

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE - QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:  
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE CALIBRACIÓN  
DE MANÓMETROS DE 0 A 20 MPa PARA LOS LABORATORIOS DE LA  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**AUTORES:  
VICTOR HUGO COLLAGUAZO MARTINEZ  
EDUARDO XAVIER VACA MICHILENA**

**DIRECTOR:  
ING. ORLANDO PINEDA**

**Quito, Febrero del 2015**

Certifico que la presente tesis ha sido elaborada y desarrollada en su totalidad por los señores Victor Hugo Collaguazo Martinez y Eduardo Xavier Vaca Michilena.

(f)\_\_\_\_\_

Ing. Orlando Pineda

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL TRABAJO DE GRADO**

Nosotros Victor Hugo Collaguazo Martinez y Eduardo Xavier Vaca Michilena autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

---

Victor Hugo Collaguazo Martinez

CC: 171772401-5

---

Eduardo Xavier Vaca Michilena

C.C.172107842-4

## **DEDICATORIA**

A Dios ya que es el motor de mi vida a mis padres por ser un apoyo fundamental en cada paso de mi vida y a todos aquellos que me han dado la fuerza y apoyo incondicional y han confiado en mí y sobre todo en la culminación de una etapa de éxito en mi carrera profesional.

A mis amigos y familiares que en algún momento me alentaron y respaldaron para culminar esta etapa de mi vida.

**XAVIER VACA**

Sobre todo a Dios por ser tan generoso y llenarme de bendiciones cada día, a mi madre por ser la persona que siempre estuvo hay cuando más la necesite, a mi esposa la cual en estos últimos años me dio la mano y su apoyo incondicional para seguir adelante.

**VICTOR COLLAGUAZO**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis compañeros de trabajo, que con sus valiosos aportes me han ayudado a lograr los mejores resultados para este trabajo de grado.

A los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana que durante las horas de clase, y fuera de ellas, has sabido guiar a los estudiantes con dinamismo y entrega.

**XAVIER VACA**

A mi jefe por sus consejos que han sido valiosos en todo el trayecto de este proyecto y su incondicional apoyo en mi labor profesional.

De igual manera a los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana por sus conocimientos impartidos y por su ayuda dentro y fuera de clase.

**VICTOR COLLAGUAZO**

# ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
1. <b>CAPÍTULO I</b> .....	2
<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	2
Introducción. ....	2
1.1. Presión.....	2
1.1.1. Unidades. ....	3
1.1.2. Tipos de Presión.....	3
1.1.2.1. Presión Absoluta. ....	3
1.1.2.2. Presión Atmosférica. ....	4
1.1.2.3. Presión Relativa. ....	4
1.1.2.4. Presión manométrica. ....	4
1.1.2.5. Presión de vacío. ....	4
1.1.3. Principio de Pascal.....	5
1.1.4. Clasificación de instrumentos de presión. ....	7
1.1.4.1. Tubo de Bourdon. ....	7
1.1.4.2. Elemento en espiral. ....	8
1.1.4.3. Helicoidal. ....	8
1.1.4.4. Diafragma.....	9
1.1.4.5. Fuelle.....	9
1.1.5. Escala de medición. ....	10
1.1.5.1. División de escala. ....	10
1.1.5.2. Resolución.....	10
1.1.6. Dispositivos para verificar la precisión de un manómetro. ....	11
1.1.6.1. Calibrador de pesos muertos. ....	11
1.1.6.2. Calibrador por comparación.....	11

1.2.	Calibración. ....	12
1.2.1.	Patrón de referencia. ....	13
1.2.2.	Patrón de trabajo. ....	13
1.2.3.	Error. ....	13
1.2.4.	Error de Histéresis. ....	14
1.2.5.	Incertidumbre. ....	14
1.2.6.	Trazabilidad. ....	14
1.2.7.	Precisión. ....	15
1.2.8.	Exactitud. ....	15
1.2.9.	Condiciones Ambientales. ....	15
1.2.10.	Clase de exactitud del instrumento. ....	16
1.2.11.	Error de medición y error de histéresis. ....	16
1.3.	Operaciones de verificación. ....	16
1.3.1.	Inspección visual. ....	17
1.3.2.	Control preliminar. ....	17
1.3.3.	Determinación de los errores de medición y errores de histéresis. ....	18
1.3.3.1.	Condiciones específicas para instrumentos indicadores. ....	18
1.4.	Cálculo de incertidumbres. ....	18
1.4.1.	Componentes de la incertidumbre. ....	20
1.4.1.1.	Debida al Patrón [ $\delta$ (Pat) cal]. ....	20
1.4.1.2.	Debida a deriva del Patrón [ $\delta$ (Pat) der]. ....	21
1.4.1.3.	Debida a resolución del Patrón [ $\delta$ (Pat) res (Pat)]. ....	21
1.4.1.4.	Debida a temperatura del Patrón [ $\delta$ (Pat) tem]. ....	21
1.4.1.5.	Debida a resolución del manómetro a calibrar [ $\delta$ (Inst) res]. ....	22
1.4.1.6.	Debida a histéresis [ $\delta$ (Inst) hist]. ....	23
1.4.1.7.	Debido a la repetibilidad del instrumento [ $u$ (rep)]. ....	23
1.4.1.8.	Debido a la diferencia de alturas [ $u$ ( $\Delta_{NR}$ )]. ....	24

1.4.1.9.	Incertidumbre típica combinada.....	24
1.4.1.10.	Incertidumbre Expandida.....	25
1.4.1.11.	Interpretación de resultados.....	25
2.	<b>CAPITULO II</b> .....	27
	<b>ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.</b> .....	27
	Introducción.....	27
2.1.	Evaluación de alternativas.....	27
2.1.1.	Costo de fabricación.....	28
2.1.2.	Factor de seguridad.....	28
2.1.3.	Operación.....	28
2.2.	Valoración numérica.....	28
2.3.	Alternativas de Método de Calibración.....	29
2.3.1.	Alternativa 1: Calibración tipo peso muerto.....	29
2.3.1.1.	Ventajas.....	30
2.3.1.2.	Desventajas.....	31
2.3.2.	Alternativa 2: Calibración por Comparación.....	31
2.3.2.1.	Ventajas.....	31
2.3.2.2.	Desventajas.....	32
2.3.3.	Alternativa 3: Calibración tipo peso muerto-comparación.....	32
2.3.3.1.	Ventajas.....	33
2.3.3.2.	Desventajas.....	33
2.3.4.	Evaluación de las Alternativas.....	33
2.3.4.1.	Selección de Alternativa del tipo de Calibración.....	34
2.4.	Alternativas de Fuente de Alimentación.....	34
2.4.1.	Alternativa 1: Mediante una bomba manual de palanca.....	34
2.4.1.1.	Ventajas.....	35
2.4.1.2.	Desventajas.....	35

2.4.2.	Alternativa 2: Mediante una Bomba Manual de Tornillo.....	35
2.4.2.1.	Ventajas.....	36
2.4.2.2.	Desventajas. ....	36
2.4.3.	Alternativa 3: Mediante una bomba hidráulica eléctrica. ....	36
2.4.3.1.	Ventajas.....	37
2.4.3.2.	Desventajas. ....	37
2.4.4.	Evaluación de las alternativas.....	37
2.4.4.1.	Selección de alternativa del tipo de calibración.....	38
2.4.4.2.	Conclusión de la selección de alternativas.....	38
3.	<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>39</b>
	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....</b>	<b>39</b>
	Introducción. ....	39
3.1.	Consideraciones generales.....	40
3.2.	Diseño y selección de los componentes del equipo.....	40
3.2.1.	Descripción del sistema hidráulico. ....	41
3.2.1.1.	Circuito hidráulico. ....	41
3.2.2.	Selección de la bomba manual.....	42
3.2.3.	Selección de válvulas de control.....	43
3.2.4.	Distribuidor hidráulico.....	44
3.2.5.	Funcionamiento. ....	44
3.3.	Cálculo hidrostático.....	45
3.3.1.	Selección del diámetro del pistón y la carga a aplicar. ....	46
3.4.	Diseño del cilindro - pistón U.C.P. ....	48
3.4.1.	Selección de material para el pistón y cilindro. ....	48
3.4.2.	Holgura entre cilindro y pistón. ....	50
3.4.3.	Elementos de la unidad cilindro pistón.....	51
3.5.	Volumen de aceite. ....	53

3.6.	Análisis de esfuerzos en el pistón.....	54
3.6.1.	Cálculo a compresión.....	55
3.6.2.	Cálculo de longitud del pistón sin pandeo. ....	57
3.6.3.	Tratamiento termoquímico del pistón.....	59
3.6.3.1.	Nitruración. ....	60
3.7.	Cálculo del espesor de la pared del cilindro.....	60
3.7.1.	Cálculo de cilindro de pared gruesa.....	61
3.8.	Diseño de los pesos. ....	63
3.8.1.	Cálculo de pesos. ....	64
3.8.2.	Selección del material para pesos. ....	65
3.8.3.	Revestimiento químico en los pesos.....	66
3.8.4.	Dimensiones de los pesos. ....	66
3.8.5.	Comprobación de pesos. ....	70
3.9.	Costos. ....	71
3.9.1.	Costo de materiales de fabricación. ....	71
3.9.2.	Costo de componentes del equipo. ....	72
3.9.3.	Costo de herramientas.....	72
3.9.4.	Costo de certificación de manómetro patrón y pesos. ....	73
3.9.5.	Costo de tratamiento térmico y recubrimiento. ....	73
3.9.6.	Costo por equipos y maquinaria utilizada.....	74
3.9.7.	Costo total del equipo de calibración de manómetros. ....	74
3.9.8.	Comparación de costos con respecto a equipos en el mercado .....	75
4.	<b>CAPÍTULO IV</b> .....	76
	<b>PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN, ENSAYOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	76
	Introducción. ....	76
4.1.	Operaciones previas. ....	76

4.2.	Toma y tratamiento de datos. ....	77
4.3.	Montaje del mensurando en el equipo de calibración. ....	78
4.3.1.	Instalación. ....	78
4.3.2.	Comprobación de fugas. ....	78
4.4.	Selección de pesos. ....	78
4.5.	Puntos de referencia. ....	79
4.6.	Secuencias de calibración. ....	79
4.7.	Condiciones ambientales. ....	81
4.8.	Proceso de calibración. ....	81
4.9.	Ensayos del equipo de calibración. ....	83
4.9.1.	Parámetros iniciales de funcionamiento del equipo de calibración. ....	83
4.9.2.	Toma de datos de ensayos. ....	83
4.9.3.	Resultados obtenidos del ensayo con el manómetro patrón. ....	85
4.9.4.	Cálculo de incertidumbres del ensayo. ....	86
4.10.	Análisis e interpretación de resultados de los ensayos. ....	94
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....		95
CONCLUSIONES. ....		95
RECOMENDACIONES. ....		96
LISTA DE REFERENCIAS. ....		97

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura N.- 1 Tipos de presión .....	5
Figura N.- 2 Balanza de pesos muertos.....	6
Figura N.- 3 Manómetro tipo Bourdon .....	8
Figura N.- 4 Espiral tubo Bourdon.....	8
Figura N.- 5 Helicoidal .....	9
Figura N.- 6 Diafragma .....	9
Figura N.- 7 Elemento en espiral tipo fuelle .....	10
Figura N.- 8 Calibración por comparación .....	12

### CAPÍTULO II

Figura N.- 9 Calibración tipo peso muerto.....	30
Figura N.- 10 Calibración tipo comparación.....	31
Figura N.- 11 Calibración tipo comparación y peso muerto .....	32
Figura N.- 12 Peso muerto con bomba manual palanca.....	34
Figura N.- 13 Peso muerto con bomba manual de tornillo .....	35
Figura N.- 14 Peso muerto con bomba hidráulica eléctrica .....	36

### CAPÍTULO III

Figura N.- 15 Representación de una balanza hidrostática de pesos muertos .....	39
Figura N.- 16 Circuito hidráulico para calibración utilizando el manómetro patrón.	41
Figura N.- 17 Circuito hidráulico para calibración utilizando pesos muertos .....	42
Figura N.- 18 Bomba hidráulica manual de simple efecto BM-04 .....	42
Figura N.- 19 Válvula de aguja WNV-600 .....	43
Figura N.- 20 Manifold AISI 1018 .....	44
Figura N.- 21 Esquema hidráulico .....	45
Figura N.- 22 Unidad Cilindro Pistón .....	48
Figura N.- 23 Desplazamiento del pistón.....	52
Figura N.- 24 Cilindro pistón en equilibrio hidrostático.....	53
Figura N.- 25 Carga máxima actuante sobre el pistón .....	55

Figura N.- 26 Diseño de pesos .....	63
Figura N.- 27 Dimensiones constantes de los pesos .....	68
Figura N.- 28 Comprobación del peso # 1, (4447,5 gr) .....	70

#### **CAPÍTULO IV**

Figura N.- 29 Secuencia de calibración tipo A .....	80
Figura N.- 30 Secuencia de calibración tipo B .....	80
Figura N.- 31 Secuencia de calibración tipo C .....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO I

Tabla N.- 1 Unidades de medida.....	3
Tabla N.- 2 Numero de valores de presión a verificar en el manómetro .....	18

### CAPÍTULO II

Tabla N.- 3 Valoración Numérica.....	29
Tabla N.- 4 Evaluación de Alternativas-Método de Calibración.....	33
Tabla N.- 5 Evaluación de Alternativas-Fuente de Alimentación .....	37

### CAPÍTULO III

Tabla N.- 6 Bomba manual de simple efecto MEGA BM-04.....	43
Tabla N.- 7 Material del pistón acero plata AISI 01 .....	49
Tabla N.- 8 Material del cilindro AISI 420.....	50
Tabla N.- 9 Cantidad y presión ejercida por los pesos.....	64
Tabla N.- 10 Cálculo de pesos .....	65
Tabla N.- 11 Disponibilidad del material.....	66
Tabla N.- 12 Asignación del material seleccionado a los pesos .....	68
Tabla N.- 13 Cálculo de dimensiones de los pesos.....	69
Tabla N.- 14 Descripción de materiales utilizados para la construcción. ....	71
Tabla N.- 15 Descripción de los componentes hidráulicos adquiridos.....	72
Tabla N.- 16 Herramientas adquiridas para la fabricación. ....	72
Tabla N.- 17 Costo de certificación de los componentes del equipo. ....	73
Tabla N.- 18 Costo tratamiento térmico y recubrimiento .....	73
Tabla N.- 19 Costo total del equipo .....	73
Tabla N.- 20 Costo de equipos y maquinaria.....	74
Tabla N.- 21 Costo total del equipo .....	74

## **CAPÍTULO IV**

Tabla N.- 22 Ensayo 1 Protocolo de calibración manómetro patrón 3000 Psi .....	84
Tabla N.- 23 Resultados obtenidos del ensayo 1 .....	85
Tabla N.- 24 Ensayo 1 Cálculo de la incertidumbre combinada.....	87
Tabla N.- 25 Certificado de calibración manómetro WIKA 3000 Psi.....	89
Tabla N.- 26 Ensayo 2 Protocolo de calibración manómetro ENFM 1000 Psi .....	91
Tabla N.- 27 Certificado de calibración manómetro ENFM 1000 Psi.....	92

## **ANEXOS**

Anexo N.- 1 Guía práctica de laboratorio y manuales.

Anexo N.- 2 Certificados de calibración de patrones.

Anexo N.- 3 Catálogos de materiales y elementos seleccionados.

Anexo N.- 4 Facturas.

Anexo N.- 5 Planos.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**Oleohidráulica.-** Es la aplicación de transmisión de potencia mediante fluidos incompresibles confinados.

**Resolución.-** Es la división mínima visible para la lectura de la presión.

**Incertidumbre.-** Es la cuantificación de la duda que se tiene sobre el resultado de una medición. Cuando sea posible, se trata de corregir los errores conocidos.

**Mensurando.-** El mensurando es el objeto, sustancia o fenómeno sobre el que se determina una característica específica o medición en este caso es el instrumento a verificar.

**Norma.-** Principio que se impone o se adopta para dirigir la conducta o la correcta realización de una acción o el correcto desarrollo de una actividad.

**Procedimiento.-** conjunto de acciones u operaciones que tienen que realizarse de la misma forma, para obtener siempre el mismo resultado bajo las mismas circunstancias

**Pistón.-** Pieza de una bomba, cilindro hidráulico o del cilindro de un motor que se mueve hacia arriba o hacia abajo impulsando un fluido o bien recibiendo el impulso de él.

**Manifold.-** Es un bloque o distribuidor hidráulico que posee varias vías de conexión.

**Bushing.-** Adaptador hidráulico macho – hembra con rosca NPT.

**U.C.P.-** Conjunto de elementos que conforman la (unidad cilindro pistón) y que proporciona la presión real al sistema.

**Embolada.-** Volumen de aceite que suministra la bomba cuando se acciona una vez la palanca.

## **RESUMEN**

El presente proyecto se desarrolló por la necesidad de incrementar los equipos en el laboratorio de metrología de la carrera de ingeniería mecánica de la UPS. El laboratorio no cuenta con instrumentos ni equipos de la magnitud de presión. El estudio fue realizado para el diseño y construcción de un calibrador de pesos muertos con la finalidad de realizar prácticas y reforzar en los estudiantes conocimientos sobre este tema.

El capítulo I, define conceptos y fundamentos básicos sobre la norma que establece los requisitos para manómetros destinados para la medición de presión y también el principio de funcionamiento de un equipo de calibración de manómetros.

En el capítulo II el propósito fue conocer los diferentes y más usados métodos que se utiliza en la calibración de manómetros, para establecer los parámetros óptimos en el diseño del equipo de calibración de manómetros que se seleccionó.

En el capítulo III se representa las especificaciones que requiere cada componente del equipo de calibración de manómetros cuyo diseño cumple con los requisitos generales para el equipo de verificación que indica la norma NTE INEN 1 825:1998.

El capítulo IV describe el procedimiento para la calibración de manómetros utilizando el equipo de calibración de pesos muertos.

Se realizó ensayos bajo las condiciones establecidas y también muestra el análisis e interpretación de resultados para comprobar que el equipo funcione correctamente y se verifica el porcentaje de error comparando con el manómetro patrón que tiene su respectivo certificado de calibración.

## **ABSTRACT**

This project was developed by the need to increase some Metrology Laboratory Equipment at UPS Mechanical Engineer Career.

The laboratory has no instruments or equipment of the magnitude of pressure. The study was done to design and build a gauge of dead-weights with the purpose of performing practices and reinforce in the students' knowledge on this topic.

The chapter I defines concepts and basics on the standard that establishes the requirements for pressure gauges which are applied for the measurement of pressure and their principle of operating of a calibration equipment of pressure gauges.

In chapter II, the goal was to learn about the different and most commonly used methods which are used for calibration of pressure gauges, to establish the optimal parameters in the design of the calibration equipment of pressure gauges to be selected.

In chapter III some specifications required for each piece of equipment calibration of pressure gauges will be shown where some general requirements must be accomplished for the verification team indicating the standard NTE INEN 1 825:1998.

Chapter IV describes the procedure for calibrating gauges using the calibration equipment of dead weights.

Testing was performed under the conditions laid down and the analysis and interpretation of results are shown to verify that the equipment is working properly and an error rate is checked by comparing with the pattern gauge that has its respective certificate of calibration.

## INTRODUCCIÓN

La medida de la presión es muy importante en la vida, en especial en el mundo de la industria; sobre todo en procesos continuos. En la actualidad se puede encontrar varios procesos en los cuales es necesario realizar medidas de presión en la mayoría de los diferentes tipos de industrias como: energía oleohidráulica, nuclear, gas, química, farmacéutica, aeroespacial, entre otros.

La presión es la relación entre la fuerza que actúa sobre una superficie y el valor del área de esa superficie determinada. La presión es una magnitud escalar, cuyas unidades son las de una fuerza dividida por la de área.

El principio que se aplica a la medición de presión se utiliza también en la caracterización hidrostática y dinámica de fluidos líquidos y gaseosos. Debido a esto, es importante conocer los principios generales de funcionamiento, los tipos de manómetros, la trazabilidad en que se conviene mantener los instrumentos de medición para determinar la lectura más exacta.

Pensando en la importancia que tiene un instrumento de medida de presión, se ha desarrollado el siguiente proyecto que se destina a diseñar y construir un equipo que sirva para calibrar manómetros con un rango de presión establecido y que su funcionamiento cumpla con los requisitos para poder verificar dichos instrumentos según normas nacionales e internacionales.

# 1. CAPÍTULO I

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### **Introducción.**

La presión es una magnitud utilizada en empresas industriales, refinerías, oleoductos, calderos, centrales térmicas, entre otros. Existen varios recipientes sometidos a presión que deben ser controlados.

Los instrumentos que miden la presión son simples desde el punto de vista de su construcción, se toman precauciones para su construcción y tienen reglas para su utilización, evitar desajustes, indicaciones erróneas y accidentes.

Se definirán conceptos y fundamentos básicos sobre la norma que establece los requisitos para manómetros destinados para la medición de presión y también el principio de funcionamiento de un equipo de calibración de manómetros.

La calibración de manómetros lleva consigo varios cálculos de error e incertidumbres que se detallaran de manera concisa y que intervienen en el proceso de calibración.

### **1.1. Presión.**

La presión del fluido,  $P$ , está definida como la cantidad de fuerza,  $F$ , que se ejerce sobre un área unitaria,  $A$ , de una sustancia. (Mott, 2006)

Una atmósfera de presión se define como 101.325 Pascales que es la fuerza que ejerce el aire sobre la tierra a nivel del mar. En la atmósfera, la presión atmosférica es cada vez menor a medida que aumenta la altitud. Así, la presión atmosférica en Quito es 70.326 Pascales o 10,2 Psi. (Mott, 2006).

### 1.1.1. Unidades.

La unidad estándar para la presión en unidades SI (Sistema Internacional) es el pascal (Pa) o  $N/m^2$ . Mientras que la unidad estándar para la presión en el Sistema Británico de Unidades es  $Lb/pt^2$ , pero la unidad  $Lb/pulg^2$ , llamada Psi, es más conveniente y se utiliza más a menudo, la tabla N.-1 indica varias unidades de medida de presión. (Mott, 2006)

**Tabla N.- 1 Unidades de medida**

Magnitud	Unidad	
	Nombre	Símbolo
Presión	Pascal	Pa
	Libra por pulgada cuadrada	Psi
	Milímetro de mercurio	mmHg
	BAR	BAR

**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

### 1.1.2. Tipos de Presión.

#### 1.1.2.1. Presión Absoluta.

Es la presión que actúa realmente en un determinado punto del fluido y está dada por la suma de la presión efectiva con la presión atmosférica, ver figura N.- 1 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1998)

#### **1.1.2.2. Presión Atmosférica.**

Es la presión ejercida por la atmosfera terrestre medida mediante un barómetro. A nivel del mar, esta presión es próxima a 760mm de Mercurio Absolutos o 14,7 Psia a 0°C. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1998)

#### **1.1.2.3. Presión Relativa.**

La presión relativa es la presión que se mide en relación a la presión atmosférica. Tiene como referencia la presión atmosférica local. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1998)

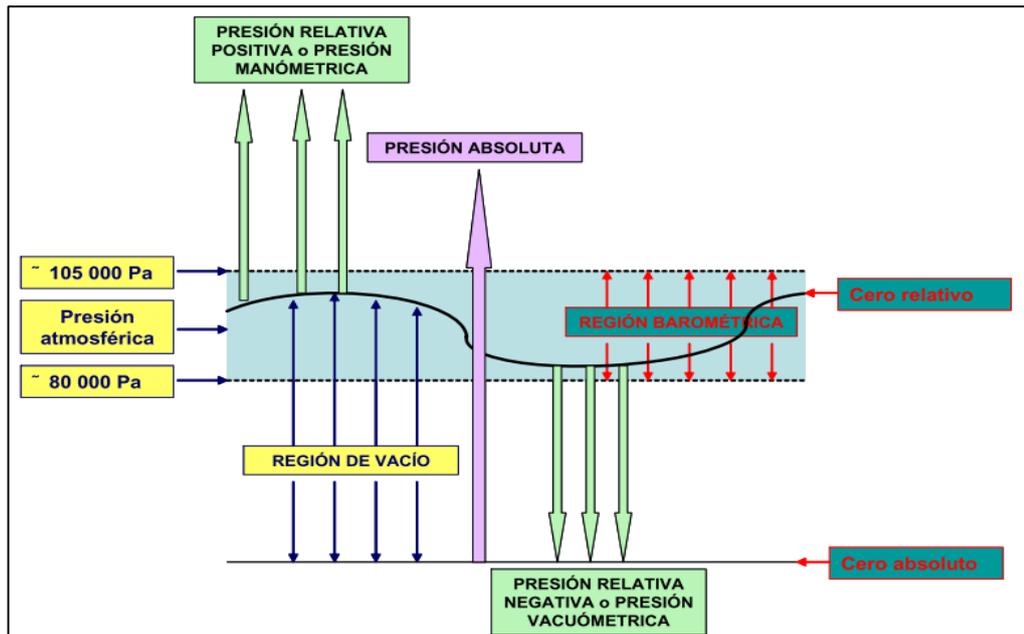
#### **1.1.2.4. Presión manométrica.**

Presión mayor que la atmosférica, la última considerada como punto de referencia. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1998)

#### **1.1.2.5. Presión de vacío.**

Es la diferencia entre la presión atmosférica existente y la presión absoluta. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1998)

**Figura N.- 1 Tipos de presión**



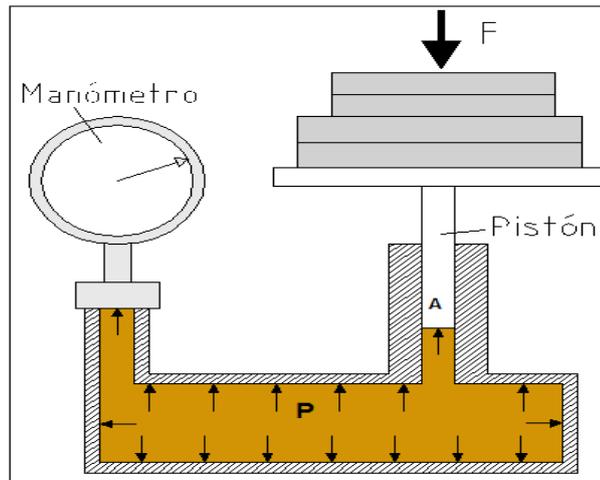
Fuente: Salustiano (2011)

### 1.1.3. Principio de Pascal.

El principio precursor de la Oleohidráulica es la Ley de Pascal, que enunciada simplificada, dice: “La presión en cualquier punto de un fluido sin movimiento tiene un solo valor, independientemente de la dirección”, o dicho de otra forma: “La presión aplicada a un líquido confinado se transmite en todas direcciones, y ejerce fuerzas iguales sobre áreas iguales”. (Ravell, 1999)

Este principio puede ser aplicado a la transmisión mostrada en la figura N.- 2, donde la presión creada por el pistón en el líquido correspondiente, se transmite con la misma intensidad hacia el manómetro a ser verificado, y a todas las direcciones, actuando siempre de forma perpendicular a las paredes del recinto que lo contiene.

**Figura N.- 2 Balanza de pesos muertos**



**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

Al referirse a la figura, la presión que se conseguirá en todas las direcciones, despreciando el rozamiento del fluido y el peso propio será:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{4.F}{\pi.d^2} \quad \text{Ec. (1.1)}$$

Al ser:

$P$  = Presión (Pa) [  $\frac{N}{m^2}$  ]

$F$  = Fuerza (Newton) [N]

$A$  = Superficie del pistón [m<sup>2</sup>]

$d$  = Diámetro del pistón [mm]

En la práctica y al referirse a transmisiones oleohidráulicas, la ecuación anterior puede ser utilizada tal y como se presenta, ya que en este tipo de transmisiones se trabaja normalmente a presiones tan elevadas que hacen que el peso propio del fluido y también los rozamientos internos, sean perfectamente despreciables frente al efecto final de producir un trabajo como consecuencia de dichas presiones. (Nicolás, 2002)

Para este escrito la presión también se indicará en libras por pulgada cuadrada [Psi] debido a que es una unidad que más se utiliza en la industria nacional.

#### **1.1.4. Clasificación de instrumentos de presión.**

Los manómetros son elementos mecánicos o digitales que constan de un elemento sensible a la presión, un mecanismo de transmisión de la presión y un indicador del valor expresado.

Los elementos primarios elásticos más empleados para medir la presión son:

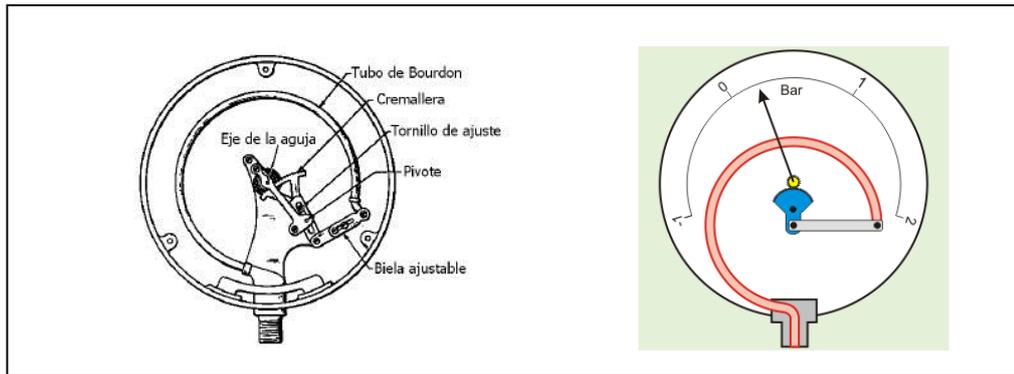
- Tubo de Bourdon
- Elemento en espiral
- Helicoidal
- Diafragma
- Fuelle

Los materiales empleados normalmente son acero inoxidable, aleación de cobre o níquel o aleaciones especiales. (Sole, 2006)

##### **1.1.4.1. Tubo de Bourdon.**

Es un tubo de sección elíptica que forma un anillo casi completo, cerrado por un extremo. Al aumentar la presión en el interior del tubo, este tiende a enderezarse y el movimiento es transmitido a la aguja indicadora, por un sector dentado y un piñón, ver figura N.- 3. (Sole, 2006)

**Figura N.- 3 Manómetro tipo Bourdon**

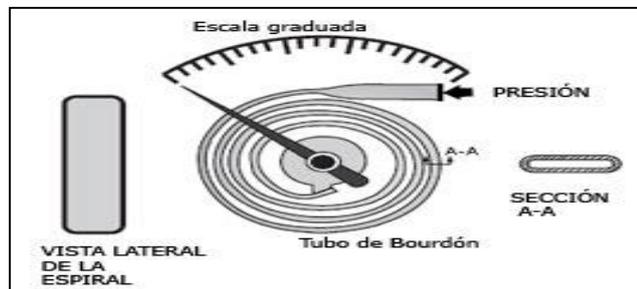


Fuente: Sapiensman (2008)

**1.1.4.2. Elemento en espiral.**

Se forma arrollando el tubo Bourdon en forma de espiral alrededor de un eje común, ver figura N.- 4. (Sapiensman, 2008)

**Figura N.- 4 Espiral tubo Bourdon**

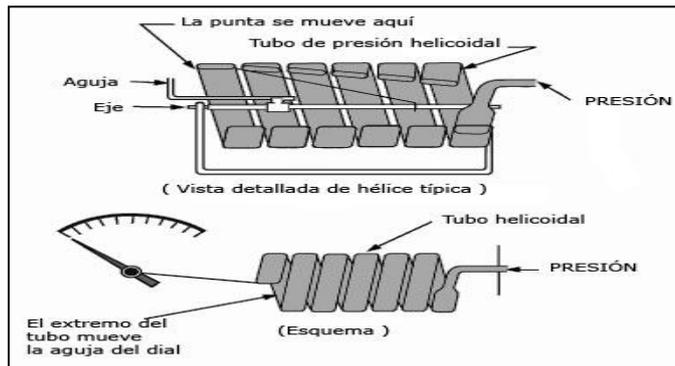


Fuente: Sapiensman (2008)

**1.1.4.3. Helicoidal.**

Se forma arrollando más de una espira en forma de hélice. Estos elementos proporcionan un desplazamiento grande del extremo libre, ver figura N.- 5. (Sapiensman, 2008)

**Figura N.- 5 Helicoidal**

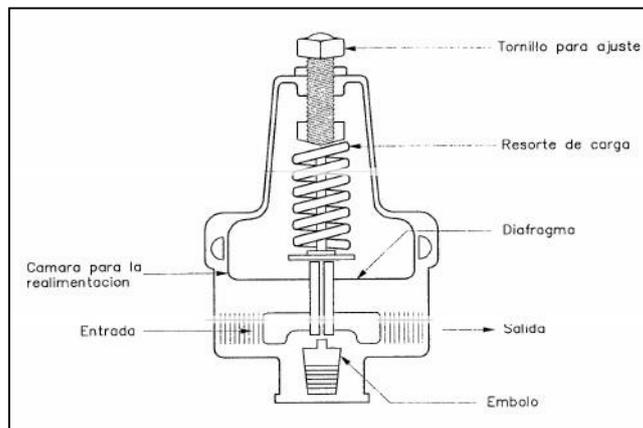


**Fuente:** Sapiensman (2008)

**1.1.4.4. Diafragma.**

Consiste en una o varias capsulas circulares conectadas rígidamente entre sí por soldadura, de forma que al aplicar presión, cada capsula se deforma y la suma de los pequeños desplazamientos es amplificada por un juego de palancas, ver figura N.- 6. (Sole, 2006)

**Figura N.- 6 Diafragma**

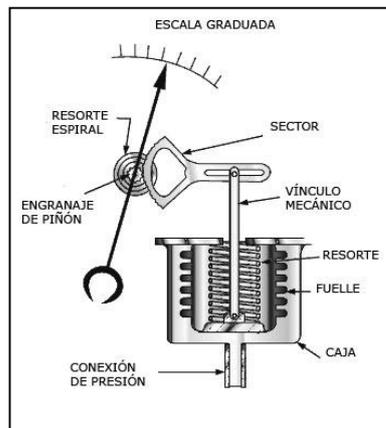


**Fuente:** Sapiensman (2008)

**1.1.4.5. Fuelle.**

Es parecido al diafragma compuesto, pero de una sola pieza flexible axialmente, y puede dilatarse o contraerse con un desplazamiento considerable, ver figura N.- 7. (Sole, 2006)

**Figura N.- 7 Elemento en espiral tipo fuelle**



**Fuente:** Sapiensman (2008)

### **1.1.5. Escala de medición.**

#### **1.1.5.1. División de escala.**

Es la mínima división que se puede obtener entre dos trazos consecutivos. (Metrología, 2011)

#### **1.1.5.2. Resolución.**

Es la menor referencia de indicación del instrumento de medida la cual se puede apreciar de forma significativa. (Metrología, 2011)

Para un dispositivo digital es aplicable la mínima apreciación que aparezca al encender y dependiendo a los cambios de unidades que posea el mismo, además esto es aplicable a dispositivos de registradores de presión.

