

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**ESCUELA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA  
CALIBRAR MANÓMETROS.**

**POR:**

**CBOS. CALDERÓN GUERRERO CÉSAR ABDÓN  
CBOS. CHAMORRO ZAPATA WILSON AUGUSTO**

**Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del título de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**2001**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Srs. Cbos. Calderón Guerrero César Abdón; Cbos. Chamorro Zapata Wilson Augusto como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGOS MECÁNICOS AERONÁUTICOS.

---

Sgos. Ing. Kléber Allauca.

Director del Proyecto de Grado

---

12 de diciembre del 2001

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis queridos e incomparables padres quienes han sido fuente de incentivo y autoestima para alcanzar todos los sueños propuestos, por ultimo a mis hermanas por comprenderme y apoyarme siempre para hoy poder alcanzar la meta trazada.

**Cbos. Calderón Cesar.**

Este trabajo va dedicado a mis padres, en especial a mi madre y hermanas quien con su constante apoyo incondicional me supieron apoyar en todo el transcurso de mi permanencia en el instituto para así cumplir con el objetivo anhelado.

**Cbos. Chamorro Wilson**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a la Fuerza Aérea Ecuatoriana por abrirnos sus puertas, en especial al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico por formarnos como entes útiles y darnos una educación para contribuir al desarrollo de nuestra patria.

**Cbos. Calderón César.**

**Cbos. Chamorro Wilson**

## INDICE

Resumen.....	1
Definición del problema.....	2
Justificación.....	2
▪    Objetivos generales.....	2
▪    Objetivos específicos.....	2
Alcance.....	3

## CAPÍTULO I

### GENERALIDADES

1.1 Descripción del banco de pruebas.....	4
1.2 Mecanismos.....	4
1.2.1 Características.....	5
1.2.2 Principios.....	6
1.2.3 Funcionamiento.....	7
1.3 Tipos de manómetros.....	11
1.3.1 Tipo diafragma.....	12
1.3.2 Tipo bourdon.....	16

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN**

2.1	Alternativas existentes.....	45
	▪ Alternativa “ A “ .....	45
	▪ Alternativa “ B “ .....	48
	▪ Alternativa “ C “ .....	50
2.2	Estudio de factibilidad.....	58
2.3	Selección de alternativas.....	62

## **CAPITULO III**

### **CONSTRUCCIÓN**

3.1	Diagrama de proceso.....	67
3.1.1	Herramientas utilizarse.....	69
3.1.2	Seguridad y precauciones.....	69
3.2	Diagrama de ensamble.....	73
3.3	Métodos a emplearse.....	76

## **CAPITULO IV**

### **PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN**

4.1	Verificación de parámetros de calibración y estándares de calibración.....	78
4.2	Elaboración de manuales de operación.....	84
4.3	Elaboración de manuales de mantenimiento.....	87
4.4	Elaboración e interpretación de estándares.....	89

## **CAPITULO V**

### **ANÁLISIS ECONOMICO FINANCIERO**

5.1	Presupuesto.....	90
5.2	Análisis económico financiero.....	90

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones.....	94
6.2	Recomendaciones.....	94

### BIBLIOGRAFÍA

### ANEXOS

- Anexo " A " Plano general
- Anexo " B " Plano con denominación de partes
- Anexo " C " Plano con acotaciones
- Anexo " D " Planos del banco de pruebas " AMSLER "
- Anexo " E " Fotos de otros bancos de comprobación y calibración
- Anexo " F " Fotos del banco de pruebas para calibrar manómetros neumáticos.
- Anexo " G " Hojas de Certificación

## LISTADO DE FIGURAS

1.1	Manómetro diafragma y bourdon.....	11
1.2	Manómetro de diafragma .....	12
1.3	Esquema de un tipo de diafragma.....	13
1.4	Manómetro de presión diferencial con diafragma.....	14
1.5	Medidor de presión de tubo bourdon.....	18
1.6	Manómetro de bourdon.....	25
1.7	Manómetro de tubo bourdon.....	26
1.8	Partes del manómetro de tubo bourdon.....	26
1.9	Mecanismos de tubo bourdon.....	27
1.10	Manómetro de cuadrante de tubo bourdon.....	28
1.11	Ilustración de los cambios de presión en un sistema hidráulico.....	32
1.12	Método de instalación de un manómetro hidráulico.....	33
1.13	Grafico del tipo fuelles.....	34
1.14	Esquema de un Press – I – Cell.....	39
1.15	Diagrama de un medidor de bajas presiones.....	41
1.16	Controlador de presión ( presostato ).....	43
2.1	Banco de pruebas neumático.....	47
2.2	Foto del banco de pruebas hidráulico.....	49
2.3	Banco de pruebas mecánico ( AMSLER ).....	52
2.4	Banco de pruebas para calibrar manómetros.....	63
3.1	Acoples y uniones rápidas.....	65
3.2	Acoples rápidos.....	66

3.3	Foto del banco de pruebas neumático.....	67
3.4	Banco instalado los manómetros.....	74
3.5	Ensamblados de partes.....	76
4.1	Manómetros patrones.....	79
4.2	Ancho de líneas de graduación y carátula .....	81

