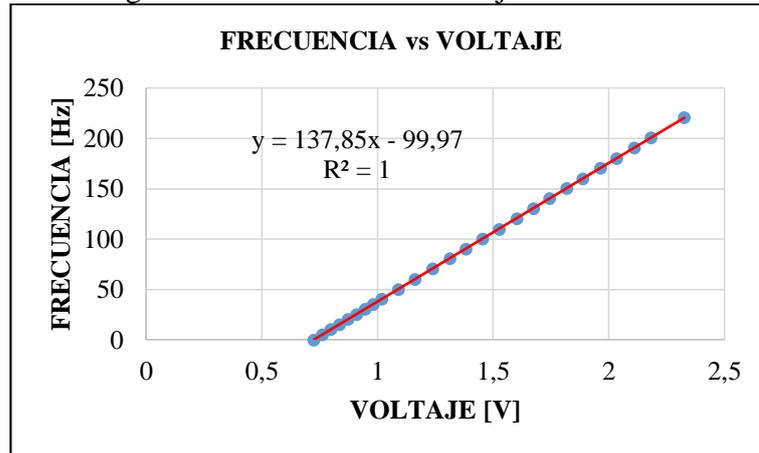
$$V_1 = 0,0244F_1 + 0,0128 \tag{43}$$

Dónde:

V_1 = velocidad del flujo [m/s]

F_1 = frecuencia que genera el sensor de acuerdo a la velocidad del flujo [Hz].

Figura 55. Frecuencia vs voltaje del sensor 1



Frecuencia [Hz]	Voltaje [V]	Frecuencia [Hz]	Voltaje [V]	Frecuencia [Hz]	Voltaje [V]
0	0,7240374	50,11	1,08905	140,4	1,744242
5,022	0,760797	60,12	1,161898	150,4	1,817374
10,15	0,7980408	70,57	1,237782	160,1	1,887282
15,27	0,8354686	80,7	1,311546	170,5	1,962552
20,19	0,8710026	90,28	1,381344	180,4	2,033406
25,32	0,9080262	100,2	1,453682	190,8	2,108574
30,26	0,9448446	110,1	1,524698	200,6	2,180426
35,27	0,9807434	120,6	1,60118	221,1	2,3255
40,48	1,018978	130,7	1,674034		

Fuente: Autor

De esta gráfica obtenemos la ecuación de la frecuencia en función del voltaje que nos entrega la tarjeta de acondicionamiento de señal.

$$F_1 = 137,85v_1 - 99,9 \quad (44)$$

Dónde:

F_1 = frecuencia entregada por el sensor de flujo 1 [Hz]

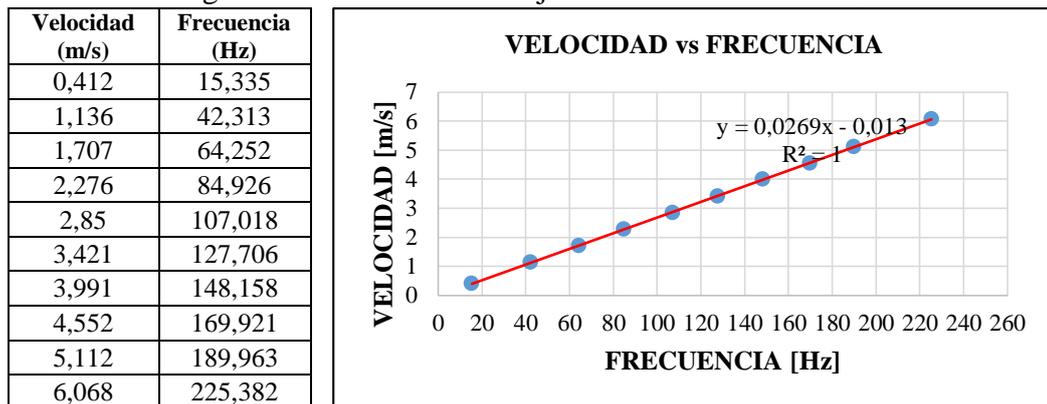
v_1 = voltaje entregado por la tarjeta de acondicionamiento de señal [V]

Usando estas ecuaciones podemos obtener la ecuación velocidad en función del voltaje del primer sensor.

$$V_1 = 3,362564v_1 - 2,420168 \quad (45)$$

5.3.4.2 Calibración del sensor de flujo 2

Figura 56. Velocidad de flujo vs frecuencia del sensor 2



Fuente: Hoja de calibración del sensor de flujo 2

Obteniendo de la gráfica anterior la siguiente ecuación:

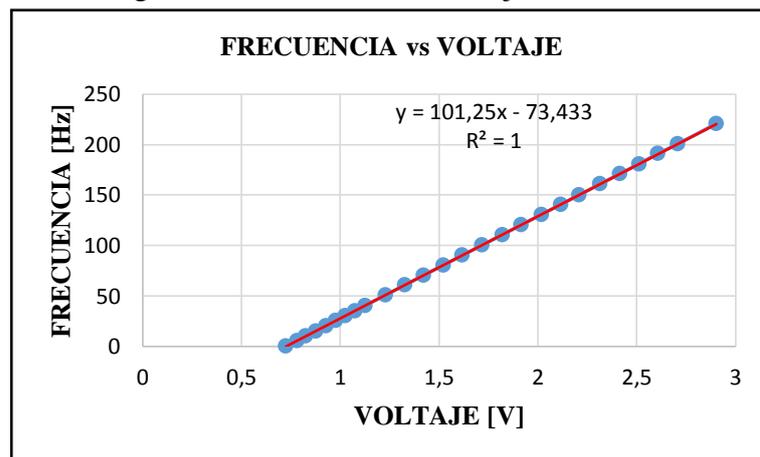
$$V_2 = 0,0269F_2 - 0,013 \quad (46)$$

Dónde:

V_2 = velocidad del flujo [m/s]

F_2 = frecuencia que genera el sensor de acuerdo a la velocidad del flujo [Hz].

Figura 57. Frecuencia vs voltaje del sensor 2



Frecuencia [Hz]	Voltaje [V]	Frecuencia [Hz]	Voltaje [V]	Frecuencia [Hz]	Voltaje [V]
0	0,724487	50,9	1,22823	140,7	2,115734
5,594	0,7800928	60,71	1,32528	150	2,208036
10,14	0,8247212	70,42	1,42066	160,8	2,313994
15,17	0,8746806	80,54	1,521148	170,8	2,412966
20,55	0,9281646	90,2	1,61605	180,8	2,511326
25,34	0,9754458	100,2	1,715436	190,9	2,60651
30,22	1,023904	110,5	1,818406	200,6	2,707126
35,14	1,072336	120,3	1,914222	220,6	2,902858
40,51	1,125038	130,7	2,017202		

Fuente: Autor

Con la gráfica de la frecuencia entregada por el sensor en función del voltaje entregado por la tarjeta de acondicionamiento se obtiene la siguiente ecuación:

$$F_2 = 101,25v_2 - 73,433 \quad (47)$$

Dónde:

F_2 = frecuencia entregada por el sensor de flujo 2 [Hz]

v_2 = voltaje entregado por la tarjeta de acondicionamiento de señal [V]

Remplazando la ecuación 46 en la ecuación 45 obtenemos la siguiente expresión para poder ingresarla en el programa desarrollado en LabVIEW:

$$V_2 = 2,723625v_2 - 1,9623477 \quad (48)$$

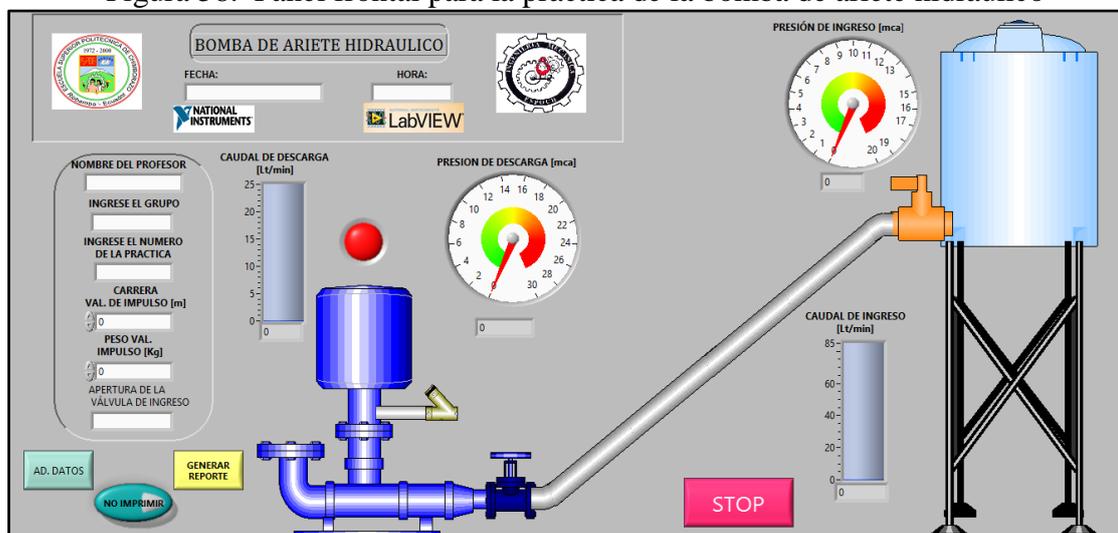
5.4 Representación de variables medidas en el programa LabVIEW

LabVIEW permite adquirir y representar los datos de las variables medidas en un proceso, por medio de un archivo VI con un panel frontal diseñado exclusivamente para cada banco de pruebas, panel puede contener botones, indicadores, pulsadores, gráficas y otros controles que permiten al usuario monitorear, registrar y controlar parámetros de los procesos. Otra parte es la programación grafica en el diagrama de bloques.

5.4.1 Descripción del panel frontal de la práctica de la bomba de ariete hidráulico

El archivo VI para esta práctica presenta las siguientes características:

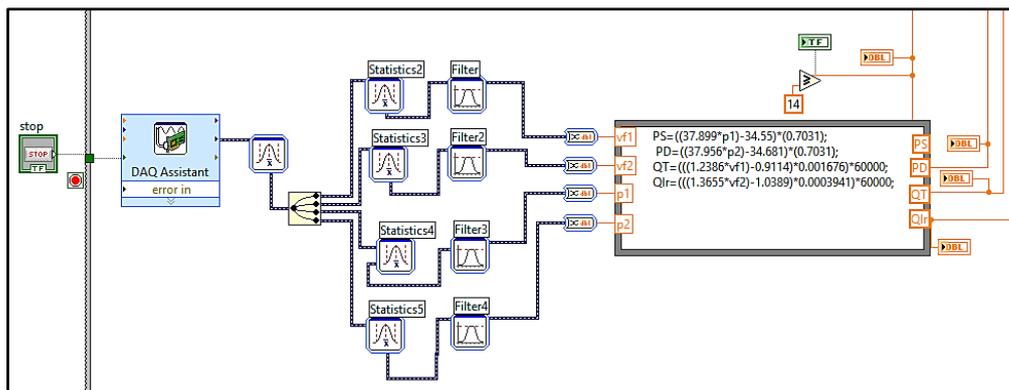
Figura 58. Panel frontal para la práctica de la bomba de ariete hidráulico



Fuente: Autor

- Fecha de la práctica.
- Hora de la práctica.
- Control de texto para ingresar el número de grupo.
- Control de texto para ingresar número de práctica.
- Control de texto para ingresar la carrera de la válvula de impulso.
- Control de texto para ingresar el peso de la válvula de impulso.
- Botón para adquirir datos.
- Botón para generar reportes.
- Botón para imprimir o no el reporte.
- Indicador de presión de ingreso de 0 a 105 mca [0-150 psi].
- Indicador de presión de descarga de 0 a 105 mca [0-150 psi].
- Indicadores digitales de presión de ingreso y de descarga.
- Indicador de caudal disponible [L/min].
- Indicador de caudal descargado [L/min].
- Indicador digital del caudal disponible y descargado [L/min]
- Botón STOP.

Figura 59. Parte de la programación en bloques



Fuente: Autor

CAPÍTULO VI

6. FASE EXPERIMENTAL

6.1 Realización de pruebas

Luego de realizar el montaje cada uno de los sensores y de conocer el panel frontal de adquisición de datos, se realiza pruebas de funcionamiento previas a la realización de los diferentes laboratorios por parte de la persona encargada del laboratorio de turbo maquinaria y los estudiantes. La práctica de la bomba de ariete hidráulico deberá efectuarse siguiendo el procedimiento que se detalla en la guía de laboratorio.

6.2 Resultados de pruebas

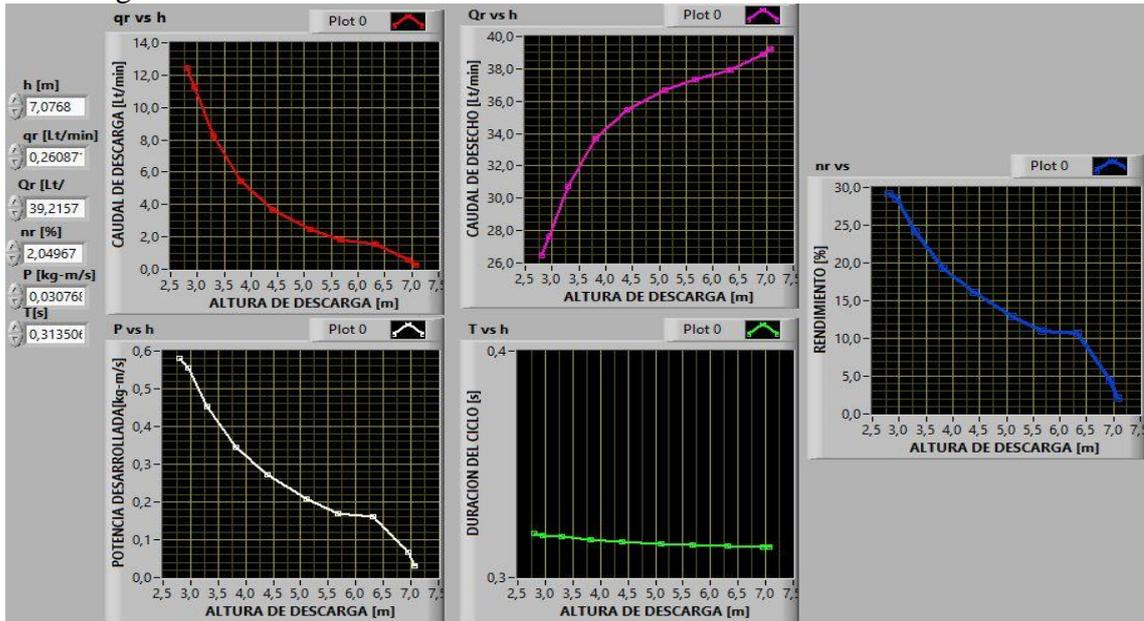
Luego de poner en funcionamiento y adquirido los datos con ayuda del VI desarrollado para la práctica, al presionar en el icono de generar reporte el programa creara un archivo Excel con los datos adquiridos en una tabla y las respectivas gráficas de caudal elevado, caudal desperdiciado, potencia, eficiencia y duración del ciclo en función de la altura de elevación. A continuación se indica los datos de uno de los reportes adquiridos en las pruebas desarrolladas para el presente trabajado para un determinado peso de la válvula de impulso, carrera y apertura de la válvula de compuerta.