### **1.1.6. Dispositivos para verificar la precisión de un manómetro.**

La verificación se lleva a cabo mediante la comparación directa entre los valores de medición del patrón de referencia o patrón de trabajo y los valores del instrumento a calibrar siguiendo la secuencia adecuada de acuerdo a la clase de exactitud del instrumento a ser calibrado, escogiendo el patrón de referencia o patrón de trabajo adecuado de acuerdo al medio (aceite, agua, aire) con el que trabaja el instrumento a ser calibrado. (Soluciones especializadas en calidad y metrología, 2013)

#### **1.1.6.1. Calibrador de pesos muertos.**

Los medidores de peso muerto constituyen el estándar primario básico usado en todo el mundo para la calibración precisa de manómetros, transductores de presión, entre otros.

La balanza de pesos muertos se basa en el principio de pascal y se esquematiza en la figura N.- 2.

#### **1.1.6.2. Calibrador por comparación.**

La calibración consistirá en la comparación directa entre el Patrón a utilizar ya sea digital o análogo y el manómetro a calibrar como se muestra en la figura N.- 8, a un nivel de referencia previamente definido y que se elegirá de tal manera, que las correcciones a realizar sean nulas o, mínimas. (Metrología, 2011)

**Figura N.- 8 Calibración por comparación**



**Fuente.-** Hispacontrol (2010)

## **1.2. Calibración.**

Es un conjunto de operaciones en condiciones específicas en la cual se aplica un sistema de medidas o valores representados por una medida de referencia, los valores de referencia son dados por patrones de mayor exactitud. (Metrología, 2011)

Los resultados del mismo nos permite determinar un error al mensurando. En las cuales pueden ser atribuidas a propiedades metroológicas de magnitudes de influencia externa.

Los resultados de la misma son registrados en un documento llamado certificado de calibración.

### 1.2.1. Patrón de referencia.

De altas condiciones metrológicas por lo general ocupa un lugar determinado en la organización solo se puede hacer un análisis usando un estándar de referencia con una trazabilidad establecida. (Metrología, 2011)

### 1.2.2. Patrón de trabajo.

Es aquel que se utiliza habitualmente para calibrar o inspeccionar medidas materializadas, instrumentos de medición o materiales de referencia.

El patrón de trabajo es corrientemente calibrado con un patrón de referencia. (Metrología, 2011)

### 1.2.3. Error.

El valor indicado del mensurando menos el valor verdadero. (Metrología, 2011)

$$Error = L_{ins} - L_{Pat} \quad \text{Ec. (1.2)}$$

Donde:

$L_{ins}$  = Lectura del instrumento a calibrarse. [Psi]

$L_{Pat}$  = Lectura del Patrón. [Psi]

En la práctica se usa un valor verdadero convencional ya que no puede determinar este dicho valor.

Este concepto es aplicado en nuestro caso por ser comparado con un patrón de referencia de mayor exactitud.

#### **1.2.4. Error de Histéresis.**

Es la máxima diferencia existente entre dos lecturas de un mismo valor de la variable, efectuándose, una de las lecturas cuando la variable se pasea en la dirección ascendente y la otra cuando lo hace en la dirección descendente. Dicho error conviene que este en el rango del 1% a lo largo del rango de presión (Sole, 2006)

#### **1.2.5. Incertidumbre.**

La incertidumbre es la cuantificación de la duda que se tiene sobre el resultado de una medición. (CEA-ENAC-LC/02, 1998)

Es decir la incertidumbre es un parámetro que se asocia al resultado de una medición y que caracteriza la dispersión de valores que podrían ser atribuidos al mesurando. La incertidumbre no es lo mismo que error de medida y no debe confundirse con este otro concepto.

#### **1.2.6. Trazabilidad.**

Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón tal que pueda relacionarse con referencias determinadas, generalmente a patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas. (Metrología, 2011)

Es decir la trazabilidad es una propiedad de un resultado o de un valor por ejemplo un manómetro patrón, no es correcto decir que es un patrón trazable, lo que es trazable es el valor asignado al patrón; tampoco es correcto decir que un procedimiento de medida es trazable. La trazabilidad asegura que se pueda comparar los resultados en el tiempo, en distintos lugares e incluso con distintos procedimientos de medida; por eso es un componente esencial de la exactitud de los resultados.

### **1.2.7. Precisión.**

Condición de un instrumento de obtener un resultado exacto en diferentes repeticiones. (Metrología, 2011)

### **1.2.8. Exactitud.**

Es la cualidad de un instrumento de aproximarse a un valor lo más real posible. La exactitud no es igual que precisión.

### **1.2.9. Condiciones Ambientales.**

Elementos como la temperatura, presión atmosférica, humedad en el ambiente y otras condiciones son factores que pueden afectar al instrumento de medida o al objeto que se mide.

Las correcciones a aplicar por variación en las condiciones ambientales suelen ser muy pequeñas y tener poca influencia en el valor final de la incertidumbre asignada, pero en condiciones extremas de uso pueden ser importantes, aparte de las correcciones que hubiera de realizar en los patrones por esta razón podría ser significativo.

Lo más recomendable es utilizar instrumentos de medida con exactitud de al menos de 1°C para la medida de la temperatura y  $\pm 5\%$  Hr para la humedad relativa. (Metrología, 2011)

### 1.2.10. Clase de exactitud del instrumento.

La clase de exactitud del instrumento debe ser escogida de una de las dos series siguientes. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1998)

- a) 0,25   0,4   0,6   1   1,6   2,5   4
- b) 0,2   0,5   1   2   5

La clase de exactitud del mensurando se obtendrá dividiendo la división de la escala para el rango máximo y se multiplicara por el 100%.

$$\text{Clase de exactitud} = \frac{\text{División de escala}}{\text{rango máximo}} \times 100\% \quad \text{Ec. (1.3)}$$

### 1.2.11. Error de medición y error de histéresis.

El error máximo permitido (e.m.p.) intrínseco, incluyendo el error de histéresis, es igual. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1998)

$$\text{e.m.p. a.} = \pm 0,8 k, \text{ para instrumentos nuevos o reparados} \quad [\text{Psi}] \quad \text{Ec. (1.4)}$$

$$\text{e.m.p. b.} = \pm k, \text{ para instrumentos en servicio} \quad [\text{Psi}] \quad \text{Ec. (1.5)}$$

Donde:

$$k = \text{Clase de exactitud} \times \frac{\text{Rango máximo}}{100} \quad [\text{Psi}] \quad \text{Ec. (1.6)}$$

### 1.3. Operaciones de verificación.

La verificación de los manómetros incluye las siguientes operaciones: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1998)

- Inspección visual
- Control preliminar
- Determinación de los errores de medición y errores de histéresis (comparación con manómetro patrón o balanza de pesos muertos).

### **1.3.1. Inspección visual.**

Visualmente se determina si el instrumento está en condiciones de ser calibrado. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1998)

- Estar en buenas condiciones
- Sin huellas visibles de corrosión
- Sin abolladuras
- Libre de polvo o suciedad
- No debe impedir la lectura del dial

### **1.3.2. Control preliminar.**

El control de fugas en el instrumento debe hacerse antes de que el procedimiento de verificación empiece, para este propósito conectar el instrumento a ser verificado a la instalación de verificación y aumentar la presión continuamente hasta el límite superior de su rango de medición y se lleva el siguiente control. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1998)

- En el máximo o medio de la presión se espera 3 minutos
- Se observa que sucede en los siguientes 2 minutos
- Si el descenso de presión es menor que el error máximo permitido e.m.p.

Entonces se dice que:

- El instrumento no presenta fugas
- El sistema permite realizar una calibración en forma adecuada

### 1.3.3. Determinación de los errores de medición y errores de histéresis.

#### 1.3.3.1. Condiciones específicas para instrumentos indicadores.

El número de valores de presión a los cuales el instrumento indicador debe ser verificado y su distribución en la escala deben escogerse de tal manera que se excluya la posibilidad de errores que excedan los valores máximos permitidos del error de indicación como resultado de una calibración incorrecta o no lineal. El número de tales valores debe ser al menos los que se indican en la siguiente tabla N.- 2. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1998)

**Tabla N.- 2 Numero de valores de presión a verificar en el manómetro**

Serie	Número de puntos de medición	Clase exactitud
A	8	0,2 ; 0,25 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,6
B	5	1 ; 1,6 ; 2 ; 2,5
C	3	4 ; 5

**Fuente:** Instituto Ecuatoriano de Normalización (1998)

El procedimiento de calibración o verificación de manómetros se tratará claramente en el capítulo IV.

### 1.4. Cálculo de incertidumbres.

La asignación y expresión de incertidumbres se realizará siguiendo los criterios de la guía CEA-ENAC-LC/02. En primer lugar se determinará la expresión de la magnitud de salida en función de las distintas magnitudes de entrada, modelando una

ecuación para las correcciones de calibración. Realizaremos el cálculo en un punto genérico  $i$ , para el resto de los puntos se realiza de la misma forma. (Metrología, 2011)

La ecuación modelo para la corrección de calibración será la siguiente:

$$C_i = P_{Ri} - P_{Xi} + \sum_j \delta_j(Pat) + \sum_k \delta_k(Ins) + \Delta_{NR} \quad \text{EC. (1.7)}$$

Donde:

- a)  $C_i$  = Corrección final de calibración. [Psi]
- b)  $P_{Ri}$  = Valor de la lectura del patrón en el punto  $i$ . [Psi]
- c)  $P_{Xi}$  = Valor de la lectura del instrumento en el punto  $i$ . [Psi]
- d)  $\sum_j \delta_j(Pat)$  = Suma de las correcciones debidas al patrón, nulas o no, que van a tener contribución en la incertidumbre. [Psi]
- e)  $\sum_k \delta_k(Ins)$  = Suma de las correcciones debidas al instrumento a verificar, nulas o no, que van a tener contribución en la incertidumbre. [Psi]
- f)  $\Delta_{NR}$  = corrección por diferencia de alturas entre los niveles de referencia. [Psi]

El término  $d)$  comprende las siguientes correcciones:

- $d-1)$   $\delta$  (Pat) cal, corrección de calibración.
- $d-2)$   $\delta$  (Pat) der, corrección debida a deriva.
- $d-3)$   $\delta$  (Pat) res, corrección debida a la resolución
- $d-4)$   $\delta$  (Pat) tem, corrección debida a temperatura.

El término  $e)$  comprende las siguientes correcciones:

- $e-1)$   $\delta$  (Inst) res, corrección debida a resolución.
- $e-2)$   $\delta$  (Inst) tem, corrección debida a temperatura.

e-3)  $\delta$  (Inst) hist, corrección debida a histéresis.

El término  $f$ ) viene dado por la siguiente expresión:

$$\Delta_{NR} = (\rho_f - \rho_a) \times g_l \times h \quad \text{Ec. (1.8)}$$

Donde:

$$\rho_f = \text{Densidad del fluido manométrico (aceite)} \quad \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\rho_a = \text{Densidad del fluido es la densidad del aire} \quad \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$g_l = \text{Gravedad local} \quad \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$h = \text{Diferencia de altura.} \quad [\text{m}]$$

Al utilizar la Ecuación 1.8, se obtiene la respuesta en unidades de presión [Pa], para obtener unidades de [Psi], se multiplica la respuesta obtenida por 0,000145037, como factor de conversión.

#### 1.4.1. Componentes de la incertidumbre.

##### 1.4.1.1. Debida al Patrón [ $\delta$ (Pat) cal].

Tipo B La incertidumbre de calibración del Patrón vendrá reflejada en su certificado de calibración. En los certificados se indican las incertidumbres expandidas, por lo que será necesario dividir el valor indicado por el  $k_{cert}$  correspondiente. Normalmente no coincidirá el punto de calibración con el valor del certificado, en este caso, se incluirá como componente de incertidumbre la mayor incertidumbre de calibración del Patrón. (Metrología, 2011)

$$u(\delta(Pat) cal) = \frac{U_{cert}}{k_{cert}} \quad \text{Ec. (1.9)}$$

Donde:

$U_{cert}$  = Incertidumbre de calibración del patrón (Incertidumbre expandida). [Psi]

k = Factor de cobertura.

#### 1.4.1.2. Debida a deriva del Patrón [ $\delta$ (Pat) der].

Es una incertidumbre tipo B, considerando una distribución rectangular, su valor vendrá dado por: (Metrología, 2011)

$$u(\delta(Pat) der) = \frac{U_{cert}}{\sqrt{12}} \quad \text{Ec. (1.10)}$$

#### 1.4.1.3. Debida a resolución del Patrón [ $\delta$ (Pat) res (Pat)].

Incertidumbre tipo B. Puede describirse también por una distribución rectangular y de valor. (Metrología, 2011)

$$u(\delta(Pat) res) = \frac{res(Pat)}{\sqrt{12}} \quad \text{Ec. (1.11)}$$

Donde:

$res(Pat)$  = Resolución del instrumento patrón [Psi]

Si el patrón a utilizar es de pesos muertos, no se tomará en cuenta este valor. Para determinar la resolución de un manómetro patrón se divide la división de la escala en dos, siempre que sea un manómetro análogo.

#### 1.4.1.4. Debida a temperatura del Patrón [ $\delta$ (Pat) tem].

La indicación de Patrón puede cambiar debido a variaciones de temperatura, estos cambios no pueden corregirse y tienen que introducirse como un factor más de

incertidumbre. Suele ser el fabricante quien da las especificaciones, que suelen venir en porcentaje del rango del instrumento/grado.

Es una incertidumbre tipo B, se tratará como una distribución rectangular y viene dada por: (Metrología, 2011)

$$u(\delta(Pat) tem) = \frac{tem(Pat)}{\sqrt{12}} \quad \text{Ec. (1.12)}$$

El valor de  $tem(Pat)$ , se obtendrá de las especificaciones del fabricante.

Sin embargo es un dato casi improbable que se encuentre, por ello es que según los laboratorios de calibración de manómetros, se determina mediante:

$$tem(Pat) = \text{Rango máx de presión Patrón} \times \Delta tem \times 0,005\% \quad \text{Ec. (1.13)}$$

Donde:

$\Delta tem$  = Diferencia de temperaturas entre la temperatura inicial y final en el proceso de calibración. [C°]

#### 1.4.1.5. Debida a resolución del manómetro a calibrar [ $\delta$ (Inst) res].

Incertidumbre tipo B. Puede describirse también por una distribución rectangular y de valor. (Metrología, 2011)

$$u(\delta(Inst) res) = \frac{res}{\sqrt{12}} \quad \text{Ec. (1.14)}$$

Donde:

$res$  = Resolución del instrumento a verificar [Psi]

Para determinar la resolución de un manómetro se divide la división de la escala en dos, siempre que sea un manómetro análogo.

#### 1.4.1.6. Debida a histéresis [ $\delta$ (Inst) hist].

Este factor de incertidumbre se debe a que las indicaciones del manómetro pueden variar una cierta cantidad dependiendo que se obtengan mediante presiones crecientes o decrecientes. Su incertidumbre típica sería. (Metrología, 2011)

$$u(\delta(Inst) hist) = \frac{hist}{\sqrt{12}} \quad \text{Ec. (1.15)}$$

Donde:

$hist$  = histéresis del instrumento [Psi]

La histéresis se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$hist = L_{Di} - L_{Ai} \quad \text{Ec. (1.16)}$$

Donde:

$L_D$  = Lectura del instrumento cuando la presión es descendente [Psi]

$L_A$  = Lectura del instrumento cuando la presión es ascendente [Psi]

#### 1.4.1.7. Debido a la repetibilidad del instrumento [ $u$ (rep)].

Esta incertidumbre se la determina al calcular la desviación estándar de la media en cada punto.

$$u(rep) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (P_{mi} - P_m)^2} \quad \text{Ec. (1.17)}$$

Donde:

$u(rep)$  = Incertidumbre aleatoria de tipo A asociada al manómetro a verificar. [Psi]

$Pmi$  = i-ésima lectura del instrumento para una misma presión del patrón. [Psi]

$Pm$  = Promedio de las lecturas de una misma presión del patrón. [Psi]

$n$  = número de medidas (para el cálculo siempre se utiliza 5 medidas).

#### **1.4.1.8. Debido a la diferencia de alturas [ $u(\Delta_{NR})$ ].**

La incertidumbre típica debido a la diferencia de alturas entre el patrón y el instrumento, se obtiene a la vez utilizando la ecuación N.- 1.8:

$$u(\Delta_{NR}) = \frac{\Delta_{NR}}{\sqrt{12}} \quad \text{EC. (1.18)}$$

#### **1.4.1.9. Incertidumbre típica combinada.**

Finalmente, aplicando la ley de propagación de incertidumbres, se obtiene la incertidumbre típica combinada en la calibración de instrumentos.

La incertidumbre típica combinada asociada a la calibración del manómetro se obtiene combinando sus distintas contribuciones. (Metrología, 2011)

$$u(Ci) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)} \quad \text{EC. (1.19)}$$

#### **1.4.1.10. Incertidumbre Expandida.**

La incertidumbre expandida, para un intervalo de confianza del 95,45%, se obtiene multiplicando a la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura  $k$ . (Metrología, 2011)

$$U = ku(y) \quad \text{Ec. (1.20)}$$

Para una distribución normal se utiliza un factor de cobertura  $k = 2$ . La incertidumbre expandida asociada corresponde a una probabilidad de cobertura de, aproximadamente un 95 %. Estas condiciones se encuentran en la mayoría de los casos encontrados en los trabajos de calibración según lo que detalla el Organismo de Acreditación Ecuatoriano OAE.

#### **1.4.1.11. Interpretación de resultados.**

Los valores se darán tabulados indicando:

- Presión de referencia.
- Valor medio de la indicación del instrumento.
- Correcciones o errores de calibración en cada punto
- La incertidumbre para un factor de cobertura  $k=2$ . También se puede dar una incertidumbre máxima para todo el intervalo de calibración en lugar de una para cada punto.

En el certificado de calibración, se deberá dar la incertidumbre expandida y especificarse el valor de cobertura  $k$  utilizado.

Excepto cuando la unidad utilizada sea el pascal, se expresara la relación que existe entre la unidad de presión utilizada.

Para agilizarse en la realización de los cálculos de incertidumbre y entrega de los resultados de calibración, se desarrollará un archivo de *Excel*, que se denominará “Certificado de calibración de manómetros UPS” que se adjunta en un CD de la tesis.

## **2. CAPITULO II**

### **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.**

#### **Introducción.**

El proceso de la investigación constituye criterios para la decisión en la solución de un problema, se basara en estos razonamientos para así analizar tanto técnica como económicamente y tomar una decisión acertada de la alternativa correcta.

El propósito de este estudio es conocer los diferentes y más usados métodos que se utiliza en la calibración de manómetros, para establecer los parámetros óptimos en el diseño del banco de calibración de manómetros a seleccionar.

Para poder describir claramente las posibles alternativas es necesario analizar los métodos de calibración más utilizados y así tener una idea clara sobre cada una de las alternativas.

#### **2.1. Evaluación de alternativas.**

Los parámetros a continuación serán fundamentales para evaluar las alternativas.

1. Costo de fabricación
2. Seguridad
3. Operación

### **2.1.1. Costo de fabricación.**

Es de gran importancia el análisis del costo de fabricación ya que se ha fijado un presupuesto por lo cual es fundamental tener en cuenta el valor monetario de cada uno de los elementos del equipo ya que así se incluye la viabilidad de fabricación del equipo de calibración de manómetros para que el proyecto sea económico.

### **2.1.2. Factor de seguridad.**

Muestra el nivel de riesgo al que el operador puede estar comprometido al momento de manipular el equipo, a su vez se analiza los daños o percances que pueden ocurrir al momento de poner en marcha el equipo.

### **2.1.3. Operación.**

Restringe la sencillez y facilidad del ejecutante durante las operaciones en el equipo para así tener un buen funcionamiento incluyendo el mantenimiento del mismo para preservar el equipo en excelentes condiciones.

## **2.2. Valoración numérica.**

La evaluación de la mejor alternativa será elegida asignando valores numéricos a los distintos parámetros como se muestra en la siguiente tabla N.- 3:

**Tabla N.- 3 Valoración Numérica**

PARÁMETROS		VALORACIÓN NUMÉRICA
COSTO DE FABRICACIÓN	ALTO	1
	MEDIO	2
	BAJO	3
SEGURIDAD	ALTO	3
	MEDIO	2
	BAJO	1
OPERACIÓN	DIFÍCIL	1
	MEDIO	2
	FÁCIL	3

**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

Para el estudio de alternativas se analizan los siguientes parámetros:

- Método de calibración.
- Fuente de alimentación.

### **2.3. Alternativas de Método de Calibración.**

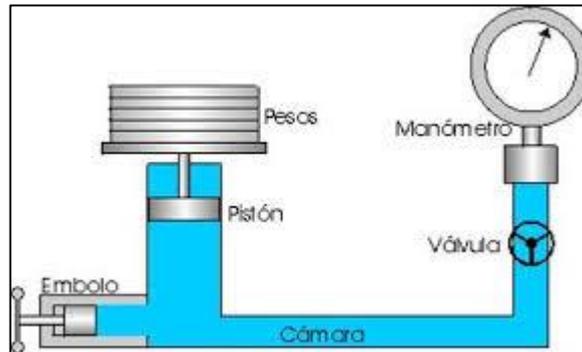
#### **2.3.1. Alternativa 1: Calibración tipo peso muerto.**

La calibración tipo peso muerto se desarrolla en un equipo en cual consta de una bomba manual de aceite hidráulico con dos conexiones de salida, una conectada al manómetro a ser verificado, y la otra a la unidad cilindro pistón dentro del cual desliza un pistón de sección circular que soporta un juego de pesas calibradas.

La calibración se lleva a cabo accionando la bomba hasta levantar el pistón con las pesas y haciendo girar éstas con la mano; su giro libre indica que la presión es la adecuada, ya que el conjunto pistón-pesas está flotando sin roces. Una pequeña válvula de paso fino y una válvula de desplazamiento, permiten fijar exactamente la presión deseada cuando se cambian las pesas en la misma prueba para obtener distintas

presiones, o cuando se da inadvertidamente una presión excesiva ver figura N.- 9. (Blogspot, 2013)

**Figura N.- 9 Calibración tipo peso muerto**



**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

El manómetro que se desea calibrar se compara con la presión originada por las pesas conocidas dispuestas sobre el pistón.

La precisión del calibrador de pesos muertos está condicionada por la exactitud con la cual se ha determinado el peso de las pesas que se emplean en el instrumento y la precisión con que se ha rectificado el cilindro. (Blogspot, 2013).

#### **2.3.1.1. Ventajas.**

- Facilidad de operación.
- Alto nivel de fiabilidad.
- Alta exactitud de medición.
- Elementos constitutivos de bajo valor monetario.
- Elementos constitutivos fáciles de encontrar en el mercado nacional.

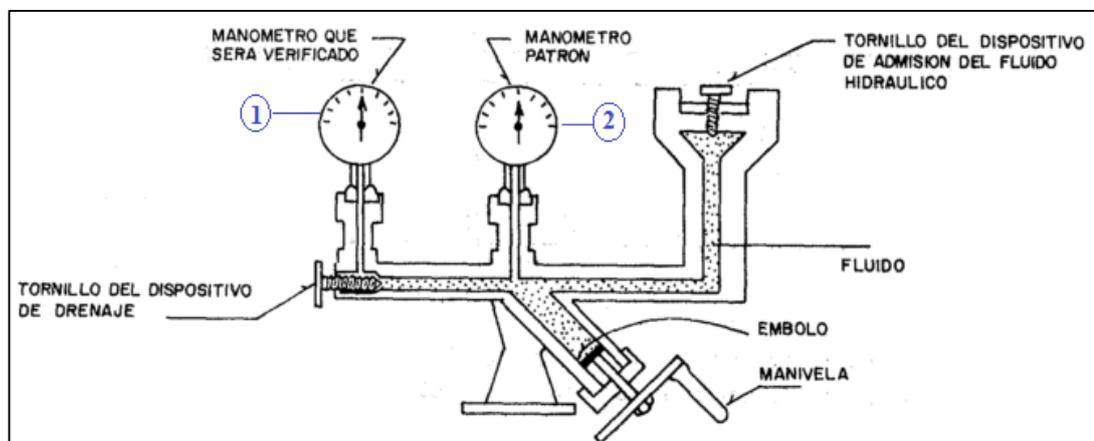
### 2.3.1.2. Desventajas.

- Nivel de exactitud condicionado.
- Necesita de esfuerzo humano.
- Necesita de elementos de control adicionales como válvulas check, válvulas de seguridad, etc.

### 2.3.2. Alternativa 2: Calibración por Comparación.

El manómetro a verificar se conectará en el conector 1 y quedará sometido a una presión, la misma que en el manómetro patrón 2 al presurizar el sistema. El manómetro patrón nos dará la lectura de medida (real) y el manómetro a verificar la referencia, el objeto de calibración, será en definitiva una calibración por comparación ver figura N.- 10.

**Figura N.- 10 Calibración tipo comparación**



Fuente.- Hispacontro (2010)

### 2.3.2.1. Ventajas.

- Resultados instantáneos.
- Facilidad de operación.
- Requiere esfuerzo humano mínimo.

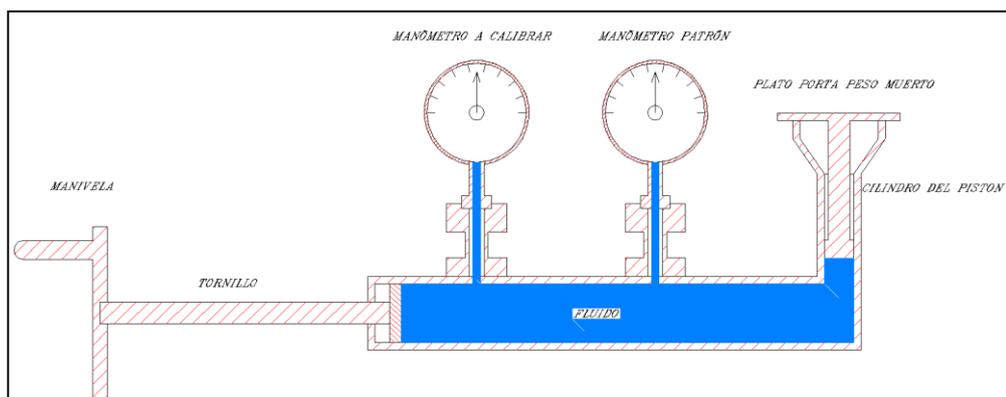
### 2.3.2.2. Desventajas.

- Exactitud depende de su elemento patrón.
- Depende de un solo elemento para llevar a cabo la comparación en la calibración.
- Cuidado extremo al momento de manipular sus componentes.
- Elementos con un elevado valor monetario.
- El manómetro patrón requiere de calibración periódica.
- Elemento patrón tiene un elevado costo monetario, así como su cuidado, mantenimiento y certificación de funcionamiento.

### 2.3.3. Alternativa 3: Calibración tipo peso muerto-comparación.

Este tipo de calibración es la combinación de dos sistemas Peso Muerto y Comparación, dicho procedimiento inicia cuando se ha generado una presión en el sistema la cual llega a los distintos conductos como son: manómetro patrón, manómetro a calibrar y sistema de peso muerto, ver figura N.- 11

**Figura N.- 11 Calibración tipo comparación y peso muerto**



**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

### 2.3.3.1. Ventajas.

- Mayor fiabilidad en el equipo.
- Fácil manipulación.
- Mayor control de la presión del sistema.
- Alto grado de exactitud.

### 2.3.3.2. Desventajas.

- Elementos constitutivos dispuestos a desgaste.
- Costo de elementos patrones elevados.
- Cuidado elevado del equipo.
- Costo de elementos de generación de Presión sumamente elevado.

### 2.3.4. Evaluación de las Alternativas.

En la tabla N.- 4 se muestra la evaluación para cada una de las alternativas propuestas:

**Tabla N.- 4 Evaluación de Alternativas-Método de Calibración**

CALIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DEL SISTEMA				
PARÁMETROS	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA IDEAL
COSTO DE FABRICACIÓN	2	1	1	3
SEGURIDAD	2	2	2	3
OPERACIÓN	3	2	3	3
TOTAL	7	5	6	9
ÍNDICE	88,88%	55,55%	66,66%	100%
SELECCIÓN DE ALTERNATIVA	1			

Elaborado por: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

### 2.3.4.1. Selección de Alternativa del tipo de Calibración.

Una vez realizado el estudio de las alternativas, se toma en cuenta cada una de las ventajas y desventajas de los sistemas analizados, es evidente que el método de calibración peso muerto es superior en varios aspectos como por ejemplo la facilidad de adquisición de sus elementos constitutivos en relación con las otras alternativas como se evidencia en la calificación de la tabla anterior.

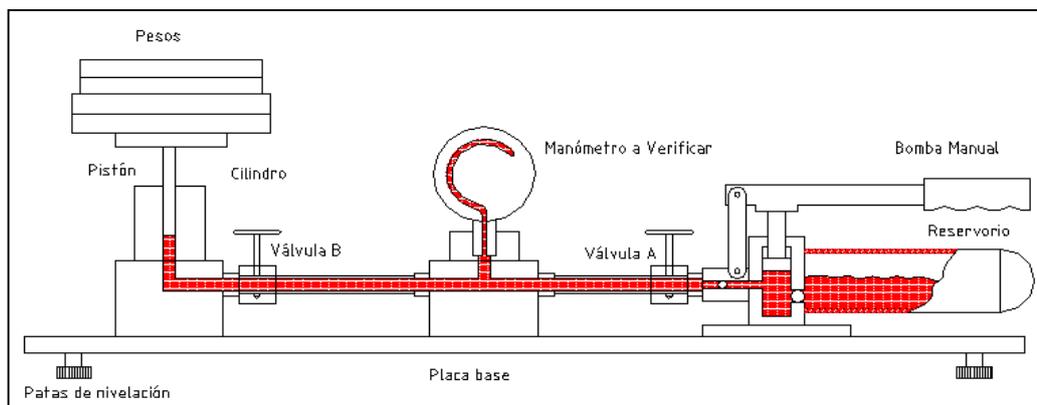
## 2.4. Alternativas de Fuente de Alimentación.