## LISTADO DE TABLAS

4.1 Tabla de verificación de parámetros.....	80
4.2 Tabla de medidas de conversión .....	82
4.3 Tabla de unidades de presión .....	82
4.4 Escalas de estándares de medición.....	89
5.1 Lista de costo de materiales .....	91
5.2 Costo de mano de obra.....	92
5.3 Costo de otros gastos.....	93
5.4 Costo total del banco de pruebas.....	93

## LISTA DE FORMULAS

1.1 Presión absoluta.....	7
1.2 Presión absoluta.....	21
1.3 Presión de vacío.....	21

## RESUMEN

En el proyecto de la construcción del banco de pruebas para calibrar manómetros neumáticos , pudiendo ser estos secos o con glicerina hemos realizado utilizando los conocimientos teóricos como prácticos , utilizando materiales que van acorde con la necesidad de la construcción, asegurando la seguridad de los instrumentos ,del equipo y los instrumentos a calibrar verificando la eficiencia total del banco de pruebas para calibrar manómetros , hemos obtenido resultados reales y confiables ya que los instrumentos utilizados como manómetros patrones están certificados por instituciones que están autorizados a realizar estas calibraciones.

De esta manera realizaremos los trabajos de calibración de manómetros tanto en el ITSA como en el Ala N° 12 en las escalas de 10 bar – 70 bar – 100 bar, es decir tenemos una escala de 0 bar – 100 bar , con el trabajo y colaboración del laboratorio de hidráulica del ITSA garantizaremos los trabajos a realizar con el banco de calibración de manómetros neumáticos.

## **DEFINICION DEL PROBLEMA**

En los laboratorios del ITSA no existe un banco de pruebas para calibrar manómetros que se encuentre a la disposición del estudiantado para su aprendizaje.

## **JUSTIFICACIÓN**

El banco de pruebas se utilizara en el laboratorio del Instituto tanto en la enseñanza teórica como en la calibración de una manera práctica de los manómetros que se posee en los laboratorios del instituto y servirá de beneficio para los estudiantes como para los instructores ya que así la enseñanza será mucho más efectiva para su aprendizaje.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVOS GENERALES**

- Construir el banco de pruebas para calibrar manómetros.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar la calibración y mantenimiento de los manómetros.

- Verificar en el banco de pruebas la calibración de los manómetros.
- Revisar alternativas de construcción.
- Analizar y seleccionar la alternativa conveniente, tomando en cuenta tanto el aspecto económico como técnico.
- Construir el banco de pruebas de acuerdo a la alternativa escogida.
- La realización de pruebas de funcionamiento y operación.

## **ALCANCE**

Este banco de pruebas estará disponible para la utilización de instructores como de alumnos para el aprendizaje en la calibración de manómetros de esta manera será un aporte didáctico para los laboratorios del instituto y así poder tener mayor certeza de lo aprendido en las aulas.

# **CAPÍTULO I**

## **GENERALIDADES**

### **1.1.- Descripción del banco de pruebas**

En vista de no existir un banco de pruebas para calibrar manómetros en los laboratorios del ITSA tenemos la necesidad de construir el mismo, en base a los conocimientos adquiridos durante la trayectoria estudiantil de nuestra formación académica, con la construcción de este ayudaremos al desarrollo tecnológico de los alumnos del ITSA.

### **1.2.- Mecanismos**

Los mecanismos a utilizar para la construcción del banco de pruebas para calibrar manómetros son los que detallamos a continuación, algunos de los cuales nos fueron prestados por el hangar de aviones militares del Ala N° 12 y otros mecanismos fueron adquiridos por recursos propios.

- Estructura
- Botella de aire comprimido
- Manómetro Patrón 10 bares – 70 bares - 100 bares.
- Válvula de distribución

- Válvula de sobre presión
- Válvula de alivio de presión
- Cañerías de alta presión.
- Manómetro de presión de la botella
- Manómetro de salida de la botella
- Acoples rápidos
- Acoples rectos
- Acoples reductores

### **1.2.1.- Características**

El banco de pruebas para calibrar manómetros tipo Bourdon y Diafragma, en el cual vamos a trabajar con una botella de nitrógeno en la cual tenemos una masa de 60 lbs de aire comprimido y una presión de 250 bares con lo cual calibraremos los manómetros descalibrados por uso tanto del ITSA como del Ala N 12.

Este banco de pruebas de calibración de manómetros facilitará su traslado y movimiento puesto que su estructura contara con ruedas que facilitará su traslado y rápida movilización en las diferentes áreas de trabajo que necesitan utilizar este equipo para calibrar manómetros de 0 bares a 100 bares.

### **1.2.2.- Principios**

Este banco realizará la calibración de manómetros en base a una presión neumática dotada por la botella de nitrógeno comprimido. En el proceso tendremos un manómetro que medirá la cantidad de presión de la botella que tiene una escala de 0 bar – 300 bar, luego pasara por la válvula reguladora de presión con lo cual manipularemos para regular el paso de presión, lo cual estará controlado por un manómetro que medirá la presión de salida que tiene la escala 0 bar – 100 bar esta presión de salida se distribuirá a través de la válvula distribuidora de presión tanto para el manómetro patrón como al manómetro a calibrar.