Tabla 6. Tabla de reporte generada por archivo Vi de LabVIEW

Materia:	Turbomaquinaria Hidráulica		Fecha:	jueves, 11 de diciembre de 2014		Peso Val [kg]	0,62
Profesor:			Hora:	21:38		Carrera Val[m]	0,01
Grupo:	1		Práctica N°:	1			
Apertura de la válvula	Alturas		Caudal		Potencia	Tiempo del ciclo	Eficiencia
Succión	H disponible	h descarga	qr	Qr	P	T	η_r
70%	mca	Mca	Lt/min	Lt/min	kg-m/s	s	%
70%	1,7299	2,8004	12,4494	26,4689	0,5811	0,3194	29,1053
70%	1,734	2,9523	11,2726	27,6457	0,5547	0,3187	28,6486
70%	1,734	3,2995	8,2183	30,7001	0,4519	0,3178	24,1681
70%	1,734	3,8182	5,4143	33,7404	0,3446	0,3168	19,2878
70%	1,734	4,4002	3,7069	35,4478	0,2719	0,3158	16,0794
70%	1,734	5,1086	2,4375	36,7172	0,2075	0,3149	12,9192
70%	1,734	5,6661	1,8014	37,3533	0,1701	0,3143	10,9357
70%	1,734	6,3181	1,5419	37,9347	0,1624	0,3139	10,745

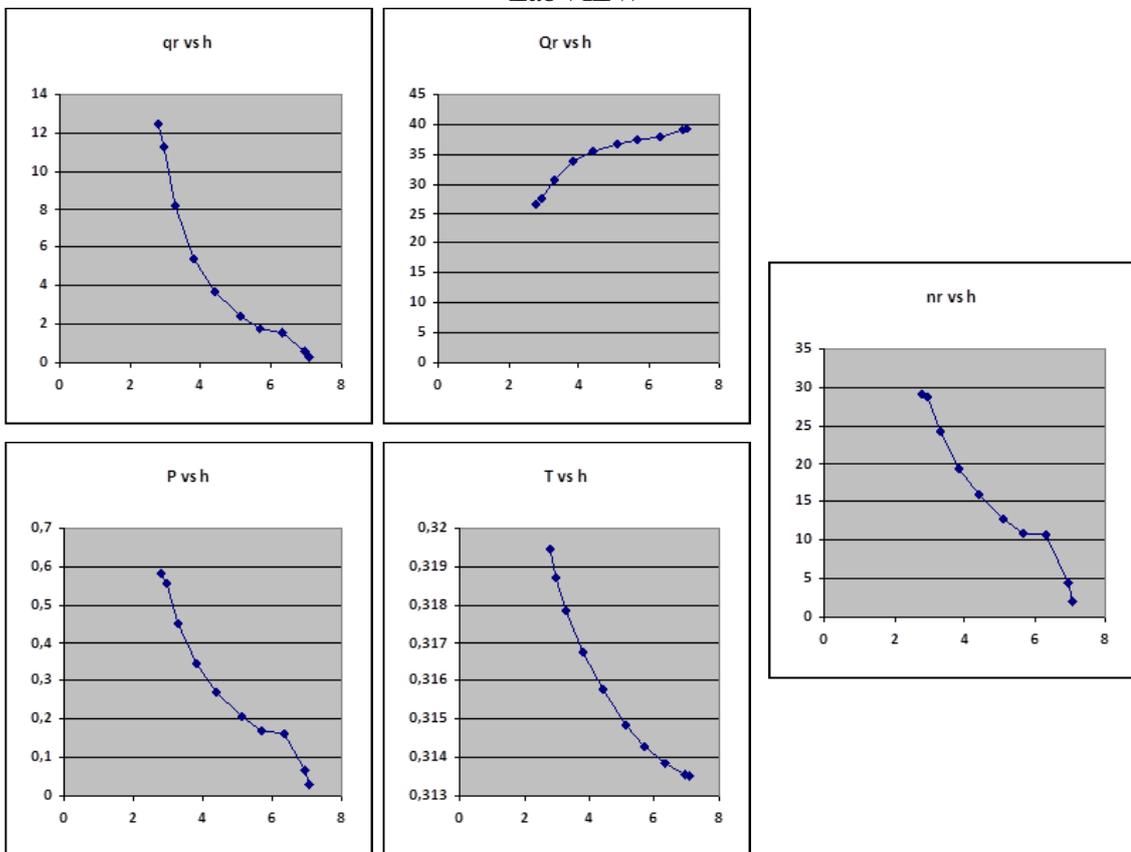
Fuente: Autor

Figura 60. Curvas de la bomba de ariete hidráulico obtenidas en LabVIEW



Fuente: Autor.

Figura 61. Curvas de la bomba de ariete hidráulico graficadas en Excel del reporte de LabVIEW



Fuente: Autor.

6.3 Análisis de resultados

Para realizar un correcto análisis de los resultados obtenidos se realizaron algunos ensayos con diferentes aperturas de la válvula de compuerta, diferentes pesos de la válvula de impulso.

Al generar los reportes se obtuvo curvas polinómicas de segundo orden como las mostradas anteriormente. En las que se puede observar que se tiene una mayor eficiencia de la bomba de ariete hidráulico cuando la válvula de compuerta tiene una mayor apertura y un menor peso de la válvula de impulso.

Además se puede visualizar en las gráficas que a medida que aumenta la altura de descarga o presión de descarga tanto el caudal impulsado, la potencia, la eficiencia, y el tiempo de duración del ciclo disminuyen y solo el caudal desperdiciado aumenta.

6.4 Manual de procedimientos y mantenimiento

Para la ejecución del mantenimiento es esencial partir de los datos técnicos de los instrumentos, máquinas o equipos presentes en cada uno de los laboratorios, así como de los diferentes procesos a llevar a cabo, para la respectiva ejecución de la práctica.

Es importante conocer previamente el funcionamiento de cada uno de los elementos presentes en el laboratorio, sin dejar de lado la seguridad personal y las formas de proceder en caso de accidentes antes de comenzar con los diferentes ensayos.

Se debe tener en cuenta que las distintas máquinas o equipos han sido diseñados con el fin de ayudar al estudiante para el análisis, operación y selección de las turbomáquinas motrices y simular de la manera más cercana a la realidad, siendo responsabilidad del instructor fijar los límites permisibles de funcionamiento, evitando así la destrucción o la avería de la máquina.

El manual de procedimiento y mantenimiento contiene la descripción de las actividades que deben seguirse en la realización de una práctica de laboratorio en el banco bomba de ariete hidráulico, además la metodología para su mantenimiento que comprende realizar los trabajos de mantenimiento periódico y programados por personal con conocimiento acerca de este tipo de banco de pruebas. (VALDIVIESO, 2014)

6.4.1 Partes principales y guía de procesos

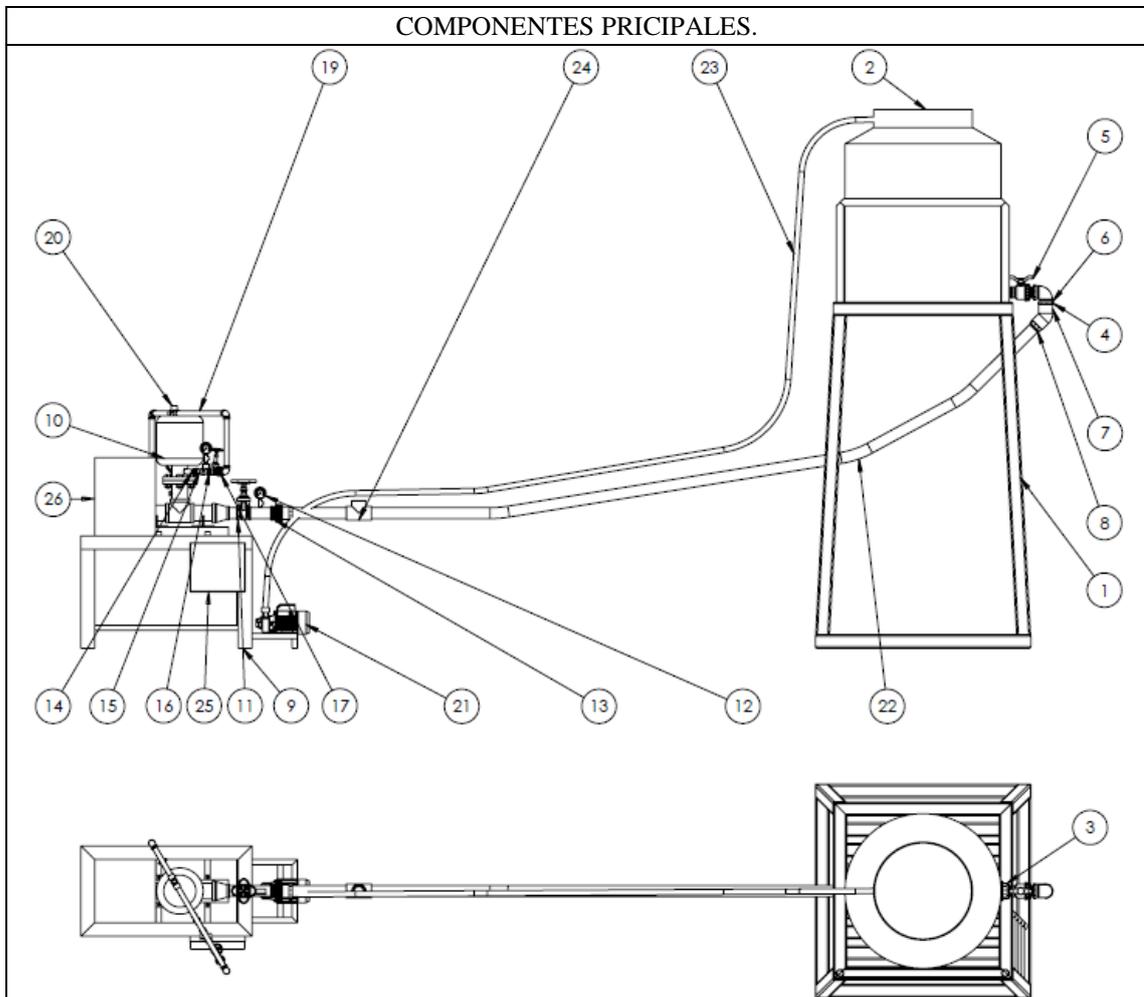
	BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO	Ficha: 1-4
		Código: ESPOCH-FAME-LT-BAH01
	DATOS TÉCNICOS -PARTES PRINCIPALES	Inventario:
Versión: 2014	LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA	Cuenta:
		Fuente:

EQUIPO	BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO	
UBICACIÓN	ESPOCH, Facultad de Mecánica, Laboratorio de Turbo maquinaria	
Marca:	No Inventario: 10773 UCB	Comprado a:
Modelo:	Año de compra:	Precio de compra: \$
Número de serie:	Dimensiones: 614x627x260mm	Año de Avalúo:
Año de fabricación:	Peso:	Avalúo: \$
DATOS TÉCNICOS		
Tipo de bomba:	Diámetro del cuerpo: 3 in	Carrera (S): regulable
Caudal máximo:	Capacidad cámara de aire: 15 litros	Velocidad máxima:
Capacidad del tanque reservorio: 500 litros		Diámetro succión y descarga: 2 in – ¾ in

ELEMENTO	BOMBA	
DATOS TÉCNICOS		
Tipo de motor:	Tipo de la bomba: Centrífuga	Fase: Monofásico
Marca: PAOLO	Potencia: 0.5 HP	Frame:
Modelo: Pkm 60-1	Amperaje: 4.2/2.1 A	Velocidad del eje: 3400 m ⁻¹
Número de serie:	Voltaje: 115/230 V	Relación de transmisión:
Año de fabricación:	Tipo de Corriente: Alterna	

PARTES PRINCIPALES							
#	Nombre.	Cant.	Características.	#	Nombre.	Cant.	Características.
1	Estructura	1	1.95 m de altura	14	Válvula check	1	¾ in.
2	Reservorio elevado.	1	500 litros	15	Tee reducida	7	¾ a ½ in
3	Adaptador de tanque.	1	2 in	16	Válvula de compuerta	1	¾ in
4	Unión	3	2 in	17	Unión universal	1	¾ in.
5	Válvula de esfera	1	2 in	18	Codo 90°	4	¾ in
6	Codo 90°	1	2 in	19	Tubería	1	¾ in
7	Codo 45°	1	2 in	20	Acople de sensor de flujo	1	¾ in
8	Acople tubo manguera	2	2 in	21	Bomba Centrífuga	1	0.5 HP
9	Mesa para la bomba de ariete	1		22	Manguera de alimentación	1	2 in
10	Bomba de ariete hidráulico	1		23	Manguera de retorno	1	¾ in
11	Válvula de compuerta	1	2 in	24	Acople sensor de flujo	1	2 in
12	Manómetro	2		25	Tablero de control	1	
13	Unión Universal	1	2 in	26	Acrílico protector	1	

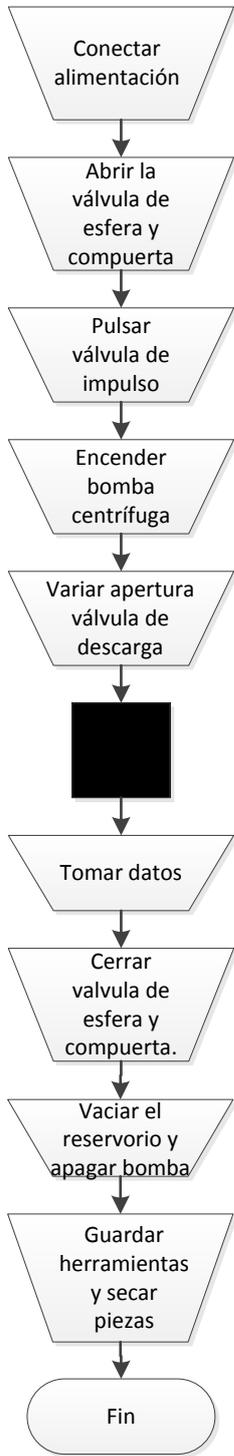
	BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO	Ficha: 1-4
		Código: ESPOCH-FAME-LT-BAH01
	DATOS TÉCNICOS -PARTES PRINCIPALES	Inventario:
Versión: 2014	LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA	Cuenta:
		Fuente:



COMPONENTES PRINCIPALES

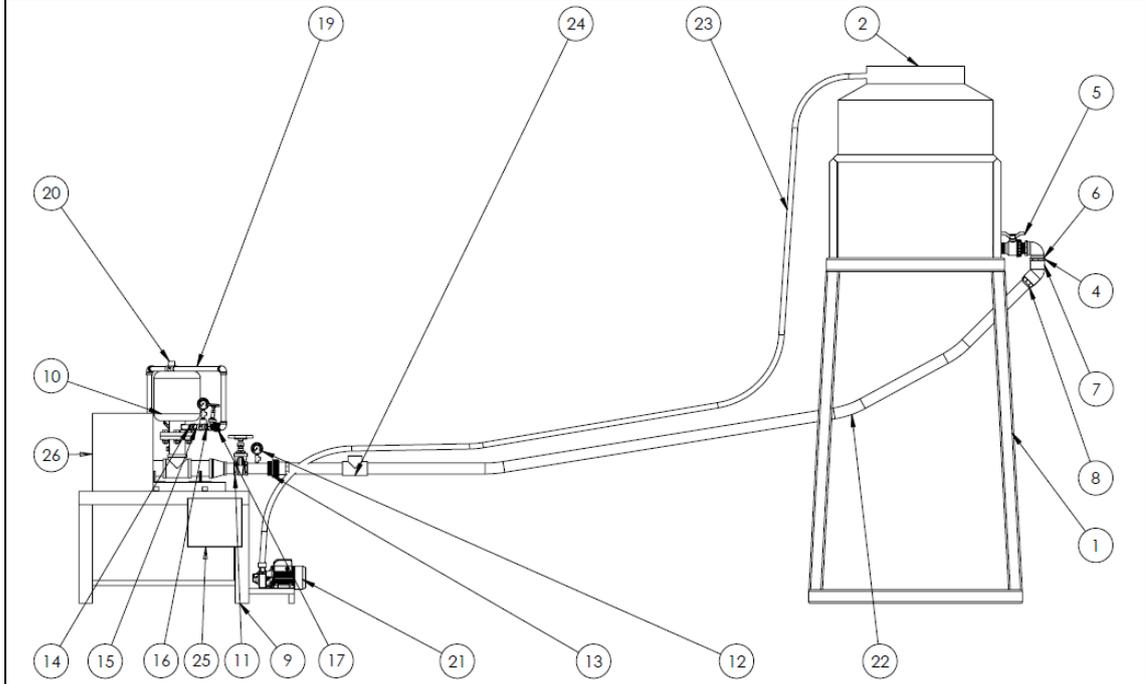
1. Estructura		14. Válvula check	¾ in
2. Reservorio elevado.	500 L	15. Tee reducida	¾ a ½ in
3. Adaptador de tanque.		16. Válvula de compuerta	¾ in.
4. Unión	2 in	17. Unión universal	¾ in.
5. Válvula de esfera	2 in	18. Codo 90°	¾ in
6. Codo 90°	2 in	19. Tubería	¾ in.
7. Codo 45°	2 in	20. Acople de sensor de flujo	¾ in
8. Acople tubo manguera	2 in	21. Bomba Centrífuga	0.5 HP
9. Mesa para la bomba de ariete		22. Manguera de alimentación	2 in
10. Bomba de ariete hidráulico		23. Manguera de retorno	¾ in
11. Válvula de compuerta	2 in	24. Acople sensor de flujo	2 in
12. Manómetro		25. Tablero de control	
13. Unión universal	2 in	26. Acrílico protector	

	BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO	Ficha: 1-4
		Código: ESPOCH-FAME-LT-BAH01
		Inventario:
	DIAGRAMA DE PROCESOS	Cuenta:
Versión: 2014	LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA	Fuente:

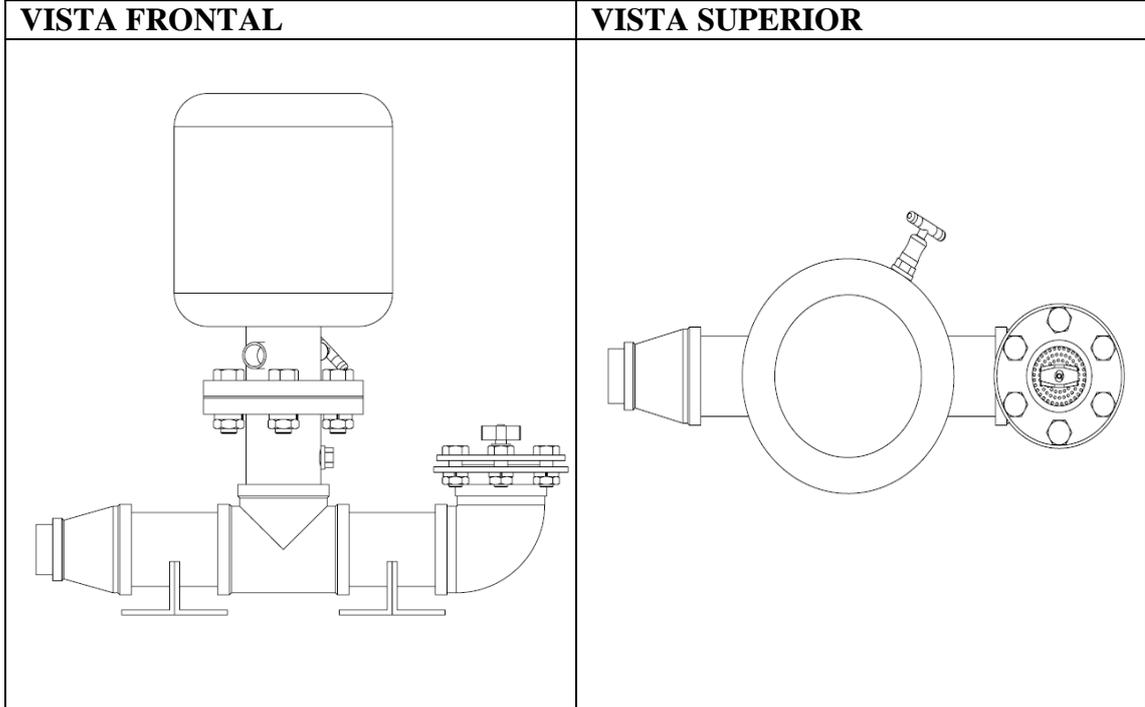
FUNCIONAMIENTO	PROCESO.	DESCRIPCIÓN	CONTROL
<p>El líquido, normalmente agua, procedente de un depósito, a la que para darle la energía cinética necesaria se encuentra alojada en un reservorio elevado. Cuando se abre la válvula de esfera y la velocidad del agua llega a un valor determinado, la válvula de impulso súbitamente se cierra cortando el flujo lo cual genera una sobrepresión en el extremo inferior del tubo de carga, un golpe de ariete, que obliga al agua a abrir la válvula de descarga y deja pasar cierta cantidad de agua hacia la cámara de aire, comprimiendo el aire existente, y haciendo que fluya cierta cantidad de agua por la tubería de descarga.</p> <p>La válvula de impulso se vuelve a abrir debido a la disminución de la presión del flujo de agua y el ciclo comienza de nuevo.</p>		Conectar la bomba centrífuga a la fuente de alimentación así como los demás instrumentos para la práctica.	Verificar que la bomba e instrumentos estén conectados a 110V
		Permitir el paso del agua del reservorio a la tubería de alimentación.	Verificar el nivel de agua en el reservorio.
		Activar la válvula de impulso desplazándola hasta que se genere el golpe de ariete.	La válvula se moverá con facilidad y de forma continua.
		Encender la bomba para elevar el agua derrochada por el ariete al depósito elevado.	Verificar el nivel de agua en los reservorios.
		Permitir la salida del agua desde la bomba de ariete hidráulico.	Abrir la válvula en forma paulatina.
		Tomar datos de presión y velocidad de flujo al ingreso y a salida de la bomba de ariete hidráulico.	
		Cerrar las válvulas de esfera para impedir el paso de agua a la tubería de alimentación.	Finalización del ciclo de golpe de ariete.
		Abrir la válvula de esfera para evacuar el agua del reservorio.	
		Ubicar las herramientas utilizadas en el lugar asignado y secar los elementos de la bomba de ariete hidráulico	
	Realizar los cálculos de acuerdo a la Guía de laboratorio.		

	BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO	Ficha: 1-4
		Código: ESPOCH-FAME-LT-BAH01
Versión: 2014	DIAGRAMA DE PROCESOS	Inventario:
	LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA	Cuenta:
		Fuente:

ESQUEMA DE VISTAS DE LA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO (ELEMENTOS)



VISTAS DE LA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO



6.4.2 Tareas de mantenimiento

 	Tareas de Mantenimiento	
	TAREAS DE MANTENIMIENTO	
Versión: 2013	LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA	

#	Tarea	Ide.	Superficie
01	LIMPIEZA EXTERNA	a	Pintura
		b	Mixto

#	Tarea	Ide.	Superficie
02	LIMPIEZA INTERNA	a	Metálica
		b	Circuitos
		c	Reservorios

#	Tarea	Ide.	Superficie
03	INSPECCIÓN	a	Externa
		b	Interna

#	Tarea	Ide.	Tipo
04	LUBRICACIÓN O ENGRASE	a	Externo
		b	Interno

#	Tarea	Ide.	Tipo
05	AJUSTES	a	Internos
		b	Externos

#	Tarea	Ide.	Lugar
06	CONDICIONES AMBIENTALES	a	Opera
		b	Almacena

#	Tarea	Ide.	Tipo
07	PRUEBAS FUNCIONALES	a	Completa
		b	Por Partes.

#	Tarea	Ide.	Tipo
08	CORRECCIÓN DE SUPERFICIE	a	Pintura
		b	Metálica

#	Tarea	Ide.	Tipo
09	CALIBRACIÓN	a	Instrumentos en general
		b	Manómetro
		c	Tacómetro óptico

#	Tarea	Ide.	Tipo
10	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	a	Eléctricas
		b	Mecánicas
		1	Rodamientos
		2	Bandas
		3	Acoples
4	Sellado		

6.4.3 Registro de mantenimiento

 	Plan Anual ESPOCH- FAME-LT-BAH01	
	FICHA DE REGISTRO LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA	
Versión: 2014		

Tarea	Año:2014												EP	
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
01-a														
01-b														
02-a														
02-b														
03-a														
03-b														
04-a														
04-b														
05-a														
05-b														
06-a														
06-b														
07-a														
07-b														
09-a														
09-b														
09-c														

08-a	Parte(s) Afectada(s)		Fecha		Firma	
08-b	Parte(s) Afectada(s)		Fecha		Firma	

Leyenda	
EP Ejecutada la práctica. 1-a Limpieza Externa de Superficies Pintadas 1-b Limpieza Externa de Superficies Mixtas (pintura y acrílico) 2-a Limpieza Interna de Superficies Metálicas 2-b Limpieza Interna de Superficies Con Circuitos 3-a Inspección Externa 3-b Inspección Interna 4-a Lubricación O Engrase Externo 4-b Lubricación O Engrase Interno 5-a Ajustes Internos 5-b Ajustes Externos	N/A No se Aplica 6-a Condiciones Ambientales lugar de Operación 6-b Condiciones Ambientales lugar de Almacenamiento 7-a Pruebas Funcionales Completa 7-b Pruebas Funcionales Por Partes 08-a Corrección de superficie tipo pintura 08-b Corrección de superficie tipo metálica 09-a Calibración general de instrumentos 09-b Calibración de manómetros 09-c Calibración de tacómetros ópticos
Reemplazo de partes M (Mecánicas) – E (Eléctricas)	
M	Elemento y ubicación
E	Fecha:
M	Elemento y ubicación
E	Fecha:

Control	Ene		Feb		Mar		Abr		May		Jun	
	Jul		Ago		Sep		Oct		Nov		Dic	

Observaciones:

6.5 Guía de laboratorio

PRÁCTICA

TEMA: Bomba de ariete hidráulico.

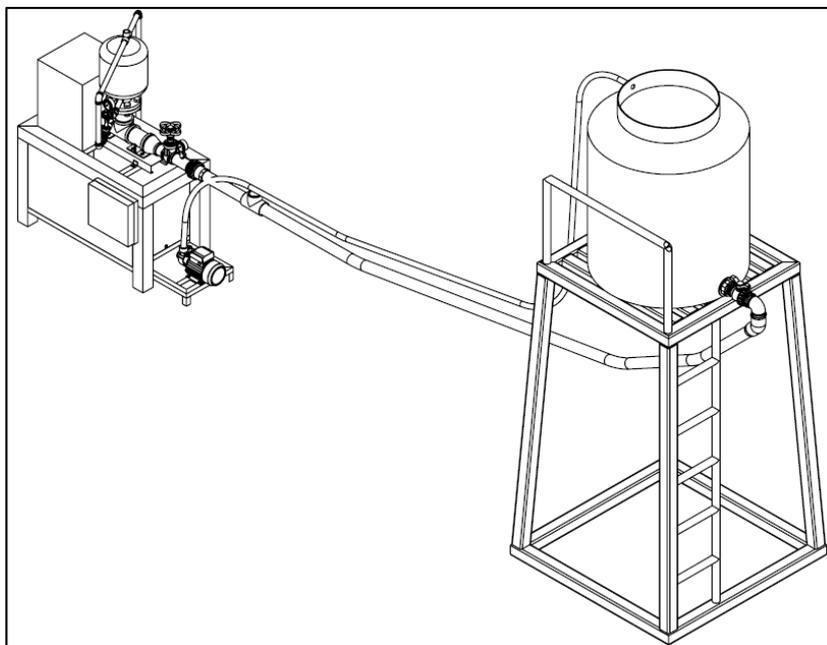
OBJETIVOS

- Conocer detalladamente el funcionamiento de la bomba de ariete hidráulico.
- Dar a conocer una fuente de abastecimiento de agua con energía limpia.
- Calcular la eficiencia de esta bomba de energía limpia.
- Visualizar los valores de las variables de la bomba de ariete hidráulico por medio del software LabVIEW.

EQUIPO

- Banco de pruebas de la bomba de ariete hidráulico.
- Módulo de adquisición de datos:
 - NI USB 6009.
- Fuente de alimentación.
- Transmisores de presión y sensores de flujo:
 - SITRANS P220, 0-150 psi.
 - Sensor de flujo FP 5600
- Computadora con Software LabVIEW.

ESQUEMA DEL EQUIPO



MARCO TEÓRICO

El ariete hidráulico, es un tipo de bomba de agua que funciona aprovechando la energía hidráulica, sin requerir otra energía externa. Este eleva agua empleando la fuerza que se genera cuando una masa de agua en movimiento se detiene repentinamente. A este fenómeno se le da el nombre de golpe de ariete y se produce por la transformación de energía cinética a energía de presión.

No requiere de energía eléctrica ni suministro de energía vía combustible para su funcionamiento, por lo cual no genera contaminación alguna. Puede trabajar ininterrumpidamente las 24 horas. Ideal para terrenos escarpados o de quebradas en donde se pueda realizar riego tecnificado.

Para la verificación de los datos obtenidos en la tabla de resultados se podrá utilizar las siguientes fórmulas.

- La eficiencia de acuerdo a la fórmula propuesta por Eytelwein y Rankine:

$$\eta = \frac{q_r(h-H)}{Q_r H}$$

q_r = Caudal impulsado l/min

Q_r = Caudal impulsado l/min

- La potencia desarrollada:

$$P = \frac{q_r h}{60} \quad \left[\frac{kg - m}{seg} \right]$$

q_r = Caudal impulsado l/min

h = altura de descarga m

PROCEDIMIENTO

- Previamente al desarrollo del laboratorio se debe verificar el nivel del líquido en el reservorio que se encuentra sobre la torre.
- Conectar la fuente de energía eléctrica de la bomba, módulo de adquisición de datos y el computador.

- Encender el computador e ingresar al programa de adquisición de datos de la bomba de ariete hidráulico e ingresar los datos del grupo, el número de la práctica, nombre del profesor y porcentaje de apertura de la válvula de compuerta que se encuentra ubicada al ingreso de la bomba de ariete hidráulico. Además la carrera de la válvula de impulso y su peso que son datos que se podrán variar de un grupo a otro.

Pesos de la válvula de impulso	
Descripción	Peso [kg]
Válvula de impulso con tuercas topes	0,62
Arandelas grandes (cada una)	0,0265

- La válvula de compuerta que permite el ingreso del agua a la bomba de ariete hidráulico deberá tener una apertura de entre el 40% y 70% para el correcto funcionamiento del banco de pruebas.

Número de vueltas	Porcentaje de apertura
9,5	100
6,65	70
5,7	60
4,75	50
3,8	40

- Abrir la válvula de esfera que permite el paso del agua desde el reservorio a la tubería de alimentación.
- La válvula de descarga debe estar completamente cerrada para que el ciclo del golpe de ariete pueda iniciar y mantenerse.
- Manipular la válvula de impulso desplazándola hacia abajo hasta que el ciclo del golpe de ariete se produzca por si solo en la bomba.
- Encender la bomba la bomba centrífuga una vez que el agua en el reservorio alcance la tubería de succión de la misma.
- Ejecutar el programa.
- Una vez que la bomba se encuentre funcionando se deberá abrir la válvula de descarga una vuelta para poder simular una carga, y una vez que el caudal impulsado y la presión de descarga se estabilicen o se mantengan se procederá a adquirir el primer dato.

- Variar la apertura de la válvula de descarga de la bomba de ariete hidráulico para que varíe la presión de descarga (altura de elevación) y el caudal elevado, para cada posición de la válvula de descarga en el programa de adquisición pulsar en adquirir datos.
- Una vez adquiridos los datos deseados pulsar en el programa de adquisición el botón generar reportes para obtener el archivo Excel.
- Cerrar la válvula de esfera y esperar hasta que la bomba de ariete deje de funcionar y el agua que se encontraba en la tubería de alimentación haya descendido por completo, cerrar la válvula de compuerta.
- Apagar la bomba centrífuga.
- Desconectar el banco de pruebas de la fuente de energía.
- Vaciar el agua del reservorio luego de terminar cada práctica de laboratorio.