### 2.4.1. Alternativa 1: Mediante una bomba manual de palanca.

Para generar presión de inicio en el sistema con la bomba manual, se sube la palanca la cual succiona aceite del tanque y al bajarla este aceite se comprime para que así haya una presión de inicio que es la que pondrá en funcionamiento al pistón para proceder con la calibración ver figura N.- 12.

Al generar presión con dicho dispositivo es necesario agregar más elementos de control como por ejemplo: válvulas check, válvulas de seguridad, etc.

**Figura N.- 12 Peso muerto con bomba manual palanca**



**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

### 2.4.1.1. Ventajas.

- Fuente de alimentación económicamente accesible.
- Fácil de manipulación.
- No requiere de mantenimiento constante.
- Repuestos accesibles.
- Fluido de trabajo fácilmente accesible.
- No necesita mantenimiento continuamente.

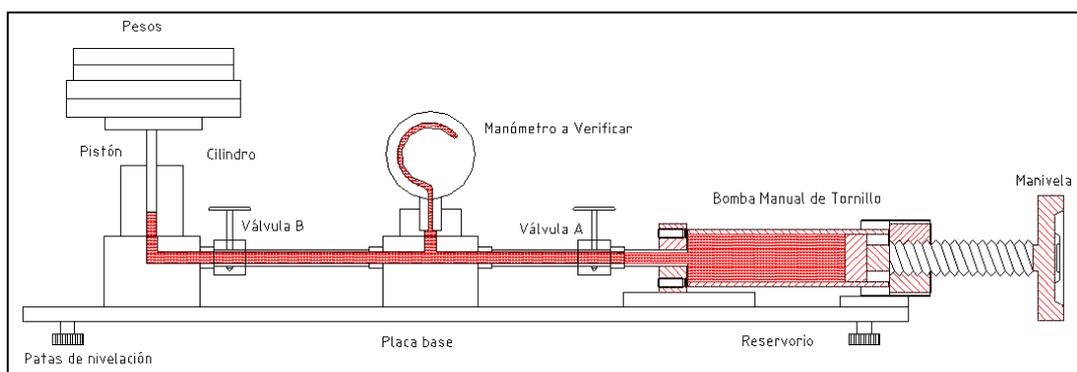
### 2.4.1.2. Desventajas.

- Necesita elementos adicionales para control de la presión generada.
- Requiere esfuerzo humano.
- Funcionamiento condicionado a una fuerza manual externa.

### 2.4.2. Alternativa 2: Mediante una Bomba Manual de Tornillo.

La bomba de tornillo, que se compone de un embolo de bombeo con un tornillo que presiona fluido de trabajo dentro del sistema hidráulico ver figura N.- 13.

**Figura N.- 13 Peso muerto con bomba manual de tornillo**



**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

### 2.4.2.1. Ventajas.

- Requiere mínimo esfuerzo humano.
- Mayor control de la presión generada al sistema.
- Fácil manipulación.

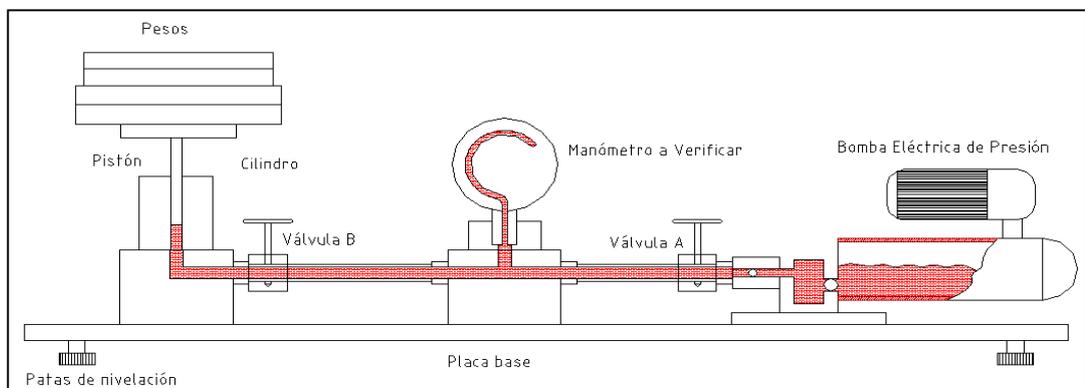
### 2.4.2.2. Desventajas.

- Costo de fabricación y mantenimiento alto, debido a elementos sometidos a desgaste.
- Pistón tornillo con tendencia al desgaste.
- Requiere esfuerzo humano para entrar en funcionamiento.
- Repuestos costosos y difíciles de maquinar.
- Elementos sometidos a elevada presión que podrían ocasionar fugas de líquido.
- Elementos constitutivos de la bomba no son accesibles en el mercado nacional.

### 2.4.3. Alternativa 3: Mediante una bomba hidráulica eléctrica.

La bomba hidráulica eléctrica generara al sistema la presión suficiente a todas las conexiones del sistema para proceder a la calibración ver figura N.- 14

**Figura N.- 14 Peso muerto con bomba hidráulica eléctrica**



**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

#### 2.4.3.1. Ventajas.

- Fácil manipulación.
- No necesita esfuerzo humano.

#### 2.4.3.2. Desventajas.

- Costo monetario elevado.
- Requiere control eléctrico de costo elevado y difícil acceso
- Requiere mantenimiento profesional.
- Dispositivos de control frágiles.

#### 2.4.4. Evaluación de las alternativas.

A continuación se evidencia la evaluación de las alternativas propuestas ver tabla N.- 5.

**Tabla N.- 5 Evaluación de Alternativas-Fuente de Alimentación**

CALIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DEL SISTEMA				
PARÁMETROS	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA IDEAL
COSTO DE FABRICACIÓN	2	1	1	3
SEGURIDAD	3	2	2	3
OPERACIÓN	3	2	3	3
TOTAL	8	5	6	9
ÍNDICE	88,88%	55,55%	77.,7%	100%
SELECCIÓN DE ALTERNATIVA	1			

**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

#### **2.4.4.1. Selección de alternativa del tipo de calibración.**

Se ha analizado a cada una de las alternativas para la fuente de alimentación, se ha examinado sus ventajas y desventajas y como se puede observar la bomba manual de palanca es la mejor opción ya que ha alcanzado una calificación muy alta con respecto a la alternativa ideal, las otras opciones su adquisición tiene un costo monetario excesivo y sus repuestos son difíciles de encontrar en el mercado nacional.

#### **2.4.4.2. Conclusión de la selección de alternativas.**

Después de un análisis de las alternativas se ha decidido construir el equipo que utilizará el método de calibración por pesos muertos, y a su vez la fuente de alimentación será producida una bomba manual de palanca.

### 3. CAPÍTULO III

## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

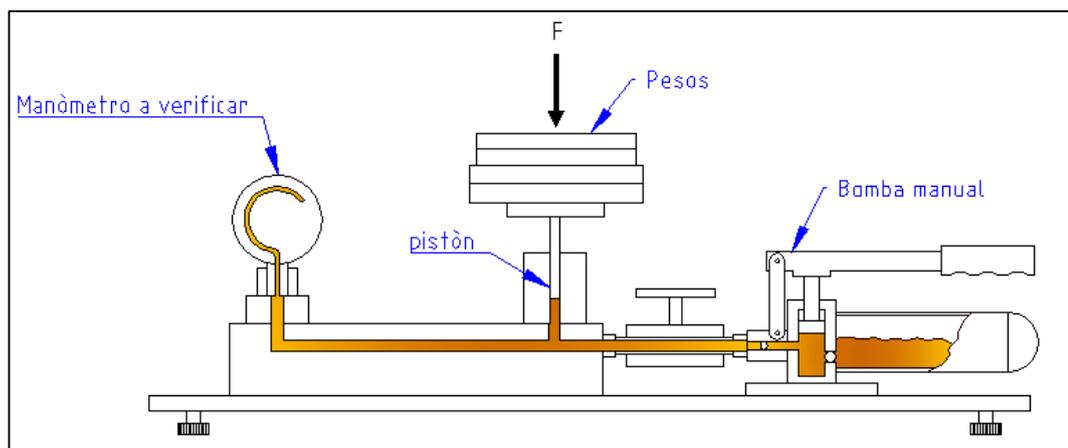
### Introducción.

En este capítulo se representará las especificaciones que requiere cada componente del equipo de calibración de manómetros. El diseño además cumplirá con los requisitos generales para el equipo de verificación que indica la norma NTE INEN 1 825:1998.

Para el diseño se tomará muy en cuenta la seguridad de operación del equipo que trabajará con un rango de presión de 0 a 20 MPa (2900 Psi), que se utilizará para calibrar manómetros.

El sistema de generación de presión a utilizar es el de pesos muertos que se basa en el Principio de Pascal, la misma que se representa en la figura N.- 15. El diseño del circuito oleohidráulico está compuesto por una unidad cilindro - pistón (UCP), varios pesos que proporcionan la fuerza sobre el pistón, conexiones para el manómetro a ser verificado y una bomba manual que permita el equilibrio del sistema.

**Figura N.- 15 Representación de una balanza hidrostática de pesos muertos**



Elaborado por: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

### **3.1. Consideraciones generales.**

La norma NTE INEN 1 825:1998 indica los requisitos generales para el equipo de verificación y también el procedimiento de verificación de manómetros, sin embargo no menciona normas genéricas para el diseño del sistema. Por eso se implementa las principales consideraciones que fueron tomadas del libro de Oleohidráulica básica de Ravell (1999).

1. Economía
2. Seguridad (del operador y del sistema)
3. Grado de precisión
4. Facilidad de mantenimiento y disponibilidad de los elementos de repuesto
5. Limitaciones físicas (Peso, dimensiones, volumen)
6. Sistema de mando
7. Condiciones ambientales

### **3.2. Diseño y selección de los componentes del equipo.**

El diseño y selección de los componentes es muy importante para garantizar la funcionalidad en conjunto del circuito hidráulico que se compone de las siguientes partes principales:

1. Bomba hidráulica manual
2. Distribuidor hidráulico (Manifold)
3. Válvulas de control de flujo
4. Unidad cilindro - pistón. U.C.P.
5. Pesos Calibrados
6. Conectores para manómetros

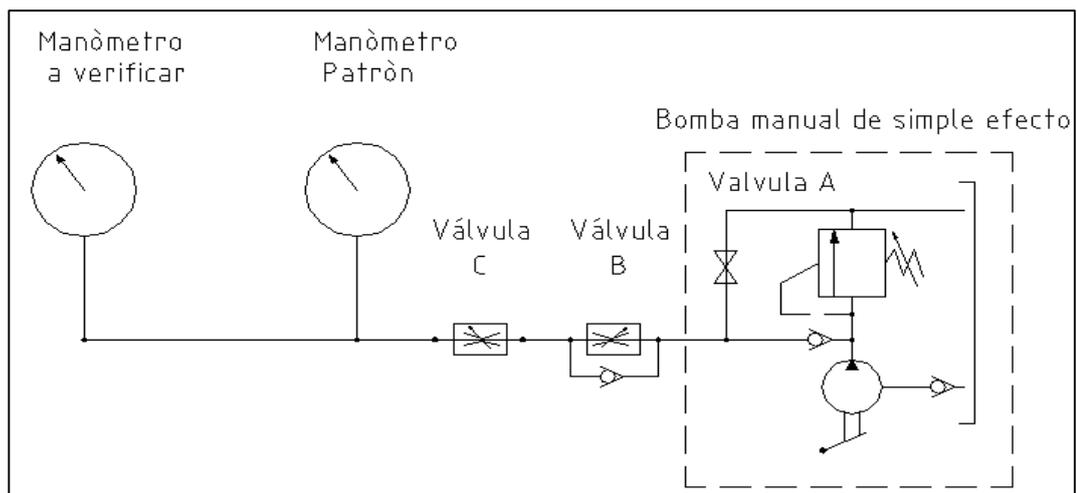
### 3.2.1. Descripción del sistema hidráulico.

El sistema hidráulico del equipo, consiste en una bomba hidráulica manual, que suministra el aceite al circuito, válvulas de control y ajuste fino de presión, un distribuidor hidráulico, accesorios para conexiones, y la unidad cilindro - pistón UCP.

#### 3.2.1.1. Circuito hidráulico.

Para la calibración por comparación utilizando el manómetro patrón se realiza el circuito que se muestra en la figura N.- 16.

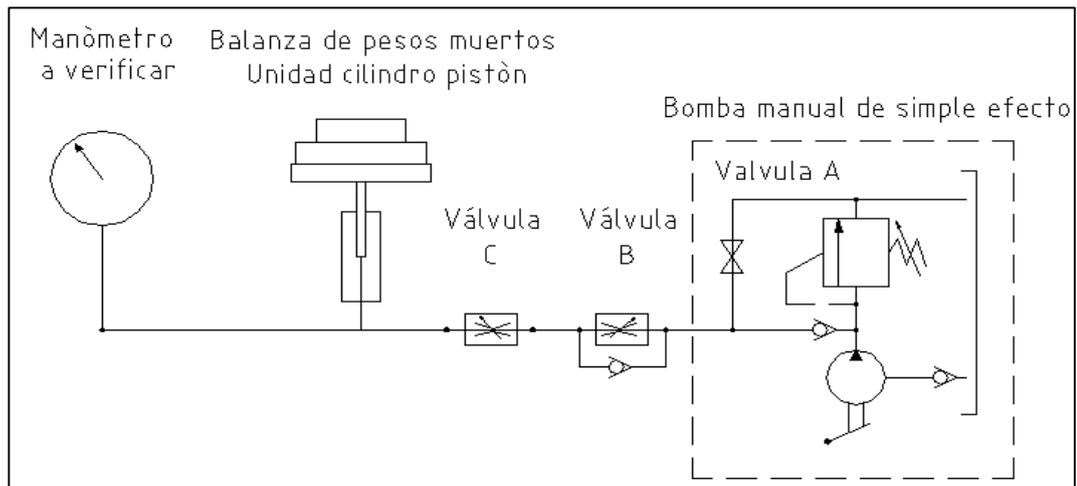
**Figura N.- 16 Circuito hidráulico para calibración utilizando el manómetro patrón**



Elaborado por: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

Cuando se calibra utilizando los pesos muertos, ver la figura N.- 17.

**Figura N.- 17 Circuito hidráulico para calibración utilizando pesos muertos**



Elaborado por: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

### 3.2.2. Selección de la bomba manual.

Para la selección de la bomba se considera la presión máxima del sistema que es de 20 MPa (2900 Psi), y el volumen necesario de aceite que es de 48,5 cm<sup>3</sup>.

Se selecciona la bomba BM-04 marca MEGA, ver la figura N.- 18.

**Figura N.- 18 Bomba hidráulica manual de simple efecto BM-04**



Fuente: MEGA (2007)

La bomba BM-04, tiene una presión de trabajo máxima de 10000 Psi, con conexión 3/8" NPTF y cumple con las consideraciones de funcionamiento, presión y volumen como lo muestra la tabla N.- 6.

**Tabla N.- 6 Bomba manual de simple efecto MEGA BM-04**

Ref.	Presión de trabajo		Capacidad de aceite útil	Caudal por embolada	Dimensiones mm			Peso
	[MPa]	Psi	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	Largo	Ancho	Altura	Kg
<b>BM-04</b>	70	10000	400	2,5	460	127	440	4,25

Fuente: MEGA (2007)

### 3.2.3. Selección de válvulas de control.

El funcionamiento de la válvula en el circuito hidráulico es proporcionar un control de flujo de precisión con ajuste fino, y que cumpla con las consideraciones de presión, buen sellado, estabilidad, tamaño y economía.

Se seleccionó una válvula de aguja que cumple con las características de funcionamiento. Ver figura N.- 19

**Figura N.- 19 Válvula de aguja WNV-600**



Fuente: Prince Manufacturing (2013)

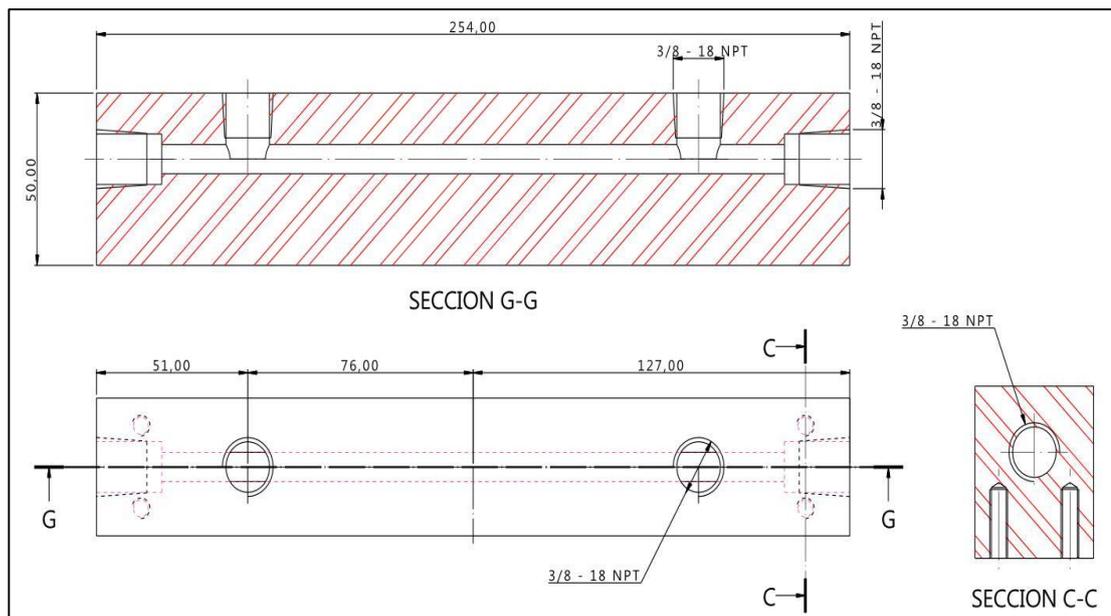
La válvula de aguja WNV-600, soporta 5000 Psi de presión, con conexión 3/8” NPTF y es ideal para un efectivo control de altas presiones.

En los anexos de materiales, se encuentra el catálogo de la válvula de aguja seleccionada.

### 3.2.4. Distribuidor hidráulico.

Se prefiere utilizar un distribuidor hidráulico (Manifold), diseñado para transmitir el fluido hacia las tomas requeridas, de esta manera se reduce el número de puntos de fuga en el sistema hidráulico y accesorios como tuberías y conectores. El diseño que se muestra en la figura N.- 20, satisface las necesidades del equipo con las dimensiones requeridas.

**Figura N.- 20 Manifold AISI 1018**



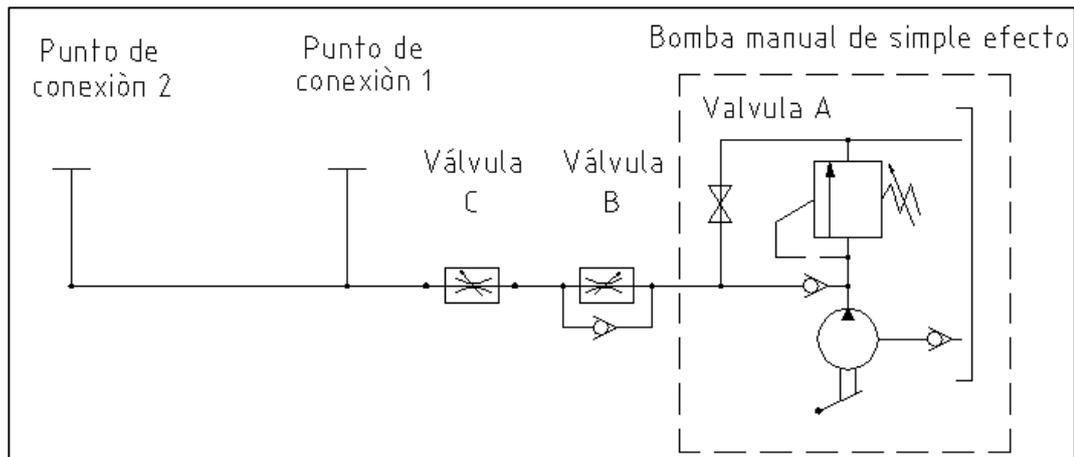
**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

### 3.2.5. Funcionamiento.

La operación del equipo está controlada por el accionamiento de la bomba manual, de la válvula A, válvula B y válvula C, como se indica en la figura N.- 21.

Para iniciar el funcionamiento del equipo, la válvula A conjuntamente con la válvula B se cerrarán totalmente y la válvula C se abre al 100%, para llenar el sistema con fluido hidráulico (aceite) accionando la bomba manual, además los puntos de conexión 1 y 2 tiene que estar libres.

**Figura N.- 21 Esquema hidráulico**



**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

Una vez que el fluido hidráulico llega hasta los puntos de conexión 1 y 2 se procede a la colocación de los instrumentos dependiendo el proceso de calibración que se vaya a realizar.

Para calibrar por comparación se conecta el manómetro patrón en el punto 1 y el manómetro a verificar en el punto 2. De ahí se controla mediante el accionamiento de la bomba o con la válvula C para el ajuste fino de presión.

Cuando se vaya a calibrar por pesos muertos, se conecta la unidad cilindro pistón en el punto de conexión 1 mientras que en el punto de conexión 2 se conecta el manómetro a verificar. Igualmente el funcionamiento se controlará mediante la bomba manual y las válvulas.

Antes de realizarse el proceso de calibración se cumplirá una serie de comprobaciones preliminares que se detallará en el capítulo IV.

### **3.3. Cálculo hidrostático.**

Como se mencionó en la introducción del capítulo, el diseño de este equipo se basa en el Principio de Pascal.

Donde se necesita alcanzar una presión de 20 MPa (2900 Psi). Según la norma se debe alcanzar la presión máxima del instrumento, el manómetro patrón tiene un rango de 0 a 3000 Psi, entonces se tiene una presión máxima de 3000 Psi.

Se determinará entonces la fuerza a aplicar y la sección de área del pistón para obtener la presión de 3000 Psi.

### **3.3.1. Selección del diámetro del pistón y la carga a aplicar.**

Al seguir con las consideraciones principales como la seguridad del operador, la economía y las limitaciones físicas del equipo.

Datos:

Presión Máxima = 3000 Psi = 20,68 MPa.

Al utilizar la Ecuación 1.1:

$$3000 \text{ Psi} = \frac{F}{A}$$

Se sabe que el área es directamente proporcional a la fuerza, entonces se debe tener una fuerza que sea manejable y segura para el operador y una sección del pistón mínima posible para su construcción.

Se asume un diámetro del pistón de 4,01 mm de diámetro debido a su posibilidad de construcción y accesibilidad en el mercado, que más adelante se detallará.

Los datos de construcción:

La magnitud de la fuerza F es la suma del peso del pistón más los pesos aplicados.

Datos:

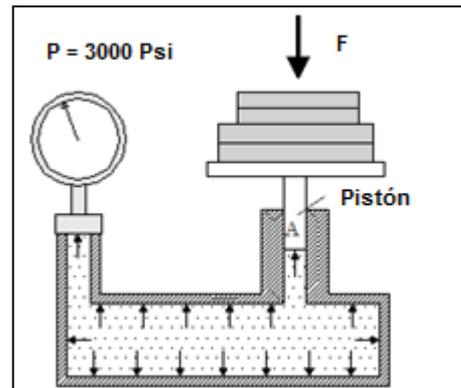
P = Presión máxima = 3000 [Psi]

F = Fuerza máxima [Lb]

A = Área de sección del pistón [plg<sup>2</sup>]

d = Diámetro del pistón [mm]

d = 4,01 mm = 0,15785 plg.



Donde el área de una sección circular es igual:

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

$$A = \frac{\pi \times (0,15785 \text{ plg})^2}{4}$$

$$A = 0,019569 \text{ plg}^2$$

Al despejar la ecuación 1.1, y al reemplazar el valor del área del pistón:

$$F = P \times A$$

$$F = 3000 \frac{\text{Lb}}{\text{pulg}^2} \times 0,019569 \text{ plg}^2$$

$$F = 58,707 \text{ Lb.}$$

Se obtiene una fuerza de 58,70 Lb o equivalente a **26,68 Kgf**, que es el valor máximo de la carga sobre el pistón de 4,01 mm de diámetro para obtener una presión de 3000 Psi.

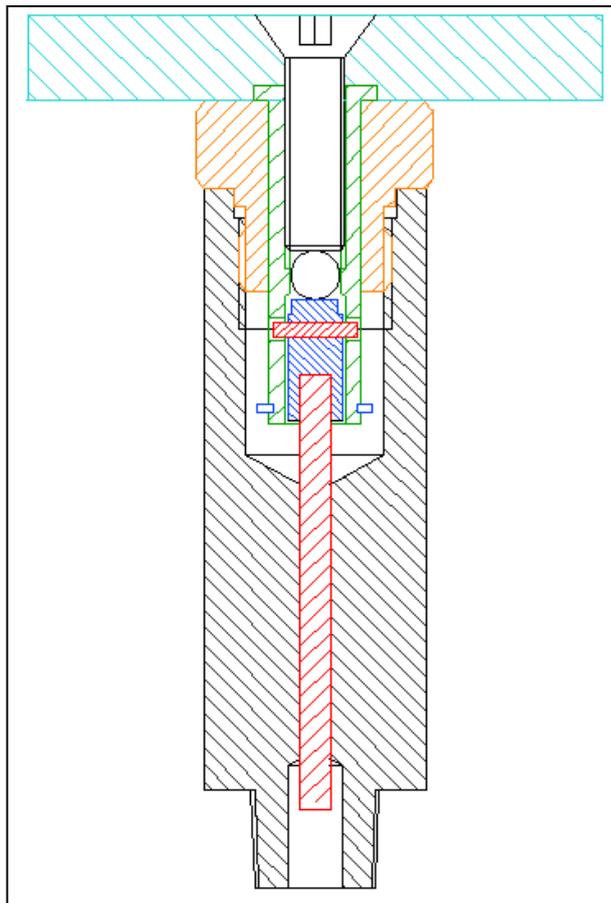
Más adelante se detallará el diseño y la cantidad de pesos necesarios para obtener varias presiones en el proceso de calibración de manómetros.

El pistón necesita de un estudio cuidadoso para soportar con seguridad la carga máxima a aplicar.

### 3.4. Diseño del cilindro - pistón U.C.P.

La parte principal que genera la presión en el sistema es la unidad cilindro pistón, por eso es importante, la selección de materiales, dimensiones, análisis de esfuerzos, y varios factores principales que intervienen en el siguiente diseño, ver figura N.- 22.

**Figura N.- 22 Unidad Cilindro Pistón**



Elaborado por: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

#### 3.4.1. Selección de material para el pistón y cilindro.

Para la selección de materiales del pistón y cilindro es importante tener propiedades mecánicas idóneas (límite de fluencia, módulo de elasticidad), que soporten la carga y que presenten pocas posibilidades de deformaciones, es por ello

que el acero a seleccionar debe tener una combinación óptima de los siguientes parámetros.

1. Resistencia mecánica
2. Resistencia a la corrosión
3. Maquinabilidad
4. Disponibilidad en el mercado
5. Costo razonable

Al considerar que el pistón tiene un diámetro pequeño de 4,01 mm y que soporta una carga de 26,68 kgf, es importante un material con el límite de fluencia alto y que presente pocas posibilidades de deformación, también se debe tomar en cuenta que el mecanizado sea mínimo.

La siguiente tabla N.- 7, muestra la alternativa y disponibilidad que el proveedor brinda para la aplicación que cumple el diseño del pistón.

**Tabla N.- 7 Material del pistón acero plata AISI 01**

Acero	Bohler	Descripción del acero	Dimension es en stock diámetro	Propiedades mecánicas	Costo \$/Kg
Para Trabajo en frío	Acero plata AISI 01 (K510)	Resistencia al desgaste y ofrece propiedades óptimas de <b>estabilidad dimensional, resistencia a la compresión.</b>	3mm 4mm 5mm hasta 20 mm	Estado de suministro: Recocido rectificado h8 Resistencia a la fluencia 489 MPa (70900 psi) Dureza 220 HB	<b>10</b>

**Fuente:** Bohler (2009)

El material cumple con varios factores importantes para el pistón, se destaca la resistencia a la compresión y desgaste, estabilidad dimensional y buenas propiedades mecánicas.

De igual manera, la siguiente tabla N.- 8, indica las propiedades características del material AISI 420 para el cilindro.

**Tabla N.- 8 Material del cilindro AISI 420**

Acero	Bohler	Descripción del acero	Dimensiones en stock diámetro	Propiedades mecánicas	Costo \$/Kg
Para moldes plásticos	AISI 420 (M303)	Acero inoxidable, resistente a la corrosión y al desgaste. Buena <b>máquinabilidad y excelente pulido</b> , tratamiento térmico no requerido.	20,5 mm <b>35,8 mm</b> hasta 182 mm	Estado de suministro: Bonificado Resistencia a la fluencia: 345 MPa; Dureza: 290 - 330 HB	<b>20</b>

Fuente: Bohler (2009)

El material del cilindro se destaca en que ofrece una buena maquinabilidad y excelente pulido, esto brinda una alta calidad superficial en el diámetro interior del cilindro que permite el buen deslizamiento del pistón.

### 3.4.2. Holgura entre cilindro y pistón.

El mecanizado debe ser muy cuidadoso entre el pistón y cilindro, ya que esta unidad genera la presión real al sistema.

Es por ello que se debe destacar:

- 1.- Ajuste deslizante y giratorio.
- 2.- Zona de tolerancia al límite.
- 3.- Lubricación al límite.

Una vez mecanizado, se obtiene un promedio de mediciones del diámetro del pistón de 4,01 mm.

Para el cilindro se hace el agujero y se pasa escariador de diámetro 4 mm H7, donde se puede obtener un diámetro promedio de 4,008 mm, de ahí se pasa lija de agua

de 600 para disminuir la rugosidad superficial, donde aumenta a un diámetro interior promedio de 4,016 mm.

Entonces se tiene:

$d = \text{diámetro pistón} = 4,01 \text{ mm}$

$D = \text{diámetro cilindro} = 4,016$

$$\text{Zona de tolerancia} = D - d \qquad \text{Ec. (3.2)}$$

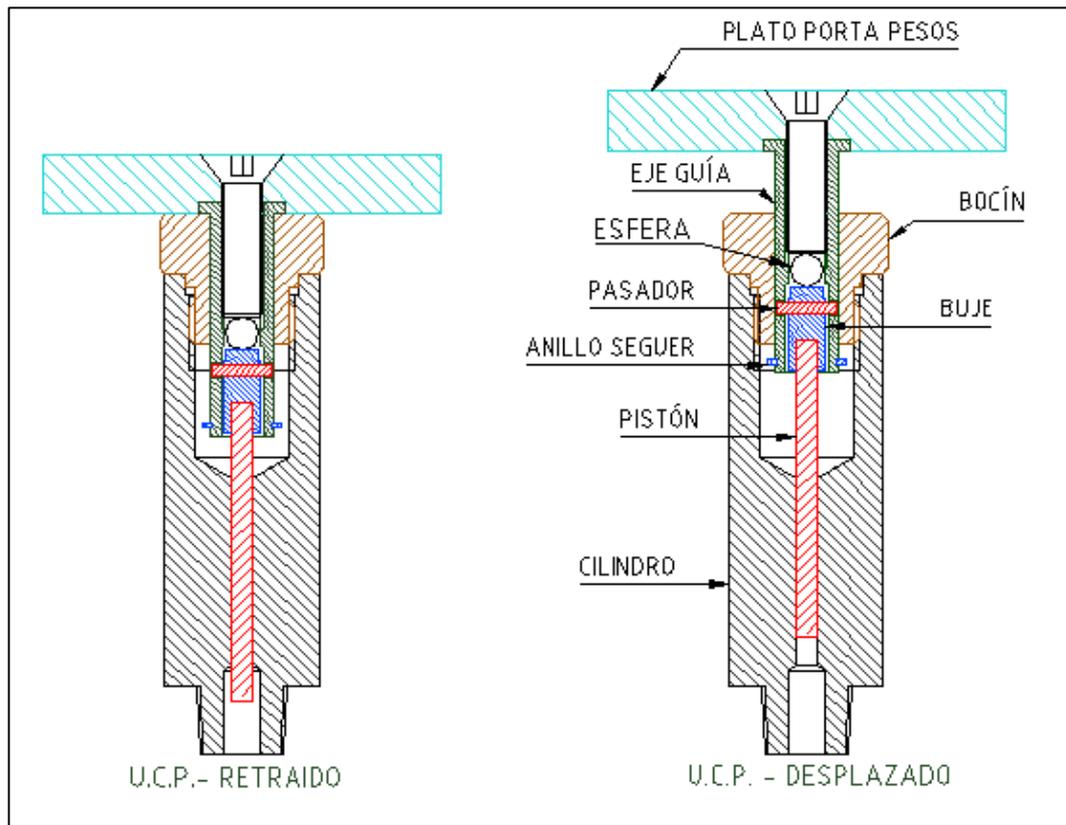
$$4,016 \text{ mm} - 4,01 \text{ mm} = 0,006 \text{ mm.}$$

### **3.4.3. Elementos de la unidad cilindro pistón.**

El diseño requiere de elementos importantes para que cumpla con su principio de funcionamiento.