De esta manera tenemos que regular con la herramienta adecuada el mecanismo de diafragma o tubo bourdon de acuerdo al tipo de manómetro que estemos trabajando hasta equilibrar e igualar la presión del manómetro patrón y manómetro calibrado.

Para la comprobación cortamos la presión, purgamos o aliviamos la presión del nitrógeno y repetimos la operación para verificar que nuevamente se haya equilibrado la presión en los dos manómetros en el caso de que se verifique la igualdad determinamos y certificamos que el manómetro esta calibrado en caso contrario de que no haya una igualdad en las medidas de presión del manómetro patrón y el manómetro a calibrar será dado de baja y puesto inoperativo y desechado.

Este banco de pruebas para calibrar manómetros utiliza presión neumática por ende describimos lo que es presión.

Se define la presión como la fuerza normal por unidad de área que actúa sobre un sistema. La Presión real en cualquier punto de un sistema, se llama presión absoluta. Sin embargo la mayoría de los dispositivos de medición de presión, indica lo que se conoce como presión manométrica.

$$\text{Presión absoluta} = \text{Presión atmosférica} + \text{Presión manométrica} \quad ( 1.1 )$$

**Presión atmosférica.**- Es la fuerza que ejerce la columna de atmósfera que se encuentra sobre nosotros, ésta depende de varias condiciones, como son la altura, a mayor altura hay menor presión y a menor altura hay mayor presión, la temperatura, a mayor temperatura mayor presión y a menor temperatura menor presión, la presencia de viento, al existir éste se produce un descenso en la presión, el lugar geográfico (latitud), etc.

La presión atmosférica en condiciones óptimas, vale decir a 45° de latitud, a nivel del mar y a 15.6 °C es de 760 mmHg.

**Presión manométrica.**- Esta presión es relativa, y es la diferencia entre la presión de un recinto cerrado, ejemplo: un neumático de auto, y la presión atmosférica del lugar y el momento.

Por lo tanto la presión Vacuométrica significa que en el recinto cerrado existe menor presión que la atmosférica, en la presión manométrica existe mayor presión que la atmosférica. Luego el vacío total es el equivalente a generar una depresión equivalente a la presión atmosférica actual.

Las presiones que podemos estudiar en este caso son: Presión total, presión estática y de velocidad.

En sistemas estáticos la presión es uniforme en todas direcciones alrededor de la cercanía de un volumen elemental de un fluido.

La presión estática es la fuerza por unidad de área ejercida sobre la superficie bombardeada por las moléculas de un fluido en movimiento.

La presión puede variar en diversos puntos del sistema, como para el caso de un fluido en presencia de un campo gravitacional.

Recordemos también el principio de Pascal que señala que las presiones se propagan con idéntica intensidad en todas direcciones, o sin dirección preferencial para una partícula o un punto del fluido.

La presión Dinámica o de velocidad de un fluido en movimiento debe ser considerada como la presión que debería ser mostrada por un instrumento que sería un manómetro, conectado al flujo.

La presión total es la fuerza por unidad de área resultante de la suma de la presión estática más la presión de velocidad o dinámica la cual es medida, como se dijo anteriormente, en el flujo mismo.

Las unidades de presión más utilizadas son:

- $\text{PSI} = \text{lbf/plg}^2$
- $\text{Bar} = 14.7 \text{ lbf/plg}^2$
- $\text{Pascal} = 1.0333 \text{ bar}$

- Atmósfera = 14.7 lbf/plg<sup>2</sup>
- mmHg = 1 bar

Algunas relaciones entre unidades de presión son las siguientes:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/ m}^2$$

$$1 \text{ Atm} = 1.033 \text{ Kg/cm}^2 = 14.7 \text{ lbs/pulg}^2$$

### **1.2.3.- Funcionamiento**

Los manómetros son instrumentos que se utilizan para medir diferencia de presión en términos de la altura de una columna de líquido. Un tubo que contiene un líquido esta conectado a un tanque lleno de un gas a una presión P1. Se aplica una presión P2 a la parte superior de la columna de líquido, puede entonces calcularse la diferencia de presiones P1 - P2 a partir del valor de la altura de la columna de líquido.

Las presiones moderadas y altas se mide con manómetros con mercurio, y las presiones bajas se miden con manómetros llenos de agua, existen varios aparatos para las presiones pequeñas, por ejemplo un manómetro termopar este utiliza un termopar para medir la temperatura de un hilo de alambre caliente se coloca en el gas que se quiere medir la presión. A bajas presiones la velocidad con la que el gas conduce el calor del filamento es proporcional a la presión del gas, de forma que la temperatura del alambre depende de la presión del gas. El

manómetro termopar se calibra con un manómetro de McLeo, en éste último, un volumen grande de gas a baja presión se comprime a un valor mucho menor, donde se mide su presión, entonces se aplica la ley de Boyle para encontrar la presión original.