CÁLCULO TIPO

TABLA DE RESULTADOS. (Ver Anexo E)

CUESTIONARIO

- Graficar q_r vs h
- Graficar Q_r vs h
- Graficar P vs h
- Graficar T vs h
- Graficar n_r vs h

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO VII

7. CÁLCULO Y ANÁLISIS DE COSTOS

7.1 Introducción

En este capítulo se detalla los gastos realizados durante todo el proyecto de tesis denominado automatización de la adquisición de datos en tiempo real del banco de pruebas de la bomba de ariete hidráulico del laboratorio de Turbomaquinaria hidráulica de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

7.2 Costos directos

En el análisis de costos directos se toman en cuenta los gastos por accesorios y materiales (mecánicos, hidráulicos y eléctricos), mano de obra, equipos y maquinaria utilizada.

7.2.1 Costos de accesorios y materiales

Tabla 7. Costos de accesorios y materiales hidráulicos

Elemento	Descripción	Unidad	Cantidad	Prec. unit. (USD)	Costo (USD)
Codo 45°	RR H PP de 1"	Unidad	1	1,32	1,32
Codo 90°	RR H PP de 3/4"	Unidad	4	0,63	2,50
Niple corrido	Con tuerca PP de 1"	Unidad	3	0,71	2,14
Niple corrido	Con tuerca PP de 3/4"	Unidad	2	0,45	0,89
Tee	RR PP de 1"	Unidad	1	1,60	1,60
Teflón	Amarillo	unidad	3	0,80	2,41
Tubo PVC	1"	m	1	3,00	3,00
Manguera	1"	Unidad	8	1,10	8,80
Unión universal	RR PP de 1"	unidad	2	2,50	5,00
Acople tubo manguera	1" y 2"	Unidad	4	0,75	3,00
Válvula de esfera	2"	Unidad	1	5,36	5,36
Tanque	500 Litros	Unidad	1	90,00	90,00
				Total	126,02

Fuente: Autor

Tabla 8. Costos de accesorios y materiales mecánicos

Elemento	Descripción	Unidad	Cantidad	Prec. unit. (USD)	Costo (USD)
Brocha	Picaso	Unidad	1	0,45	0,45
Cepillo metálico	Manual	Unidad	1	1,50	1,50
Cepillo metálico	Copa trenzado 5/8"	Unidad	2	7,50	15,00
Lijas para metal	Número de grano 80	Unidad	3	0,60	1,80
Lima redonda	Truper de 6"	Unidad	3	1,46	4,39
Pintura	Fondo	Litro	1	14,00	14,00
Pintura antioxidante	Azul ultramar 1/4 gal	gal	3	4,50	13,50
Thinner		Litro	2	2,00	4,00
Tubo cuadrado	3"	Unidad	3	15,00	45,00
Ángulo	1 1/4 "	Unidad	1	11,00	11,00
				Total	110,64

Fuente: Autor

Tabla 9. Costos de accesorios y materiales electrónicos

Elemento	Descripción	Unidad	Cantidad	Prec. unit. (USD)	Costo (USD)
Tarjeta de adquisición de datos NI USB 6009	NI USB-6009 Bus-Powered M Series Multifunción DAQ	Unidad	1	483,84	483,84
Adaptador 2"	Omega FP 5320 S	Unidad	1	138,00	138,00
Adaptador 3/4"	Omega FP 5307 M	Unidad	1	169,00	169,00
Envío y nacionalización	Adaptadores	Unidad	1	114,80	114,80
Cable flexible	#2250 FT 24AWG 4C SHLD PVC	Metros	3	2,00	6,00
Fuente de alimentación	RS-75-24	Unidad	1	26,32	26,32
Sensor de caudal	Omega FP 5600	Unidad	1	252,00	252,00
Sensor de caudal	Omega FP 5600	Unidad	1	330,00	330,00
Envío y nacionalización	Sensor de flujo	Unidad	1	204,40	204,40
Transmisor de presión	SITRANS P220 0-150 Psi	Unidad	1	235,65	235,65
Placa	Acondicionamiento de señal	Unidad	2	18,00	36,00
				Total	1996,01

Fuente: Autor

El costo total de accesorios y materiales para la automatización del banco de bomba de ariete hidráulico:

Tabla 10. Costo total de accesorios y materiales

Materiales	Valor (USD)
Mecánicos	110,64
Hidráulicos	126,02
Electrónicos	1996,01
Total	2232,67

Fuente: Autor

7.2.2 Costos por equipos y maquinaria

Tabla 11. Costo de equipos y maquinaria

Máquinas/Herramientas	Costo/Hora	Horas Equipo	Costo (USD)
Amoladora	2,00	12	24,00
Compresor	1,00	3	3,00
Taladro de mano	2,00	5	10,00
Tarrajá mecánica	1,00	1	1,00
Otros equipos			15,00
		Total	53,00

Fuente: Autor

7.2.3 Costos de mano de obra

Tabla 12. Costos de mano de obra

Trabajador	Salario/Hora	Horas de trabajo	Costo (USD)
Electricista	3,05	3	9,15
Pintor	3,05	3	9,15
Mecánico	3,05	12	36,60
		Total	54,90

Fuente: <http://www.contraloria.gob.ec/documentos/SAL0114RO167de22ENERO2014.pdf>

7.2.4 Tabla del total de los costos directos

Tabla 13. Total de costos directos

Costo por	Valor (USD)
Materiales	2232,67
Maquinaria y equipos	53,00
Mano de obra	54,90
Total	2340,57

Fuente: Autor

7.3 Costos indirectos

Tabla 14. Costos indirectos.

Detalle	Cantidad (%CD)	Valor (USD)
Ingenieriles (Diseño y supervisión)	10%	234,06
Imprevistos	5%	117,03
Utilidad	0%	0
Total		351,09

Fuente: Autor

7.4 Costos totales

Los costos totales se obtienen al sumar los costos directos más los costos indirectos, por lo tanto al realizar la sumatoria se tiene el valor de 2691,66 USD.

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

La realización de pruebas de la bomba de ariete hidráulico en condiciones reales nos permitieron observar el funcionamiento y el comportamiento de las variables físicas que intervienen en el fenómeno de golpe de ariete, además determinar que el incremento de la presión al ingreso de la bomba debe ser instantánea para que se produzca el cierre y la apertura automática de la válvula de impulso.

Debido a que el incremento de la presión al ingreso de la bomba de ariete debe ser instantánea y a que, con la bomba centrífuga que simula la altura de suministro de agua se tiene el cierre de la válvula pero no un incremento instantáneo de la presión, sino más bien una elevación de la presión en todo el sistema, se construyó un nuevo banco de pruebas con las condiciones ideales para que el fenómeno del golpe de ariete se produzca.

La selección adecuada de los transmisores de presión, de los sensores de flujo, de la tarjeta DAQ y del software LabVIEW, posibilitaron adquirir datos en tiempo real, siendo de una gran ayuda para la comprensión y estudio de la bomba de ariete hidráulico.

Los datos y gráficas obtenidas en las pruebas realizadas, permitieron aseverar que en la bomba de ariete hidráulico cuando la altura a la que se desea elevar el fluido sea mayor, la eficiencia, potencia, caudal elevado y duración del ciclo disminuyen, y solo el caudal desperdiciado incrementa.

Al final del presente trabajo se puede comprobar que el fenómeno del golpe de ariete no solo significa un problema en los sistemas hidráulicos, sino que con la construcción de este tipo de bombas se lo puede aprovechar para elevar agua a mayores alturas sin el consumo de energía eléctrica, ni combustible durante las 24 horas del día los 365 días del año, convirtiéndose en una bomba ecológica ya que además solo toma una parte del caudal que ingresa para elevarlo, como podemos observar en los datos adquiridos en las pruebas.

8.2 Recomendaciones

Para operar el banco de pruebas de la bomba de ariete hidráulico se deberá contar con la presencia del profesor o asistente de área el mismo que proporcionara la guía de laboratorio y los datos necesarios para la realización del ensayo.

Para la realización de los ensayos se deberá utilizar el equipo de protección como mandil, y protección auditiva.

Realizar los ensayos con la válvula de compuerta al ingreso de la bomba de ariete lo menor abierta posible, y una carrera de la válvula de impulso no tan grande de preferencia 1 cm para que la bomba centrífuga del banco sea capaz de elevar el agua y evitar que el reservorio inferior se llene completamente.

Adquirir los datos una vez q se observe en la pantalla del computador que se mantenga constante.

Una vez terminada la práctica evacuar el agua del reservorio que se encuentra en la parte superior de la torre, así como del reservorio inferior para evitar la acumulación de sedimentos.

BIBLIOGRAFÍA

BERGERON, Louis. 1928. *Machines Hydrauliques*. Paris : impr. H. Tessier, 1928, 1928.

CAMILOSW. 2004. Sensor. [En línea] Fundación Wikimedia, Inc, 14 de Agosto de 2004. [Citado el: 21 de Noviembre de 2013.] <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>.

CHICALA, Carlos. 2004. *Adquisición de datos: Medir para conocer y controlar*. Madrid : Soluciones en control, 2004, 2004.

CUADRADO, Edwin Gonzalo. 2010. *Mantenimiento Industrial*. Riobamba : s.n., 2010.

EBERLIN, Sergio y VÁZQUEZ, Osvaldo. 2012. Conversores Tensión - Frecuencia y Frecuencia - Tensión. [En línea] Enero de 2012. [Citado el: 14 de Agosto de 2014.] http://www.fceia.unr.edu.ar/eca2/Files/Apuntes/CONVERSORES%20TENSION%20-%20FRECUENCIA%20%20_V-2012-1_.pdf.

ESPINOZA, O. 2009. Bomba de agua. Golpe de ariete (ram pump). [En línea] 13 de Noviembre de 2009. [Citado el: 15 de Noviembre de 2013.] <http://maqtool.wordpress.com/2009/11/13/bomba-de-agua-con-golpe-de-ariete/>.

KROL, J y American Society of Mechanical Engineers. Design . 1976. *The Automatic Hydraulic Ram*. s.l. : American Society of Mechanical Engineers, 1976, 1976.

MA CHI. 2002. *Hydraulic Ram Handbook*. Zhejiang University of Technology : Borda, 2002.

MATAIX, Claudio. 1986. *Mecánica de fluidos y Máquinas hidráulicas*. Madrid : Castillo, S.A., 1986.

MONTESINOS L, Alejandro. 2010. Los secretos del ariete hidráulico. [En línea] 15 de Septiembre de 2010. [Citado el: 6 de Noviembre de 2013.] <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia25/HTML/articulo05.htm>.

NATIONAL INSTRUMENT. 2013. LabVIEW. [En línea] 6 de Agosto de 2013. [Citado el: 5 de Diciembre de 2013.] <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>.
— **2013.** National Instrument. [En línea] National Instrument, 2013. [Citado el: 5 de Diciembre de 2013.] <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>.

NEKRASOV. 1968. *B. Hidráulica. 3ra ed.* Moscú : MIR, 1968.

ORTEGA, Edwin J. 2013. Clasificación de los sensores. [En línea] 16 de Abril de 2013. [Citado el: 24 de Noviembre de 2013.]
<http://www.slideshare.net/Edw1a/clasificacion-de-sensores>.

PROTON. 2009. Clasificación de los sensores. [En línea] 10 de Junio de 2009. [Citado el: 21 de Noviembre de 2013.]
<http://proton.ucting.udg.mx/~redblade/Paginas/Robotica/Tareas/sensores/Sensores.html>.

RÉ , Armando y RÉ, Luciano. 2008. La bomba de serie "S". [En línea] 13 de Mayo de 2008. [Citado el: 15 de Noviembre de 2013.] <http://www.taller-inti.org/download/pdf/1/16.08.05.Folleto%20bomba%20de%20ariete%202%20pulgadas%20soldada.pdf>.

RESTREPO, Camilo. 2011. El ariete hidráulico. [En línea] 14 de Agosto de 2011. [Citado el: 11 de Noviembre de 2013.]
<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/flujoentuberias/elarietehidraulico/arietehidraulico.html>.

SABOGAL, Jerly Tatiana. 2012. Cátedra. El portal del estudiante. [En línea] 12 de Octubre de 2012. [Citado el: 25 de Agosto de 2014.]
<http://www.redjbm.com/catedra/index.php/tecnologia/68-la-importancia-de-la-automatizacion>.

VALDIVIESO, Miguel Ángel. 2014. Diseño e implementación de un manual de operación y mantenimiento para los laboratorios de turbomaquinaria, mecánica de fluidos, control automático e instrumentación de la Facultad de Mecánica. [En línea] 2014. [Citado el: 10 de Septiembre de 2014.]
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3528>.

ANEXOS

Anexo A

Características de los transmisores de presión SITRANS P220

SIEMENS

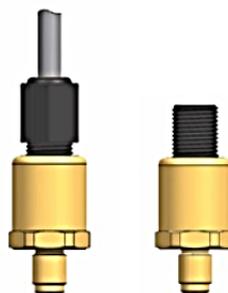
Transmisor de presión SITRANS P220 (7MF1567) Instrucciones de servicio



7MF1567 con conector según EN 175301-803-A
• Tipo 7MF1567-*****-1**1
• Tipo 7MF1567-*****-5**1



7MF1567 con conector M12x1
• Tipo 7MF1567-*****-2**1



7MF1567 con cable (2 m)
• Tipo 7MF1567-*****-3**1

7MF1567 con acoplamiento rápido para cable
• Tipo 7MF1567-*****-4**1

Campo de aplicación de SITRANS P220, tipo 7MF1567

El transmisor de presión se utiliza para medir la presión relativa y absoluta de gases y líquidos en los siguientes sectores industriales:

- Construcción de maquinaria
- Tecnología de la energía
- Abastecimiento de agua
- Construcción naval
- Industria química
- Industria farmacéutica

Diseño del aparato sin protección contra explosiones

El transmisor de presión consta de una celda de medición piezorresistiva con membrana, integrada en una caja de acero inoxidable. Puede conectarse eléctricamente con un conector según EN 175301-803-A (IP65), un conector redondo M12 (IP67), un cable (IP67) o un acoplamiento rápido para cable (IP67). La señal de salida es de 4 a 20 mA o de 0 a 10 V.

Diseño del aparato con protección contra explosiones

El transmisor de presión consta de una celda de medición piezorresistiva con membrana, integrada en una caja de acero inoxidable. Puede conectarse eléctricamente con un conector según EN 175301-803-A (IP65) o un conector redondo M12 (IP67). La señal de salida es de 4 a 20 mA.

Montaje

	PRECAUCIÓN Radiación solar directa Daños en el aparato La radiación ultravioleta puede provocar que se agrieten los materiales. • Proteja el aparato de la radiación solar directa
--	---

- La posición del aparato no influye en la precisión de medida.
- Antes del montaje, compare los datos de proceso con los datos de la placa de características.
- El fluido debe ser apropiado para las piezas del transmisor de presión que están en contacto con él.
- El límite de sobrecarga no debe rebasarse.
- Conecte los aparatos con un tendido de cables fijo.

Puesta a tierra para aparatos

El transmisor de presión debe conectarse con el sistema de conexión equipotencial de la instalación mediante la caja metálica (conexión al proceso) y el conductor de puesta a tierra del conector.

---	Corriente continua
-----	--------------------

Consignas de seguridad

Símbolo	Explicación del símbolo de advertencia del aparato
	Tenga en cuenta las instrucciones de manejo

Este aparato ha salido de la fábrica en perfecto estado respecto a la seguridad técnica. Para mantenerlo en dicho estado y garantizar un servicio seguro del aparato, tenga en cuenta las siguientes indicaciones:

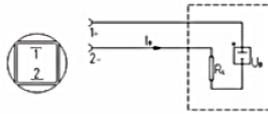
El aparato solamente se puede utilizar para los fines indicados en las presentes instrucciones.