Para generar la presión, se debe desplazar al pistón hasta que se encuentre suspendido sobre el fluido como se muestra en la figura N.- 23.

**Figura N.- 23 Desplazamiento del pistón**

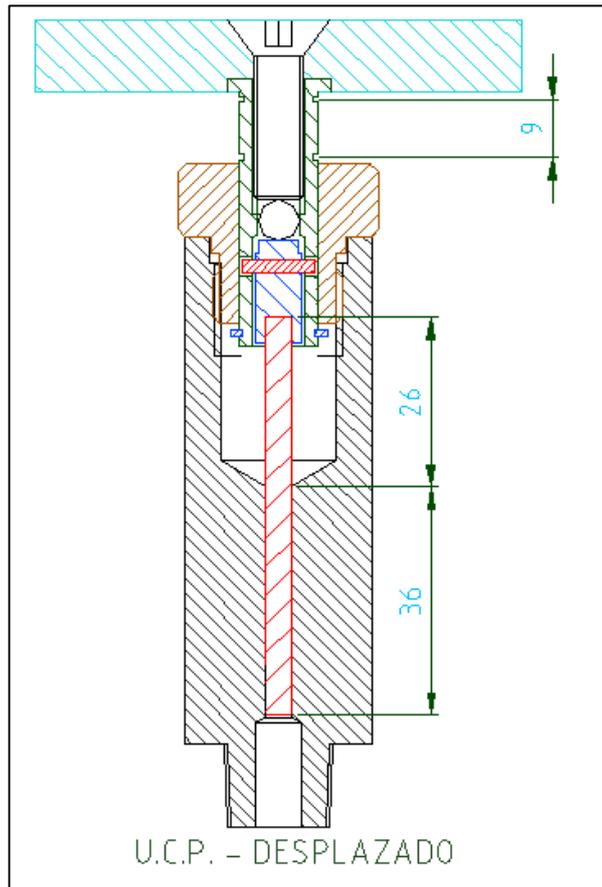


**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

Para alcanzar el equilibrio hidrostático según el diseño, el pistón debe desplazarse entre 2 a 11 milímetros, el anillo seguer sirve como tope para evitar que se desplace más del límite y pueda ocasionar una rotura o mal funcionamiento.

La longitud total del pistón como se muestra en la figura N.- 24, es de 62 milímetros, con una longitud de sujeción entre el pistón - cilindro de 36 mm y una altura desplazada libre de 26 mm.

**Figura N.- 24 Cilindro pistón en equilibrio hidrostático**



**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

El sistema contiene un elemento de seguridad eje guía - bocín, que permite un desplazamiento recto y sin posibilidad de flexión.

La esfera de acero inoxidable  $\varnothing 1/4''$  permite que el pistón no genere algún tipo de fricción por error de mecanizado al momento de empujar al porta pesos.

### **3.5. Volumen de aceite.**

Una vez determinado todos los elementos del equipo como la válvula de control, manifold, unidad cilindro pistón. Es necesario determinar el volumen de aceite para el sistema.

Al utilizar la fórmula del volumen de figura circular:

$$\text{Volumen hidráulico} = A_H \times L_H \quad \text{EC. (3.3)}$$

**Donde:**

$A_H$  = Área hidráulica (sección del ducto) [cm<sup>2</sup>]

$L_H$  = Longitud hidráulica del ducto. [cm]

$D_H$  = Diámetro hidráulico [cm]

$V_H$  = Volumen hidráulico [cm<sup>3</sup>]

Se tiene:

Elemento	$D_H$ (cm)	$A_H$ [cm <sup>2</sup> ]	$L_H$ [cm]	$V_H$ [cm <sup>3</sup> ]
Manifold	1,2	1,13	24	27,14
Válvulas	1,2	1,13	12	13,56
U.C.P.	0,4016	0,12	1,5	0,19
Conectores	1,1	0,95	8	7,60

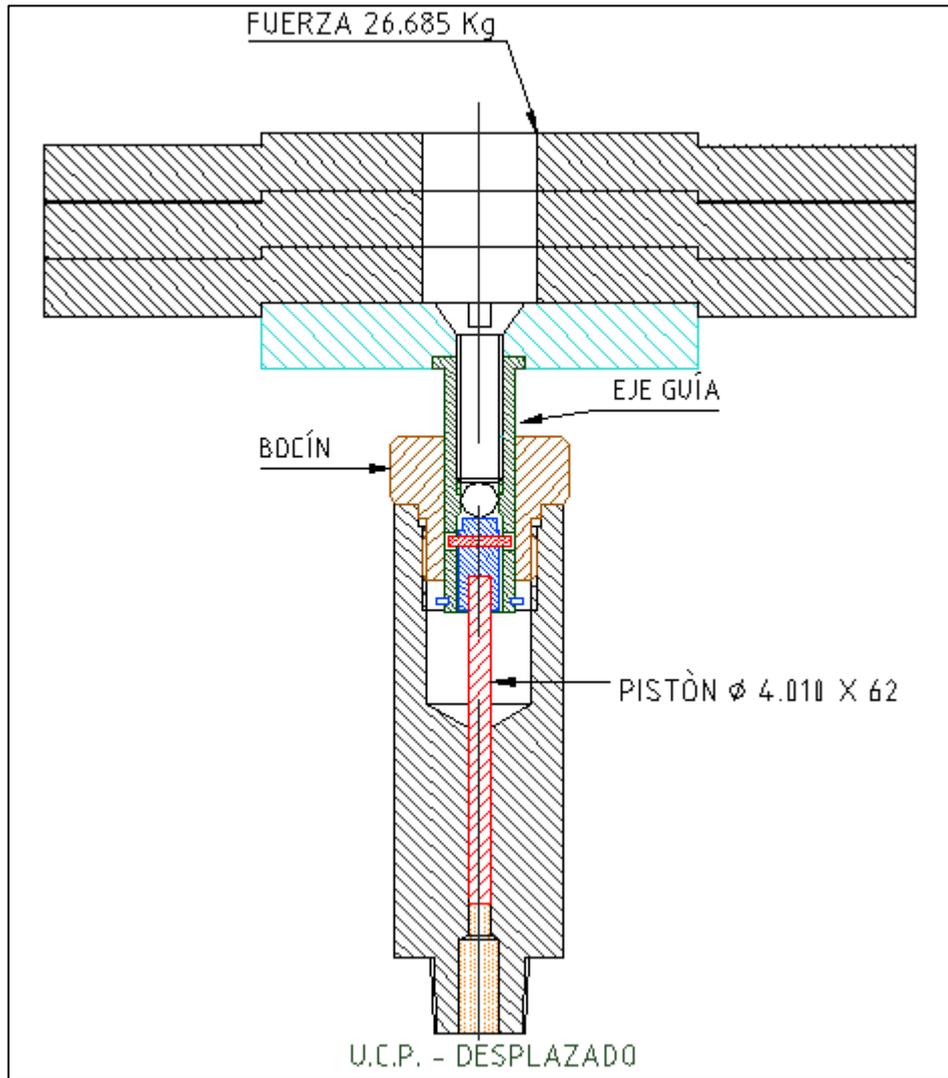
<b>Total</b>	<b>48,49</b>
--------------	--------------

La bomba manual seleccionada tiene una capacidad de aceite de 400 cm<sup>3</sup> y un caudal por embolada de 2,5 cm<sup>3</sup> que satisface cantidad de volumen necesaria para el sistema.

### 3.6. Análisis de esfuerzos en el pistón.

La figura N.- 25, muestra la carga máxima que actúa sobre el pistón para alcanzar los 3000 Psi, se tiene en cuenta que posee un eje guía acoplado que se desliza sobre el bocín para evitar que el eje pistón se pandee, sin embargo más adelante se detalla el cálculo para descartar la posibilidad de pandeo en el eje pistón.

**Figura N.- 25 Carga máxima actuante sobre el pistón**



**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

La fuerza axial  $F$  hace que el pistón se comprima, entonces el esfuerzo normal a analizar es el esfuerzo de compresión.

### 3.6.1. Cálculo a compresión.

Siempre que los esfuerzos actúen en una dirección perpendicular a la superficie de corte, se llaman esfuerzos normales. (Gere, 2006)

Como el esfuerzo normal  $\sigma$  se obtiene dividiendo la fuerza axial entre el área transversal, sus unidades son de fuerza por unidad de área.

Ecuación para determinar la magnitud de los esfuerzos:

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \sigma_{\text{adm}} \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Donde:

$$\sigma = \text{Esfuerzo de compresión} \quad \left[\frac{N}{\text{mm}^2}\right]$$

$$F = \text{Fuerza axial} \quad [N]$$

$$A = \text{Área de sección del pistón} \quad [\text{mm}^2]$$

$$d = \text{Diámetro del pistón} \quad [\text{mm}]$$

$$\sigma_{\text{adm}} = \text{Esfuerzo admisible en el material} \quad \left[\frac{N}{\text{mm}^2}\right]$$

Al utilizar:

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\sigma_f}{F_s} \quad \text{Ec. (3.5)}$$

Donde:

$$\sigma_f = \text{Esfuerzo de fluencia del material} \quad \left[\frac{N}{\text{mm}^2}\right]$$

$$F_s = \text{Factor de seguridad}$$

Así pues se tiene para el cálculo:

$$F = 26,68 \text{ Kgf} \times \frac{9,7728 \text{ N}}{1 \text{ Kgf}} = 260,787 \text{ N}$$

$$d = 4,01 \text{ mm}$$

$$A = 0,12629 \text{ cm}^2 = 12,629 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_f = 489 \text{ MPa} = 489 \left[\frac{N}{\text{mm}^2}\right]$$

$$F_s = 2$$

Se considera un factor de seguridad de 2 debido a que la carga axial es estática.

Entonces se aplica la ecuación 3.5:

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{489 \text{ N/mm}^2}{2} = 244,5 \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Una vez determinado el esfuerzo admisible, se compara con el esfuerzo de compresión que el pistón soporta.

Entonces al utilizar la ecuación 3.4:

$$\sigma = \frac{260,787 \text{ N}}{12,629 \text{ mm}^2} = 20,65 \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Se obtiene un esfuerzo de compresión de 20,65 N/mm<sup>2</sup> el cual es menor al esfuerzo admisible.

$$\sigma \leq \sigma_{\text{adm}}$$

$$20,65 \text{ N/mm}^2 < 244,5 \text{ N/mm}^2$$

Entonces:

$$F_s = \frac{489}{20,65} = 23$$

Se obtiene un factor de seguridad de 23, se confirma que el material seleccionado brinda una buena resistencia a la aplicación del pistón, sin influir mayormente en el precio del equipo como se puede ver en el análisis de costos.

### **3.6.2. Cálculo de longitud del pistón sin pandeo.**

El efecto producido por el pandeo no sólo depende de la longitud del vástago (longitud libre del pistón extendido) con relación a su diámetro, sino que depende en gran medida también de la forma de fijación del cilindro al soporte correspondiente y del tipo de montaje de la cabeza o extremo del vástago. (Nicolás, 2002)

Por ello el diseño tiene elementos de sujeción segura entre el cilindro - pistón, con una longitud de sujeción de 36 milímetros, y la sujeción en el otro extremo del buje - pistón, que empuja de manera recta al porta pesos como lo indica la figura N.- 24.

De una forma general, y teniendo en cuenta solamente el vástago, se considera que puede existir pandeo o flexión lateral, cuando se cumpla la relación: (Nicolás, 2002)

$$\frac{L_V}{i} \geq 40 \quad \text{Ec. (3.6)}$$

Donde:

$L_V$  = Longitud del vástago [cm]

$i$  = Radio de giro de la sección [cm]

Al ser:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \text{Ec. (3.7)}$$

Donde:

$I$  = Momento de inercia de la sección [cm<sup>4</sup>]

$A$  = Área de la sección recta circular del pistón [cm<sup>2</sup>]

Por debajo de este valor se considera rigidez superficial en el vástago como para que no exista el fenómeno de pandeo. (Nicolás, 2002)

El momento de inercia de una superficie plana circular es: (Gieck, 2007)

$$I = \frac{\pi x d^4}{64} \quad \text{Ec. (3.8)}$$

Entonces para el cálculo, el vástago es la longitud libre máxima que el pistón se desplaza sobre el cilindro, que es de 27 milímetros, sin embargo se tomara una longitud de 30 mm, que es la distancia desplazada hasta el tope según el diseño.

Se tiene los siguientes datos:

$$L_v = 3 \text{ cm.}$$

$$A = 0,12629 \text{ cm}^2.$$

$$d = 0,401 \text{ cm.}$$

Para el momento de inercia se utiliza la ecuación 3.8:

$$I = \frac{\pi \times (0,401 \text{ cm})^4}{64}$$

$$I = 0,001269 \text{ cm}^4$$

Para el radio de giro se utiliza la ecuación. 3.7:

$$i = \sqrt{\frac{0,001269 \text{ cm}^4}{0,1262 \text{ cm}^2}}$$

$$i = \sqrt{0,010 \text{ cm}^2}$$

$$i = 0,10 \text{ cm}$$

Entonces se aplica la ecuación 3.6:

$$\frac{3 \text{ cm}}{0,10 \text{ cm}} = 30$$

De acuerdo a la relación obtenida de 30 menor que 40 entonces se determina que el vástago tiene rigidez superficial y que no existe el fenómeno de pandeo.

### **3.6.3. Tratamiento termoquímico del pistón.**

Para evitar un desgaste del pistón de acero plata AISI 01 mecanizado cuidadosamente, se necesitó mejorar su resistencia al desgaste, a la corrosión y a la fatiga, siendo el proceso termoquímico de nitruración el recomendado por el proveedor Bohler debido a que tampoco aumenta sus dimensiones que se requiere para el ajuste entre el cilindro pistón obtenido.

### 3.6.3.1. Nitruración.

Proceso de difusión de Nitrógeno que forma compuestos con elementos de aleación del acero obteniéndose elementos como nitruros de hierro, nitruros de cromo, nitruros de tungsteno que forman una capa altamente resistente al desgaste y a la corrosión. (Bohler, manual de aceros especiales, 2007)

Material	Tratamiento	Profundidad de capa	Dureza
AISI 01 (K460)	Nitruración	0,025 mm	58 - 60 HRC

### 3.7. Cálculo del espesor de la pared del cilindro.

La frontera, no muy bien definida, entre un tubo de pared delgada y un tubo de pared gruesa, puede establecerse considerando las siguientes relaciones: (Nicolás, 2002)

$$e < 0,10D \text{ cilindro de pared delgada.} \quad \text{Ec. (3.9)}$$

$$e \geq 0,10D \text{ cilindro de pared gruesa.}$$

Donde:

$$D = \text{diámetro interior del cilindro} \quad [\text{mm}]$$

$$e = \text{espesor de la pared (el espesor más pequeño según el diseño)} \quad [\text{mm}]$$

Se tiene:

$$D = 4,016 \text{ mm}$$

$$e = 3,70 \text{ mm}$$

Al aplicar la ecuación 3.9:

$$0,10 \times 4,016 \text{ mm} = 0,4016 \text{ mm}$$

Así cumpliendo la relación  $3,70 \text{ mm} \geq 0,4016 \text{ mm}$ , se procede a determinar el espesor que necesita la pared gruesa del cilindro para soportar la presión del fluido.

### 3.7.1. Cálculo de cilindro de pared gruesa.

Cuando se trata de cilindros de pared gruesa, y abierto en los extremos como en el diseño, los esfuerzos que se originan en las paredes del cilindro son:

$$\sigma_t = \text{Esfuerzo tangencial (esfuerzo normal de tracción)} \quad [\text{MPa}]$$

$$\sigma_r = \text{Esfuerzo radial (esfuerzo normal de compresión)} \quad [\text{MPa}]$$

El esfuerzo  $\sigma_t$  tiende a separar al cilindro y romperlo, mientras que el esfuerzo  $\sigma_r$  radial de compresión tiende a comprimir el espesor de la pared del cilindro.

En cualquier tratado de Resistencia de Materiales puede demostrarse que las tensiones que interesan pueden obtenerse a través de las expresiones: (Nicolás, 2002)

$$\sigma_t = P \times \frac{R^2 + r^2}{R^2 - r^2} \quad \text{Ec. (3.10)}$$

$$\sigma_r = - P \quad \text{Ec. (3.11)}$$

Donde:

$$P = \text{Presión interior del cilindro} \quad [\text{MPa}]$$

$$R = \text{Radio exterior del cilindro} \quad [\text{mm}]$$

$$r = \text{Radio interior del cilindro} \quad [\text{mm}]$$

Según la teoría de la tensión cortante máxima:

$$\sigma_{adm} = \sigma_t + \sigma_r \quad \text{Ec. (3.12)}$$

Al remplazar en las ecuaciones 3.10 y 3.11 en 3.12:

$$\sigma_{adm} = P \times \frac{R^2 + r^2}{R^2 - r^2} + P \quad \text{Ec. (3.13)}$$

Para obtener el esfuerzo admisible, se tiene los siguientes datos:

Material= acero AISI 420

$$\sigma_f = 345 \text{ MPa.}$$

$$F_s = 3$$

El coeficiente de seguridad en el caso de cilindros y en materiales dúctiles, oscila entre 1,5 y 3 respecto a la mencionada fluencia. (Nicolás, 2002)

Se considera un factor de seguridad de 3 debido a la recomendación de cilindros hidráulicos.

Al utilizar la ecuación 3.5:

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{345 \text{ N/mm}^2}{3} = 115 \text{ MPa.}$$

Para determinar el esfuerzo que soporta el cilindro:

$$P = 3000 \text{ Psi} = 20,656 \text{ MPa} = 20,656 \text{ N/mm}^2$$

$$R = 5,7 \text{ mm (según el diseño)}$$

$$r = 2,008 \text{ mm}$$

Al remplazar en la ecuación 3.13:

$$\sigma_t + \sigma_r = 20,656 \text{ N/mm}^2 \times \frac{(5,7 \text{ mm})^2 + (2,008 \text{ mm})^2}{(5,7 \text{ mm})^2 - (2,008 \text{ mm})^2} + 20,656 \text{ N/mm}^2$$

Se obtiene:

$$\sigma_t + \sigma_r = 47,11 \text{ MPa.}$$

Al comparar con el esfuerzo a la fluencia:

$$47,11 \text{ MPa.} < 345 \text{ MPa.}$$

Entonces:

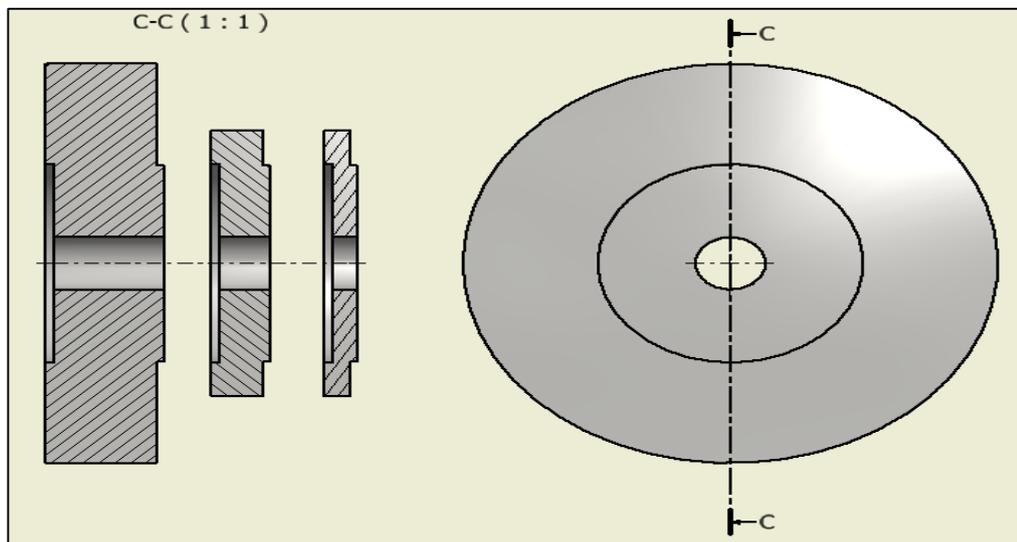
$$F_s = \frac{345}{47,11} = 7$$

Se confirma que el material seleccionado soporta dicha presión interna con un factor de seguridad de 7 debido a su alta resistencia.

### 3.8. Diseño de los pesos.

Los pesos tienen un diseño que permiten acoplarse uno con otro fácilmente como se muestra en la figura N.- 26.

**Figura N.- 26 Diseño de pesos**



**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

La cantidad de pesos van de acuerdo a las presiones que se requiere, y de igual manera la magnitud de los mismos.

La siguiente tabla N.- 9, muestra la cantidad de pesos que se requiere.

**Tabla N.- 9 Cantidad y presión ejercida por los pesos**

<b>Ítem No.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Presión Unitaria [Psi]</b>	<b>Presión Total [Psi]</b>
1	4	500	2000
2	5	100	500
3	4	50	200
4	1	200	200
5	3	25	75
6	1	25	25

<b>TOTAL:</b>	3000
---------------	------

**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

El peso del ítem número 6 es el que ejerce todo el conjunto del pistón y el porta pesos.

### **3.8.1. Cálculo de pesos.**

Para el cálculo de los pesos, se tiene el valor del área del pistón, y las presiones que deben ejercer. Se utiliza la ecuación 1.1 para encontrar la magnitud de los diferentes pesos y se muestra en la siguiente tabla de cálculo N.- 10.

$$F = P \times A$$

**Tabla N.- 10 Cálculo de pesos**

Diámetro del pistón		Área de la sección del pistón		Presión Máxima			
[mm]	[plg]	[mm <sup>2</sup> ]	[plg <sup>2</sup> ]	Lb/plg <sup>2</sup> [Psi]			
<b>4,01</b>	<b>0,15785</b>	<b>12,6292</b>	<b>0,019569</b>	<b>3000</b>			
Ítem No	Cant.	Presión Unitaria [Psi]	Presión Total [Psi]	Área [plg <sup>2</sup> ]	Fuerza [Lb]	Fuerza [g]	Fuerza Total [g]
1	4	<b>500</b>	2000	0,019569	9,7845	4447,5	17790
2	5	<b>100</b>	500	0,019569	1,9569	889,5	4447,5
3	4	<b>50</b>	200	0,019569	0,97845	444,75	1779
4	1	<b>200</b>	200	0,019569	3,9138	1779	1779
5	3	<b>25</b>	75	0,019569	0,489225	222,375	667,125
6	1	<b>25</b>	25	0,019569	0,489225	222,375	222,375
						<b>TOTAL</b>	<b>26685</b>

**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

Una vez determinado la cantidad y el valor de la magnitud de los pesos se deben determinar las dimensiones de los pesos.

### **3.8.2. Selección del material para pesos.**

El material se selecciona teniendo en cuenta las consideraciones de densidad del material, limitaciones físicas, es decir factibilidad de mecanizado y economía, los cuales se muestra en la tabla N.- 11.

**Tabla N.- 11 Disponibilidad del material**

<b>Material</b>	<b>Estado de suministro</b>	<b>Geometría</b>	<b>Dimensiones [mm]</b>	<b>Densidad [g/cm<sup>3</sup>]</b>
AISI 1018	Trefilado h11	redondo	152,30	7,83
AISI 1018	Trefilado h11	redondo	101,55	7,83
DURALUMINIO	alta resistencia	redondo	100	2,75
DURALUMINIO	alta resistencia	redondo	80	2,75

**Fuente:** Bohler (2009)

El material duraluminio de alta resistencia al esfuerzo, resistencia a la corrosión y bajo peso específico (1/3 comparado con el acero), se utilizará para construir los pesos de menor magnitud.

El material AISI 1018 es un material pesado que se utilizará para realizar pesos de mayor magnitud, sin embargo tiene baja resistencia a la corrosión.

Para ello, después del mecanizado se realizará un tratamiento químico superficial que no afecte el peso que se obtuvo después del mecanizado y que proteja a la superficie del material de la oxidación al exponerse al aire del ambiente.

### **3.8.3. Revestimiento químico en los pesos.**

Para los pesos de material AISI 1018, se utilizará el proceso químico de galvanizado. Proceso mediante el cual se aplica una capa de zinc fundido sobre productos de hierro, con el objeto de aumentar la vida útil, gracias a la protección contra la corrosión que confiere la capa de zinc.

### **3.8.4. Dimensiones de los pesos.**

Para determinar las dimensiones completas de los pesos, se utiliza la siguiente ecuación.

$$V = \frac{m}{\delta} \quad \text{Ec.- (3.14)}$$

Donde:

$\delta$  = densidad del material [ $\frac{g}{cm^3}$ ]

m = masa [g]

V = Volumen [cm<sup>3</sup>]

Se sabe que:

$$V = A_c \times L \quad \text{Ec. (3.15)}$$

Para determinar el área circular:

$$A_c = \frac{\pi \times d_c^2}{4}$$

Donde:

$A_c$  = Área de la sección circular [cm<sup>2</sup>]

L = Longitud [cm]

$d_c$  = circunferencias del peso (diámetros, ver figura N.- 27) [cm]

La siguiente tabla N.- 12. Indica los datos disponibles de masa y densidad necesarios para encontrar el volumen de los pesos.

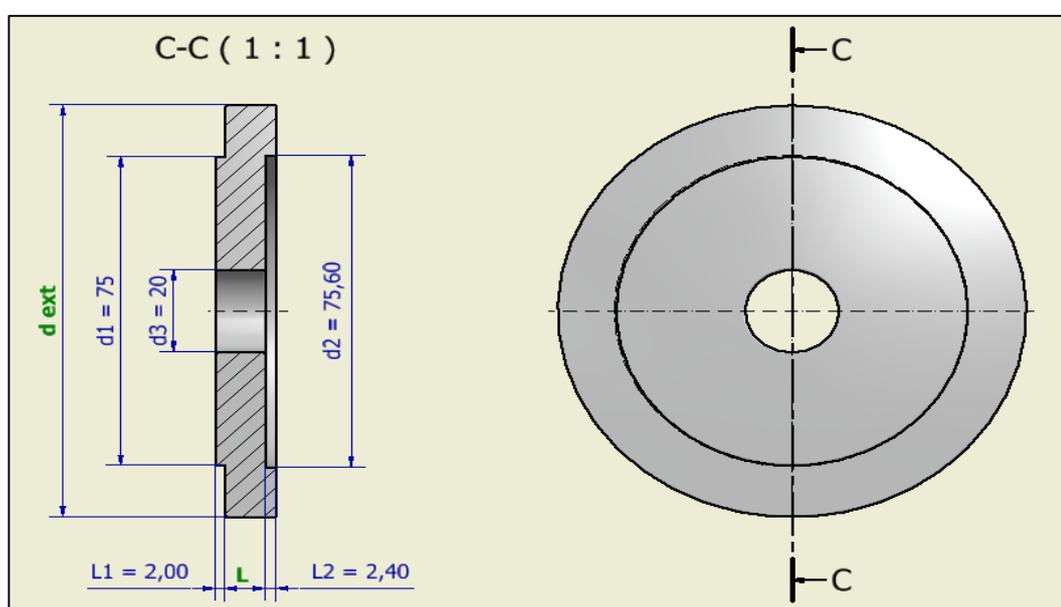
**Tabla N.- 12 Asignación del material seleccionado a los pesos**

Ítem No	Cant.	Diámetro exterior [mm]	Densidad [g/cm <sup>3</sup> ]	Material	Masa Unitaria [g]
1	4	152,30	7,83	AISI 1018	4447,5
2	5	101,55	7,83	AISI 1018	889,5
3	4	101,55	7,83	AISI 1018	444,75
4	1	152,30	7,83	AISI 1018	1779
5	3	100	2,75	DURALUMINIO	222,375
6	1	75	2,75	DURALUMINIO	222,375

**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

Según el diseño realizado se obtiene las siguientes dimensiones que son constantes para todos los pesos, como se muestra en la figura N.- 27, y más adelante se determina la distancia L.

**Figura N.- 27 Dimensiones constantes de los pesos**



**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

La siguiente tabla de cálculo N.- 13 expresa el procedimiento del cálculo realizado para encontrar la longitud L que el peso necesita para tener la masa establecida.

**Tabla N.- 13 Cálculo de dimensiones de los pesos**

Peso	Presión (Psi)	D ext. [cm]	d1 [cm]	d2 [cm]	d3 [cm]	L1 [cm]	L2 [cm]	Área sección circular [cm <sup>2</sup> ]					Volumen secciones [cm <sup>3</sup> ]		Densidad [g/cm <sup>3</sup> ]	Masa [g]				L [cm]
								Ac1 d1	Ac2 d2	Ac3 d3	Ac4 D ext.	Ac 5 (Ac4 - Ac3)	V1 (Ac1 - Ac3) * L1	V2 (Ac4 - Ac2)*L2	δ	M total	M1 (δ * V1)	M2 (δ * V2)	M3 M Total - M1 - M2	$\frac{M3}{Ac5 * \delta}$
1	500	15,23	7,5	7,56	2	0,2	0,24	44,17	44,88	3,14	182,17	179,03	8,2	32,94	7,83	4447,5	64,26	257,98	4125,24	2,94
2	100	10,155	7,5	7,56	2	0,2	0,24	44,17	44,88	3,14	80,99	77,85	8,2	8,66	7,83	889,5	64,26	67,84	757,38	1,24
3	50	10,155	7,5	7,56	2	0,2	0,24	44,17	44,88	3,14	80,99	77,85	8,2	8,66	7,83	444,75	64,26	67,84	312,63	0,51
4	200	15,23	7,5	7,56	2	0,2	0,24	44,17	44,88	3,14	182,17	179,03	8,2	32,94	7,83	1779	64,26	257,98	1456,74	1,03
5	25	10	7,5	7,56	2	0,2	0,24	44,17	44,88	3,14	78,5	75,36	8,2	8,06	2,75	222,375	22,57	22,18	177,61	0,85
6	25 Porta pesos	7,5			2			44,17				41,34			2,75	180,375				1,58

Elaborado por: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

### 3.8.5. Comprobación de pesos.

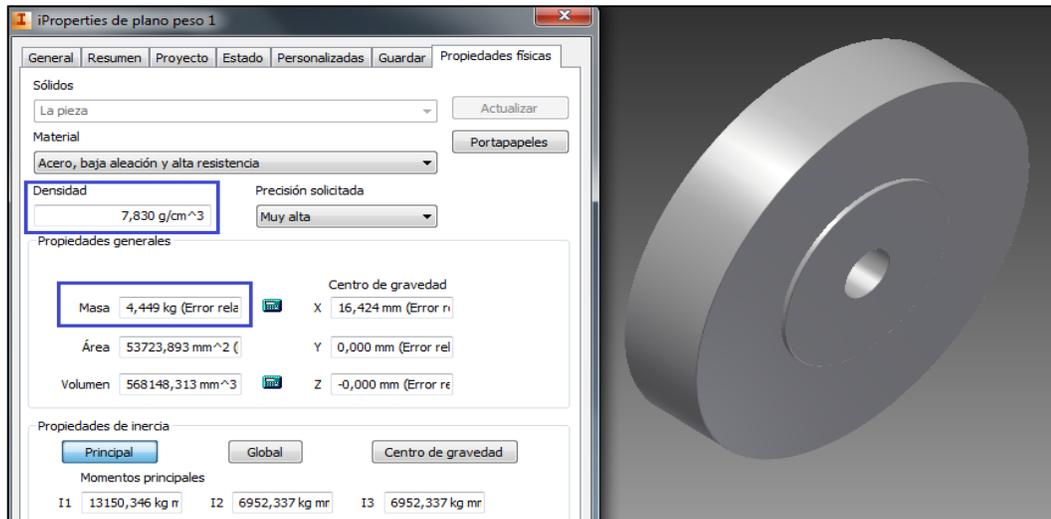
Debido a que en el cálculo de dimensiones de pesos se desprecia la pérdida de masa por mecanizado de chaflanes y bordes con radio que se deben realizar para evitar filos cortantes.