Las presiones altas se pueden medir con un manómetro que consiste en un tubo de metal hueco en forma de "C" que es con el cual se va a realizar la práctica, de aproximadamente sección transversal elíptica, o espiral cerrado por uno de sus extremos, la presión del fluido dentro del tubo tiende a enderezarlo y mueve un indicador en el dial. Sin embargo debido a que su funcionamiento es por medio de la deformación de un tubo metálico, si estos trabajan demasiado tiempo a una presión es posible que se descalibren por el continuo uso.

La cantidad de masa y presión neumática de la botella de nitrógeno será distribuida y regulada con la válvula de distribución, esta presión tendrá conexión con el manómetro patrón en el cual tendremos una indicación visual de la cantidad de presión mediante la cual realizaremos la calibración del manómetro a ser calibrado luego de lo cual realizará la respectiva verificación para asegurarnos que el manómetro cumple los parámetros requeridos de calibración se debe considerar que la escala del manómetro patrón sea equivalente o de una escala cercana pero siempre mayor con relación al manómetro a calibrar.

En este caso vamos a utilizar nitrógeno por que la utilización de los manómetros que tenemos en los laboratorios y en el hangar de aviones militares

comprenden de mecanismos de acción neumática. Y por el mismo motivo que el nitrógeno es un aire puro, mediante la utilización de este evitaremos la corrosión.

### 1.3.- Tipos de manómetros

A continuación se da a conocer las principales características de los diferentes tipos de manómetros que son más conocidos y utilizados.

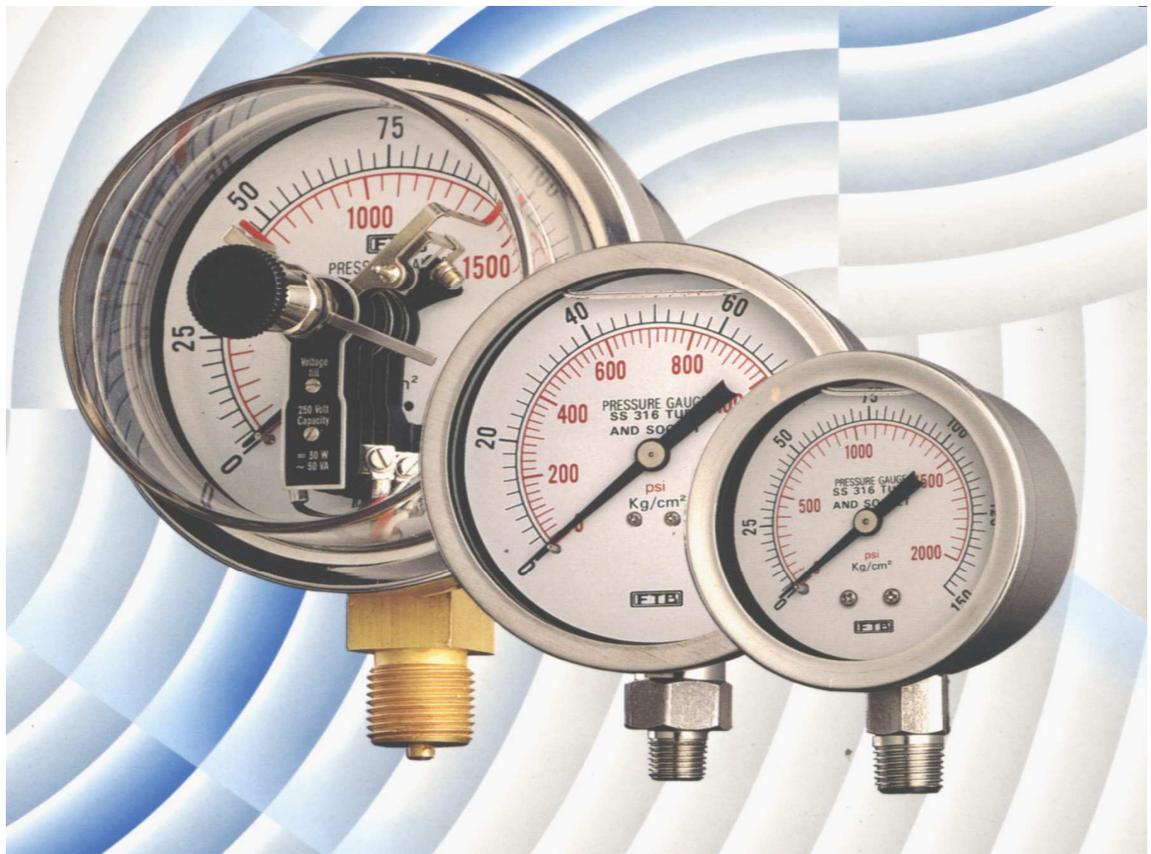


Figura 1.1 Manómetros diafragma y bourdon.

Los tipos de manómetros que realizaremos la calibración con este banco de pruebas serán los de tipo Diafragma y Bourdon.