- La conexión, el montaje y la puesta en servicio requieren el cumplimiento de las disposiciones y las leyes nacionales vigentes.
- Los aparatos con el tipo de protección "seguridad intrínseca" perderán su homologación tan pronto como se empleen en circuitos eléctricos que no se correspondan con el certificado de control vigente en su país.
- Conecte el aparato a una fuente de baja tensión con separación segura (SELV).
- El aparato solo debe alimentarse con energía limitada, según UL61010-1 Second Edition, capítulo 9.3, o LPS de conformidad con UL60950-1, o bien clase 2 de conformidad con UL1310 o UL1585.
- El aparato puede funcionar a alta presión, así como con fluidos agresivos y peligrosos. Por esta razón, si se maneja el aparato de forma inadecuada, se pueden producir lesiones corporales graves o daños materiales de carácter considerable. Este aspecto deberá tenerse en cuenta especialmente cuando se vaya a sustituir un aparato que se haya estado usando.
- La colocación, montaje y puesta en marcha de los aparatos solo debe correr a cargo de personal cualificado, teniendo en cuenta las normas EN 60079-14 y EN 61241-14.
- El límite de sobrecarga debe vigilarse y respetarse siempre.
- El aparato no necesita mantenimiento.

Datos técnicos		
Funcionamiento		
Rango de medida $\geq 2,5 \dots \leq 600$ bar	Piezorresistivo con membrana de acero inoxidable	
Entrada		
Magnitud de entrada		
Rango de medida para presión relativa	Limite de sobrecarga	Presión de ruptura
0 ... 2,5 bar g	$\geq -0,8 / \leq 6,25$ bar g	25 bar g
0 ... 4 bar g	$\geq -0,8 / \leq 10$ bar g	40 bar g
0 ... 6 bar g	$\geq -1 / \leq 15$ bar g	36 bar g
0 ... 10 bar g	$\geq -1 / \leq 25$ bar g	60 bar g
0 ... 16 bar g	$\geq -1 / \leq 40$ bar g	96 bar g
0 ... 25 bar g	$\geq -1 / \leq 62,5$ bar g	150 bar g
0 ... 40 bar g	$\geq -1 / \leq 100$ bar g	240 bar g
0 ... 60 bar g	$\geq -1 / \leq 150$ bar g	360 bar g
0 ... 100 bar g	$\geq -1 / \leq 250$ bar g	600 bar g
0 ... 160 bar g	$\geq -1 / \leq 400$ bar g	960 bar g
0 ... 250 bar g	$\geq -1 / \leq 625$ bar g	1 500 bar g
0 ... 400 bar g	$\geq -1 / \leq 1 000$ bar g	2 400 bar g
0 ... 600 bar g	$\geq -1 / \leq 1 500$ bar g	3 600 bar g
Rango de medida para presión relativa (solo para el mercado estadounidense)	Limite de sobrecarga	Presión de ruptura
0 ... 30 psi g	$\geq -5,8 / \leq 80$ psi g	420 psi g
0 ... 60 psi g	$\geq -11,5 / \leq 140$ psi g	580 psi g
0 ... 100 psi g	$\geq -14,5 / \leq 300$ psi g	520 psi g
0 ... 150 psi g	$\geq -14,5 / \leq 350$ psi g	870 psi g
0 ... 200 psi g	$\geq -14,5 / \leq 550$ psi g	1 390 psi g
0 ... 300 psi g	$\geq -14,5 / \leq 800$ psi g	2 170 psi g
0 ... 500 psi g	$\geq -14,5 / \leq 1 400$ psi g	3 480 psi g
0 ... 750 psi g	$\geq -14,5 / \leq 2 000$ psi g	5 220 psi g
0 ... 1 000 psi g	$\geq -14,5 / \leq 2 000$ psi g	5 220 psi g
0 ... 1 500 psi g	$\geq -14,5 / \leq 3 500$ psi g	8 700 psi g
0 ... 2 000 psi g	$\geq -14,5 / \leq 5 500$ psi g	13 920 psi g
0 ... 3 000 psi g	$\geq -14,5 / \leq 8 000$ psi g	21 750 psi g
0 ... 5 000 psi g	$\geq -14,5 / \leq 14 000$ psi g	34 800 psi g
0 ... 6 000 psi g	$\geq -14,5 / \leq 14 000$ psi g	34 800 psi g
0 ... 8 700 psi g	$\geq -14,5 / \leq 21 000$ psi g	52 200 psi g
Salida		
Señal de corriente	4 ... 20 mA	
• Carga	$(U_b - 10 \text{ V}) / 0.02 \text{ A}$	
• Alimentación auxiliar U_b	7 ... 33 V DC --- (10 ... 30 V para Ex)	
• Consumo I_b	≤ 20 mA	
Señal de tensión	0 ... 10 V DC ---	
• Carga	≥ 10 k Ω	
• Alimentación auxiliar U_b	12 ... 33 V DC ---	
• Consumo	< 7 mA con 10 k Ω	
Curva característica	Lineal ascendente	
Precisión de medida		
Desviación de medida con 25 °C (77 °F), incl. error de característica, histéresis y repetibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Típica: 0,25 % del valor de fin de escala • Máxima: 0,5 % del valor de fin de escala 	
Tiempo de ajuste T99	$< 0,1$ s	
Deriva a largo plazo		
• Inicio e intervalo de medición	0,25 % del valor final/año	
Influencia de la temperatura ambiente		
• Inicio e intervalo de medición	0,25 %/10 K del valor de fin de escala	
• Influencia de las vibraciones (según IEC 60068-2-6)	0,005 %/g hasta 500 Hz en todas direcciones	
• Influencia de la energía auxiliar	0,005 %/V	
Condiciones de aplicación		
• Condiciones del entorno	Uso al aire libre y en interiores	
• Temperatura del proceso	-30 ... +120 °C (-22 ... +248 °F)	
• Temperatura ambiente	-25 ... +85 °C (-13 ... +185 °F)	
– Altitud	Máx. 2 000 m s.n.m. En caso de altitud superior a 2 000 m s.n.m., utilice una fuente de alimentación apropiada.	
– Humedad relativa	0 ... 100 %	
• Temperatura de almacenamiento	-50 ... +100 °C (-58 ... +212 °F)	
• Grado de protección (conforme a EN 60529)	<ul style="list-style-type: none"> • IP65 con conector según EN 175301-803-A • IP67 con conector M12 • IP67 con cable • IP67 con acoplamiento rápido para cable 	
Compatibilidad electromagnética	<ul style="list-style-type: none"> • según EN 61326-1 • Según EN 61326-2-3 • Según NAMUR NE21, solo para aparatos ATEX y con una desviación máx. del valor medido $\leq 1\%$ 	
Construcción		
Peso	aprox. 0,090 kg (0,198 lb)	
Conexiones al proceso	Croquis acotados	
Conexiones eléctricas	<ul style="list-style-type: none"> • Conector según EN 175301-803-A Forma A con entrada de cables M16x1,5, ½-14NPT o Pg 11 • Conector M12 • Cable (\varnothing 5,4 mm) de 2 o 3 hilos (0,5 mm²) • Acoplamiento rápido para cable 	
Material de las piezas en contacto con el fluido		
• Celda de medición	Acero inoxidable, mat. n.º 1.4016	
• Conexión al proceso	Acero inoxidable, n.º mat. 1.4404 (SST 316 L)	
Material de las piezas que no están en contacto con el fluido		
• Caja	Acero inoxidable, n.º mat. 1.4404 (SST 316 L)	
• Caja del conector	<ul style="list-style-type: none"> • Plástico • CuZn, niquelado (conector M12) 	
• Cable	PVC espec.	

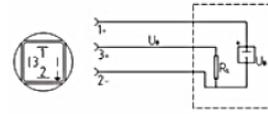
Conexiones eléctricas

Conexión con salida de corriente y conector según EN 175301



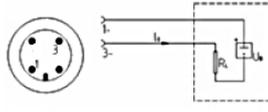
Conexión 1 (+) 2 (-)

Conexión con salida de tensión y conector según EN 175301



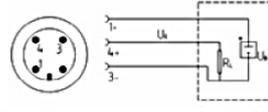
Conexión 1 (+U₀) 2 (-) 3 (+U_A)

Conexión con salida de corriente y conector M12x1



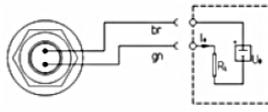
Conexión 1 (+) 3 (-)

Conexión con salida de tensión y conector M12x1



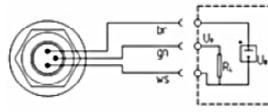
Conexión 1 (+U₀) 3 (-) 4 (+U₀)

Conexión con salida de corriente y cable



Conexión ma (+) ve (-)

Conexión con salida de tensión y cable



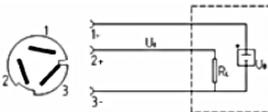
Conexión ma (+U₀) bl (-) ve (+U₀)

Conexión con salida de corriente y acoplamiento rápido para cable



Conexión 1 (+) 2 (-)

Conexión con salida de tensión y acoplamiento rápido para cable



Conexión 1 (+U₀) 3 (-) 2 (+U₀)

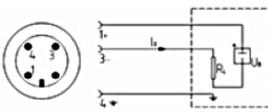
Diseño del aparato con protección contra explosiones: 4 a 20 mA
La conexión de puesta a tierra está unida eléctricamente con la caja del transmisor

Conexión con salida de corriente y conector según EN 175301 (Ex)



Conexión 1 (+) 2 (-)

Conexión con salida de corriente y conector M12x1 (Ex)



Conexión 1 (+) 3 (-) 4 (⊥)

Leyenda

I_0 = intensidad de salida

U_A = alimentación auxiliar

R_L = carga

U_0 = tensión de salida

⊥ = puesta a tierra

Corrección de punto cero e intervalo

El transmisor está preajustado de fábrica en el rango de medida correspondiente. No es posible ajustarlo a posteriori.

Mantenimiento

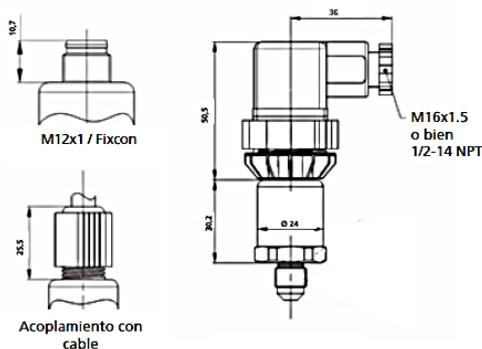
El transmisor no necesita mantenimiento.

De vez en cuando, compruebe el inicio de medición del aparato.

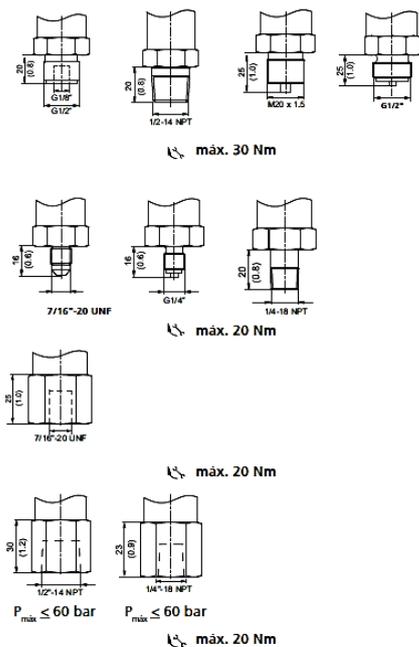
Certificados y homologaciones	
Clasificación de acuerdo con la directiva de equipos a presión (97/23/CE)	Para los gases pertenecientes al grupo de fluidos 1 y los líquidos pertenecientes al grupo de fluidos 1; cumple los requisitos establecidos en el artículo 3, apartado 3 (buenas prácticas de ingeniería)

Protección contra explosiones 7MF1567-xxxx1-xxxx	
Seguridad intrínseca "i" (solo para salida de corriente)	II 1/2 G Ex ia IIC T4 Ga/Gb II 1/2 D Ex ia IIC T125°C Da/Db
Certificado de ensayos de tipo CE	SEV 10 ATEX 0146
Conexión a circuitos óhmicos certificados de seguridad intrínseca con los valores máximos	$U_i \leq 30$ V DC; $I_i \leq 100$ mA; $P_i \leq 0,75$ W
Inductancia y capacidad internas efectivas en versiones con conectores según EN 175301-803-A y M12	$L_i = 0$ nH; $C_i = 0$ nF

Croquis acotados de las conexiones eléctricas



Croquis acotados de las conexiones al proceso



SITRANS P220, tipo 7MF1567

Indicaciones adicionales para el montaje

Para los tipos 7MF1567-***01-1-*** 7MF1567-***01-2-*** 7MF1567-***01-5-*** deben tenerse en cuenta las siguientes indicaciones:

El servicio solo está permitido en circuitos óhmicos de seguridad intrínseca con certificación con los siguientes valores máximos:

$U_i \leq 30$ V
 $I_i \leq 100$ mA
 $P_i \leq 750$ mW
 Inductancia interna $L_i = 0$ nH
 Capacidad interna $C_i = 0$ nF

En el transmisor de presión se admite una temperatura ambiente máxima T_a de -25 a $+85$ °C.

Uso como material eléctrico de la categoría 1/2:

Los transmisores de presión pueden montarse en la pared que separa la zona que cumple los requisitos de la categoría 1 (zona 0) de la que cumple los requisitos de la categoría 2 (zona 1). La conexión al proceso debe poseer una estanqueidad suficiente de acuerdo con EN 60079-26, apartado 4.6, p. ej. cumpliendo el grado de protección IP67 según EN 60529. La alimentación debe realizarse mediante circuitos de seguridad intrínseca con el modo de protección ia. La celda de medición solo debe utilizarse con sustancias inflamables para las que las membranas de las celdas de medición presenten una resistencia química y a la corrosión suficiente.



La fecha de fabricación figura en la etiqueta del transmisor de presión, p. ej.: LKK-YMDD-XXX-XX-XXX

Abreviatura del fabricante _____
 Fecha en formato "año-mes-día"⁽¹⁾ _____
 3 dígitos del número de pedido _____
 Posición del pedido _____
 N.º de pieza _____
 Separador _____

⁽¹⁾ Clave para las indicaciones de año, mes y día

Clave ⁽²⁾	A	B	C	D	E	F	H (G) ⁽³⁾	J	K	L	M	N	P	R	S	T	U	V	W	X
Año natural	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029

Clave ⁽²⁾	1	2	3	4	5	6	7	8	9	O	N	D
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre

Clave	01 - 31
Día del mes	1 al 31

⁽²⁾ Conformidad con DIN EN 60062

⁽³⁾ La letra G está bloqueada para nuevas aplicaciones, ya que difiere de DIN EN 60062. Solo sirve para la recodificación.