Se utiliza el software Inventor profesional para dibujar los pesos con las dimensiones determinadas, asignar chaflanes y bordes con radio en los filos.

Luego se realizó la simulación en el software y de esta manera poder dar un volumen que permita obtener la masa requerida y las dimensiones expuestas en los planos para su construcción ver figura N.- 28.

Se dejó una tolerancia de + (1 a 2) g, para el posterior ajuste del valor de la masa.

**Figura N.- 28 Comprobación del peso # 1, (4447,5 gr)**



**Elaborado por:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

Después del mecanizado cuidadoso en el cual se fue pesando y comprobando, se envió a la empresa “Tecnipeso Cía. Ltda.” en donde se hicieron el ajuste para obtener la medida requerida.

La precisión del equipo de calibración de manómetros por pesos muertos está condicionada por la exactitud con la cual se ha determinado el peso de las pesas que se emplean en el instrumento y la precisión con que se ha rectificado el cilindro – pistón. Las pesas también llevan grabadas los valores de presión en Psi.

En los anexos de calibración de patrones se encuentra el reporte de contrastación y ajuste de patrones secundarios de los pesos.

### 3.9. Costos.

Se analiza el costo de inversión y diseño del equipo de calibración de manómetros, así como detallar cada uno de los gastos que implicaron la construcción del equipo como por ejemplo gasto de materiales, mano de obra, maquinaria utilizada para el mecanizado de los componentes y accesorios necesarios para su ensamble.

#### 3.9.1. Costo de materiales de fabricación.

**Tabla N.- 14 Descripción de materiales utilizados para la construcción.**

Material	cantidad	Precio Unitario en USD	Valor en USD sin IVA
Eje de bronce Ø32x30mm	1	5,66	5,66
Eje de acero 1018 Ø30x90mm	1	5,33	5,33
Eje de acero 1018 Ø4"x140mm	1	32,87	32,87
Eje de acero 1018 Ø6"x150mm	1	72,73	72,73
Eje de prodax aluminio Ø100 x 80 mm	1	34,57	34,57
Eje de prodax aluminio Ø 80 x 40 mm	1	6,74	6,74
Placa acero 1045 2"x2"x260mm	1	20,8	20,8
Total			178,7

Elaborado por: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

### 3.9.2. Costo de componentes del equipo.

**Tabla N.- 15 Descripción de los componentes hidráulicos adquiridos**

Componente	Cantidad	Precio Unitario en USD	Valor en USD sin IVA
Manómetro patrón 3000 PSI	1	229,24	229,24
Bomba manual 700 kg	1	259	259
Válvula de control de fluido FCI 03	1	39	39
Válvula de aguja WNV 600	1	51,22	51,22
Tapones Ø3/8 NPT	2	1,7	3,4
Adaptadores 1042	3	2,24	6,72
Adaptadores 1008	3	3,32	9,96
Teflón	1	0,75	0,75
Total			599,29

Elaborado por: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

### 3.9.3. Costo de herramientas.

**Tabla N.- 16 Herramientas adquiridas para la fabricación.**

Herramienta	Cantidad	Precio Unitario en USD	Valor en USD sin IVA
Machuelo HSS NPT 3/8"	1	14,43	14,43
Escariador recto Ø4,00 H7	1	9,35	9,35
Dado de tarraja rosca NPT Ø3/8"x1 1/2"	1	13,67	13,67
Total			37,45

Elaborado por: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

### 3.9.4. Costo de certificación de manómetro patrón y pesos.

**Tabla N.- 17 Costo de certificación de los componentes del equipo.**

Componente	Cantidad	Precio Unitario en USD	Valor en USD sin IVA
Chequeo y ajuste de pesos	1	70	70
Servicio de calibración manómetro patrón	1	100	100
Total			170

Elaborado por: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

### 3.9.5. Costo de tratamiento térmico y recubrimiento.

**Tabla N.- 18 Costo tratamiento térmico y recubrimiento**

Componente	Cantidad	Precio Unitario en USD	Valor en USD sin IVA
Nitrurado pistón	3	7	7
Manifold cromado	1	20	20
Pesos galvanizado	14	40	40
Total			67

Elaborado por: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

A continuación se detalla el valor total de los elementos utilizados.

**Tabla N.- 19 Costo total del equipo**

Elementos	Costo en USD sin IVA
Materiales	178,7
Componentes equipo	599,29
Herramientas	37,45
Certificación	170
Tratamiento térmico y recubrimiento.	67
Total	1052,44

Elaborado por: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

### 3.9.6. Costo por equipos y maquinaria utilizada.

**Tabla N.- 20 Costo de equipos y maquinaria.**

Maquina/herramienta	Costo/hora USD	Horas de equipo	Valor USD sin IVA
Torno	24	20	480
Fresadora	17	5	85
Total			565

Elaborado por: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

### 3.9.7. Costo total del equipo de calibración de manómetros.

**Tabla N.- 21 Costo total del equipo**

Elemento	Costo en USD sin IVA
Materiales	178,7
Componentes equipo	599,29
Herramientas	37,45
Certificación	170
Tratamiento térmico y recubrimiento.	67
Maquinaria	565
Total	1617,44

Elaborado por: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

### **3.9.8. Comparación de costos con respecto a equipos en el mercado**

Este tipo de equipos no existen en el mercado ecuatoriano pero se puede importar, el costo para un equipo del mismo rango es elevado y tiene el precio de 11.133,0 USD de marca FLUKE y su país de origen es Estados Unidos.

Debido al costo de construcción que se realizó es mucho más económico y se tiene un porcentaje en el precio del 10 % en comparación con un equipo que se encuentre en el mercado.

## **4. CAPÍTULO IV**

### **PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN, ENSAYOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **Introducción.**

El siguiente capítulo describe el procedimiento para la calibración de manómetros utilizando el equipo de calibración de pesos muertos.

Se detalla los ensayos realizados bajo las condiciones establecidas y se realiza el análisis e interpretación de resultados.

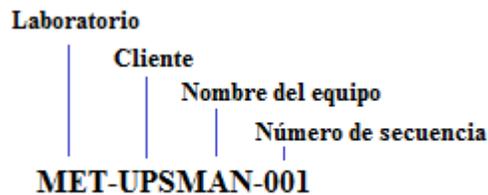
El objetivo principal de los ensayos es comprobar que el equipo funcione correctamente y poder verificar el porcentaje de error del mismo comparando con el manómetro patrón que tiene su respectivo certificado de calibración.

Para la comparación del equipo se realizara la calibración al manómetro patrón tipo Bourdon con un rango máximo de 20,68 MPa en el sistema internacional o sus equivalentes en el sistema ingles 3000 Psi.

#### **4.1. Operaciones previas.**

1. Es necesaria la utilización de guantes de látex para evitar el contacto directo con las pesas.
2. Seleccionar el mensurando al cual se le realizara la calibración.
3. Verificar que se encuentre en buen estado con una inspección visual.

4. Si el mensurando es de indicación análoga verificar que la aguja indicadora se encuentre en cero, si el caso fuera de indicación digital, que el display se encuentre funcional.
5. Se revisara si el mensurando cuenta con una identificación, si no lo tiene se procederá a asignarle una identificación interna siguiente:



Donde:

Met = Laboratorio de Metrología

UPS = Universidad Politécnica Salesiana

Man = Manómetro

#### **4.2. Toma y tratamiento de datos.**

Todos los datos de identificación del mensurando, especificaciones de masas, fluido, puntos de referencia y observaciones serán registrados en la hoja de datos denominada protocolo de ensayos de calibración que se adjunta en el anexo 2.

En esta hoja de protocolo de calibración se deberán anotar con esferográfico de forma legible, no se realizará ningún tipo de enmendaduras, si de ser el caso se hará una línea diagonal, la cual se escribirá una sumilla del ejecutor y rectificando al costado del mismo.

### **4.3. Montaje del mensurando en el equipo de calibración.**

#### **4.3.1. Instalación.**

El mensurando seleccionado para la calibración al cual se recubrirá la toma NPT con teflón si es necesario para asegurar una hermeticidad y de igual manera al montaje de la U.C.P.

La instalación se desarrollará con las debidas precauciones, para no dañar las roscas internas en los cuales van hacer colocados. Primero se ceba el sistema antes de colocar el manómetro a verificar.

Luego se tomara con las manos y se lo ajustara a la conexión de la instalación dando 2 o 3 giros, en ese momento hay que asegurarse que la rosca encajo correctamente, y finalmente se terminara apretando con las llaves respectivas.

#### **4.3.2. Comprobación de fugas.**

Se verificara que no existan fugas en el sistema, generando presión y realizar una inspección visual de pérdidas de fluido.

### **4.4. Selección de pesos.**

Se realiza una selección de las pesas con las cuales se cubrirá los valores nominales, para luego evaluar el mensurando cerciorándose que las mismas cubran el rango máximo.

#### **4.5. Puntos de referencia.**

Los puntos nominales de referencia en los cuales va hacer evaluado el mensurando se desarrollará con respecto a la norma NTE INEN 1825.

La clase de exactitud del mensurando se define con el valor obtenido al utilizar la ecuación 1.3.

El número de valores de presión a los cuales el instrumento se verifica debe ser de acuerdo a la tabla N.- 2, donde:

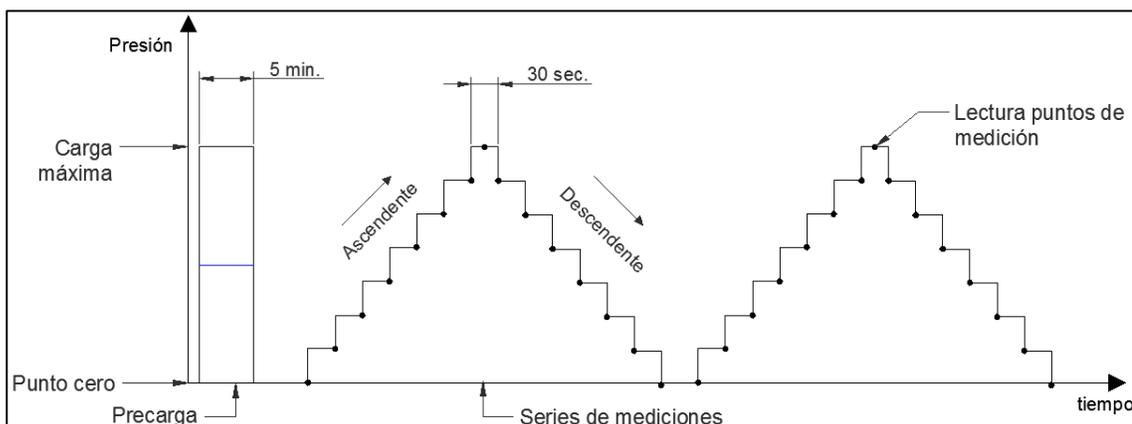
- a) 8 para clases de exactitud 0,2; 0,25; 0,4; 0,5 y 0,6
- b) 5 para clases de exactitud 1; 1,6; 2 y 2,5
- c) 3 para clases de exactitud 4 y 5

A la escala del mensurando se le ejecutara una división al número de valores estipulados para cada clase de exactitud.

#### **4.6. Secuencias de calibración.**

Dependiendo de la clase de exactitud del instrumento, se usa una de las siguientes secuencias de calibración, por ejemplo para un mesurando de clase 0,25 % se debe realizar una secuencia tipo A con 8 puntos de referencia ver figura N.- 29.

**Figura N.- 29 Secuencia de calibración tipo A**

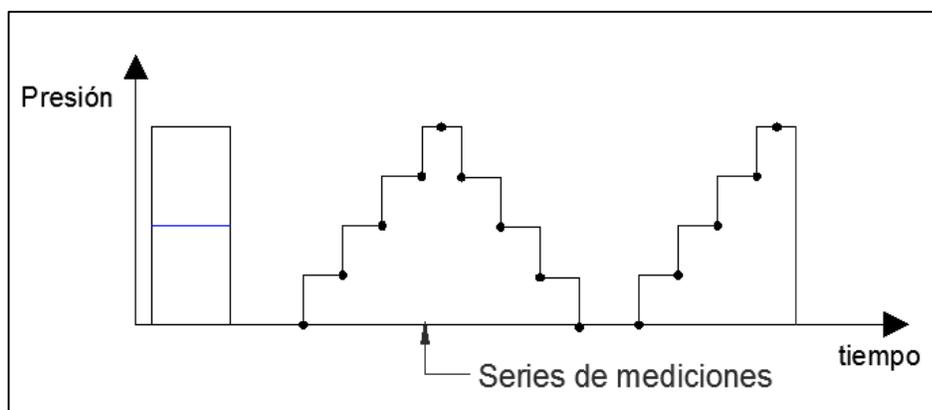


**Fuente:** Soluciones especializadas en calidad y metrología (2013)

Al interpretar la figura N.- 29, la secuencia de calibración sería, realizar una precarga al full o mitad de la escala del mesurando en un tiempo máximo de 5 minutos, luego se procede a realizar la medición de presión en ascenso de acuerdo a los 8 puntos de referencia, y de igual manera en descenso y se repite una serie más.

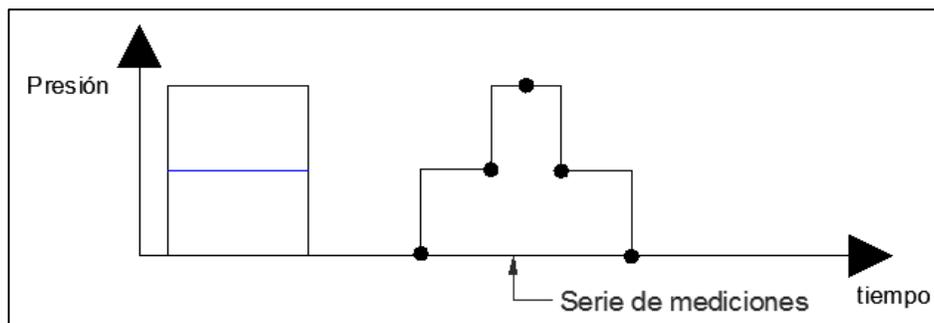
La figura 30 muestra la secuencia tipo B con 5 puntos de referencia a aplicar dependiendo de la clase del mesurando.

**Figura N.- 30 Secuencia de calibración tipo B**



**Fuente:** Soluciones especializadas en calidad y metrología (2013)

**Figura N.- 31 Secuencia de calibración tipo C**



**Fuente:** Soluciones especializadas en calidad y metrología (2013)

#### **4.7. Condiciones ambientales.**

La calibración se procederá a realizarse en un ambiente apropiado donde la temperatura sea  $20^{\circ}\text{C} \pm 3$  con una estabilidad de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  por hora y una humedad relativa de  $50\% \pm 10\%$  HR, dato que se tomara del higrómetro y termómetro del equipo, donde la temperatura no supere lo anteriormente mencionado, si la temperatura fuera más de lo mencionado se deberá calcular la incertidumbre de la misma.

La calibración debe ser ejecutada después de que se haya establecido el equilibrio térmico entre el objeto a calibrar y las condiciones ambientales del laboratorio.

#### **4.8. Proceso de calibración.**

- De principio se registra las condiciones iniciales en la temperatura, humedad relativa y presión atmosférica.
- Se cerrara las válvulas A y B manteniendo abierta la válvula C antes de comenzar con la generación de presión.
- Luego se procederá a apilar el juego de pesos en el pistón, con lo cual se realizara las series de precargas correspondientes designada al mensurando.

- Los pesos se irán apilando uno a uno hasta llegar al máximo de la escala, de la misma forma se los retirará hasta llegar a cero.
- La lectura inicial (cero) está establecida por el manómetro, verificando que no exista ningún desplazamiento de la aguja indicadora.
- Por cada pesa apilada en la base del pistón se generará presión con el brazo de bombeo hasta que el vástago del pistón se eleve y gire con libertad.
- Las pesas se apilan secuencialmente una a una hasta llegar a los puntos de referencia en los cuales se tomaran las medidas, se esperara un mínimo de tiempo de 30 segundos.
- Para liberar tensiones se aplicara pequeños golpes al mensurando.
- El pistón debe encontrarse girando para establecer el equilibrio y obtener el registro de la medida.
- Adicional se puede dividir la escala en dos partes iguales para obtener una mejor apreciación de medida.
- Al concluir con el ascenso se realizará la toma de medidas en los mismos puntos realizados en ascenso pero esta vez se retiraran los pesos en el mismo orden en el cual fueron apilados hasta llegar a cero, respetando los tiempos para realizar cada medición.
- El mismo procedimiento se repetirá hasta cumplir con las secuencias establecidas para la clase de exactitud del mensurando.
- Se registra la temperatura, humedad relativa y presión atmosférica finales al concluir con la calibración.
- Proceder a retirar el mensurando del generador de presión.
- Al final de la calibración se registrará el nombre y firma de la persona que realizó la calibración.

#### **4.9. Ensayos del equipo de calibración.**

Se realizan ensayos de calibración en los laboratorios de metrología de la Universidad Politécnica Salesiana para comprobar el correcto funcionamiento del equipo, al utilizar el manómetro patrón con un rango de 0 a 3000 Psi que tiene certificado de calibración por el centro de metrología e inspección Metrologic ubicado en Quito.

Y también se realizan ensayos con manómetros de menor exactitud con un rango de 0 a 1000 Psi, pertenecientes a los laboratorios de hidráulica.

##### **4.9.1. Parámetros iniciales de funcionamiento del equipo de calibración.**

Este ensayo se inicia con el desarrollo del procedimiento de instalación de los elementos a utilizar de acuerdo al circuito de la figura N.- 17, se toma también en cuenta que las condiciones sean aptas de acuerdo a lo mencionado y se lleva a cabo el procedimiento establecido.

##### **4.9.2. Toma de datos de ensayos.**

Todos los datos del proceso de calibración se ingresan manualmente o digitalmente en la hoja de datos denominada protocolo de ensayo de calibración de manómetros que se adjunta en los anexos, como se muestra en la siguiente tabla N.- 22.

**Tabla N.- 22 Ensayo 1 Protocolo de calibración manómetro patrón 3000 Psi**

 <b>PROTOCOLO DE ENSAYO DE CALIBRACIÓN</b>								
1. DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO A CALIBRARSE								
Fecha inicial cal.: <u>07/01/2015</u>		Fecha final cal.: <u>07/01/2015</u>						
Solicitante: <u>U.P.S.</u>		Equipo: <u>Man. Análogo Patrón</u>						
Rango de medición: <u>0 - 3000 Psi</u>		Div/escala: <u>10 Psi</u>						
Número de serie: <u>14-285-01</u>		e.m.p.: <u>8 Psi</u>						
Marca: <u>WIKA</u>		Exactitud: <u>0,25%</u>						
2. DESCRIPCIÓN INSTRUMENTO PATRÓN								
Alcance: <u>3000 Psi</u>		N° pesos: <u>18</u>						
Medio de prueba: <u>Balanza de pesos muertos</u>								
Exactitud: <u>0,01%</u>								
3. CONDICIONES GENERALES								
Fluido empleado: <u>Aceite</u>								
Temp. Inicial: <u>20 C°</u>		Temp. Final: <u>20 C°</u>						
H.R. Inicial: <u>50 +/- 10 HR</u>		Δh: <u>3 cm</u>						
Presión ambiental ir: <u>717,7 hPA</u>								
Altura prueba: <u>8 cm</u>		Puntos de referencia: <u>8</u>						
Altura patrón: <u>5 cm</u>								
4. REGISTRO DE MEDICIÓN								
Clase exactitud = $\frac{\text{Div. de la escala}}{\text{Rango}} \times 100 =$			<b>0,33</b>	Ens. Precarga: 2min. 50%	Valor (Psi)	1 1500	2 1500	3 1500
<b>Repetibilidad:</b>	<b>Valor (Psi)</b>	1500	1500	1500	1500	1499		
PATRÓN		PRESIÓN INDICADA MENSURANDO						
Punto de medición No	Presión nominal ( Psi )	Ascenso 1 ( Psi )	Descenso 1 ( Psi )	Ascenso 2 ( Psi )	Descenso 2 ( Psi )			
1	0	0	0	0	0			
2	450	450	450	450	450			
3	950	950	950	950	950			
4	1450	1450	1450	1450	1450			
5	1950	1950	1950	1950	1950			
6	2450	2444	2445	2445	2445			
7	2750	2748	2745	2745	2745			
8	3000	2995	2995	2995	2995			
5. OBSERVACIONES								
6. FIRMAS								
Realizado por <u>Xavier Vaca</u>								
<u>Victor Collaguazo</u>								

Fuente: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

#### 4.9.3. Resultados obtenidos del ensayo con el manómetro patrón.

Una vez completado la hoja de datos, se determina los errores, el porcentaje y la histéresis, ver tabla N.- 23.

**Tabla N.- 23 Resultados obtenidos del ensayo 1**

PATRÓN PESOS MUERTOS		INSTRUMENTO A SER CALIBRADO				ERROR OBSERVADO EN INSTRUMENTO			HISTÉRES
Equivalencia S.I.		Ascenso	Descenso	Promedio		Medición		Rango	
kPa	PSI	PSI		kPa	PSI	kPa	PSI	%	PSI
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3102,08	450,02	450	450	3101,94	450	-0,138	-0,02	-0,00067	0
6548,65	950,02	950	950	1,00	950	1,000	-0,017	-0,00057	0
9995,23	1450,01	1450	1450	9995,14	1450	-0,097	-0,014	-0,00047	0
13441,80	1950,01	1950	1950	2,00	1950	2,000	-0,01	-0,00033	0
16888,39	2450,01	2444,5	2445	16852,14	2444,75	-36,244	-5,258	-0,17527	-0,5
18956,55	2750,04	2746,5	2745	18927,00	2745,75	-29,551	-4,287	-0,14290	1,5
20679,78	3000,03	2995	2995	20645,13	2995	-34,659	-5,028	-0,16760	0

**Fuente:** Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

Donde se tienen 8 datos de referencia debido a su clase de exactitud de 0,33% y se realiza la secuencia tipo A de la figura N.- 29, se muestra el promedio de ascenso y descenso, el error se obtiene de la ecuación 1.2, y la Histéresis de la ecuación 1.16.

#### **Análisis:**

- Se puede observar que el error que tiene el manómetro patrón con el equipo de calibración es casi despreciable cuando se dispone de presiones bajas, es decir de 0 hasta 1950 Psi el error máximo es de – 0,17 Psi.
- Cuando se incrementa la presión a 2450 Psi hasta 3000 Psi, el error que se observa aumenta considerablemente siendo el error máximo 5,258 Psi, y una histéresis de 1,5 Psi.
- El equipo tiene un porcentaje de error máximo absoluto de 0,17 % a presiones superiores a los 2500 Psi. Es decir presenta un error permitido ya que no supera el e.m.p. de 8 Psi.

Para emitir el certificado se tiene una hoja de trabajo del archivo de *Excel* denominado “Certificado de calibración de manómetros UPS” que facilita los cálculos con tan solo ingresar los valores tomados del protocolo del ensayo de calibración. El archivo se encuentra en un CD que se adjunta como anexo de la tesis donde se ingresan los valores solamente en los cuadros que tiene color blanco, es decir sin sombreado ya que el resto son valores calculados.

Al llenar la hoja de trabajo con los datos obtenidos del proceso de calibración, automáticamente se genera el certificado de calibración tal como se ve en la tabla N.- 25.

#### 4.9.4. Cálculo de incertidumbres del ensayo.

Para el cálculo de la incertidumbre expandida se recurre a todo el procedimiento, fórmulas y cálculo de incertidumbres del capítulo 1.

Primero se calcula la incertidumbre del ensayo de repetibilidad que se obtiene de los datos de la tabla N.-22 y se utiliza la ecuación 1.17 donde:

##### **Repetibilidad:**

Valor (Psi)	Lect.1	Lect.2	Lect.3	Lect.4	Lect.5	Prom.	error
1500	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1499,0	1499,8	-0,2

$$u(rep) = \sqrt{\frac{1}{(5-1)} \sum_{i=1}^5 (0,2)^2 + (0,2)^2 + (0,2)^2 + (0,2)^2 + (0)^2}$$

$$u(rep) = 0,2 \text{ [Psi]}$$

Luego se calcula las demás incertidumbres con los datos que proporcionan los certificados de calibración del patrón de pesos muertos y del manómetro patrón, al aplicar las formulas. La incertidumbre combinada se determina con la ecuación 1.19 al sumar todas las incertidumbres más la incertidumbre por repetibilidad, el desarrollo se muestra en la tabla N.- 24.

**Tabla N.- 24 Ensayo 1 Cálculo de la incertidumbre combinada**

<b>Magnitud</b>	<b>Ec. N°</b>	<b>Incertidumbre típica <math>u_{xi}</math></b>	<b>Desarrollo</b>	<b>Incertidumbre <math>u_{iy}</math> (Psi)</b>
Debido a Calibración del patrón	1.9	$u(\delta(Pat) cal) = \frac{U_{cert}}{k_{cert}}$	$= \frac{0,38}{2}$	0,19
Deriva del Patrón	1.10	$u(\delta(Pat) der) = \frac{U_{cert}}{\sqrt{12}}$	$= \frac{0,38}{\sqrt{12}}$	0,22
Resolución del Patrón	1.11	$u(\delta(Pat) res) = \frac{res (Pat)}{\sqrt{12}}$	$= \frac{0}{\sqrt{12}}$	0
Resolución del manómetro a verificar	1.14	$u(\delta(Inst) res) = \frac{res}{\sqrt{12}}$	$= \frac{5}{\sqrt{12}}$	1,4
Debido a Histéresis	1.15	$u(\delta(Inst) hist) = \frac{hist}{\sqrt{12}}$	$= \frac{1,5}{\sqrt{12}}$	0,43
Debido a diferencia de alturas	1.18	$u(\Delta_{NR}) = \frac{\Delta_{NR}}{\sqrt{12}}$	$= \frac{0,0386}{\sqrt{12}}$	0,01
Debida a diferencia de temperaturas	1.12	$u(\delta(Pat) tem) = \frac{tem (Pat)}{\sqrt{12}}$	$= \frac{0,03}{\sqrt{12}}$	0,01
<b>Incertidumbre Combinada</b>	<b>1.19</b>	$u(Ci) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2 (y)}$	<b>1,55</b>	<b>1,55</b>

**Fuente:** Xavier Vaca; Víctor Collaguazo

Una vez obtenida la incertidumbre combinada se obtiene la incertidumbre expandida con la ecuación N.- 1.20, multiplicando la incertidumbre combinada por el factor de cobertura  $k= 2$ , que corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95 %

$$U = 2 \times 1,55 = 3,1 \quad [\text{Psi}]$$

Una vez mostrado como se realizan los cálculos de incertidumbres, se adjunta el certificado de calibración compuesta de dos páginas que se obtuvo del ensayo de calibración del manómetro patrón marca WIKA de 3000 Psi, ver tabla N.- 25.

Posteriormente se realiza el ensayo 2 al manómetro de menor exactitud que tiene un alcance de 1000 Psi, marca ENFM y se obtuvo los resultados que muestra la tabla N.- 26.

De igual manera al utilizar el programa creado en Excel, se obtiene el respectivo certificado de calibración del ensayo 2 compuesto igualmente de dos páginas, ver tabla N.- 27.

**Tabla N.- 25 Certificado de calibración manómetro WIKA 3000 Psi**

		<p align="center"><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍAS</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p>							
<p><b>LABORATORIO DE METROLOGÍA - PRESIÓN RELATIVA</b>  <b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b></p>									
<p>Página 1 de 2</p>									
<b>1. DATOS:</b>									
<b>Cliente:</b>	U.P.S.				<b>N° Certificado:</b>	MET-UPSMAN-001			
<b>Solicitante:</b>	Lab Metrología				<b>Fecha de Cal.:</b>	2015-01-07			
<b>Dirección:</b>	Campus Kennedy								
<b>2. IDENTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO A CALIBRARSE:</b>									
<b>Equipo:</b>	Manómetro Análogo			<b>Rango:</b>	3000	PSI	20679,6	Kpa	
<b>Marca:</b>	WIKA			<b>Div escala</b>	10	PSI			
<b>Código:</b>	N/D			<b>e.m.p.</b>	8	PSI			
<b>Serie:</b>	14-285-01								
<b>Clase:</b>	0,3			<b>NTE INEN 1 825:1998</b>	<b>Medio de Prueba:</b>		Aceite/ Balanza de pesos muerto		
<b>3.CONDICIONES AMBIENTALES</b>									
<b>Temperatura:</b>	20 (+/-3) °C				<b>Lugar de Calibración:</b>	Laboratorio de metrología			
<b>Humedad Rel.:</b>	50 (+/-10) % HR								
<b>4. TRAZABILIDAD</b>									
<b>MÉTODO UTILIZADO:</b> Por balanza de pesos muertos									
<b>REFERENCIAS:</b> El criterio de evaluación esta dado por los errores maximos permitidos para este tipo de instrumentos especificados en la norma NTE INEN 1825:98									
<b>INCERTIDUMBRE DE MEDIDA:</b> La incertidumbre de Medida expandida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de medida por el factor de cobertura K= 2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%; y se la estimó de acuerdo al documento a la "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida en las calibraciones" OAE G02 R00.									
<b>PATRONES UTILIZADOS:</b>									
<b>PATRÓN PRESIÓN</b>				Equipo de calibración de manómetros					
<b>TRAZABLE/ CERTIFICADO</b>				LPR-2014-0600					
<b>FECHA DE CAL.:</b>		2014-12-01			<b>FECHA DE VAL.:</b>		2015-12-01		
<b>5. RESULTADOS:</b>									
<b>PATRÓN CORREGIDO</b>		<b>INSTRUMENTO A SER CALIBRADO</b>				<b>ERROR OBSERVADO EN INSTRUMENTO</b>			<b>HISTÉRESIS</b>
<b>Equivalencia S.L</b>		<b>Ascenso</b>	<b>Descenso</b>	<b>Promedio</b>		<b>Medición</b>		<b>Rango</b>	
<b>kPa</b>	<b>PSI</b>	<b>PSI</b>		<b>kPa</b>	<b>PSI</b>	<b>kPa</b>	<b>PSI</b>	<b>%</b>	<b>PSI</b>
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3.102,1	450,02	450,00	450,00	3.101,9	450,00	-0,14	-0,02	0,00	0,00
6.548,65	950,02	950,00	950,00	6.548,50	950,00	-0,12	-0,02	0,00	0,00
9.995,2	1450,01	1450,00	1450,0	9.995,1	1450,0	-0,10	-0,01	0,00	0,00
13.441,80	1950,01	1950,00	1950,00	13.441,70	1950,00	-0,07	-0,01	0,00	0,00
16.888,4	2450,01	2444,50	2444,50	16.852,1	2444,80	-36,24	-5,26	-0,18	-0,50
18.956,5	2750,04	2746,50	2746,50	18.927,0	2745,80	-29,55	-4,29	-0,14	1,50
20.679,8	300,03	2995,00	2995,00	20.645,1	2995,00	-34,66	-5,03	-0,17	0,00
<b>5.1.-ENSAYO DE REPETIBILIDAD:</b>									
	<b>Valor</b>	<b>Lect.1</b>	<b>Lect.2</b>	<b>Lect.3</b>	<b>Lect.4</b>	<b>Lect.5</b>	<b>Prom.</b>	<b>error</b>	
	1500	1500,0	1500,0	1500,0	1500,0	1499,0	1499,8	-0,2	
<b>5.2.-INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN:</b>									
<b>Incertidumbre expandida U</b>						<b>k=</b>	<b>2,0</b>		
	3,10	Psi	21,38	kPa	0,10	%			

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Cliente: U.P.S

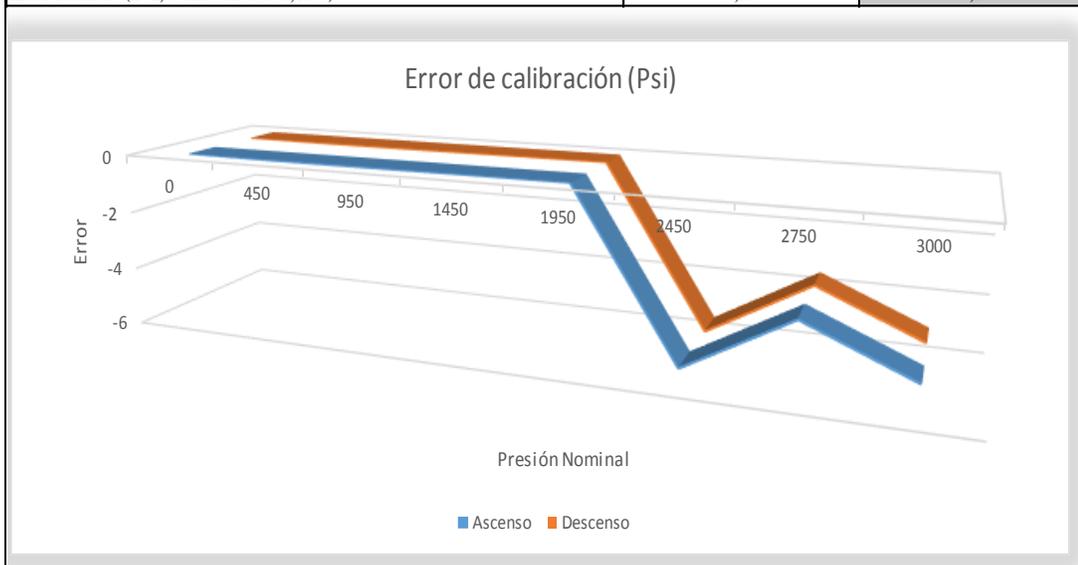
Página 2 de 2

No. Certificado: MET-UPSMAN-001

Fecha de Calibración: 07/01/2015

#### 6. GRÁFICO DEL ANÁLISIS:

	Error Absoluto	Error Porcentual
Error Máximo de Observación	5,26	0,175
Incertidumbre (k=2, confiabilidad 95,45%)	3,10	0,10



#### 7. OBSERVACIONES

7.1. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio de metrología de la U.P.S.