### 1.3.1.- Manómetro Tipo Diafragma

El manómetro tipo diafragma es probablemente el mejor ejemplo de una unidad de medición de presión con un verdadero equilibrio de fuerzas. Estos están diseñados con una área relativamente grande de material flexible, tiene buenas cualidades sensoras y es fácilmente deformable que va sujeto a un pistón o superficie sujeta por un resorte.

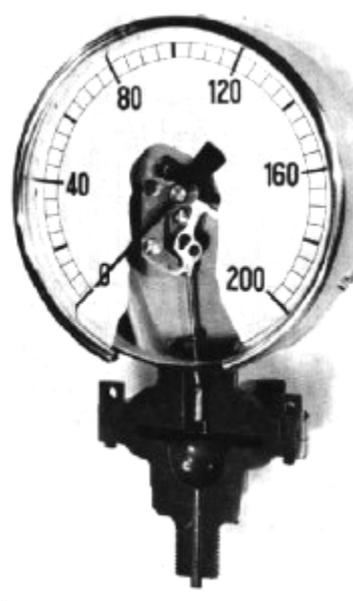


Figura 1.2. Manómetro de diafragma.

El resorte se calibra para alcanzar un rango determinado de mediciones de presión, casi siempre muy bajas y se cuenta con una aguja indicadora que va acoplada mecánicamente al resorte con el objeto de indicar la presión para cualquier deformación que se produzca.

En la siguiente figura se indica una figura en donde se puede apreciar los mecanismos utilizados para el funcionamiento y medición de presiones con tipo diafragma. Sus escalas pueden variar y es necesario utilizar manómetros adecuados y de una escala cercana a la presión generada por la fuente que se esta midiendo. Ejemplo: Si tenemos una bomba que genera 100 bar se utilizará un manómetro de 120 bar máximo por que la apreciación será mejor y su tolerancia de error será la mínima.

Partes del esquema:

1. Resorte de rango de abertura.
2. Fuelle ( actuando en compresión)
3. Cilindro ajustable por candado.
4. Entrada de presión.
5. Lata de aluminio.

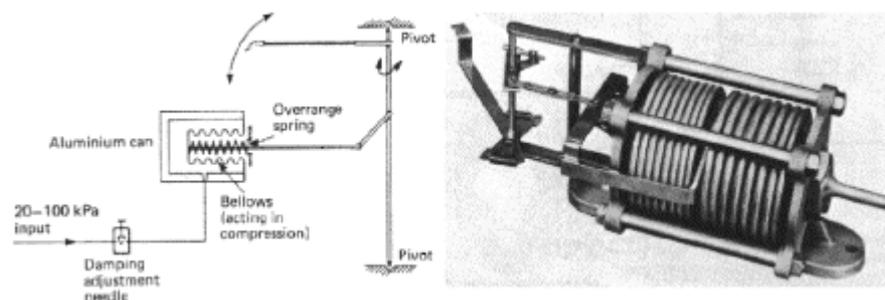


Figura 1 .3. Esquema de un tipo de diafragma.

El manómetro de diafragma esta hecho de cuero flexible de buena calidad y esta balanceado mediante un resorte de berilio y cobre tratado térmicamente. El resorte sufre una deflexión en proporción directa a la magnitud de la presión y se

ajusta para proporcionar lecturas exactas de presión cero mediante un tornillo de ajuste a cero. Si el manómetro de tipo diafragma se utiliza en una atmósfera corrosiva y seca se debe examinar y dar mantenimiento periódico para evitar la indicación de errores graves en las lecturas.

En los medidores mecánicos de presión y de mayor uso en la industria se aprovecha la deformación cuantitativa de una membrana elástica para medir la presión. Estos son principalmente los medidores de tubo de bourdon y de fuelles metálicos. También se utilizan diafragmas metálicos en medidores referenciales y sistemas de reveladores, donde sus deflexiones se pueden restringir para soportar presiones relativamente altas en condiciones de emergencia. Generalmente se puede emplear con seguridad a presiones estáticas más o menos elevadas para detectar diferenciales pequeños.

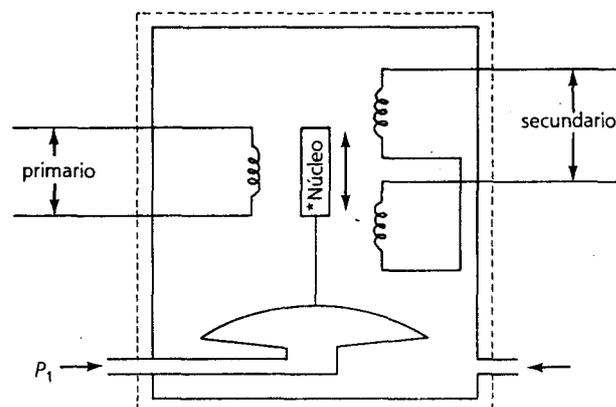


Figura 1.4. Manómetro de presión diferencial con diafragma.