Technical Support

Al Technical Support de todos los productos de IA y DT se accede del siguiente modo:

- A través de Internet con el Support Request: www.siemens.com/automation/support-request
- E-mail: support.automation@siemens.com
- Teléfono: +49 (911) 895 7 222
- Fax: +49 (911) 895 7 223

Encontrará más información sobre nuestro Technical Support en la dirección de Internet www.siemens.com/automation/csi/service

SITRANS P220 7MF1567

Anexo B

Características y especificaciones de la fuente de alimentación



75W Single Output Switching Power Supply

RS-75 series



- Features :
 - Universal AC input / Full range
 - Protections: Short circuit / Overload / Over voltage
 - Cooling by free air convection
 - LED indicator for power on
 - 100% full load burn-in test
 - All using 105°C long life electrolytic capacitors
 - Withstand 300VAC surge input for 5 second
 - High operating temperature up to 70°C
 - Withstand 5G vibration test
 - No load power consumption <0.5W
 - High efficiency, long life and high reliability
 - 3 years warranty



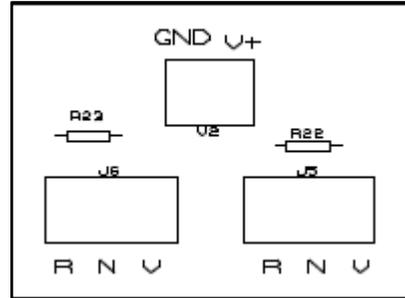
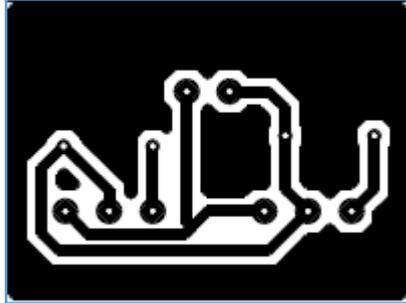
SPECIFICATION

MODEL	RS-75-3.3	RS-75-5	RS-75-12	RS-75-15	RS-75-24	RS-75-48	
OUTPUT	DC VOLTAGE	3.3V	5V	12V	15V	24V	48V
	RATED CURRENT	15A	12A	6A	5A	3.2A	1.6A
	CURRENT RANGE	0 ~ 15A	0 ~ 12A	0 ~ 6A	0 ~ 5A	0 ~ 3.2A	0 ~ 1.6A
	RATED POWER	49.5W	60W	72W	75W	76.8W	76.8W
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	80mVp-p	80mVp-p	120mVp-p	120mVp-p	120mVp-p	200mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	3V ~ 3.6V	4.75 ~ 5.5V	10.8 ~ 13.2V	13.5 ~ 16.5V	22 ~ 27.6V	42 ~ 54V
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±3.0%	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LINE REGULATION Note.4	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	LOAD REGULATION Note.5	±2.0%	±1.0%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	SETUP, RISE TIME	500ms, 30ms/230VAC 1200ms, 30ms/115VAC at full load					
HOLD UP TIME (Typ.)	60ms/230VAC 14ms/115VAC at full load						
INPUT	VOLTAGE RANGE	88 ~ 264VAC 125 ~ 373VDC (Withstand 300VAC surge for 5sec. Without damage)					
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz					
	EFFICIENCY (Typ.)	75%	79%	84.5%	86%	88.5%	89.5%
	AC CURRENT (Typ.)	2A/115VAC 1.2A/230VAC					
	INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 40A/230VAC					
	LEAKAGE CURRENT	<2mA / 240VAC					
PROTECTION	OVERLOAD	110 ~ 150% rated output power Protection type : Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed					
	OVER VOLTAGE	3.8 ~ 4.45V	5.75 ~ 6.75V	13.8 ~ 16.2V	17.25 ~ 20.25V	27.6 ~ 32.4V	55.2 ~ 64.8V
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-25 ~ +70°C (Refer to "Derating Curve")					
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing					
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-40 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH					
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/°C (0~50°C)					
	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 5G 10min./1cycle, period for 60min. each along X, Y, Z axes					
SAFETY & EMC (Note 6)	SAFETY STANDARDS	UL60950-1, TUV EN60950-1 approved					
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:1.5KVAC O/P-FG:0.5KVAC					
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25°C / 70% RH					
	EMC EMISSION	Compliance to EN55022 (CISPR22) Class B, EN61000-3-2,-3					
OTHERS	EMC IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, EN61000-6-2 (EN50082-2), heavy industry level, criteria A					
	MTBF	265Khrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)					
	DIMENSION	129*97*38mm (L*W*H)					
NOTE	PACKING	0.41Kg; 30pcs/13.3Kg/0.86CUFT					
		1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uF & 47uF parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation. 4. Line regulation is measured from low line to high line at rated load. 5. Load regulation is measured from 0% to 100% rated load. 6. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. For guidance on how to perform these EMC tests, please refer to "EMI testing of component power supplies." (as available on http://www.meanwell.com)					

Anexo C

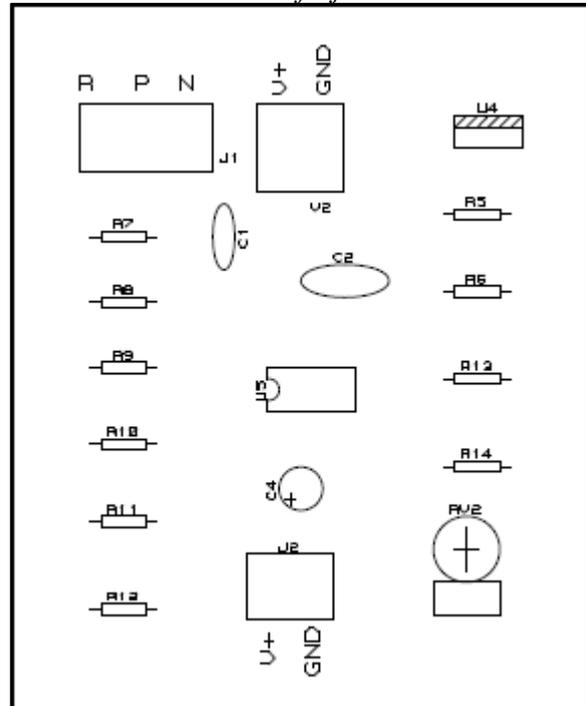
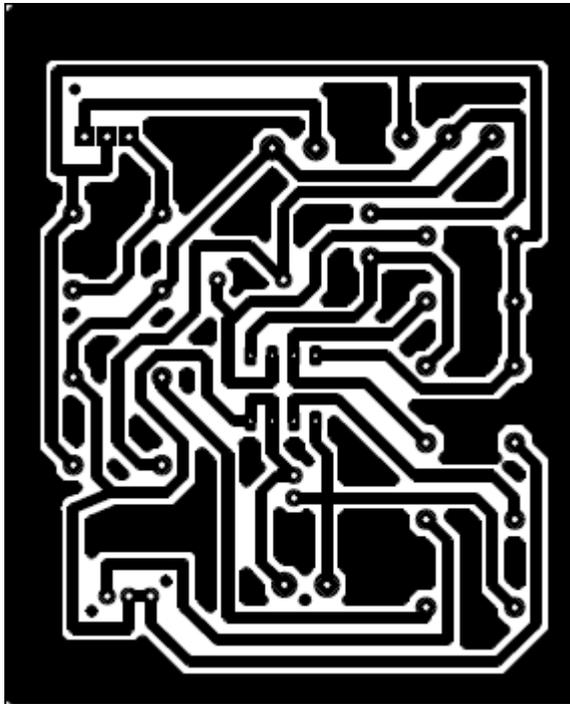
Circuitos para el acondicionamiento de señales

Circuito acondicionador de la señal de los transmisores de presión.



ELEMENTO	NOMBRE	VALOR	UNIDAD
R22	Resistencia	240	Ω
R23	Resistencia	240	Ω
V2	T block 2 pines		
J5	T block 3 pines		
J6	T block 3 pines		

Circuito acondicionador de señal de los sensores de flujo.



ELEMENTO	NOMBRE	VALOR	UNIDAD	ELEMENTO	NOMBRE	VALOR	UNIDAD
R5	Resistencia	330	Ω	R14	Resistencia	10	$K\Omega$
R6	Resistencia	1	$K\Omega$	C1	Capacitor c.	0,1	μF
R7	Resistencia	10	$K\Omega$	C2	Capacitor poliéster	68	nF
R8	Resistencia	10	$K\Omega$	C4	Cap. Electrolítico	1	μF
R9	Resistencia	6,8	$K\Omega$	U3	LM331		
R10	Resistencia	68	$K\Omega$	U4	LM317T		
R11	Resistencia	12	$K\Omega$	RV2	Potenciómetro	5	$K\Omega$
R12	Resistencia	100	$K\Omega$	J1 y v2	T block 2 pines		
R13	Resistencia	56	$K\Omega$	J2	T block 3 pines		

Anexo D
Hojas de calibración de los sensores de flujo

SENSOR 1 DE INGRESO



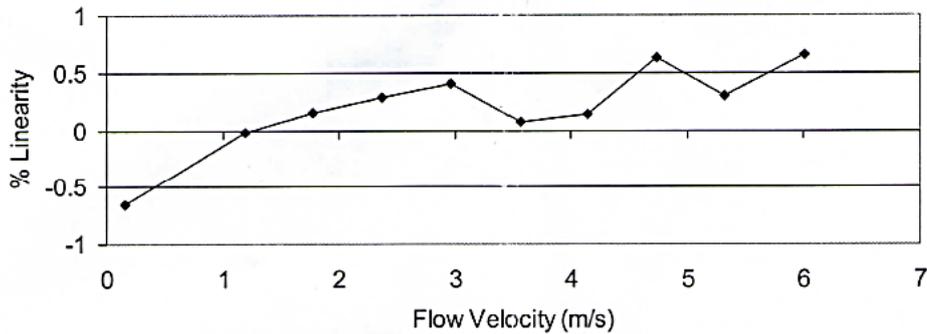
Note: Reference unit is calibrated and traceable to NIST.

Type: Polypro
 Model Number: FP-5600
 Serial Number: 60701120699
 Test Date: 1/17/2007

Water Temperature: 17.8°C

Test Location: PFL5

Flow Velocity (ft/s)	Flow Velocity (m/s)	Reynolds Number	Sensor Frequency (Hz)	Linearity (%)
0.539	0.164	6960.841	5.046	-0.657
3.916	1.193	50589.031	48.436	-0.026
5.807	1.770	75025.501	72.305	0.153
7.778	2.371	100491.666	97.051	0.287
9.721	2.963	125593.598	121.394	0.399
11.662	3.554	150664.361	144.637	0.079
13.606	4.147	175784.167	168.878	0.143
15.539	4.736	200753.745	194.009	0.025
17.431	5.313	225207.479	216.649	0.300
19.705	6.006	254586.856	245.698	0.657



Test and Calibration performed at the automated transducer test facility.



SENSOR 2 DE DESCARGA

Certificate of Conformance

Part information

Part number: FP-5600
Body/Rotor/Pin: Polypro/Black PVDF/Titanium
Serial number: 61306260873
Test date: 6/27/2013

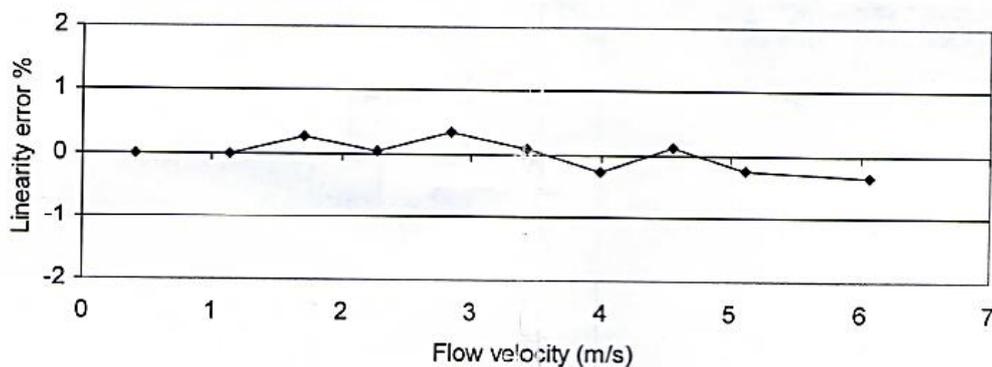
Calibration equipment used

Unit ID: RS-02
Cal due date: 10/22/2014

Test conditions

Test media: Water
Temperature: 25.9°C
Test location: PFL1

Flow Velocity (ft/s)	Flow Velocity (m/s)	Reynolds Number	Sensor Frequency (Hz)	Linearity (%)
1.352	0.412	17938.816	15.335	-0.013
3.728	1.136	49445.663	42.313	-0.017
5.600	1.707	74277.059	64.252	0.278
7.467	2.276	99037.179	84.926	0.043
9.349	2.850	124002.935	107.018	0.355
11.223	3.421	148859.530	127.706	0.090
13.095	3.991	173697.222	148.158	-0.272
14.935	4.552	198091.557	169.921	0.110
16.771	5.112	222452.362	189.963	-0.252
19.909	6.068	264077.445	225.382	-0.355



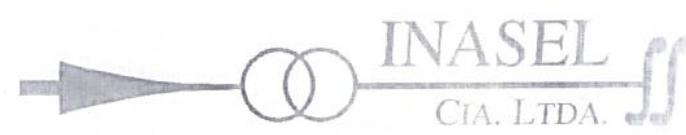
Reference flowmeter calibration is traceable to NIST and certified at preset intervals.

Anexo F
Facturas de adquisición

Tarjeta de adquisición de datos

 <p>DataLights Soluciones de Control e Iluminación</p>	<p>DataLights Cia. Ltda. Los Juglares 1-17 y Francisco de Orellana PBX: (593)7 288 2288 ■ Fax: (593)7 281 7800 www.datalights.com.ec info@datalights.com.ec P.O. Box: 01.05.1879 ■ Cuenca- Ecuador</p>																																																				
<p>R.U.C.: 0190370844001 AUT.SRI.1112259577 "OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"</p>	<p>FACTURA N° 001-001-0002951</p>																																																				
<p>FECHA: <u>Cuenca, 20 de enero de 2014.</u></p>																																																					
<p>CLIENTE: <u>Miguel Alejandro Oleas Baquero</u> R.U.C./C.I.: <u>0601799927001</u></p>																																																					
<p>DIRECCION: <u>San Luis calle Chimborazo Y García Moreno</u></p>																																																					
<p>CIUDAD: <u>Riobamba</u></p>																																																					
<p>A _____ DIAS VISTA SE PAGARA A LA ORDEN DE: _____</p>																																																					
<p>ENTREGADO A: _____ FECHA PAGO: _____</p>																																																					
<p>_____ LUGAR PAGO: _____</p>																																																					
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:60%;">ARTICULO</th> <th style="width:5%;">CANT.</th> <th style="width:15%;">V. UNITARIO</th> <th style="width:20%;">VALOR TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>779321-22 USB-6009 Kit - USB-6009 and LabVIEW Student Edition for Windows</td> <td align="center">1</td> <td align="right">432,00</td> <td align="right">432,00</td> </tr> <tr> <td colspan="3">SON:</td> <td align="right">SUBTOTAL 12%</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Cuatrocientos ochenta y tres con 84/100</td> <td align="right">432,00</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td align="right">SUBTOTAL 0%</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td align="right">DESCUENTO</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td align="right">-</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td align="right">SUBTOTAL</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td align="right">432,00</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td align="right">I.V.A. 12%</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td align="right">51,84</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td align="right">VALOR TOTAL</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td align="right">483,84</td> </tr> </tbody> </table>		ARTICULO	CANT.	V. UNITARIO	VALOR TOTAL	779321-22 USB-6009 Kit - USB-6009 and LabVIEW Student Edition for Windows	1	432,00	432,00	SON:			SUBTOTAL 12%	Cuatrocientos ochenta y tres con 84/100			432,00				SUBTOTAL 0%				DESCUENTO				-				SUBTOTAL				432,00				I.V.A. 12%				51,84				VALOR TOTAL				483,84
ARTICULO	CANT.	V. UNITARIO	VALOR TOTAL																																																		
779321-22 USB-6009 Kit - USB-6009 and LabVIEW Student Edition for Windows	1	432,00	432,00																																																		
SON:			SUBTOTAL 12%																																																		
Cuatrocientos ochenta y tres con 84/100			432,00																																																		
			SUBTOTAL 0%																																																		
			DESCUENTO																																																		
			-																																																		
			SUBTOTAL																																																		
			432,00																																																		
			I.V.A. 12%																																																		
			51,84																																																		
			VALOR TOTAL																																																		
			483,84																																																		
<p>CONTABILIDAD</p>	<p>VENDEDOR </p>	<p>RECIBI CONFORME</p>																																																			

Sensores de presión.