7.2. Tanto el equipo como la comprobación de dichos errores están sujetos a varios factores que pueden alterar su funcionalidad sin un uso adecuado contribuyen a que los valores detallados en el presente informe se mantengan por un tiempo determinado a consideración de

7.6. Los errores determinados en la calibración se encuentran dentro de los límites de los errores máximos permisibles, emp. Para la clase de exactitud (% F.E.) NTE INEN 1825:98.

#### 8. TABLA DE CLASES SEGÚN NORMA NTE INEN 1825:98

EMPLEO	CLASES	ERROR
8.1 Manómetros de exactitud para uso en laboratorios y talleres para la calibración de manómetros de menor exactitud	0,2 ; 0,25 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,6	error porcentual respectivos por clase
8.2 Manómetros de procesos (maquinarias y equipos)	1 ; 1,6 ; 2 ; 2,5	error porcentual respectivos por clase
8.3 Manómetros sin exigencia de exactitud (tareas de vigilancia)	4 ; 5	error porcentual respectivos por clase

Calibrado por: \_\_\_\_\_  
Victor Collaguazo

Revisado por: \_\_\_\_\_  
Xavier Vaca  
Laboratorista

Fuente: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

**Tabla N.- 26 Ensayo 2 Protocolo de calibración manómetro ENFM 1000 Psi**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		PROTOCOLO DE ENSAYO DE CALIBRACIÓN					
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO A CALIBRARSE</b>							
Fecha inicial cal.:	09/01/2015	Fecha final cal.:	09/01/2015				
Solicitante:	U.P.S.	Equipo	Manómetro				
Rango de medición:	0 - 1000 Psi	Div/escala:	10 Psi				
Número de serie:	N/D	e.m.p.	10 Psi				
Marca:	ENFM	Exactitud:	N/D				
<b>2. DESCRIPCIÓN INSTRUMENTO PATRÓN</b>							
Alcance:	3000 Psi	N° pesos:	18				
Medio de prueba:	Balanza de pesos muertos						
Exactitud:	0,01%						
<b>3. CONDICIONES GENERALES</b>							
Fluido empleado :	Aceite						
Temp. Inicial:	20 C°	Temp. Final:	20 C°				
H.R. Inicial:	50 +/- 10 HR	Δh :	6 cm				
Presión ambiental inicial:	717,7 hPA						
Altura prueba:	16 cm	Puntos de referencia:	5				
Altura patrón :	10 cm						
<b>4. REGISTRO DE MEDICIÓN</b>							
$Clase\ exactitud = \frac{Div.\ de\ la\ escala}{Rango} \times 100 =$		1	Ens. Precarga: 2min. 50%	Valor (Psi)	1	2	3
					975	975	975
<b>Repetibilidad:</b>	<b>Valor (Psi)</b>	492,5	493	492,5	493	492,5	
<b>PATRÓN</b>		<b>PRESIÓN INDICADA MENSURANDO</b>					
Punto de medición No.	Presión nominal ( Psi )	Ascenso 1 ( Psi )	Descenso 1 ( Psi )	Ascenso 2 ( Psi )	Descenso 2 ( Psi )		
1	0	0	0	0			
2	250	245	247,5	245			
3	500	492,5	493	493			
4	750	735	735	735			
5	1000	975	977,5	977,5			
6							
7							
8							
<b>5. OBSERVACIONES</b>							
<b>6. FIRMAS</b>							
Realizado por:	Xavier Vaca			_____			
	Victor Collaguazo			_____			

Fuente: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

Tabla N.- 27 Certificado de calibración manómetro ENFM 1000 Psi

		<p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍAS</b> <span style="float: right;"><b>CARRERA DE</b></span>  <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b></p>						
<b>LABORATORIO DE METROLOGÍA - PRESIÓN RELATIVA</b> <b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b>								Página 1 de 2
<b>1. DATOS:</b>								
<b>Cliente:</b>	U.P.S		<b>N° Certificado:</b>	MET-UPSMAN-002				
<b>Solicitante:</b>	Laboratorio metrología							
<b>Dirección:</b>	Quito		<b>Fecha de Cal.:</b>	2015-01-09				
<b>2. IDENTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO A CALIBRARSE:</b>								
<b>Equipo:</b>	Manómetro Análogo		<b>Rango:</b>	1000	6893,2		kPa	
<b>Marca:</b>	ENFM		<b>Div. Escala</b>	10	Psi			
<b>Código:</b>	MET-UPSMAN-002		<b>e.m.p</b>	10				
<b>Serie:</b>	N/D							
<b>Clase:</b>	1,0		<b>Medio de Prueba:</b>	Aceite/ Balanza de pesos muertos				
<b>3.CONDICIONES AMBIENTALES</b>								
<b>Temperatura:</b>	20 (+/-3) °C		<b>Lugar de Calibración:</b>	Laboratorio Metrología				
<b>Humedad Rel.:</b>	50 (+/-10) % HR							
<b>4. TRAZABILIDAD</b>								
<b>MÉTODO UTILIZADO:</b> Por balanza de pesos muertos								
<b>REFERENCIAS:</b> El criterio de evaluación esta dado por los errores maximos permitidos para este tipo de instrumentos especificados en la norma NTE INEN 1825:98								
<b>INCERTIDUMBRE DE MEDIDA:</b> La incertidumbre de Medida expandida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de medida por el factor de cobertura K= 2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%; y se la estimó de acuerdo a la "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida en las calibraciones" OEA G02 R00.								
<b>PATRONES UTILIZADOS:</b>								
<b>PATRÓN PRESIÓN</b>			Equipo de calibración de manómetros					
<b>TRAZABLE/ CERTIFICADO</b>			LPR-2014-0600					
<b>FECHA DE CAL.:</b>	2014-12-01		<b>FECHA DE VAL.:</b>	2015-12-01				
<b>5. RESULTADOS:</b>								
<b>PATRÓN CORREGIDO</b>		<b>INSTRUMENTO A SER CALIBRADO</b>				<b>ERROR OBSERVADO EN INSTRUMENTO</b>		<b>HISTÉRESIS</b>
<b>Equivalencia S.I.</b>		<b>Ascenso</b>	<b>Descenso</b>	<b>Promedio</b>		<b>Medición</b>		<b>Rango</b>
<b>kPa</b>	<b>Psi</b>	<b>Psi</b>		<b>kPa</b>	<b>Psi</b>	<b>kPa</b>	<b>Psi</b>	<b>%</b>
								<b>Psi</b>
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.723,3	250,00	245,00	245,5	1.694,6	245,8	-28,74	-4,17	-0,42
3.446,78	500,03	492,75	493,00	3.397,2	492,83	-49,58	-7,19	-0,72
5.170,1	750,03	735,00	735,0	5.066,5	735,0	-103,58	-15,03	-1,50
6.893,38	1000,03	976,25	977,50	6.732,4	976,67	-161,02	-23,36	-2,34
<b>5.1.-ENSAYO DE REPETIBILIDAD:</b>								
<b>Valor</b>	<b>Lect.1</b>	<b>Lect.2</b>	<b>Lect.3</b>	<b>Lect.4</b>	<b>Lect.5</b>	<b>Prom.</b>	<b>error</b>	
500	492,5	493,0	492,5	493,0	492,5	492,7	-7,3	
<b>5.2.-INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN:</b>								
<b>Incertidumbre expandida U</b>				<b>k= 2,0</b>				
3,92	Psi	22,68	kPa	0,33	%			

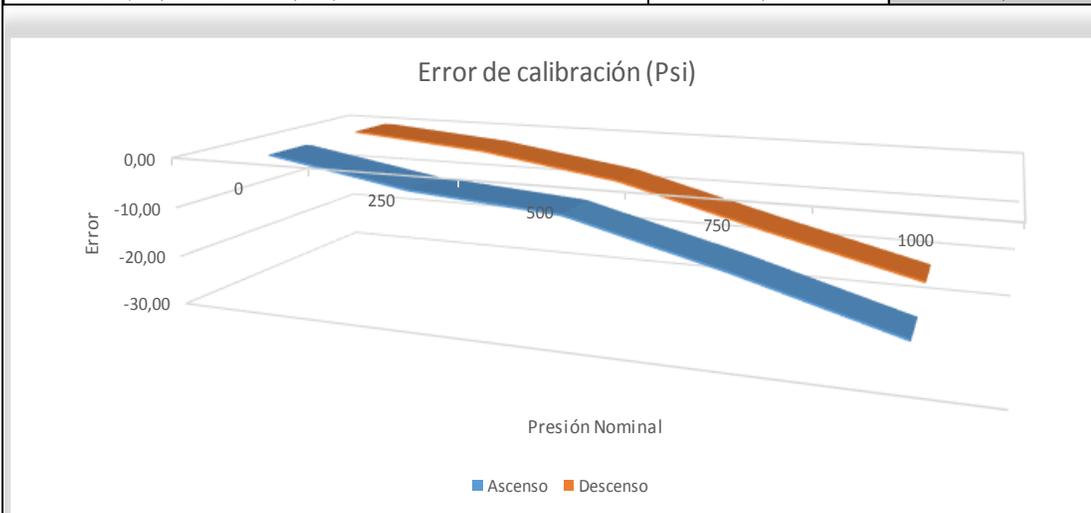
### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Cliente: U.P.S  
No. Certificado: MET-UPSMAN-002  
Fecha de Calibración: 09/01/2015

Página 2 de 2

#### 6. GRÁFICO DEL ANÁLISIS:

	Error Absoluto	Error Porcentual
Error Máximo de Observación	23,33	2,330
Incertidumbre (k=2, confiabilidad 95,45%)	3,29	0,33



#### 7. OBSERVACIONES

- 7.1. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio de metrología de la U.P.S.
- 7.2 Tanto el equipo como la comprobación de dichos errores están sujetos a varios factores que pueden alterar su funcionalidad sin uso adecuado contribuyen a que los valores detallados en el presente informe se mantengan por un tiempo determinado a consideración del usuario.
- 7.6 Los errores determinados en la calibración se encuentran dentro de los límites de los errores máximos permisibles, emp. Para la clase de exactitud (% F.E.) NTE INEN 1825:98.

#### 8. TABLA DE CLASES SEGÚN NORMA NTE INEN 1825:98

EMPLEO	CLASES	ERROR
8.1 Manómetros de exactitud para uso en laboratorios y talleres para la calibración de manómetros de menor exactitud	0,2 ; 0,25 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,6	error porcentual respectivos por clase
8.2 Manómetros de procesos (maquinarias y equipos)	1 ; 1,6 ; 2 ; 2,5	error porcentual respectivos por clase
8.3 Manómetros sin exigencia de exactitud (tareas de vigilancia)	4 ; 5	error porcentual respectivos por clase

Calibrado por: \_\_\_\_\_  
Victor Collaguazo

Revisado por: \_\_\_\_\_  
Xavier Vaca  
Laboratorista

Fuente: Xavier Vaca, Víctor Collaguazo

#### **4.10. Análisis e interpretación de resultados de los ensayos.**

En el primer ensayo realizado al manómetro patrón marca WIKA de 3000 Psi se realizó para la comprobación del equipo, se obtuvo el certificado de calibración que se muestra en la tabla N.- 25, y se puede apreciar que el error máximo observado es de 0,175% y la incertidumbre expandida porcentual es 0,10 % del instrumento, que al sumar da un error porcentual total de **0,275%**, el cual comparado con el error máximo permisible porcentual de **0,3%**, se determina que el equipo se encuentra en perfectas condiciones para ser un patrón de exactitud para uso en laboratorios y talleres de calibración de manómetros de menor exactitud, según la clase obtenida de 0,275%.

En el segundo ensayo realizado al manómetro marca ENFM de 1000 Psi utilizando como patrón el calibrador de pesos muertos, se obtuvo el certificado de calibración que se muestra en la tabla N.- 27, y se aprecia que el error máximo observado es de 2,33% y la incertidumbre expandida porcentual es de 0,33% del instrumento que al sumar da un error porcentual total de **2,66 %**, el cual comparado con el error máximo permisible porcentual de **1%**, se determina que el instrumento supero el error máximo permisible y su empleo sería solo para manómetros de procesos maquinarias según la clase obtenida de 2,66 %.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Con el presente trabajo de investigación se ha obtenido resultados los cuales demuestran que el equipo de calibración de peso muerto cumple con los requisitos que se necesitan para la calibración de manómetros.
- La seguridad personal fue una de las consideraciones más importantes que se asumió en la construcción para disminuir cualquier tipo de riesgo que pueda ocasionar la operación del mismo.
- El diseño del sistema cilindro-pistón es una parte fundamental en el equipo de calibración de manómetros, su diseño así como su constitución fueron cuidadosamente analizados para su correcto funcionamiento, ya que si el diseño o los materiales seleccionados fueran erróneos o mal calculados no se obtendrían los resultados esperados.
- Mediante los ensayos realizados se ha determinado que el equipo tiene una exactitud de 0,27 %, se determina entonces que se encuentra en perfectas condiciones para ser un patrón.
- En cuanto al costo de fabricación se obtuvo un equipo mucho más económico que los existentes y aproximadamente el costo es un 10 % en comparación con los que existen en el mercado.

## RECOMENDACIONES

- La seguridad en el operador en el momento de manipular el equipo debe ser prudente, manejar los pesos de manera adecuada y no exceder la presión máxima establecida.
- Los pesos son una parte esencial del equipo de calibración, por lo que al momento de manipular se debe tener mucho cuidado, ya que si se manipulan sin guantes, o contacto con agentes oxidantes, podría sufrir daños que pueden perjudicar su utilidad.
- El uso de un software de trabajo es importante, en este caso se ha desarrollado una hoja de Excel, que ayuda a calcular cierta información del proceso de calibración como son las incertidumbres, errores, entre otros. Los cuales manualmente serían complicados de calcular.
- Seguir el procedimiento de calibración descrito en el manual del equipo, ayudara a obtener resultados más reales de nuestro instrumento de medida, y evitar errores que se creen en todo el proceso.
- El equipo de calibración de manómetros consta de un manómetro patrón, el cual ayudará a verificar que los pesos estén debidamente calibrados. Dicho manómetro patrón deberá ser usado únicamente por el técnico de laboratorio, el cual verificara que el equipo este correctamente funcionando.

## LISTA DE REFERENCIAS

- CEA-ENAC-LC/02. (01 de Enero de 1998). *guemisa.com*. Obtenido de [www.guemisa.com/articul/pdf/CEA-ENAC-LC02Rev.1.pdf](http://www.guemisa.com/articul/pdf/CEA-ENAC-LC02Rev.1.pdf)
- Gere, J. (2006). *Mecánica de materiales*. Mexico,D.F.: Cengage Learning EditoresS.A.
- HISPACONTROL*. (2010). Obtenido de <http://www.hispacontrol.com/presion-bombas/571-manometro-digital-para-calibracion.html>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización*. (1998). Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1825.1998.pdf>:
- Metrología, C. E. (02 de febrero de 2011). *Procedimiento ME-003 Para la Calibración de Manómetros*. Obtenido de cem.es: <http://www.cem.es/content/me-003-procedimiento-para-la-calibraci%C3%B3n-de-man%C3%B3metros-vacu%C3%B3metros-y-manovac%C3%B3metros>
- Mott, R. (2006). *Mecánica de Fluidos*. México : PEARSON EDUCACIÓN .
- Nicolás, A. (2002). *Oleohidráulica*. Madrid: McGRAW-HILL.
- Ravell, F. (1999). *Oleohidráulica básica. Diseño de circuitos*. Barcelona, España: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V.
- Salustiano, R. (2011). *UVADOC*. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/830/1/TESIS102-110426.pdf>
- Sapiensman. (2008). *Neumática e hidráulica*. Obtenido de <http://www.sapiensman.com/neumatica/manometros.php>
- Sole, A. (2006). *Instrumentación Industrial*. México, D.F.: Alfaomega.
- Soluciones especializadas en calidad y metrología. (s.f.). *Presión*. Quito.

# ANEXOS

# ANEXO 1

## GUÍA PRÁCTICA DE LABORATORIO Y MANUALES

## GUIA DE PRÁCTICA

**Título:** Calibración de manómetros

### 1. OBJETIVO GENERAL.

Esta práctica tiene por objeto realizar la calibración de un manómetro utilizando un equipo de calibración de manómetros de pesos muertos.

#### 1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Conocer el funcionamiento del instrumento y todas sus partes principales.
- Aprender a utilizar un calibrador de pesos muertos.
- Aplicar el principio de Pascal.
- Realizar una práctica de calibración de un manómetro.
- Educarse en la sistemática utilizada para calibración de manómetros.

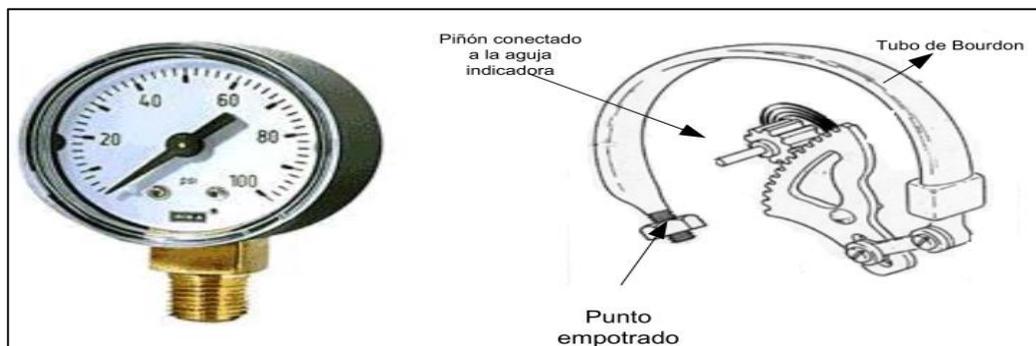
### 2. MARCO TEÓRICO.

#### 2.1. El manómetro.

Un manómetro es un aparato que sirve para medir la presión de gases o líquidos contenidos en recipientes cerrados.

El funcionamiento se basa en la propiedad que tiene el tubo Bourdon de arquearse al recibir presión, esta deflexión es transmitida hacia la aguja indicadora, ver figura 1.

**Figura N.- 1 Manómetro tipo Bourdon**

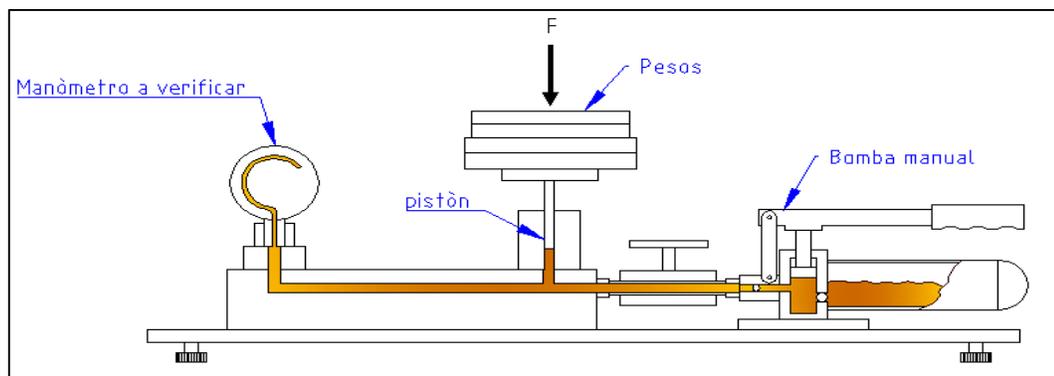


## 2.2. Calibrador de pesos muertos.

Los medidores de peso muerto constituyen el estándar primario básico usado en todo el mundo para la calibración precisa de manómetros, transductores de presión, etc.

El calibrador de pesos muertos se basa en el principio de pascal y se esquematiza en la figura N.- 2

**Figura N.- 2 Calibrador de pesos muertos**



Cuando se acciona la palanca de la bomba manual, el pistón se desplaza hasta que se encuentra flotando dentro de su cilindro, la presión real del sistema será la relación:

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde F es la fuerza que ejerce el conjunto de pesas, porta pesas y pistón sobre el área A del pistón de diámetro 4,01 mm, y esta presión está calculada de manera que cada pesa tiene graduada las Psi que ejerce sobre el fluido sin movimiento. De esta manera comparar con los valores que indica el manómetro a verificar.

## 3. MATERIAL Y EQUIPOS.

- Guantes de látex.
- Equipo de calibración de manómetros.
- Un manómetro con rango de 0 a 2000 Psi.
- Herramientas.
- Guía Práctica para elaboración del informe.

#### 4. PROCEDIMIENTO.

- De principio se registra los datos del manómetro y condiciones iniciales de la temperatura, humedad relativa en la hoja del protocolo de calibración.
- Antes de colocar el manómetro a verificar, se cerrara las válvulas A y B manteniendo abierta la válvula C para cebar el sistema.
- Para cebar, se acciona la bomba manual a que el sistema se llene con aceite hasta que empiece a salir aceite por el punto de conexión del manómetro, luego se coloca el manómetro.
- Se seleccionan los pesos a utilizar de acuerdo a las presiones requeridas.
- Los pesos se irán apilando uno a uno hasta llegar al full de la escala, de la misma forma se los retirará hasta llegar a cero.
- La lectura inicial (cero) está establecida por el manómetro, verificando que no exista ningún de faz de la aguja indicadora.
- Por cada peso apilado en la base del pistón se generará presión con el brazo de bombeo hasta que el vástago del pistón se eleve y gire con libertad.
- Las pesas se apilan secuencialmente una a una hasta llegar a los puntos de referencia en los cuales se tomaran la medida, se esperara un mínimo de tiempo de 30 segundos.
- El pistón debe encontrarse girando para establecer el equilibrio y obtener el registro de la medida.
- Al concluir con el ascenso se realizara la toma de medidas en los mismos puntos pero en descenso
- El mismo procedimiento se repetirá hasta cumplir con las secuencias establecidas para la clase de exactitud del mensurando.
- Se registra la temperatura, humedad relativa y presión atmosférica finales al concluir con la calibración.
- Proceder a retirar el mensurando del generador de presión.
- Al final de la calibración se registrará el nombre y firma de la persona que realizó la calibración.

#### 4.1. Hoja de datos.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR								
<b>PROTOCOLO DE ENSAYO DE CALIBRACIÓN</b>								
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO A CALIBRARSE</b>								
Fecha inicial cal.:	_____			Fecha final cal.:	_____			
Solicitante:	_____			Equipo	_____			
Rango de medición:	_____			Div/escala:	_____			
Número de serie:	_____			e.m.p.	_____			
Marca:	_____			Exactitud:	_____			
<b>2. DESCRIPCIÓN INSTRUMENTO PATRÓN</b>								
Alcance:	3000 Psi			Nº pesos:	18			
Medio de prueba:	Balanza de pesos muertos							
Exactitud:	0,01%							
<b>3. CONDICIONES GENERALES</b>								
Fluido empleado :	Aceite							
Temp. Inicial:	_____			Temp. Final:	_____			
H.R. Inicial:	50 +/- 10 HR							
Presión ambiental inic	717,7 hPA			Δh :	_____			
Altura prueba:	_____			Puntos de	_____			
Altura patrón :	_____			referencia:	_____			
<b>4. REGISTRO DE MEDICIÓN</b>								
$Clase\ exactitud = \frac{Div.\ de\ la\ escala}{Rango} \times 100 =$				Ens. Precarga:	Valor	1	2	3
				2min. 50%	(Psi)			
<b>Repetibilidad:</b>	<b>Valor (Psi)</b>							
<b>PATRÓN</b>			<b>PRESIÓN INDICADA MENSURANDO</b>					
Punto de medición No	Presión nominal ( Psi )	Ascenso 1 ( Psi )	Descenso 1 ( Psi )	Ascenso 2 ( Psi )	Descenso 2 ( Psi )			
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
<b>5. OBSERVACIONES</b>								
<b>6. FIRMAS</b>								
Realizado por: _____				_____				
_____				_____				

## 5. INFORME

- Realice la práctica y llene la hoja de datos.
- Calcule el valor de cada peso utilizado en kg.
- Calcule la media de las mediciones en cada punto indicadas por el mesurando.
- Determine los errores del mesurando comparando con los valores de presión del patrón.
- ¿Qué es el error de histéresis?
- De los datos obtenidos calcule los errores de histéresis.
- ¿Investigue los tipos de manómetros que existen?

## 5.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

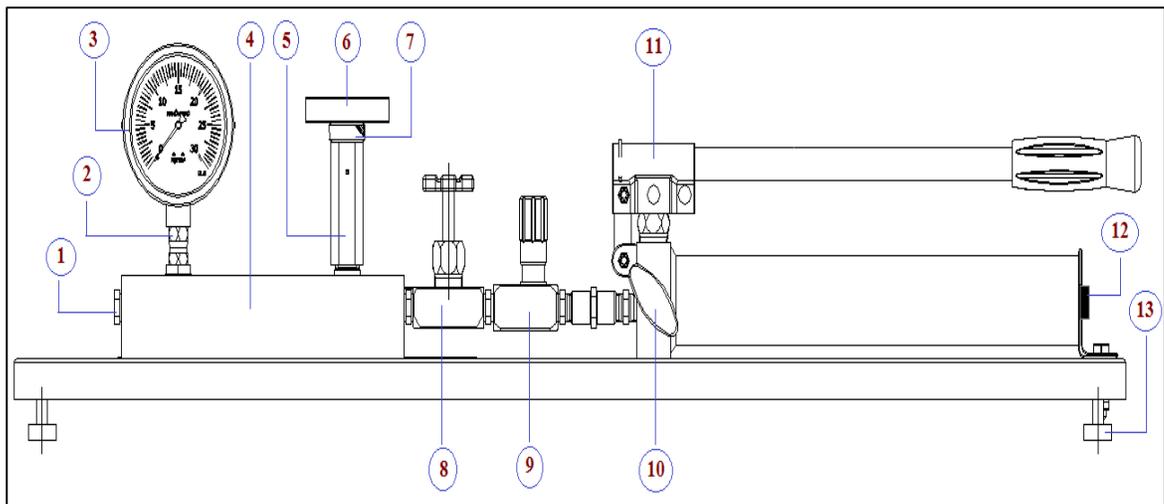
## 6. ANEXOS. (PLANOS, FOTOS, ETC)

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

## MANUAL DE OPERACIÓN

Para iniciar la operación, el punto de conexión 2 debe estar sin el manómetro a verificar. Luego cerrar las válvulas A y B. Abrir totalmente la válvula C y llenar el sistema con fluido hidráulico (aceite) accionando la bomba manual. Una vez que el aceite llena el punto de conexión 2, se coloca el manómetro a verificar sin teflón, ver figura N.- 1.

**Figura N.- 1 Esquema del equipo de calibración**



### Elementos del equipo

No	Descripción	No	Descripción
1	Tapón	8	Válvula C
2	Punto de conexión (Bushing)	9	Válvula B
3	Manómetro a verificar	10	Válvula A
4	Manifold	11	Bomba manual
5	Cilindro	12	Tapón
6	Bocín	13	Soportes ajustables
7	Porta pesos		

Se coloca un medidor de nivel sobre el manifold y se verifica que se encuentre a nivel caso contrario ajustar los soportes ajustables de la mesa.

Luego se realiza la calibración del instrumento siguiendo el procedimiento que indica la hoja guía de práctica.

La siguiente tabla N.- 1 muestra los valores de los pesos muertos, área del pistón y las presiones generadas por los pesos.

**Tabla N.- 1 Datos del equipo de calibración de pesos muertos**

<b>JUEGO DE PESOS No</b>	<b>CANT.</b>	<b>VALOR DEL PESO UNITARIO [GRAMOS]</b>	<b>ÁREA DEL PISTÓN [plg<sup>2</sup>]</b>	<b>VALORES DE PRESIÓN UNIT. [Psi]</b>
1	4	4447,5	0,019569	<b>500</b>
2	5	889,5	0,019569	<b>100</b>
3	4	444,75	0,019569	<b>50</b>
4	1	1779	0,019569	<b>200</b>
5	4	222,375	0,019569	<b>25</b>

### MANUAL DE MANTENIMIENTO

Para preservar y continuar con el buen funcionamiento de operación con el que cuenta el equipo, es necesario realizar mantenimientos periódicos a los elementos.

Como un mantenimiento general se indica lo siguiente:

- Mantener la superficie de los componentes del equipo libre de polvo, agua, u otra sustancia que permita la formación de una capa de suciedad.
- Limpiar con un paño o franela las superficies en las que se haya derramado alguna de las sustancias anteriormente mencionadas.
- Revisar las conexiones hidráulicas para verificar que no exista fuga de aceite.
- No golpear los elementos como porta pesos, cilindro, válvulas y revisar el funcionamiento de estos.
- Revisar el nivel de aceite.

Para el mantenimiento preventivo se recomienda realizar la siguiente tabla N.- 2 de actividades con una frecuencia recomendada.