Se acostumbra usar diafragmas metálicos en medidores de presión diferencial, transmisores neumáticos de presión y transmisores eléctricos de

presión en los que la presión estática puede ser muy superior a la fuerza de ruptura del material utilizado en los fuelles. Estos diafragmas se construyen en forma de disco y con mucha frecuencia tienen superficies corrugadas para incrementar el área de superficie y la capacidad de deflexión de ésta. La deflexión depende del tipo del material, de su espesor, del diámetro del disco, de la forma del corrugado, de la cantidad de costillas, del módulo de elasticidad del metal y la presión aplicada. El corrugado se obtiene mediante la formación de los discos o capas del material por presión hidráulica, más o menos de la misma manera como se forman los fuelles a partir de tubos sin soldadura. En muchas aplicaciones industriales los discos de diafragma se forman en cápsulas, soldando dos de ellas entre sí, o bien, soldando un disco sobre la base rígida.

La profundidad, la cantidad del corrugado y el ángulo de formación de la cara del diafragma determina la sensibilidad y la linealidad de éste para utilizarlo como detector de presión. La máxima sensibilidad para deflexiones muy pequeñas o movimientos de diafragma se obtiene con un diafragma liso o plano.

La principal desventaja en el diseño de elementos de presión de diafragma corrugado es que la relación presión deflexión se debe determinar de un modo empírico para cada tipo de material y para el número, la clase y el tamaño de convolución. En última instancia se ha determinado que la deflexión de este tipo de diafragma es una función de la cuarta potencia del diámetro. Esto significa que si el diámetro se duplica, la deflexión se incrementa 16 veces para el mismo cambio de presión. Estas cifras se incluyen para dar énfasis al hecho de que existen problemas de diseño y calibración cuando se emplea un diafragma y que

se debe tener mucho cuidado de la elección de un diafragma para una aplicación específica.

Los diafragmas se han utilizado tradicionalmente en medidores para presiones más o menos bajas y mediciones de vacío. Las aplicaciones en aeronaves que requieren fuerzas elevadas y constantes que son características naturales de los elementos de presión de diafragmas y su uso en transductores, transmisores, reveladores y conmutadores, han incrementando la demanda de buenos elementos de diafragma.

### **1.3.2 . Manómetro de Tubo Bourdon**

El manómetro de tipo tubo de Bourdon es el más frecuente que se utiliza para medir presión, ya que es un instrumento que sus mecanismos no son muy complejos cubriendo alcances desde 0 a 300 bar ( $\text{Kgf/m}^2$  de presión relativa) y desde 0 a 100000 psi, así como también vacío desde 0 a -0,000666 psi , ya que la presión de vacío nunca va a llegar a cero. Para presiones mayor a las escalas especificadas anteriormente se utilizan manómetros especiales para la cantidad de presión a medir.

En la figura siguiente se muestra un manómetro de este tipo construido por la American Chain & Cable Compañía. La presión (el fluido a presión) actúa sobre la conexión y se transmite al interior del tubo Bourdon. Este tubo de forma circular y de sección ovalada, cerrado por su extremo libre. Cualquier presión en el interior del tubo superior a la externa o atmosférica, es causa de que varíe la

sección ovalada del tubo, tomando una forma tanto más circular cuanto mayor sea la presión interior. Los lados más planos son, por tanto, forzados a separarse, resultado que el material se expande en la circunferencia interior y se contrae en la exterior. Los esfuerzos resultantes sobre el tubo tienden a estirarlo y su extremo libre se mueve hacia arriba.

El efecto contrario tiene lugar bajo condiciones de vacío; esto es, cuando la presión en el interior del tubo es menor que la externa o atmosférica. Al movimiento del extremo libre del tubo se llama “desplazamiento de la punta”.

Una biela conecta la punta del tubo Bourdon a una cruceta cuya posición puede ajustarse sobre un alojamiento en arco abierto en un extremo de la leva. La cabeza de la biela se desplaza en línea recta, mientras la leva describe un arco alrededor de su eje.

#### PARTES DEL MEDIDOR DE TUBO BOURDON

1. Conexión de tubo bourdon
2. Unión del tubo bourdon.
3. Tubo bourdon.
4. Extremo libre.
5. Mecanismo acoplador.

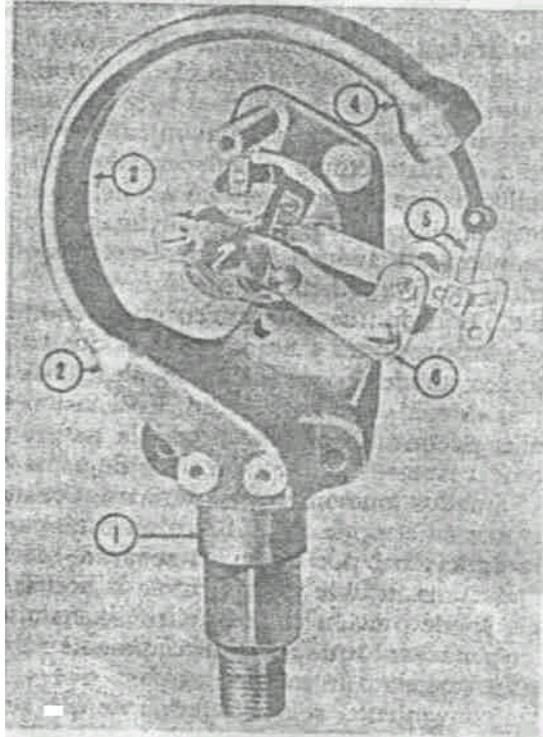


Figura 1.5. Medidor de presión de tubo bourdon.