 INASEL CIA. LTDA.		RUC. 1791826140001 AUT. SRI: 1114248014 Fecha de Aut.: 28 - Enero - 2014		FACTURA			
Instalación - Asesoría y Suministros Eléctricos		N001-001-00 0068859					
Distribuidor Autorizado SIEMENS JORGE JUAN N32-24 Y AV. MARIANA DE JESÚS TELFS.: 2504 423 / 2905 464 / 2565 487 / FAX: 2565 468 e-mail: inasel@inaselecuador.com • www.inaselecuador.com • Quito • Ecuador		68859 CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION # 826 • DEL 22 / 12 / 2009					
Fecha: Quito, 28 de Febrero de 2014	0601799927001	BOD: 01					
Cliente: MIGUEL ALEJANDRO OLEAS	RUC /C.I. 0601799927001						
Dirección: CHIMBORAZO Y GARCIA MORENO (RIOBAMBA)	Teléf. 1922382						
Orden de Compra:	GUIA DE REMISION No.						
Condiciones de Pago: CONTADO	VENDEDOR: 0006						
ITEM	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCION	Desc.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
1	140496	1.00	TRANSMISOR SISTRANS 0 -150 PSI 7MF1567-4CA00-1GA1		263.00	263.00	
							
							
CANCELADO EFECTIVO CHEQUE No.							
IMPORTANTE: POR DISPOSICIÓN DEL SRI, SE RECIBIRÁ LA RETENCIÓN 5 DÍAS DESPUÉS DE EMITIDA LA FACTURA, CASO CONTRARIO SE PROCEDERÁ AL COBRO TOTAL DE LA MISMA.							
Debo y pagaré incondicionalmente a la orden de INASEL Cía. Ltda. el valor total de la presente factura-pagaré en el lugar que se me reconvenga con el interés legal de mora, desde su vencimiento. Declaro haber recibido a mi entera satisfacción y sin ningún reclamo la mercadería y servicio detallados en esta factura.				SUBTOTAL 263.00			
Queda entendido que la persona que firma la aceptación de esta factura-pagaré a nombre del comprador está debidamente autorizada para suscribirlo, en virtud de lo cual me hago responsable de su cancelación total. Para el caso del juicio quedo(amos) sometido(s) a los jueces o tribunales de la ciudad de Quito y a la vía ejecutiva. Sin protesta, eximiendo a la Compañía acreedora de presentación para el pago y de aviso por falta del mismo.				DESCUENTO 20% 52.60			
DOSCIENTOS TREINTA Y CINCO DÓLARES CON 65/100				BASE IMPONIBLE IVA 0% 0.00			
				FLETE 0.00			
				BASE IMPONIBLE IVA 12% 210.40			
				IMPORTE DEL IVA 25.25			
				TOTAL A PAGAR US\$ 135.65			
DESPACHADO							
 ELABORADO POR		28 FEB 2014 BODEGA		Gustavo Oleas RECIBIDO POR		 FIRMA C.I.: 060422864-3	
OFFSET ECUADOR • MARCIA CECILIA REYES MONTENEGRO • RUC 1701043218001 • AUT. SRI. 1300 • TELF. 2528778 IMPRESO DEL 00688501 AL 0068900 • VALIDO PARA SU EMISION HASTA 28 DE ENERO DEL 2015 ORIGINAL: ADQUIRENTE, 1ra. COPIA ROSADA: EMISOR, 2da. COPIA CELESTE: ARCHIVO							



INASEL

CIA. LTDA.

Instalación - Asesoría y Suministros Eléctricos

Distribuidor Autorizado SIEMENS

JORGE JUAN N32-24 Y AV. MARIANA DE JESÚS
 TELFS.: 2504 423 / 2905 464 / 2565 487 / FAX: 2565 468
 e-mail: inasel@inasecuador.com • www.inasecuador.com • Quito - Ecuador

RUC. 1791826140001
 AUT. SRI: 1114620534
 Fecha de Aut.: 02 - Abril - 2014

FACTURA

N001-001-00 **0069695**

69695 CONTRIBUYENTE ESPECIAL
 RESOLUCION # 826 • DEL 22 / 12 / 2009

Fecha: Quito, 25 de Abril de 2014 **BOD:** 01
Cliente: MIGUEL ALEJANDRO OLEAS **RUC /C.I.** 0601799927001
Dirección: CHIMBORAZO Y GARCIA MORENO (RIOBAMBA) **Teléf.** 1922382
Orden de Compra: **GUIA DE REMISION No.**
Condiciones de Pago: **CONTADO** **VENDEDOR:** 0006

ITEM	CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCION	Desc.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	140496	1.00	TRANSMISOR SISTRANS 0-150 PSI 7MF1567-4CA00-1GA1		263.00	263.00



IMPORTANTE: POR DISPOSICIÓN DEL SRI, SE RECIBIRÁ LA RETENCIÓN 5 DÍAS DESPUÉS DE EMITIDA LA FACTURA, CASO CONTRARIO SE PROCEDERÁ AL COBRO TOTAL DE LA MISMA.

Debo y pagaré incondicionalmente a la orden de INASEL Cia. Ltda. el valor total de la presente factura-pagaré en el lugar que se me reconvenga con el interés legal de mora, desde su vencimiento. Declaro haber recibido a mi entera satisfacción y sin ningún reclamo la mercadería y servicio detallados en esta factura.

Queda entendido que la persona que firma la aceptación de esta factura-pagaré a nombre del comprador está debidamente autorizada para suscribirlo, en virtud de lo cual me hago responsable de su cancelación total. Para el caso del juicio quedo(amos) sometido(s) a los jueces o tribunales de la ciudad de Quito y a la vía ejecutiva. Sin protesta, eximiendo a la Compañía acreedora de presentación para el pago y de aviso por falta del mismo.

Documentos Categorizado: NO

DESCUENTO 20%	52.60
BASE IMPONIBLE IVA 0%	0.00
FLETE	0.00
BASE IMPONIBLE IVA 12%	210.40
IMPORTE DEL IVA	25.25
TOTAL A PAGAR US\$	235.65

DOSCIENTOS TREINTA Y CINCO DÓLARES CON 65/100.

DESPACHADO

25 ABR. 2014

ELABORADO POR: *[Signature]* BODEGA: *[Signature]* RECIBIDO POR: *Gustavo Oleas* FIRMA: *[Signature]* C.I.: 060482854-5

Sensores de flujo.

>>>>>>> COMMERCIAL INVOICE <<<<<<<<

OMEGA ENGINEERING, INC.
 One Omega Drive, Box 4047, Stamford, CT 06907-0047
 PHONE (203)359-1660 FAX (203)968-7280

*** THIS DOCUMENT FOR CUSTOMS CLEARANCE PURPOSES ***

Bill To	LILIANA OLEAS PALACIOS ATTN: ACCOUNTS PAYABLE AV BLASCO IBANEZ 61 PUERTA 1 VALENCIA 46021 SPAIN SP	Ship To	GUSTAVO ALEJANDRO OLEAS SAN LUIS CHIMBORAZO Y GARCIA MORENO RIOBAMBA 060114 ECUADOR EC
---------	--	---------	--

Customer Po# L0040314 EIN# 066-041011

Commercial Inv#	Cust#	Order-date	TAX	Slsmn	COW	
FO 404906247	315354	04/03/14	N	IVX	N	**PRICES IN US DOLLARS**
Date	Special Instructions					
04/07/14	FR:70.00 1					

EXWORKS	Bill of lading	PPD	COLL	Carrier	Buyer: L O PALACIOS
		X		DHL	(610)998-261

ITM	TARIFF CODE	QTY	CATALOG NO & DESCRIPTION	U/M	NET PRCE	TOTAL AMT
1)	3917400000	1	FP-5307M MOLDED 0.75" PVC FITTING	EA	169.00	169.00
2)	7307225000	1	FP-5320S 2" PVC SADDLE FITTING	EA	138.00	138.00

SUB-TOTAL	307.00
FREIGHT COST	70.00
GRAND TOTAL	377.00

Pkg #1-Net wt. 2 Gross wt. 3 Dims. 12 7 6

DESTINATION CONTROL STATEMENT:
 THESE COMMODITIES, TECHNOLOGY, OR SOFTWARE WERE EXPORTED FROM THE UNITED STATES
 IN ACCORDANCE WITH THE EXPORT ADMINISTRATION REGULATIONS. DIVERSION CONTRARY TO
 U.S. LAW PROHIBITED.

Certified true and correct by

Omega Engineering, Inc.

**REQUERIMIENTO DE COBRO
SERVICIOS Y REEMBOLSO DE IMPUESTOS**

DHL EXPRESS (ECUADOR) S.A.

No: 1110159551

RUC. 1790546667001

Fecha: 14/04/2014

**MATRIZ: COLLALOMA AV. ELOY ALFARO 113-A Y DE LOS JUNCOS - QUITO
SUCURSAL: CENTRO AV. DE LAS AMERICAS S/N Y ENTRANDO POR LAN - GUAYAQUIL**

GUIA: 8083278335	PIEZAS: 1 / 1	CLIENTE: OLEAS OLEAS GUSTAVO ALEJANDRO
GUIA MASTER: 99216814243	PESO ARRIBO (kg): 1.05	RUC: 0604228643
PRODUCTO: WPX	PESO MANIFEST.(kg): 1.00	DIRECCION: SAN LUIS CHIMBORAZO Y GARCIA MORENO
IMPEX: N		TEL: 0979076053
TIPO DE PAGO: EFFECTIVO	ORIGEN: NWK	CONTACTO: OLEAS OLEAS GUSTAVO ALEJANDRO
FECHA ARRIBO: 09/04/2014	REFRENDO: 019-14-91-261281-0-00	REMITENTE: OMEGA ENGINEERING INC
DESTINO: MCH		CONTENIDO: MOLDURAS TUBERIA DE PVC - MONTURA PVC

IMPUESTOS (Reembolso a DHL registrado en DAU adjunto)

VALOR DECLARADO:	\$ 307.00	DER. ARANCELARIOS:	\$0.00
VALOR FOB:	\$307.00	IVA:	\$0.00
FLETE:	\$70.00	ICE:	\$0.00
SEGURO:	\$3.77	MULTAS:	\$0.00
VALOR CIF:	\$380.77	FODINFA:	\$0.00
		INTERES/CAE:	\$0.00
		SALVAGUARDA:	\$0.00
		I.S.D.:	\$0.00
		IMPUESTOS USD:	\$ 0.00
		AFORO:	\$ 0.00
		Impuestos+Corpei+Aforo:	\$ 0.00

SERVICIOS, FACTURA: 1110159551

Subtotal Servicios USD: \$ 40 (Ret. 2%): \$ 0.80	TRAMITE:	\$ 40.00
Total Collect USD: \$ 0.00 (Ret. 2%): \$ 0.00	ALMACENAJE:	\$ 0.00
	ADICIONALES:	\$ 0.00
	DEFERMENT PAYMENT:	\$ 0.00
	Subtotal:	\$ 40.00
	I.V.A.:	\$ 4.80
	SERVICIOS USD:	\$ 44.80
	Collect:	\$ 0.00
	TOTAL VALOR A PAGAR USD:	\$ 44.80

* Solo los valores de servicios están sujetos a retención en la fuente.
* Somos Contribuyentes Especiales.

US dólares: cuarenta y cuatro con 80/100

Para descargar sus facturas electrónicas, favor realizarlo desde <http://dhl.e-custodia.com.ec>

<p>Documentos Adjuntos:</p> <p>DAS _____ Fact Comer _____ FACT DHL _____ DUI _____ CORPEI _____ GUIA _____ OTROS _____</p> <p>Debo y pagaré incondicionalmente, y sin protesto los valores contenidos en el presente documento, más los intereses de mora a la tasa máxima permitida por la ley y demás gastos de cobranza.</p> <p align="center"><i>Gustavo Ocas</i></p> <p align="center">Recibi Conforme Nombre Recepción FIRMA SELLO</p>	<p align="center">En caso de que su pago sea con cheque Sirvase girar un cheque CRUZADO a nombre de DHL Express (ECUADOR) S.A.</p> <p align="center">Favor Exigir firma y sello del funcionario de DHL que le entrega el envío</p> <p align="center"><i>[Firma]</i></p> <p align="center">DHL EXPRESS (ECUADOR) S.A. AV. ELOY ALFARO Y LOS JUNCOS TELF: 2485-100</p>
--	--

REQUERIMIENTO DE COBRO	No.: 1110159551	GUIA	8083278335
SERVICIOS Y REEMBOLSO DE IMPUESTOS	OLEAS OLEAS GUSTAVO ALEJANDRO	Valor a cobrar por COURIER	\$ 44.80
CLIENTE			

>>>>>>> COMMERCIAL INVOICE <<<<<<<<

OMEGA ENGINEERING, INC.
 One Omega Drive, Box 4047, Stamford, CT 06907-0047
 PHONE (203)359-1660 FAX (203)968-7280

*** THIS DOCUMENT FOR CUSTOMS CLEARANCE PURPOSES ***

Bill To	LILIANA OLEAS PALACIOS ATTN: ACCOUNTS PAYABLE AV BLASCO IBANEZ 61 PUERTA 1 VALENCIA 46021 SPAIN SP	Ship To	GUSTAVO ALEJANDRO OLEAS SAN LUIS CHIMBORAZO Y GARCIA MORENO RIOBAMBA 060114 ECUADOR EC
---------	--	---------	--

Customer Po# L0041714 EIN# 066-041011

Commercial Inv#	Cust#	Order-date	TAX	Slsmn	COW	
FO 404900964	315354	04/17/14	N	IUX	N	**PRICES IN US DOLLARS**

Date	Special Instructions
04/23/14	FR:70.00 5

EXWORKS	Bill of lading	PPD	COLL	Carrier	Buyer: L OLEAS PALACIO
		X		DHL	(610)998-261

ITM	TARIFF CODE	QTY	CATALOG NO & DESCRIPTION	U/M	NET PRICE	TOTAL AMT
1)	9026800000	1	FP-5600 LOW FLOW SENSOR	EA	330.00	330.00

SUB-TOTAL 330.00

FREIGHT COST 70.00

GRAND TOTAL 400.00

Pkg #1-Net wt. 1 Gross wt. 2 Dims. 12 7 6

DESTINATION CONTROL STATEMENT:
 THESE COMMODITIES, TECHNOLOGY, OR SOFTWARE WERE EXPORTED FROM THE UNITED STATES
 IN ACCORDANCE WITH THE EXPORT ADMINISTRATION REGULATIONS. DIVERSION CONTRARY TO
 U.S. LAW PROHIBITED.

Certified true and correct by

Omega Engineering, Inc.

**REQUERIMIENTO DE COBRO
SERVICIOS Y REEMBOLSO DE IMPUESTOS**

DHL EXPRESS (ECUADOR) S.A.

RUC. 1790546667001

MATRIZ: COLLALOMA AV. ELOY ALFARO 113-A Y DE LOS JUNCOS - QUITO
SUCURSAL: CENTRO AV. DE LAS AMERICAS S/N Y ENTRANDO POR LAN - GUAYAQUIL

No: 1110161586

Fecha: 25/04/2014

GUIA:	8083278652	PIEZAS:	1 / 1	CLIENTE:	OLEAS OLEAS GUSTAVO ALEJANDRO
GUIA MASTER:	99216818115	PESO ARRIBO (kg):	0.70	RUC:	0604228643
PRODUCTO:	WPX	PESO MANIFEST.(kg):	0.90	DIRECCION:	SAN LUIS CHIMBORAZO Y GARCIA MORENO
IMPEX:	N			TELF:	0979076053
TIPO DE PAGO:	EFFECTIVO	ORIGEN:	NWK	CONTACTO:	OLEAS OLEAS GUSTAVO ALEJANDRO
FECHA ARRIBO:	25/04/2014	REFRENDO:		REMITENTE:	OMEGA ENGINEERING INC
DESTINO:	MCH		019-14-91-287504-0-00	CONTENIDO:	SENSOR DE FLUJO

IMPUESTOS (Reembolso a DHL registrado en DAU adjunto)

VALOR DECLARADO:	\$ 330.00	DER. ARANCELARIOS:	\$ 0.00
VALOR FOB:	\$330.00	IVA:	\$ 0.00
FLETE:	\$70.00	ICE:	\$ 0.00
SEGURO:	\$4.00	MULTAS:	0.00
VALOR CIF:	\$404.00	FODINFA:	\$ 0.00
		INTERES/CAE:	0.00
		SALVAGUARDA:	\$ 0.00
		I.S.D.:	0.00
		IMPUESTOS USD:	\$ 0.00
		AFORO:	\$ 0.00
		Impuestos+Corpei+Aforo:	\$ 0.00

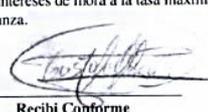
SERVICIOS, FACTURA: 1110161586

	TRAMITE:	\$ 120.00
	ALMACENAJE:	\$ 0.00
	ADICIONALES:	\$ 0.00
	DEFERMENT PAYMENT:	\$ 0.00
	Subtotal:	\$ 120.00
	I.V.A.:	\$ 14.40
Subtotal Servicios USD: \$ 120 (Ret. 2%:) \$ 2.40	SERVICIOS USD:	\$ 134.40
Total Collect USD: \$ 0.00 (Ret. 2%:) \$ 0.00	Collect:	\$ 0.00
	TOTAL VALOR A PAGAR USD:	\$ 134.40

* Solo los valores de servicios están sujetos a retención en la fuente.
* Somos Contribuyentes Especiales.