**Tabla N.- 2 Frecuencia de mantenimiento preventivo**

ITEM	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	HORAS TRABAJO AL SEMESTRE
1	Calibración del manómetro patrón	1 año	24 Horas
2	Calibración de los pesos patrón	1 año	
3	Limpieza y chequeo del cilindro - pistón	2 meses	
4	Cambio de aceite de la bomba	2 años	
5	Limpieza en el interior de ductos y manifold	2 años	
6	Prueba de funcionamiento del equipo.	2 meses	

# ANEXO 2

## CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE PATRONES

## REPORTE DE CALIBRACIÓN - PRESIÓN

Página 1 de 2

Cliente: XAVIER VACA  
 Dirección: CONJUNTO BRASILIA CASA 1 SECTOR KENNEDY  
 Solicitante: ING. XAVIER VACA  
 Lugar de Calibración: LABORATORIO METROLOGIC

**Reporte Nº: XAVI-LAB-14-1275-PI**

Inicio Calibración: 12/09/2014  
 Final Calibración: 12/09/2014

**Traceabilidad:** El patrón utilizado en este procedimiento ha sido calibrado con instrumentos traceables a estándares internacionales

**Procedimiento:** El procedimiento utilizado en la calibración ha sido desarrollado de acuerdo a requerimientos de la norma NTE/INEN ISO/IEC 17025:2006 con el código PTT-MLOGIC-DME.001 rev. 9

**Incertidumbre:** La incertidumbre de la calibración fue estimada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre de medida en las calibraciones" OAE G02 R00

**Notas:** Este certificado sólo aplica para el ítem identificado y únicamente se podrá reproducir en forma completa con la aprobación escrita específica de METROLOGIC S.A.

**Datos de Instrumento a Calibrarse:**

Equipo: MANÓMETRO PATRÓN  
 Marca: WIKA  
 Tag: 14-285-01  
 Rango: 0 a 3000 PSI  
 Div. de Escala: 10,00 PSI  
 Alcance: 3000 PSI  
 Ubicación: N/D

**Condiciones Ambientales de Ensayo:**

Temperatura Inicial: 24,60 °C  
 Temperatura Final: 24,70 °C  
 Presión: 727,00 mBAR  
 Humedad: 54,00 %  
 Medio de Prueba: ACEITE

**Patrón de Referencia utilizado:**

Equipo: MANOMETRO DIGITAL  
 Marca: MARTEL  
 Modelo: BGPIR-PRO-05K  
 Identificación: PTR-0109-DME-MLOGIC  
 Exactitud: +/- 02,500 PSI  
 Rango Min.: 0 PSI  
 Rango Max.: 5000 PSI  
 Fecha de Calibración: 23/12/2013  
 Próxima Calibración: 23/12/2014

**RESULTADOS DE LA MEDICIÓN**

Nº	Presión Nominal		Patrón Corregido	INSTR. A SER CALIBRADO		ERROR OBSERVADO EN INSTRUMENTO				HISTÉRESIS
	Equivalencia			Ascend. Promedio	Descend. Promedio	Ascend.		Descend.		
	PSI	MPa				PSI	PSI	%	PSI	
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	430,00	2,96	430,22	430,00	430,00	-0,22	-0,01	-0,22	-0,01	0,00
3	860,00	5,93	860,42	860,00	860,00	-0,42	-0,01	-0,42	-0,01	0,00
4	1.290,00	8,89	1.290,57	1.290,00	1.290,00	-0,57	-0,02	-0,57	-0,02	0,00
5	1.720,00	11,86	1.720,67	1.720,00	1.720,00	-0,67	-0,02	-0,67	-0,02	0,00
6	2.150,00	14,82	2.150,79	2.150,00	2.150,00	-0,79	-0,03	-0,79	-0,03	0,00
7	2.580,00	17,79	2.580,83	2.580,00	2.580,00	-0,83	-0,03	-0,83	-0,03	0,00
8	3.000,00	20,68	3.001,28	3.000,00	3.000,00	-1,28	-0,04	-1,28	-0,04	0,00

**Repetibilidad (PSI) :**

1	2	3	4	5
1500	1500	1500	1500	1500

F-MC2301-03

**METROLOGIC S.A.**

R.T. Nº: RT14-1338-PI

Quito: Mariano Cardenal Oe1-74 y Vicente Duque ( tras IIASA Caterpillar)  
 Telfs.: (593-2) 280-6222 / 248-3240 / 247-6535 / 280-0187 Fax: 280-7684 \* E-mail: calibraciones@metrologic.com.ec  
 El Coca: 06 2378 038 \* 098 808 8316

## REPORTE DE CALIBRACIÓN - PRESIÓN

Página 2 de 2

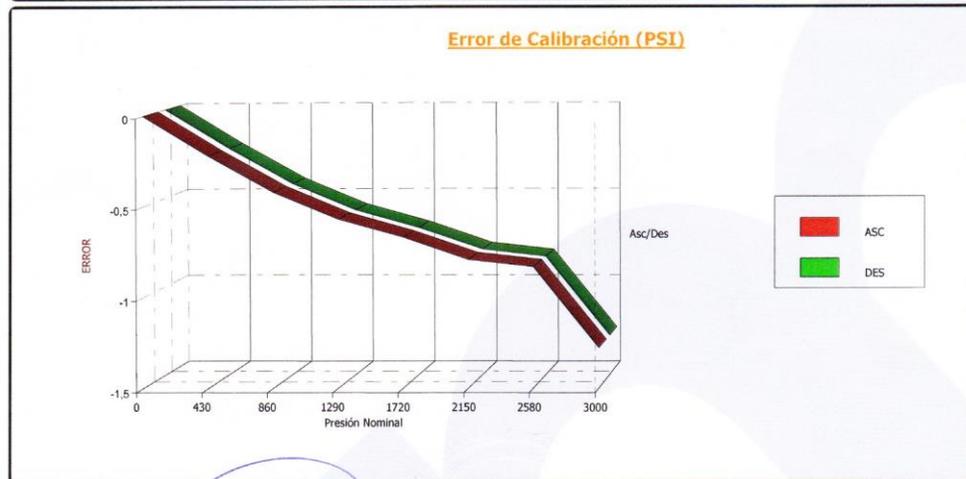
Cliente: XAVIER VACA  
 Dirección: CONJUNTO BRASILIA CASA 1 SECTOR KENNEDY  
 Solicitante: ING. XAVIER VACA  
 Lugar de Calibración: LABORATORIO METROLOGIC

**Reporte N°: XAVI-LAB-14-1275-PI**

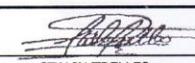
Inicio Calibración: 12/09/2014  
 Final Calibración: 12/09/2014

	Error Absoluto	Error Porcentual
Error Máximo de Observación:	1,28	0,04 %
Error Máximo por Histéresis:	0,00	0,00 %
Error máximo en la Calibración (Compararse con la tabla de clases según NORMA indicada abajo)	1,28	0,04 %
Incertidumbre (k = 2, Confiabilidad 95.45%)	3,38	0,11 %

USO DE MANÓMETROS SEGÚN SU CLASE ( NORMA NTE INEN 1825:98 )	CLASE
Manómetros de exactitud para uso en Laboratorios y para Calibración de manómetros de menor exactitud.	0,20 0,25 0,40 0,50 0,60
Manómetros de procesos (maquinarias y equipos)	1,00 2,50
Manómetros sin exigencia de exactitud	4,00 5,00



CALIBRADO POR:   
 ORLANDO CÁRATE  
 Técnico Calibración

REVISADO POR:   
 STALIN TRELLES  
 Director Técnico Laboratorio

**METROLOGIC S.A.**

F-MC2301-03

R.T. N°: RT14-1338-PI

Quito: Mariano Cardenal Oe1-74 y Vicente Duque ( tras IIASA Caterpillar)  
 Telfs.: (593-2) 280-6222 / 248-3240 / 247-6535 / 280-0187 Fax: 280-7684 \* E-mail: calibraciones@metrologic.com.ec  
 El Coca: 06 2378 038 \* 098 808 8316

# TECNIPESO CIA. LTDA. / HUGO ACURIO

Edmundo Chiriboga N46-83 y Zamora Telf.: 2260512 2270922 Fax: 2449888

## REPORTE DE CONTRASTACION Y AJUSTE DE PATRONES SECUNDARIOS

TIPO: Laboratorio / Industrial / X

REPORTE No. 201114

ESTANDARES USADOS:

PATRONES PRIMARIOS: CERTIFICADO NACIONAL

INEN LNM-M-2014-311 Y 312

COLOR: Plateada

EQUIPOS: Balanza OHAUS ADVENTURER

MATERIAL: Acero x / Aluminio /x

210g x 0.0001g

Balanza OHAUS HRB1000

PROPIETARIO: UNIVESIDAD POLITÉCNICA SALE

1000g x 0.01g / 400gx 0.01g

Balanza S.R.K.

30kg x 0.05kg

CERTIFICADO: Certificado # INEN LNM-M-2014-311 Y 3

PROCEDIMIENTOS: Norma INEN 2145

TEMPERATURA: 16°C HUMEDAD: 59 % RH

VALOR NOMINAL	ID	LECTURA INICIAL	LECTURA CORREGIDA	TOLERANCIA (+/-)g	OBSERVACIONES
4447,5g	#1	4451,6g	4447,5g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES
4447,5g	#1	4452,3g	4447,5g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES
4447,5g	#1	4446,9g	4447,5g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES
4447,5g	#1	4449,0g	4447,5g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES
889,5g	#2	891,3g	889,5g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES
889,5g	#2	891,4g	889,5g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES
889,5g	#2	888,3g	889,5g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES
889,5g	#2	890,0g	889,5g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES
889,5g	#2	891,4g	889,5g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES
444,75g	#3	445g	444,75g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES
444,75g	#3	445g	444,75g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES
444,75g	#3	445g	444,75g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES
444,75g	#3	445g	444,75g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES
1779,0g	#4	1881g	1779,8g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES
222,38g	#5	224,2g	222,38g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES
222,38g	#5	223,1g	222,38g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES
222,38g	#5	223,6g	222,38g	+/- 0.03g	PESOS CIRCULARES



Fecha de Verificación noviembre 20, 2014

Realizado por: HUGO QUISPHE

**LABORATORIO DE PRESION RELATIVA  
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**1. DATOS**

**Cliente:** Universidad Politécnica Salesiana **N° Certificado:** LPR-2014-0600  
**Solicitante:** Ing. Xavier Vaca **Fecha de Cal.:** 2014-12-01  
**Dirección:** Av. Rafael Bustamante 450 y Gonzalo Zaldumbide

Página 1 de 2

**2. IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD BAJO PRUEBA \*(UBP)**

\* Balanza de presión con 1 unidad pistón-cilindro (p-c) y 17 pesos, para mediciones de presión relativa.

**Equipo:** BALANZA DE PESOS MUERTOS **Pistón High:** 3000 PSI 20684,3 kPa  
**Marca:** MEGA **N° Piesas:** 17 unidades  
**Código:** BM-04 **Medio de Prueba:** Aceite / Bomba hidráulica  
**Serie:** T P - B P - 0 0 5  
**Lote:** 1

**3.CONDICIONES AMBIENTALES**

**Temperatura:** 20 (+/-3) °C **Lugar de Calibración:** Tecniprecisión  
**Humedad Rel.:** 50 (+/-10) % HR  
**Presión Atmosférica:** 717,7 hPa

**4. TRAZABILIDAD**

**MÉTODO UTILIZADO:**

Por comparación directa según procedimiento de calibración LCT-PCPR-04

TEC-PES-01 Para llevar a cabo la calibración de la(s) pesa(s), se determino el valor de masa convencional y las incertidumbres según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN- 2145:2000.

El valor de las masa de las pesas ha sido determinado mediante el método de sustitución simple ABA

Las pesas son NO CONFORMES con la NTE INEN 2145:2000 por lo tanto se clasifica como pesas NO NORMALIZADAS donde se calcula el valor de masa e incertidumbre

**INCERTIDUMBRE DE MEDIDA:** La incertidumbre de Medida expandida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de medida por el factor de cobertura K= 2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%; y se la estimó de acuerdo al documento "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" de la ISO.

**PATRONES UTILIZADOS:**

<b>PATRÓN PRESIÓN</b>	Manómetro Digital de 0 - 5000 PSI Marca: FLUKE, serie: 2 8 6 0 0 4 3		
<b>TRAZABLE / CERTIFICADO</b>	NVLAP., Número: 1 5 0 0 1 7 1 5 6 8 - 1		
<b>FECHA DE CAL.:</b>	2014-10-07	<b>FECHA DE VAL.:</b>	2016-10

**5. RESULTADOS**

**Área efectiva de la unidad pistón-cilindro:** De los datos de comparación se han calculado los valores del área de la sección efectiva Ao, a la temperatura de referencia de 20° y la presión cero.

Sistema de presión cilindro (p-c)	Intervalo de medición (psi)	Área efectiva (m2)
High	3000	1,26E-05

LCT-FCPR-04-REV.00-2014

**TABLA DE RESULTADOS MASA :**

VALOR DE MASA			
Elemento	Identificación	masa (m) kg	U K=2
Pesos Circulares	Base	0,2224	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 1	0,2224	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 2	0,2224	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 3	0,2224	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 4	0,4448	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 5	0,4448	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 6	0,4448	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 7	0,4448	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 8	0,8895	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 9	0,8895	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 10	0,8895	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 11	0,8895	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 12	0,8895	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 13	1,7790	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 14	4,4475	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 15	4,4475	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 16	4,4475	0,00016 kg
Pesos Circulares	Peso 17	4,4475	0,00016 kg

**TABLA DE RESULTADOS PRESIÓN :**

Sistema (p-c) High	Presión nominal (psi)	Presión nominal (kPa)
Base	25,003	172,39
peso 1	25,003	172,39
peso 2	24,997	172,35
peso 3	25,001	172,38
peso 4	50,005	344,78
peso 5	49,998	344,72
peso 6	49,997	344,72
peso 7	49,993	344,69
peso 8	100,009	689,53
peso 9	100,010	689,54
peso 10	100,010	689,54
peso 11	100,009	689,53
peso 12	100,009	689,53
peso 13	199,999	1378,95
peso 14	499,998	3447,36
peso 15	499,996	3447,35
peso 16	499,997	3447,36
peso 17	499,997	3447,36

LCT-FCPR-04-REV.00-2014

**Cliente:** Universidad Politécnica Salesiana  
**N° Certificado:** LPR-2014-0600  
**Fecha de Calibración:** 2014-12-01

Página 3 de 3

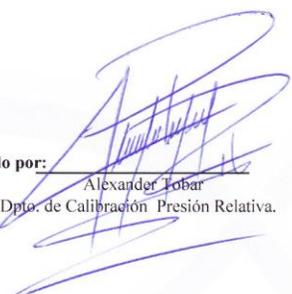
#### 6.-INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN

Pistón de HIGH (3000 psi):

Incertidumbre expandida U				k= 2,0	
0,38	PSI	2,63	kPa	0,01	%

#### 7. OBSERVACIONES

- 7.1. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Tecniprecisión Cia Ltda.
- 7.2. La presente calibración fue realizado en base un sistema de gestión de calidad NTE INEN ISO/IEC 17025:2006
- 7.3. Tanto el equipo como la comprobación de dichos errores están sujetos a varios factores que pueden alterar su funcionalidad sin embargo el uso adecuado contribuyen a que los valores detallados en el presente informe se mantengan por un tiempo determinado a consideración del usuario.
- 7.4. \*La próxima calibración será de acuerdo al programa establecido por el usuario, según términos de la norma ISO/IEC 17025:2005 (5.10.4.4).
- 7.5. De requerir el cliente, se entregará el diagrama de Trazabilidad del laboratorio.
- 7.7 Este documento no significa certificación de calidad y no debe ser utilizado con fines publicitarios.
- 7.8 La equivalencia de 1Pa = 1,45038\*E-4 psi.
- 7.9 La calibración se realizó en base a parámetros los cuales afectarán a los pesos, en el momento de la calibración.

Calibrado por:   
Alexander Lobar  
Dpto. de Calibración Presión Relativa.



LCT-FCPR-04-REV.00-2014

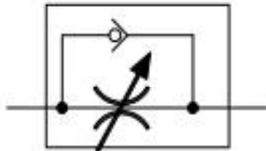
# ANEXO 3

## CATÁLOGOS DE MATERIALES Y ELEMENTOS SELECCIONADOS

# IFP FLOW CONTROL VALVES

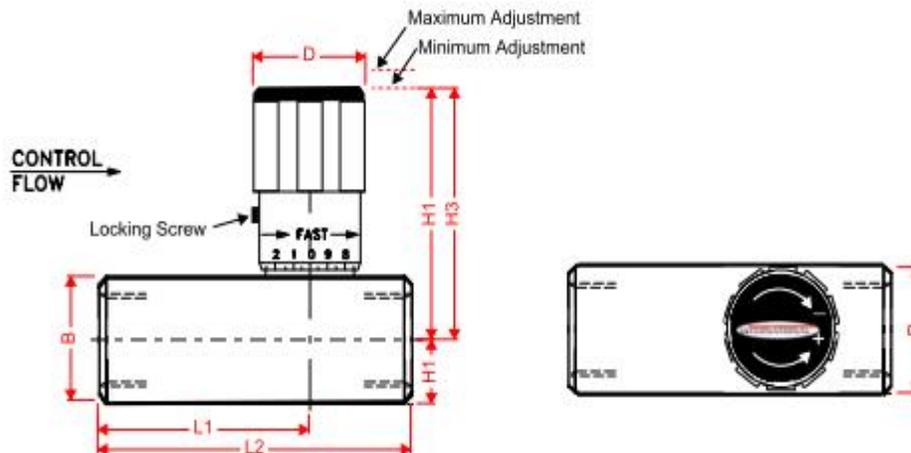


- Designed for extremely precise control of air and hydraulic fluids
- Max pressure 5000 PSI
- All metal construction
- Micrometer knob with easy to read bands
- Temperature -20° F to 400° F



Dimensions: Inches(millimeters)

Model Code	Flow GPM(L/M)	Port Size	B	D	H1	H2	H3	L1	L2
FCI-02	5 (19)	1/4 NPTF	1.10(28)	1.18(30)	.55 (14)	2.42(61.3)	2.67(67.9)	1.54(39)	2.51(64)
FCI-03	8 (30)	3/8 NPTF	1.10(28)	1.18(30)	.55 (14)	2.42(61.3)	2.67(67.9)	1.64(36)	2.75(58)
FCI-04	15 (57)	1/2 NPTF	1.50(38)	1.46(37)	.75 (19)	3.07(78.1)	3.40(86.5)	2.04(36)	3.26(58)
FCI-06	25 (95)	3/4 NPTF	1.50(38)	1.46(37)	.75 (19)	3.07(78.1)	3.40(86.5)	2.18(36)	3.50(58)
FCI-08	40 (151)	1 NPTF	1.88(48)	1.89(48)	.94 (24)	4.03(102)	4.50(114)	2.78(36)	4.60(58)
FCI-10	70 (265)	1 1/4 NPTF	2.36(60)	1.89(48)	1.18 (30)	5.30(134)	5.83(148)	3.81(36)	6.06(58)
FCI-12	100(379)	1 1/2 NPTF	2.75(70)	3.15(80)	1.38 (35)	6.35(161)	7.15(181)	4.37(36)	6.77(58)
FCI-16	150(568)	2 NPTF	3.54(90)	3.15(80)	1.77 (45)	6.75(171)	7.54(191)	5.07(36)	7.48(58)





# V A L V E S

## In-Line Needle Valves



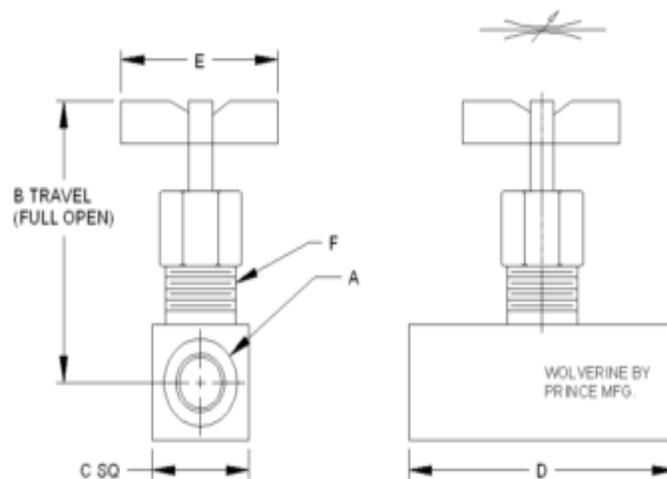
### FEATURES:

- Carbon steel body
- Designed to provide precision flow control
- Operating temp range -20°F through 210°F

## Model In-Line Needle Valves

MODEL No.	PORT SIZE	MAX PSI	MAX FLOW	SHIPPING WEIGHT	LIST PRICE
WNV-400	1/4" NPTF	5,000 PSI	5 GPM	0.6	30.29
WNV-600	3/8" NPTF	5,000 PSI	8 GPM	1.0	40.82
WNV-800	1/2" NPTF	5,000 PSI	16 GPM	1.8	51.36
WNV-1200	3/4" NPTF	3,000 PSI	25 GPM	3.0	92.20
WNV-1600	1" NPTF	3,000 PSI	40 GPM	4.2	223.91

MODEL NO.	MAX FLOW	MAX PSI	A	B	C	D	E	F
WNV-400	5 GPM	5000	1/4 NPTF	2.6	0.75	2	2	M18-1.8
WNV-600	8 GPM	5000	3/8 NPTF	4.2	1	2.5	2.5	M22-1.5
WNV-800	16 GPM	5000	1/2 NPTF	5.1	1.25	2.62	3.25	M28-1.5
WNV-1200	25 GPM	3000	3/4 NPTF	5.6	1.5	3.25	3.88	M33-1.5
WNV-1600	40 GPM	3000	1 NPTF	5.8	1.75	4.25	3.88	M35-2.0

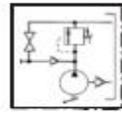


**BOMBAS HIDRÁULICAS**

**Bombas manuales de simple efecto**

**BM-04, BM-1, BM-2 y BMAP-1**

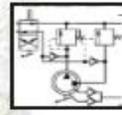
Son bombas manuales, de una velocidad, utilizables de forma fija o portátil, en posición horizontal o vertical. En esta última posición, el cabezal debe situarse hacia abajo. Su poco peso y escaso volumen las hacen especialmente utilizables para trabajos en los que es necesaria rapidez de maniobra. Están equipadas con válvula de sobrepresión, tarada a la presión máxima de trabajo.



**Bombas manuales de doble efecto**

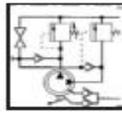
**BMD-3, BMD-6 y BMD-12**

Son bombas de doble efecto y de dos velocidades. De idénticas características a las bombas de simple efecto y dos velocidades. Con válvula de sobrepresión, tarada a la presión máxima de trabajo.



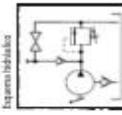
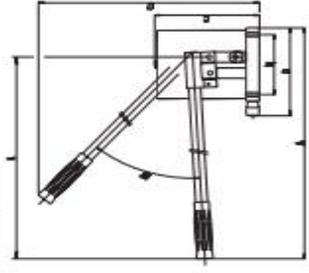
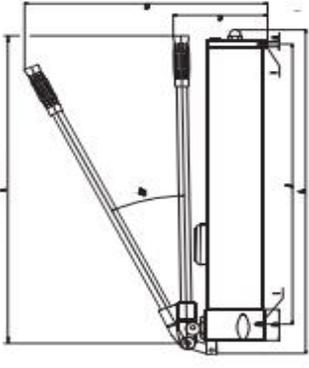
**BM-3, BMAP-3, BM-5 y BM-12**

Bombas manuales de simple efecto y dos velocidades. El sistema automático de dos etapas permite el funcionamiento simultáneo de los dos pistones para un acercamiento rápido a la carga. El pistón mayor deja de actuar automáticamente cuando el cilindro que acciona la bomba está sometido a alta presión. Están equipadas con válvula de sobrepresión, tarada a la presión máxima de trabajo.



**BK-05, BKD-09**

Verticales. De una y dos velocidades. Disponen de orificios en la base para su utilización en forma fija. Están provistas de válvula de sobrepresión, tarada a la presión máxima de trabajo.



Ref.	Pres. de trabajo (kg/cm <sup>2</sup> )	Capacidad de avance (litros)	Caudal por velocidad (litros/min)	Dimensiones (mm)												Peso																		
				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P															
BM-04	700	10500	400	24,4	—	2,5	0,15	400	18,5	107	5	137	570	440	17,5	30	1,5	87	3,9	26	180	33	1,5	85	110	—	—	400	15,0	—	50	7	4,25	9,4
BM-1	700	10500	1500	76,3	—	2,5	0,15	500	23,0	133	5,5	155	670	610	24	30	1,5	104	4,5	26	180	33	1,5	110	—	—	500	23,5	—	80	1,5	6,7	14,8	
BM-2	700	10500	2000	122	—	2,5	0,15	570	22,0	150	6,5	175	670	630	14,5	30	1,5	140	5,5	26	180	33	1,5	110	—	—	600	23,5	—	80	1,5	12	26,5	
BMAP-1	1500	21410	1250	70,3	—	1	0,08	500	23,0	142	5,5	155	670	610	24	30	1,5	112	4,7	26	180	33	1,5	110	—	—	600	23,5	—	80	1,5	7,2	15,9	
BMD-3	700	10500	650	30,7	—	2,5	0,15	625	24,0	180	7,0	144	570	610	24	140	1,5	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	600	23,0	—	80	3,5	7	15,4
BMD-6	700	10500	1100	67,1	—	2,5	0,15	625	24,0	220	8,5	220	670	610	24	140	1,5	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	600	23,0	—	80	3,5	8,5	20,3

## BÖHLER M 303 EXTRA



**Tipo de aleación:** C 0.27 Si 0.30 Mn 0.65 Cr 14.50 Mo 1.00 Ni 0.85  
N+ Otros %

**Color de identificación:** Verde - Amarillo  
**Estado de suministro:** Bonificado 290 - 330 HB  
**Acabado:** IBO ECOMAX

AcB: -  
DN: -  
No. Mat.: +1.2318

### PROPIEDADES:

Aceero inoxidable martensítico aleado al cromo de excelente resistencia a la corrosión y al desgaste gracias a su aleación especial y tecnología de fabricación PESR (refundición por escoria electroconductora y adición de gas nitrógeno), este acero se caracteriza por su buena maquinabilidad y propiedades de pulido debido a su estructura homogénea. Se suministra en estado bonificado (290 - 330 HB) por lo que tratamiento térmico adicional generalmente no es requerido.

### EMPLEO:

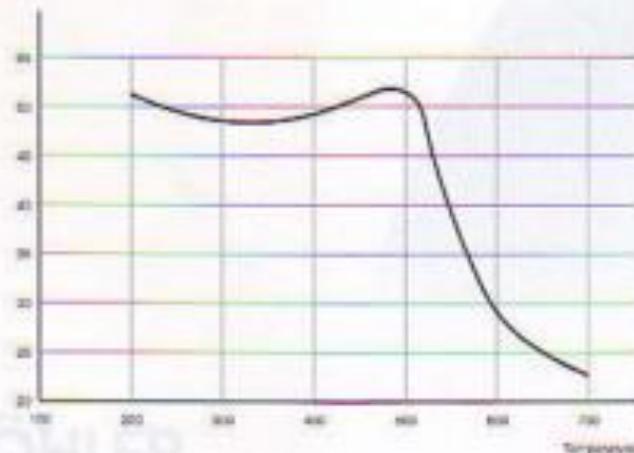
Para la fabricación de moldes plásticos químicamente agresivos, moldes de utensilios plásticos de uso doméstico y herramientas de extrusión de plástico.

### TRATAMIENTO TÉRMICO:

<b>Temperatura:</b>	800 - 850 °C
enfriamiento lento en el horno	
<b>Distorsión:</b>	450 °C
<b>Tiempo:</b>	1000 - 1800 min
<b>enfriamiento en aceite, baño de sales (600 - 650 °C):</b>	81 - 83 HRC

Recomendación: según el Esquema de revenido las piezas obtenidas después del temple, se recomienda por lo menos dos revenidos.

### Esquema de tratamiento térmico





# ANEXO 4

## FACTURAS

**CATEIN**  
Cauchos Técnicos Industriales  
**FABRICAMOS:**  
Todo tipo de empaques, o'rings, retenedores, bases, acoples, perfiles, recancauche de rodillos para todo tipo de industria y maquinaria.  
Trabajamos en Neopreno, Nitrilo, Silicona Natural, EPDM, Poliuretano, Teflón, Duralón, etc.

MATRIZ: Av. 10 de Agosto N45-125 y Av. Amazonas (El Labrador)  
Telfs: 2462 361 - 099 9208295  
E-mail: catein111@hotmail.com  
Quito- Ecuador

ALMEIDA VINUEZA  
JANETH DE LAS MERCEDES  
RUC 1001160231001

Fecha de emisión: 20 Noviembre 2014  
Cliente/Empresa: Xavier Vacca

**FACTURA**  
S001-001  
**Nº 000009422**

CI./RUC.: 1721078424  
Dirección:/Telf.: conj. Brasilia 1 / 2404314 Autorización SRI 1115628667

Cant.	Ref.	DETALLE	Precio Unitario	V. TOTAL
3		almas de acero		25.00

**PAGADO**  
20 NOV 2014

Son: \_\_\_\_\_

Subtotal 12% 25.00  
Subtotal 0% \_\_\_\_\_  
Descuento \_\_\_\_\_  
Subtotal \_\_\_\_\_  
IVA 12% 3.00  
VALOR TOTAL 28.00

ANTICIPO: \_\_\_\_\_ SALDO: \_\_\_\_\_  
CHEQUE No: \_\_\_\_\_ BANCO: \_\_\_\_\_  
EFECTIVO: \_\_\_\_\_

FIRMA AUTORIZADA: \_\_\_\_\_ RECIBI CONFORME: \_\_\_\_\_

FABRICAMOS CON MATERIA PRIMA IMPORTADA • OFRECEMOS GARANTIA Y CALIDAD

Imprenta Andrade • Andrade Romero Rodolfo Vinicio • RUC: 1704373532001 • Aut. 1205  
Fecha de Autorización: 24 de Septiembre/2014 Fecha de Caducidad: 08 de Noviembre 2014  
De 9301 a 9500 • Original: Adquirente • Copia Verde: Emisor

**HUGO ACURIO**

ACURIO MIRANDA VICTOR HUGO  
R.U.C. 1703508729001

**FACTURA**  
Nº.003-001- **000015682**

No. Aut. SRI. 1115605136  
Fecha de Autorización: 20 / Septiembre / 2014

INSTALACIÓN - MANTENIMIENTO  
REPARACIÓN - EQUIPOS DE PESAR  
CONTRIBUYENTE OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD  
Documento Categorizado: NO

QUITO: Cap. Edmundo Chiriboga N46-83 ( 519 ) y Alcivar  
Telfs.: 2464439 - 2280512 - 2449888 - 2270922  
Telefax: 2434-382 Casilla Postal 17-02-5226  
E- mail: tecnipes@uios.satnet.net  
www.tecnipes.com.ec

Fecha de Emisión: **20 de NOVIEMBRE** del 2014 **15682**

Cliente: **VACA NICHILENA XAVIER EDUARDO** **11077** R.U.C. **2409314** 1721078424  
Dirección: **CONJUNTO BRASILIA 1 CASA 1** Telf.: \_\_\_\_\_

CANT.	DETALLE	V. UNITARIO	VALOR. TOTAL
1.00	CHEQUEO Y AJUSTE DE PESOS DE DIEZ Y OCHO PATRONES	70.00	70.00

**VICTOR HUGO ACURIO**  
Firma Autorizada: \_\_\_\_\_ Recibi Conforme: \_\_\_\_\_

Subtotal US\$. **70.00**  
I.V.A. 0 % \_\_\_\_\_  
I.V.A. 12 % **8.40**  
**SUMA TOTAL US\$. 78.40**

Cortés Alvarez Joel © Imp. Gaby RUC. 1801186410001 Aut SRI.1226 Telf: 3401442 Numerado del 15501 al 16000  
Fecha de Caducidad: **20 de Septiembre del 2015**  
P.Q. ORIGINAL: ADQUIRENTE • C. AMARILLO: EMISOR • C. VERDE: SIN VALOR TRIBUTARIO

**HYDROMECANICA DEL ECUADOR S.A.**  
**HYDECUA**



Distribución, Ventas y Reparación

Suc. Quito: Av. 10 de Agosto N35-43 y Mañosa y República • Telfs.: 0983729761 - 022 246204  
e-mail: hydecua.uito@hydromecanica.com • Pag. web: www.hydromecanica.com  
Princ. Guayaquil: Clemente Ballén 1707 y Av. del Ejército - José Mascote  
Telfax: 2-531627 / 2-323939 - Cel.: 0999586009 • Telf.: 2-531923  
e-mail: ventas@hydromecanica.com  
Suc. Norte: Urdenor Km 3 Av. Juan Tarica Marengo Solar 1 a lado de las Antenas de TV Cable  
Telf.: 2381994 - 0997689047 • e-mail: hydecua.gye@hydromecanica.com  
e-mail: ventas@hydromecanica.com  
R.U.C.: 0992573902001

**FACTURA**

SERIE  
**003-001-00 0004149**  
Aut. S.R.I. 1115237649

Partes Hidráulicas para el Sector Caminero, Agrícola, Pesquero, de la Construcción, Producción, entre otros.