La posición de la cruceta que une la biela a la leva es ajustable, y se utiliza para la calibración del aparato. Acercando o alejando la cruceta al eje, se amplifica o reduce el giro de la leva sobre éste, para su mismo desplazamiento de la punta.

Actuando sobre la posición de la cruceta, se busca la posición exacta para que a un desplazamiento de la punta correspondiente a la presión máxima a medir, la leva haga girar al eje de la aguja hasta que ésta señale el extremo de la escala, que suele corresponder a un desplazamiento angular de  $270^\circ$ . Moviendo la cruceta hacia fuera disminuye la indicación de la aguja; moviéndola hacia dentro, aumenta.

La leva que ocasiona el movimiento del eje de la aguja, convierte el desplazamiento de la punta del tubo en un giro de eje. Un movimiento de la punta  $\frac{3}{16}$  de plg. Se amplifica a  $4 \frac{1}{2}$  plg. En una escala de 10 plg.

Generalmente la transmisión del movimiento de la leva al eje se logra por medio de un piñón dentado. Sin embargo, en el medidor helicoidal se labra un surco en hélice en el eje de la aguja y la leva encaja en él, produciendo un giro del eje en respuesta a su movimiento tangencial. Un resorte espiral adapta en todo momento el perfil del helicoide a la leva.

Los tubos de Bourdon se construyen en diferentes materiales, dependiendo de las presiones y fluidos con los que han de trabajar. Los fluidos con que se puede trabajar son fluido hidráulico y neumático.

Los más utilizados son de bronce ferrosos, aleaciones de acero, aceros inoxidable, "Monel" y cobre-berilio. En ocasiones ninguno de estos materiales pueden utilizarse debido a la naturaleza corrosiva del fluido. Como respuesta a las exigencias de estos casos, se dispone de los llamados manómetros químicos. Consisten, generalmente, en un manómetro de tubo Bourdon estándar lleno de un líquido neutro (glicerina, por ejemplo) separado del fluido corrosivo por un diafragma flexible y resistente a la acción de aquel.

Las variaciones de presión en el fluido se transmiten al diafragma y al líquido separador, que actúa directamente sobre el tubo. Se dispone de gran variedad de

materiales para diafragma, pudiendo elegirse el más conveniente, según el fluido de que se trate.

El manómetro con separador es también de utilidad en el caso en que se corra el riesgo de que el fluido pueda solidificarse en el interior del tubo de Bourdon, o en el caso de que sea tan viscoso que pueda taponarlo. El fluido que se está utilizando en este caso es glicerina ya que la glicerina no produce resistencia al movimiento de la aguja indicadora del manómetro a utilizarse.

Estos manómetros deben construirse de tal forma que pueda ser accesible, la membrana separadora por la parte del fluido, sin necesidad de afectar a la estanqueidad del espacio lleno de líquido sobre el diafragma y en el interior del tubo de Bourdon. Generalmente, el diafragma va dispuesto en un cuerpo de bridas al que se rosca el manómetro por una parte, y el conducto de presión por la otra.

En otros casos, el manómetro va montado al extremo de un tubo más o menos largo que le conecta al separador; naturalmente, todo el conjunto debe estar completamente lleno de líquido.

Con frecuencia en la parte baja de la escala de medida carece de importancia desde un punto de vista operacional, por lo que se puede suprimir, lo que permite ampliar la lectura. Así, puede suprimirse, lo que permite ampliar y facilitar la lectura.

Un instrumento que debe medir presiones entre 400 y 500 psi puede constituirse con escala de 0 a 600 psi ya que es lógico y adecuado utilizar en esta práctica en lugar de 0 a 400 psi o 0 a 1000 psi ya que no es lo óptimo y se puede medir pero en la apreciación va a tener error en el momento de medir mayor escala y puede dañarse el instrumento o manómetro de menor escala.

El máximo de escala se elige en este caso de 1000 psi porque la práctica enseña la vida del instrumento, así como la precisión de medida, aumenta si se le utiliza en aproximadamente el 50% de la escala. Esto, sin embargo, no se refiere a los manómetros registradores de presión, los cuales están diseñados para permitir presiones temporales considerablemente por encima de su alcance máximo.

Existen manómetros de tubo bourdon que pueden medir la Presión absoluta es decir:

$$\text{Presión absoluta} = \text{Presión Manométrica} + \text{Presión Atmosférica} \quad ( 1.2 )$$

También existen manómetros que solo miden la presión manométrica, otros manómetros están en la capacidad de medir la presión de vacío que es una presión absoluta pero negativa.

$$\text{Presión de vacío} = \text{Presión atmosférica} - \text{Presión manométrica} \quad ( 1.3 )$$

Los manómetros de tipo bourdon pueden venir en diferentes escalas de acuerdo a la necesidad y en cualquier sistema de medida ya sea en :

Bar – PSI – Pa – Atm. Lo importante es la relación de su equivalencia.