US dólares: ciento treinta y cuatro con 40/100

Para descargar sus facturas electrónicas, favor realizarlo desde <http://dhl.e-custodia.com.ec>

Documentos Adjuntos: DAS _____ Fact Comer _____ FACT DHL _____ DUI _____ CORPEI _____ GUIA _____ OTROS _____		<p align="center"> <i>RECIBO # 134,40</i> En caso de que su pago sea con cheque Sirvase girar un cheque CRUZADO a nombre de DHL Express (ECUADOR) S.A. Favor Exigir firma y sello del funcionario de DHL que le entrega el envío DHL EXPRESS (ECUADOR) S.A. AV. ELOY ALFARO Y LOS JUNCOS TELF: 2485-100 </p>
Debo y pagaré incondicionalmente, y sin protesto los valores contenidos en el presente documento, más los intereses de mora a la tasa máxima permitida por la ley y demás gastos de cobranza. <p align="center">  Recibi Conforme Nombre Recepción FIRMA SELLO </p>		

REQUERIMIENTO DE COBRO			
SERVICIOS Y REEMBOLSO DE IMPUESTOS	No.: 1110161586	GUIA	8083278652
CLIENTE	OLEAS OLEAS GUSTAVO ALEJANDRO	Valor a cobrar por COURIER	\$ 134.40

Parte hidráulica.

TIERRA ALLAUCA SEGUNDO CARLOS DISTRIBUIDORA DE CEMENTO CHIMBORAZO			
MATRIZ: AV. JUAN FELIX PROAÑO - TELF.: 2924037 - RIOBAMBA - ECUADOR CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION N° NAC-PCTRSGE11-00444 DEL 16/12/2011			
RUC.: 0602004632001		AUT. SRI.: 1114096784	
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD	FACTURA S: 002-001-000 059287		
Lugar y Fecha de Emisión: RIOBAMBA, 31-ENE-2014		2000004658	
Señor: SEÑOR ALEJANDRO			
Dirección: CHIMBORAZO Y GARCIA MORENO SAN LUIS			
C.I./RUC: 1799922001		GUIA DE REMISION	
CANT.	DETALLE	V. UNIT.	V. TOTAL
1.00 U	CODO DE 3/4 IPC	0.625	0.63
1.00 U	LLAVE SK DE 3/4 COMPUERTA	5.000	5.00
2.00 U	NEPLO DE 3/4 CORRIDO IPC	0.446	0.89
 FIRMA AUTORIZADA		SUB TOTAL	6.52
		IVA Tarifa 0 %	0.00
		IVA Tarifa 12 %	6.52
		Importe del IVA	0.73
		TOTAL FACTURA	7.30
 FIRMA CLIENTE			

ENTREGADO

31 ENE 2014



**CENTRO DE DISTRIBUCIÓN
FIERRO CORRAL CIA. LTDA.**

RUC. 1792395453001
Matriz: El Zuriago E9-60 y El Vengador (Quito)
Sucursal: Veloz 37-39 y Brasil (Riobamba)
Telf.: 2944-809 / 2962-416 Cel: 0998036383



CENTRO DE DISTRIBUCIÓN PVC

AUTORIZACION SRI: 111-404722

FACTURA

No. 002-001 000 011756

CONTADO CRÉDITO

COD. CLIENTE: RUC: 0601799927001 F./ DE EMISION: Riobamba, 20 de Febrero 2014
RAZON SOCIAL: OLEAS MIGUEL TELF: No. PEDIDO:
NOMBRE COMERCIAL: VENDEDOR:
CIUDAD: SECTOR: COND. DE PAGO:
DIRECCION: SAN LUIS GUIA REMIS. No.

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	UND. MED.	PRECIO UNIT.	DSCTO.	TOTAL
	Universal 2'	1	90	7,75		7,75

ESTIMADO CLIENTE, Solicitamos a usted, que exija el respectivo recibo de cobro para las recaudaciones que nuestros ejecutivos de ventas realizan, caso contrario no nos responsabilizamos por recaudaciones sin documentos.
De acuerdo al Art. 50 de la Ley de Régimen Tributario Interno; en el establecimiento los Agentes de Retención están obligados a entregar el respectivo Comprobante de Retención, dentro del término no mayor a cinco días de haber recibido el comprobante de venta.

Sub Total 7,75
T. Gravado IVA Tarifa 0% \$
T. Gravado IVA Tarifa 12% \$ 7,75
Importe del IVA 0,93
VALOR TOTAL \$ 8,68

Centro de Distribución Fierro Corral Cia. Ltda.

Recibí Conforme - Cliente

DEBO Y PAGARE INCONDICIONALMENTE A LA ORDEN DE CENTRO DE DISTRIBUCIÓN FIERRO CORRAL CIA. LMA, EN EL USUAR QUE SE ME RECONVENGA, EL VALOR EXPRESADO EN ESTE DOCUMENTO, EL QUE DEVENGARA EL MÁXIMO DE INTERÉS POR MOROSIA AUTORIZADA POR LA LEY SIN PROTESTO, EXMISE DE SU PRESENTACIÓN PARA EL PAGO, ASI COMO DE AVO POR FALTA DE ESTE HECHO, ACEPTO QUE CEDA Y TRANSFERA CUALQUIER MOMENTO LOS DEBERES QUE SE EMANEN DEL PRESENTE DOCUMENTO, SIN QUE SEA NECESARIA NOTIFICACION ALGUNA, NI NUEVA ACEPTACION DE MI PARTE RENUNCIANDO DOMICILIO Y MESOMETO A LOS JUECES COMPETENTES CON ASIENTO EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA (SUCURSAL) Y AL JUICIO VERBAL SUJARDIO EJECUTIVO A ELECCION DEL MANDANTE EL CAPITAL RECIBIDO EN PRESTAMO LOS RESPECTIVOS INTERESES LOS PAGARE (MOR) EN LA MISMA MONEDA RECIBIDA ESTO ES EN DOLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA, CUALQUIERA QUE PUDESE LLEGAR A SER LA MONEDA DE CURSO LEGAL EN LA REPUBLICA DEL ECUADOR, PARA LOS FINES LEGALES PERTINENTES, EXPRESAMENTE DECLARANDO QUE RENUNCIAMOS A CUALQUIER DERECHO EN VIRTUD DEL CUAL PUDERA (MOR) CANCELAR ESTA OBLIGACION EN UNA MONEDA DISTINTA AL DOLAR DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA, ESTARE RENUNCIANDO REALIZANDO EN SU DE LA FACILIDAD QUE CONSTA EN EL ART. 11 DEL CODIGO CIVIL MEDIANTE DIVIDENDOS CON VENCIMIENTOS SUCESIVOS QUE TENDRAN LOS PLAZOS DE VISTA EXPRESADOS EN ESTE DOCUMENTO, UNA VEZ ENTREGADA LA MERCADERIA Y RECIBIDA, SE LA TENDRA POR ACEPTADA EN LAS CONDICIONES Y TERMINOS ESPECIFICADOS EN LAS LEYES PERTINENTES DEL CODIGO DE COMERCIO POR LO QUE EL COMPRADOR RENUNCIARA EXPRESAMENTE A ADICIONES REINTEGRARIAS FUTURAS. EL INCUMPLIMIENTO DE LOS PAGOS CONVENDOS GENERA EL DERECHO DE DAR POR VENCIDO ESTE DOCUMENTO Y DEMANDAR EL PAGO DE LA OBLIGACION, CONFORME LO ESTIPULADO POR EL ART. 415 DEL CODIGO DE PROCEDIMIENTO CIVIL.

Valencia - Ciudad Meca Ecuatoriana - Guáncabana - "Chimborazo" - Telf: 29483100 - Adm: 1772 - RUC: 0605281118001 - Du: 010901 - 01012100 - 8 - Adm: 06-12-2013 - Cédula: 08 DICIEMBRE 2014

ORIGINAL ADQUIRENTE: Tta. COPIA EMISOR: 2da. COPIA NO VALIDA PARA CREDITO TRIBUTARIO.

TIERRA ALLAUCA SEGUNDO CARLOS
DISTRIBUIDORA DE CEMENTO CHIMBORAZO
 MATRIZ: AV. JUAN FELIX PROAÑO - TELF.: 2924037 - RIOBAMBA - ECUADOR
 CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION N° NAC-PCTRSGE11-00444 DEL 16/12/2011

RUC.: 0602004632001

AUT. SRI.: 1113806526

OBLIGADO A LLEVAR
CONTABILIDAD

FACTURA S: 002-001-000 057085

Lugar y Fecha de Emisión: RIOBAMBA, 20-DIC-2013 2000003886

Señor: OLEAS ALEJANDRO

Dirección: CHIMBORAZO Y GARCIA MORENO SAN LUIS

C.I./RUC 0601799927001

GUIA DE REMISION

CANT.	DETALLE	V. UNIT.	V. TOTAL
1.00 U	UNIVERSAL DE 1 IPC	2.500	2.50
1.00 U	TEFLON AMARILLO PEQUEÑO	0.804	0.80
1.00 U	LLAVE SK DE 1	5.360	5.36
1.00 U	BROCHA PICASO ECONOMICA #	0.446	0.45

ENTREGADO 20 DIC 2013



 FIRMA AUTORIZADA



 FIRMA CLIENTE

SUB TOTAL	9.11
IVA Tarifa 0 %	0.00
IVA Tarifa 12 %	9.11
Importe del IVA	1.09
TOTAL FACTURA	10.20

Parte electrónica.



CARTAGENA ALVARADO MIGUEL ENRIQUE
MCA ELECTRONICA
 Matriz: Orozco 23-11 y Colón - Telf.: 2963384
 Riobamba - Ecuador

RUC 0300957123001
FACTURA
 S: 001-001
000022847

200046273

SR.(es): OLEAS GUSTAVO

RUC./ C.I.: 0604228643 Guía de Remisión: _____

Riobamba, a 30 DE ABRIL DE 2014 Dirección: SAN LUIS

CANT.	DESCRIPCION	P/UNITARIO	VALOR
5.00	C. CER. 0.033 UF 50 V 33 NF (333)	0.179	0.893
5.00	RESISTENCIA 1/2W 39 K	0.045	0.223
1.00	CONTROL TRIMER DE PRECISION 100 K	0.893	0.893
1.00	BAQUELITA 10 X 20 SENCILLA	1.250	1.250
1.00	BAQUELITA 20 X 30 SENCILLA	3.571	3.571
4.00	PERCLORURO FERRICO POLVO CM-2 ACIDO	0.893	3.571
4.00	BROCAS BAQUELITA 1 MM TUBO	0.670	2.679
1.00	CAUTIN MADERA 40 W	2.009	2.009
			
			SubTotal
			15.089
			Descuento
			0.000
			Tarifa IVA 0%
			15.089
			Tarifa IVA 12%
			1.811
			Importe del IVA
			16.90
			TOTAL \$


 TELF.: 2942-298 Santamaria Yucta Jessica Patricia
 RUC: 0603840711001 Aut.SRI. 11545
 F.Aut. 26 / MARZO / 2014 CADUCA 26 / MARZO / 2015
 DEL: 000022401 AL 000023400



RECIBI CONFORME



FIRMA AUTORIZADA

ORIGINAL: ADQUIRIENTE / COPIA: EMISOR



CARTAGENA ALVARADO MIGUEL ENRIQUE

MCA ELECTRONICA

Matriz: Orozco 23-11 y Colón - Telf.: 2963384
Riobamba - Ecuador

RUC 0300957123001

FACTURA

S: 001-001

000023043

AUTORIZACIÓN SRI: 1114576831

3000005759

SR.(es): OLEAS GUSTAVO

RUC./C.I.: 0604228543

Guía de Remisión: SAN LUIS

Riobamba, a 09 DE MAYO DE 2014

Dirección: _____

CANT.	DESCRIPCION	P/UNITARIO	VALOR
1.00	IC PIC 16F628A = 16F88	0.045	0.357
8.00	RESISTENCIA 1/2W 10 K	0.045	0.446
10.00	RESISTENCIA 1/2W 100 K	0.045	0.089
2.00	RESISTENCIA 1/2W 6.8 K	0.045	0.134
3.00	RESISTENCIA 1/2W 12 K	0.045	0.134
3.00	RESISTENCIA 1/2W 68 K	0.134	0.134
1.00	C. CER. 0.01 UF 50V 10 NF (103)		
			4.865



TELF.: 2942-298 Santamaria Yucta Jessica Patricia
RUC: 0603840711001 Aut.SRI 11545
F.Aut. 26 / MARZO / 2014 CADUCA 26 / MARZO / 2015
DEL: 000022401 AL 000023400

SubTotal

Descuento

Tarifa IVA 0%

Tarifa IVA 12%

Importe del IVA

TOTAL \$

0.000

4.865

0.585

5.45

FIRMA AUTORIZADA

RECIBÍ CONFORME

ORIGINAL: ADQUIRIENTE / COPIA: EMISOR



Dir: Av. Colón 063-31 y Versalles
 Local No 1 • Quito - Ecuador
 Tel: 2 226 416 / 2 902 124

FACTURA

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

NEISON PABLO CRUZ NÚÑEZ
 R.U.C.: 1714461932891

0049728

AUT. S.R.I. 1114237825
 FECHA DE AUT.: 27 ENERO 2014

CLI: Consumidor Final

DIRE: xxxxxxxxxxxx

TELF:

DESCRIPCION	CANT	VALOR	TOTAL
-------------	------	-------	-------

LM331	3.00	2.19	6.56
-------	------	------	------

SUBTOTAL 12 6.56

SUBTOTAL 0% 0.00

DESCUENTO 0.00

SUBTOTAL 6.56

IVA 12% 0.79

FIRMA AUTORIZADA FIRMA CLIENTE

TOTAL: 7.35

Salida la mercaderia no se aceptan cambios ni devoluciones.

CORBOS SANCHEZ MONICA LUPITA • CAMIGRAFIC • RUC: 1709190175001 AUT. 2115
 DEL 0047401 AL 0057400 • FECHA DE CADUCIDAD: 27 ENERO 2015
 TELF.: 2228-008/2552-601

- CLIENTE -

LABORATORIO TÉCNICO-SONY RUC: 1705192563001

AIDA FELIPA VALLEJO GRANIZO

CON UN GRAN SURTIDO DE REPUESTOS
PARA RADIO Y TELEVISIÓN

Av. República De 1- 63 y 10 de Agosto
Tells.: 2259-458 Fax: 2245-850
Quito - Ecuador

25/03/2014

FACTURA

001-001 N° 0098277

AUTORIZACION S.R.I.

1113645877

Fecha Aut.: 04/Octubre/2013

Fecha: _____

Señor: GUSTAVO OLEAS

Dirección: RIOBAMBA

RUC/C.I.: 0604228643

TELF.: 0979076053

CANT.	DESCRIPCION	V. UNIT.	VALOR TOTAL
1	FUENTE CONMUTAD 24V 3.2A 75	23.50	23.50
DESCUENTO S			0.00
SUBTOTAL S			23.50
IVA. 12% S			2.82
TOTAL S			USD 26.32

ENTREGADO
LABORATORIO
SONY

FIRMA

SINGAÑA YUGCHA MELIDA GRISELDA * GRAFI IDEA * TELF: 2510 143
RUC: 0501581201001 * AUT. 5132 * DEL 070201 AL 120200 * 100 x 2
www.editorialfriends.com * Fecha de Caducidad: 04/Octubre/2014

ORIGINAL ADQUIRENTE COPIA EMISOR

NOTA: Salida la mercadería no se admite ningún reclamo

PLANOS