Código	C007094	Fecha	2014.09.29
Cliente	VACA MICHILENA EDUARDO	Teléfonos	2409314
Dirección	CONJUNTO BRASILIA 1 CASA 1	Forma de Pago	V6 Contado <input type="checkbox"/> Crédito <input type="checkbox"/>
RUC	1721078424	Vendedor	
Ciudad	QUITO		

CODIGO	DESCRIPCION DEL PRODUCTO	CANT.	DSCTO.	PRECIO UNIT.	TOTAL
PC1-03	VALVULA REGULADORA DE FLUIDO,3/8",JFP,8GPM,5000	1.00	10.00	39.00	39.00
Son: Treinta y Nueve 31/100				Subtotal	39.00
				Descuento	3.90
				I.V.A. 12 %	4.21
				Total	39.31

NOTA: Salida la mercadería no se aceptan devoluciones

SIRVASE GIRAR CHEQUE A NOMBRE DE HYDROMECANICA DEL ECUADOR S.A.

FIRMA AUTORIZADA RECIBI CONFORME  
A su Disposición: Sellos Hidráulicos, Bombas, Motores, Electroválvulas, Mandos, Cilindros Hidráulicos y Neumáticos, Manómetros, Kit de Reparación para Cilindros en diferentes Marcas de Maquinarias y todo lo relacionado en el área Hidráulica.  
Ventas al por Mayor y Menor

ORIGINAL-CLIENTE - COPIA-EMISOR

**HYDROMECANICA DEL ECUADOR S.A.**  
**HYDECUA**



Distribución, Ventas y Reparación

Suc. Quito: Av. 10 de Agosto N34-514 y Av. República Telfs.: 0983729761 - 022 246204  
e-mail: hydecua.uito@hydromecanica.com • Pag. web: www.hydromecanica.com  
Princ. Guayaquil: Clemente Ballén 1707 y Av. del Ejército - José Mascote  
Telfax: 2-531627 / 2-323939 - Cel.: 0999586009 • Telf.: 2-531923  
e-mail: ventas@hydromecanica.com  
Suc. Norte: Urdenor Km 3 Av. Juan Tarica Marengo Solar 1 a lado de las Antenas de TV Cable  
Telf.: 2381994 - 0997689047 • e-mail: hydecua.gye@hydromecanica.com  
e-mail: ventas@hydromecanica.com  
R.U.C.: 0992573902001

**FACTURA**

SERIE  
**003-001-00 0003736**  
Aut. S.R.I. 1114569798

Partes Hidráulicas para el Sector Caminero, Agrícola, Pesquero, de la Construcción, Producción, entre otros.



Código	C007194	Fecha	2014.07.30
Cliente	VACA MICHILENA EDUARDO	Teléfonos	2409314
Dirección	CONJUNTO BRASILIA 1 CASA 1	Forma de Pago	V6 Contado <input type="checkbox"/> Crédito <input type="checkbox"/>
RUC	1721078424	Vendedor	
Ciudad	QUITO		

CODIGO	DESCRIPCION DEL PRODUCTO	CANT.	DSCTO.	PRECIO UNIT.	TOTAL
WNV-600	VALVULA DE AGUJA O	1.00	10.00	51.21	51.21
Son: Cincuenta y Un 53/100				Subtotal	51.22
				Descuento	5.12
				I.V.A. 12 %	5.53
				Total	51.63

NOTA: Salida la mercadería no se aceptan devoluciones

SIRVASE GIRAR CHEQUE A NOMBRE DE HYDROMECANICA DEL ECUADOR S.A.

FIRMA AUTORIZADA RECIBI CONFORME  
A su Disposición: Sellos Hidráulicos, Bombas, Motores, Electroválvulas, Mandos, Cilindros Hidráulicos y Neumáticos, Manómetros, Kit de Reparación para Cilindros en diferentes Marcas de Maquinarias y todo lo relacionado en el área Hidráulica.  
Ventas al por Mayor y Menor

ORIGINAL-CLIENTE - COPIA-EMISOR



# ACEROS MG

DISTRIBUIDOR Y REPRESENTACION  
DE PRODUCTOS INDUSTRIALES

Eloy Alfaro N52-336 y entre Los Pinos y Cap. Borja a 150mts. Al sur de Solca  
Telf.: 2812 844 Fax: 2813 047 Cel.: 0999 502 276 E-mail: acerosmg@live.com Quito - Ecuador

[www.acerosmg.com](http://www.acerosmg.com)

"OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"

**GUERRERO ROSERO SEGUNDO MARIO**

**R.U.C.: 1714787163001**

**FACTURA**  
001-001 **Nº 0056341**

Autorización S.R.I. 1114585236

SEÑOR (ES): XAVIER VACA  
ATENCIÓN: CONJUNTO BRACILIA UNO SC  
DIRECCIÓN: 1721078424  
COD. RUC.:  
TELEFONO:  
CIUDAD:

FECHA: 30/07/14

N ORDEN DE PEDIDO

FORMA DE PAGO  
CONTADO

VENDEDOR  
ACEROS MG GUERRERO

CODIGO	DESCRIPCION	CANT	P.UNITARIO	%DSCTO	VALOR TOTAL
	CHAVETA 2" #260MM	1.00	26.00	20.00%	20.80

SON: VEINTITRES con 30/100

Debo y pagaré en Quito, a la orden de ACEROS MG, el valor constante de esta factura, conforme a las condiciones de pago precisadas y en caso de mora reconoceré el anual de interés a partir del primer vencimiento del pago.

ACEROS MG

RECIBI CONFORME

BERMEO AGUIRRE PATRICIO LEON R.U.C. 9601609175001 AUT. 1967 FECHA DE AUTORIZACION 27/MARZO/2014  
NUMERADA DEL 52501 AL 61500 VALIDA PARA SU EMISION HASTA EL 27/MARZO/2015

SUBTOTAL	26.00
DESCUENTO	5.20
I.V.A 12%	2.50
FLETE	0.00
TOTAL	23.30

Original: ADQUIRENTE Copia 1: EMISOR Copia 2: SIN DERECHO A CREDITO TRIBUTARIO



**GUERRERO BARRENO HUGO GERARDO**  
**ACEROS INDUSTRIALES**  
**"OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"**  
 Ofrece: Aceros - Angulos - Tubería - Platinas - Ejes Planchas y  
 Accesorios Inoxidables; Bronces, Grilón, Chumaceras y Rodamientos

**FACTURA** 001-001  
 R.U.C. 1801252170001  
 AUT. S.R.I. 1115333228  
**N°000133591**  
 Fecha de Autorización: 04/Agosto/2014

Cliente: VACA MICHILENA EDUARDO XAVIER  
 Dirección: CONJUNTO BRASILIA 1 CASA N-1  
 RUC/CI: 1721078424  
 Telf.: 2409314

Emisión: 10/11/2014  
 Vence: 10/11/2014  
 Vend.: 4 WILSON GRIJALVA  
 Nota Pedido:

Blanca: Adquiriente, Amarilla: Emisor, Verde: Archivo.

E-mail: aceroshgb@hotmail.com / www.acerosindustrialeshgb.com

CODIGO	DESCRIPCION	UNICANTIDAD	P.UNITARIO	D8CT 1	D8CT 2	D8CT 3	PVP-D8CTO	TOTAL
2.4	AC. TRANSM. RED. 4"	KG	5.200	2.20	0.29	0.12	0.09	2.30
18.100	PRODAY ALUM. RED. 100 MM	KG	1.580	27.00	2.70	1.21	0.92	34.57
18.1.80	PRODAY ALUM. RED. 80 MM	KG	0.330	24.90	2.49	1.12	0.85	6.74

HUGO GUERRERO B.  
 1801252170001  
 Lorena Grijalva  
**CANCELADO**

Con la firma del presente, autorizo a Hugo Guerrero B. a consultar, procesar, reportar y suministrar mi historial crediticio; sea de carácter financiero o comercial; en los burós de información certificados por la Superintendencia de Bancos.

Debo y pagaré a la orden de Guerrero Barreno Hugo G. en el lugar y fecha que se me reconvenga el valor total expresado en este documento más los impuestos respectivos y el máximo interés legal por mora permitido desde su vencimiento sin protesto. Exímese de presentación para el pago así como por falta de este hecho renuncio domicilio y me someto a los jueces competentes de la ciudad de Quito y al trámite ejecutivo verbal sumario a elección de Guerrero Barreno Hugo G. o sus cesionarios. Acepto que Guerrero Barreno Hugo G. ceda y transfiera en cualquier momento los derechos que emanan del presente documento sin que sea necesaria notificación alguna ni nueva aceptación de mi parte. Acepto las condiciones incorporadas en la presente factura a la vista y sin protesto.

SALIDA LA MERCADERIA, NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES		Subtotal	Total Dcto.	Tarifa Cero.	Base Imponible	% Iva
		53.25		0.00	53.25	6.39
Facturado por		Dcto. Adicional	Flete	<b>Total a pagar: 59.65</b>		
Recibí Conforme Nombre / CI / Sello		0.00	0.00			

Los Pinos E7-30 e Inés de Medina Telf.: 3280-928 2408-731 2405-415 Telefax: 2401-197 Cel. 0999-656970 (Frente al Batallón Rumiñahui) Quito - Ecuador  
 IMPRENTA BOLIGRAF: BELALCAZAR MOLINA BOLIVAR ABDON. R.U.C. 1711157295001 AUT. 3830 Telf.: 2557 785. Numerado del 000129501 al 000134500 FECHA DE CADUCIDAD: 04/AGOSTO/2015



**GUERRERO BARRENO HUGO GERARDO**  
**ACEROS INDUSTRIALES**  
**"OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"**  
 Ofrece: Aceros - Angulos - Tubería - Platinas - Ejes Planchas y  
 Accesorios Inoxidables; Bronces, Grilón, Chumaceras y Rodamientos

**FACTURA** 001-001  
 R.U.C. 1801252170001  
 AUT. S.R.I. 1115333228  
**N°000133383**  
 Fecha de Autorización: 04/Agosto/2014

Cliente: VACA MICHILENA EDUARDO XAVIER  
 Dirección: CONJUNTO BRASILIA 1 CASA N-1  
 RUC/CI: 1721078424  
 Telf.: 2409314

Emisión: 05/11/2014  
 Vence: 05/11/2014  
 Vend.: 4 WILSON GRIJALVA  
 Nota Pedido:

Blanca: Adquiriente, Amarilla: Emisor, Verde: Archivo.

E-mail: aceroshgb@hotmail.com / www.acerosindustrialeshgb.com

CODIGO	DESCRIPCION	UNICANTIDAD	P.UNITARIO	D8CT 1	D8CT 2	D8CT 3	PVP-D8CTO	TOTAL
4.6	AC. TRANSM. RED. 5"	KG	25.200	2.57	0.29	0.13	0.00	63.99
4.6	AC. TRANSM. RED. 6"	KG	3.440	2.97	0.29	0.13	0.00	8.74
4.4	AC. TRANSM. RED. 4"	KG	6.740	2.60	0.26	0.12	0.00	20.92

HUGO GUERRERO B.  
 1801252170001  
 Lorena Grijalva  
**CANCELADO**

Con la firma del presente, autorizo a Hugo Guerrero B. a consultar, procesar, reportar y suministrar mi historial crediticio; sea de carácter financiero o comercial; en los burós de información certificados por la Superintendencia de Bancos.

Debo y pagaré a la orden de Guerrero Barreno Hugo G. en el lugar y fecha que se me reconvenga el valor total expresado en este documento más los impuestos respectivos y el máximo interés legal por mora permitido desde su vencimiento sin protesto. Exímese de presentación para el pago así como por falta de este hecho renuncio domicilio y me someto a los jueces competentes de la ciudad de Quito y al trámite ejecutivo verbal sumario a elección de Guerrero Barreno Hugo G. o sus cesionarios. Acepto que Guerrero Barreno Hugo G. ceda y transfiera en cualquier momento los derechos que emanan del presente documento sin que sea necesaria notificación alguna ni nueva aceptación de mi parte. Acepto las condiciones incorporadas en la presente factura a la vista y sin protesto.

SALIDA LA MERCADERIA, NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES		Subtotal	Total Dcto.	Tarifa Cero.	Base Imponible	% Iva
		93.65		0.00	93.65	11.24
Facturado por		Dcto. Adicional	Flete	<b>Total a pagar: 104.89</b>		
Recibí Conforme Nombre / CI / Sello		0.00	0.00			

Los Pinos E7-30 e Inés de Medina Telf.: 3280-928 2408-731 2405-415 Telefax: 2401-197 Cel. 0999-656970 (Frente al Batallón Rumiñahui) Quito - Ecuador  
 IMPRENTA BOLIGRAF: BELALCAZAR MOLINA BOLIVAR ABDON. R.U.C. 1711157295001 AUT. 3830 Telf.: 2557 785. Numerado del 000129501 al 000134500 FECHA DE CADUCIDAD: 04/AGOSTO/2015



PROVEEDORA INDUSTRIAL TECNICA  
**PROINTEC Cía. Ltda.**  
 R.U.C. 1790919609001  
 www.grupo-prointec.com



Autorización SRI: 1115175929

**MATRIZ:**  
 Av. 10 de Agosto N36-203 y NNUU  
 Telf.: 2241-030 2454-327 - Fax: 2437-232

Quito - Ecuador

**SALA DE EXHIBICIONES Y VENTAS:**  
 Av. Galo Plaza Lasso N65-49 y Bellavista  
 Telf.: 2807-901 2807-899 - Fax: 2807-790

**FACTURA 003-001-000 014524**

**SEÑOR (ES)**  
 XAVIER VACA  
 DIRECCION: CONJUNTO BRASILIA 1 CASA 1 R.U.C. 1721078424  
 TELEFONO: 2409314  
 CIUDAD: Quito, FECHA: 16 de Julio del 2014 11:32:34

CONTADO	ORDEN
CREDITO	VENDEDOR/LM
FINANCIADO	PROCESADO
PLAZO: DIAS	

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
BM-04	BOMBA MANUAL 700 KG. CM2, CAUDAL DE ACEITE 400 CM3	1	259.000	259.00

SON: DOSCIENTOS TREINTA Y CINCO 00/100 \*\*\*\*\*

NOTA: DECLARO HABER RECIBIDO A MI ENTERA SATISFACCION Y SIN LUGAR A NINGUN RECLAMO POSTERIOR. LA MERCADERIA DETALLADA EN ESTA FACTURA, SUJETANDOME A LAS CONDICIONES Y PLAZO QUE CONSTAN EN LA MISMA Y ACEPTO PAGAR LOS INTERESES EN CASO DE RETRASO EN LOS PAGOS RESPECTIVOS.

RECIBI CONFORME

ENTREGADO POR

SUMAN	259.00
DESCUENTO	49.18
SUBTOTAL	209.82
I.V.A. 12%	25.18
<b>TOTAL</b>	<b>235.00</b>

Fecha de caducidad: 03 / Julio / 2015

001001 0015696

**DISETEC Cía. Ltda.**  
SOLUCIONES INDUSTRIALES**RUC. 1791863984001****CONTRIBUYENTE ESPECIAL  
RESOLUCION No. 815 DEL 18-12-2009****Matriz:** Mariano Cardenal Oe1-74 y Vicente Duque (tras IIASA Caterpillar)  
**Telefs.:** (593-2) 280-6222 / 248-3240 / 247-6535 / 280-0187 Fax: 280-7684  
**www.disetec-ec.com \* E-mail:** ventas@disetec-ec.com Quito - Ecuador  
**Sucursal:** Ctda. la FAE, Elia Liut V-24 y Manzana 40 Telfs.: 042 399-568 / 042 296-649  
E-mail: disetecgye@disetec-ec.com / disetec\_gye@yahoo.com Documento Categorizado: NO**FACTURA****Nº 001-001-000015696****Nº Aut. SRI. 1114821533**

Fecha de Autorización: 07 de Mayo del 2014

CLIENTE **VACA MICHILENA EDUARDO XAVIER**  
C.I./RUC 1721078424  
DIRECCION **CONJUNTO BRASILIA 1 CASA 1 SECTOR KENNEDY**  
CIUDAD **QUITO**  
TELEF / FAX 24093314-0998782515  
FECHA 15/julio/2014Contribuyente Especial Resolución  
No 815 del 18-12-2009

GUIA REMISION

ITEM	CODIGO	CANT	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
1	4237979	1.00	332.54 4" 3000PSI 1/4"INPT LM; DIAL PER WIN12 095, *R * *WIK A*; *316 SS TUBE AND CONNECTION*; *TEST GAUGE* ABOVE POINTER AXIS; *ACCURACY +/- 0.25% OF SPAN*; *10PSI SUBD. * BELOW POINTER AXIS; ALL MARKINGS IN BLACK; CASE STAINLESS STEEL WITH PLUG; BAYONET RING SS POLISHED; MOVEMENT RECALIBRATABLE STAINLESS STEEL WITHOUT PLASTIC PARTS; POINTER ALUMINUM BLACK , KNIFE-EDGE ADJUSTABLE; DIAL ALUMINUM WHITE WITH MIRROR BAND, SCREW RETAINED; WINDOW SAFETY GLASS; ACCURACY +/- 0.25% OF SPAN	229.2400	229.24
				SUMA	229.24
				DESCUENTO	0.00
				SUBTOTAL	229.24
				12% IVA	27.51
				TOTAL	256.75
CONDICIONES DE PAGO <b>CONTADO</b>					
ORDEN DE COMPRA					

Atención: Emitir y enviar Comprobante de Retención  
dentro de los 5 días de emitida la factura  
# 60 LRT1: "NO SE RECIBIRAN  
CONDICIONES PASADO ESE TIEMPO"

LA MENCIONADA SUMA EN ESTE DOCUMENTO ME (NOS) OBLIGA A PAGARLA EN MONEDA EN CURSO LEGAL CON INTERÉS .....% ANUAL DESDE ESTA FECHA HASTA EL VENCIMIENTO DEL PLAZO SEÑALADO: SIENDO DE MI (NUESTRA) CUENTA TODOS LOS IMPUESTOS Y TASAS QUE CAUSARE ESTE PAGARE; EN CASO DE MOROSIDAD (NOS) OBLIGO (AMOS) ADEMAS A PAGAR EL INTERÉS ADICIONAL DEL .....% ANUAL DESDE EL VENCIMIENTO HASTA SU TOTAL CANCELACIÓN. ASÍ COMO A CUBRIR TODOS LOS GASTOS JUDICIALES Y EXTRANJEROS INCLUSIVE LOS HONORARIOS PROFESIONALES QUE OCASIONARE EL COBRO SIENDO SUFICIENTE PRUEBA PARA ESTABLECER TALES GASTOS LA MERA ASEVERACIÓN DEL ACREEDOR. QUEDO (AMOS) SOMETIDO (S) A LOS JUICIOS Y TRIBUNALES DE ESTA CIUDAD O ALAS QUE ELIJA EL ACREEDOR Y A LA VÍA EJECUTIVA, LUEGO DE HABER LEIDO ESTE DOCUMENTO ESTAMPADO MI FIRMA DE CONFORMIDAD A CONTINUACIÓN.

Firma Autorizada

Recibí Conforme - Cliente

Cortés Alvarez Joel Imp. Gaby RUC. 1801186410001 \* Aut. SRI. 1226  
Telf. 3401442 Numerado del: 15501 al 15900 Fecha de Caducidad: 07 de Mayo del 2015P.Q. ORIGINAL-ADQUIRENTE \* C. CELESTE-EMISOR  
C. AMARILLO: SIN VALOR TRIBUTARIO

001001 0015984


**DISETEC Cía. Ltda.**

SOLUCIONES INDUSTRIALES

RUC. 1791863984001

CONTRIBUYENTE ESPECIAL  
RESOLUCION No. 815 DEL 18-12-2009

**Matriz:** Mariano Cardenal Oe1-74 y Vicente Duque (tras IIASA Caterpillar)  
**Telefs.:** (593-2) 280-6222 / 248-3240 / 247-6535 / 280-0187 Fax: 280-7684  
**www.disetec-ec.com \* E-mail:** ventas@disetec-ec.com Quito - Ecuador  
**Sucursal:** Cda. la FAE, Elia Liut V-24 y Manzana 40 Telfs.: 042 399-568 / 042 296-649  
 E-mail: disetecgye@disetec-ec.com / disetec\_gye@yahoo.com Documento Categorizado: NO

**FACTURA**

N° 001-001-000015984

N° Aut. SRI. 1115369698

Fecha de Autorización: 09 de Agosto del 2014

CLIENTE **VACA MICHILENA EDUARDO XAVIER**  
 C.I./RUC 1721078424  
 DIRECCION **CONJUNTO BRASILIA 1 CASA 1 SECTOR KENNEDY**  
 CIUDAD **QUITO**  
 TELEF./FAX **24093314-098782515**  
 FECHA **16/septiembre/2014**

Contribuyente Especial Resolución  
No 815 del 18-12-2009

GUIA REMISION

ITEM	CODIGO	CANT	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
1	41020101-1	1.00	Servicio Calibraciones	100.0000	100.00
				SUMA	100.00
				DESCUENTO	0.00
				SUBTOTAL	100.00
				12% IVA	12.00
				TOTAL	112.00

CONDICIONES DE PAGO **CONTADO**  
ORDEN DE COMPRA

Atención: Emitir y enviar Comprobante de Retención  
 dentro de los 5 días de emitida la factura  
 ART. # 50 LRT1: "NO SE RECIBIRAN  
 RETENCIONES PASADO ESE TIEMPO"

LA MENCIONADA SUMA EN ESTE DOCUMENTO ME (NOS) OBLIGA A PAGARLA EN MONEDA EN CURSO LEGAL CON INTERÉS .....% ANUAL DESDE ESTA FECHA HASTA EL VENCIMIENTO DEL PLAZO SEÑALADO, SIENDO DE MI (NUESTRA) CUENTA TODOS LOS IMPUESTOS Y TASAS QUE CAUSARE ESTE PAGARE; EN CASO DE MORAME (NOS) OBLIGO (AMOS) ADEMAS A PAGAR EL INTERÉS ADICIONAL DEL .....% ANUAL DESDE EL VENCIMIENTO HASTA SU TOTAL CANCELACION; ASI COMO A CUBRIR TODOS LOS GASTOS JUDICIALES Y EXTRANJEROS INCLUSIVE LOS HONORARIOS PROFESIONALES QUE OCASIONARE EL COBRO SIENDO SUFICIENTE PRUEBA PARA ESTABLECER TALES GASTOS LA MERA ASEVERACION DEL ACREEDOR. QUEDO (AMOS) sometido (S) A LOS JUICIOS O TRIBUNALES DE ESTA CIUDAD O ALAS QUE ELIJA EL ACREEDOR Y A LA VIA EJECUTIVA. LUEGO DE HABER LEIDO ESTE DOCUMENTO ESTAMPADO MI FIRMA DE CONFORMIDAD A CONTINUACION.

  
 Firma Autorizada

  
 Recibi Conforme - Cliente

Cortés Alvarez Joel @ Imp. Gaby RUC. 1801186410001 \* Aut. SRI. 1226  
 Telf. 3401442 Numerado del: 15901 al 16300 Fecha de Caducidad: 09 de Agosto del 2015

P.Q. ORIGINAL ADQUIRENTE + C. CELESTE EMISOR  
 C. AMARILLO: SIN VALOR TRIBUTARIO

ACEROS BOEHLER DEL ECUADOR S.A. BOEHLER  
RUC: 1791304667001



CONTRIBUYENTE ESPECIAL  
Resolución 194 del 10/12/1999

FACTURA No. S001-001-00 0157395  
AUTORIZACIÓN S.R.I.: 1115665978

CLIENTE  
VACA MICHELENA EDAURDO XAVIER  
RUC/C.I.: 1721078424  
DIRECCIÓN:  
CONJUNTO BRASILIA 1 CASA 1  
TEL: 2409314  
QUITO / EL INCA

Fecha de factura: 30.10.2014  
Expedida en: EC01 - Quito Norte  
Nr. pedido cliente: TT5711  
Vendedor: Gerencia Quito Norte  
Cond. de entrega: FV QUITO NORTE  
Condiciones de pago: CO12 Contado  
Vencimiento: 30.10.2014  
Guía de Remisión No:  
Referencia: 591748087

157395

Pos.	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Descuento	Valor USD
000010	57NITRUPROFUNDA	NITRURACION PROFUNDA			
		1,000 KG	5,67 USD/KG		5,67
<b>Subtotal 12%</b>					<b>5,67</b>
<b>Subtotal 0%</b>					
<b>Descuento</b>					
<b>Subtotal</b>					<b>5,67</b>
<b>IVA</b>		<b>12,00 %</b>	<b>5,67 USD</b>		<b>0,68</b>
<b>Valor total</b>					<b>6,35</b>

Observaciones:

ACEROS BOEHLER DEL ECUADOR S.A.  
CAJA - QUITO NORTE

30 OCT. 2014

CANCELADO

ACEROS BOEHLER DEL ECUADOR S.A.

30 OCT. 2014

ENTREGADO POR

DESPACHADO POR:

RECIBI CONFORME

Declaro haber recibido a entera satisfacción los productos y servicios detallados en esta factura y a la vez acepto la obligación del pago de este documento y todos los términos y condiciones que constan al reverso del mismo.

Estimado cliente: Solo se dará por cancelada esta factura mediante la presentación del recibo de caja emitido y suscrito por ACEROS BOEHLER DEL ECUADOR S.A.  
Sirvase cancelar con cheque cruzado a la orden de ACEROS BOEHLER DEL ECUADOR S.A.

Matriz: QUITO NORTE  
De las Avellanas E1-112 y  
Panamericana Norte Km. 5 ½  
Telf.: 02 2473080 / 02 2473081 / 02 2478415  
02 2476138 / 02 2807937 / 02 2807936  
Fax: 02 2477918 Cel.: 099 4764247

Sucursal: QUITO SUR  
Av. Pedro Vicente Maldonado  
S22-151 y Taura  
Telefax: 02 3061418 / 02 3063721 / 02 3063653  
02 3063730 / 02 3063740 / 02 3063669  
Cel.: 099 7671136

Sucursal: CUENCA  
Av. Hurtado de Mendoza 219 y  
José Joaquín de Olmedo  
Telefax: 07 2805380 / 07 2802313  
Cel.: 099 4766686

Sucursal: GUAYAQUIL  
Via Daule Km. 7 ½ s/n y Cuarta  
PBX: 04 2262922  
Fax: 04 2237352  
Cel.: 099 4762359

VE-FO-10 V-4.1 10-06-11

CLIENTE

## CUCASA CIA. LTDA.

SISTEMAS HIDRAULICOS - MANGUERAS - CONEXIONES - ADAPTADORES - TUBOS DE ACERO SIN COSTURA, PARA CONDUCCION DE FLUIDOS DE TODA CLASE DE MAQUINARIA.

MATRIZ: AV. DIEZ DE AGOSTO N52-62 Y CAPITAN RAMON BORJA  
 TELEFONOS 2408040 2408041 2400282 - QUITO  
 CASILLA 272 - FAX 2408017 E-mail: cucasa@tvicable.net.ec • cucasa@netlife.ec

CONTRIBUYENTE ESPECIAL  
**RESOLUCION 00281**  
 R.U.C. 1790294609001

SUCURSAL  
 VILLAFLORES, JUAN MARQUEZ 40 Y EMILIO TERAN  
 TELEFONOS 2667747 - 2613552  
 www.cucasa.com.ec • cucasa@ucursal@netlife.ec

**GUIA DE REMISION:** ORD: 355298  
**NOMBRE:** VACA XAVIER  
 R.U.C.: 12574  
**DIRECCION:** 1721078424 TELEFONO:

**FACTURA N° 001-001-000355298**  
 AUTORIZACION N° 1114408165

FORMA DE PAGO: CONTADO  
 QUITO, 30/Julio/2014

CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1.00	U ADAPTADORES 1042-6-6	2.24	2.24
1.00	U ADAPTADORES 1008-6-6	1.81	1.81
1.00	U TEFLON	0.75	0.75



CANCELADO  
CUCASA CIA LTDA

CINCO SB/100 DOLARES

<b>TOTAL DE LA FACTURA</b>	4.80
<b>DESC. DEL 0.00%</b>	0.00
<b>SUB TOTAL</b>	4.80
<b>+ I.V.A. 12%</b>	0.58
<b>TRANSPORTE</b>	0.00
<b>TOTAL A PAGAR</b>	5.38

FECHA DE VENCIMIENTO	VENDEDOR	VTG. BNO.	RECIBI CONFORME
30/Julio/2014	MIGUEL PARRA		

REGISTRADOR S.A. 1730004830001, AUT. SRI 6486, FECHA DE AUTORIZACION: 26/FEBRERO/2014 • 36754864 J.P. • CANT. 13000 DEL 25/01 AL 30/01/2015  
 VALIDO PARA SU EMISION HASTA 26/FEBRERO/2015

- USUARIO -



**GUERRERO BARRENO HUGO GERARDO**  
**ACEROS INDUSTRIALES**  
**"OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"**  
 Ofrece: Aceros - Angulos - Tubería - Platinas - Ejes Planchas y Accesorios Inoxidables: Bronces, Grilón, Chumaceras y Rodamientos

**FACTURA** 001-001  
 001001FAC0121244  
 R.U.C. 1801252170001 **N°000131344**  
 AUT. S.R.I. 1115333228  
 Fecha de Autorización: 04/Agosto/2014

Cliente: VACA MICHILENA EDUARDO XAVIER  
 Dirección: CONJUNTO BRASILIA 1 CASA N -1  
 RUC/CI: 1721078424  
 Telf.: 2409314

Emisión: 19/09/2014  
 Vence: 19/09/2014  
 Vend.: 4 WILSON GRIJALVA  
 Nota Pedido:

Observación:

CODIGO	DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	P.UNITARIO	DSCT 1	DSCT 2	DSCT 3	PVP-DSCTO	TOTAL
141E	AC. TRANSM. EXAG. 1"	KG	1.000	6.43	0.64	0.23	0.22	5.33	5.33



CANCELADO

Con la firma del presente autorizo a Hugo Guerrero B. a consultar, procesar, reportar y suministrar mi historial crediticio; sea de carácter financiero o comercial; en los burós de información certificados por la Superintendencia de Bancos.

Debo y pago a la orden de Guerrero Barrero Hugo G. en el lugar y fecha que se me reconverga el valor total expresado en este documento mas los impuestos respectivos y el máximo interés legal por mora permitido desde su vencimiento sin protesto. Exímase de presentarse para el pago así como por falta de este hecho renuncio domicilio y me someto a los jueces competentes de la ciudad de Quito y al trámite ejecutivo verbal sumario a elección de Guerrero Barrero Hugo G. o sus cesionarios. Acepto que Guerrero Barrero Hugo G. ceda y transfiera en cualquier momento los derechos que emanan del presente documento sin que sea necesario notificación alguna ni previa aceptación de mi parte. Acepto las condiciones incorporadas en la presente factura a la vista y sin protesto.

<b>Subtotal</b>	5.33	<b>Total Dcto.</b>	0.00	<b>Base Imponible</b>	5.33	<b>I.V.A. 12%</b>	0.64
<b>Dcto. Adicional</b>		<b>Flete</b>		<b>Total a pagar:</b>			<b>5.97</b>

Facturado por: Recibi Conforme Nombre / CI / Sello

Los Pinos E7-30 e Inés de Medina Telf: 3280-928 2408-731 2405-415 Telefax: 2401-197 Cel. 0999-656970 (Frente al Batallón Rumiñahu) Quito - Ecuador  
 IMPRENTA BOLIGRAF: BELALCAZAR MOLINA BOLIVAR ABDON. R.U.C. 1711157295001 AUT. 3830 Telf.: 2557 785. Numerado del 000129501 al 000134500 FECHA DE CADUCIDAD: 04/AGOSTO/2015

# ANEXO 5

## PLANOS