Otra versión de los instrumentos del tubo Bourdon es un medidor de presión diferencial, que consiste en dos tubos que actúan simultáneamente sobre un

elemento medidor; pero en sentidos contrarios, indicando la diferencia entre las dos presiones.

Aquí también tenemos un registrador de temperatura, el cual, es esencialmente el mismo si se utiliza para medidas de presión. El registrador de presión se diferencia únicamente en el movimiento del tubo Bourdon no se produce por causa del fluido encerrado en un elemento térmico, sino que es debido a la acción directa del fluido cuya presión quiere medirse.

El tubo de Bourdon tiene la forma de espiral. El elemento de presión en espiral viene a ser, en esencia, una serie de tubos Bourdon normales unidos por los extremos y dispuestos como una espiral plana. Se obtienen con esta disposición un desplazamiento mayor del extremo libre que es lo que se desea en los registradores de este tipo.

Probablemente el medidor de tubo Bourdon es el medidor de presión industrial que se usa más y se aplica tanto a presiones absolutas y de vacíos. Al igual que el medidor de fuelle o diafragma se puede utilizar para presiones absolutas y de vacíos, ya sea por separado o en un medidor compuesto y por lo general este se usa cuando:

- a) El máximo del rango requerido sobrepasa 25 lbf/pulg.<sup>2</sup> para medir presiones y vacíos combinados.
- b) Para mediciones de presión continua que sobrepasan 80 lbf/pulg = psi .<sup>2</sup> y que ascienden hasta 5000 lbf/pulg.<sup>2</sup> o para mediciones de presiones más directas.
- c) Especialmente cuando se producen fluctuaciones de presión repentinas que pueden hacer que los fuelles o diafragmas normales se rompan.

Los tubos de Bourdon se pueden fabricar en cualquier tipo de material que tengan las características elásticas adecuadas para el rango de presión y la resistencia al medio corrosivo que se va a medir en la aplicación en particular. Algunos materiales que se usan son latón, aleación de acero, aceros inoxidable, bronce, K-monel y cobre de berilio. El tubo de Bourdon puede tener la forma de una C, espiral o hélice. Se le da forma aplanando un tubo redondeado y luego doblándolo para obtener la forma de una C, un espiral o una hélice. Se sella uno de los extremos del tubo y se le ajusta a un mecanismo indicador.

Cuando la presión se aplica al extremo abierto del tubo, tiende a enderezarse a su forma original y produce la suficiente fuerza para mover un sector dentado u otro mecanismo indicador o de control o llamada también aguja indicadora.

El tubo de Bourdon se sujeta por su base fija, de manera que la presión ejercida es proporcional a su movimiento. Los sectores dentados o otros mecanismos tales como una banda tensa sirven para multiplicar la magnitud del

movimiento del tubo y para hacer que la lectura de la medición sea más fácil de obtener y tenga una mayor precisión. Cada regla requiere una ejecución cuidadosa para producir un movimiento lineal de la aguja indicadora sobre una escala calibrada un mecanismo de registro.

Tipos de tubo de Bourdon.

- 1) Tipo C,
- 2) En espiral
- 3) Helicoidal
- 4) Área de la sección transversal.

Partes del manómetro bourdon:

1. Tubo bourdon
2. Pieza tubo bourdon
3. Tornillo de regulación
4. Eslabón de conexión
5. Tornillo saliente
6. Bloque
7. Tornillo roscado

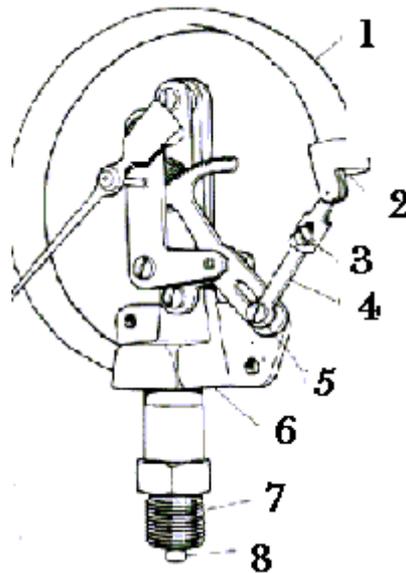


Figura 1.6. Manómetro de bourdon.

Este medidor de presión tiene una amplia variedad de aplicaciones para realizar mediciones de presión estática; es más barato, consiste y se fabrica en diámetros de 2 plg. (50 mm) hasta 8.5 plg. (220 mm) en carátula y tiene una exactitud de hasta 0.1% de la lectura a escala plena; con frecuencia se emplea en el laboratorio con un patrón secundario de presión.

Cuando se aplica presión interna al tubo, éste se flexiona elástica y proporcionalmente a la presión y esa deformación se transmite a la cremallera y de ésta al piñón que hace girar a la aguja indicadora a través de su eje. Las escalas, exactitudes y modelos difieren de acuerdo con el diseño y aplicación, con lo que se busca un ajuste que de linealidad óptima y e histéresis mínima.

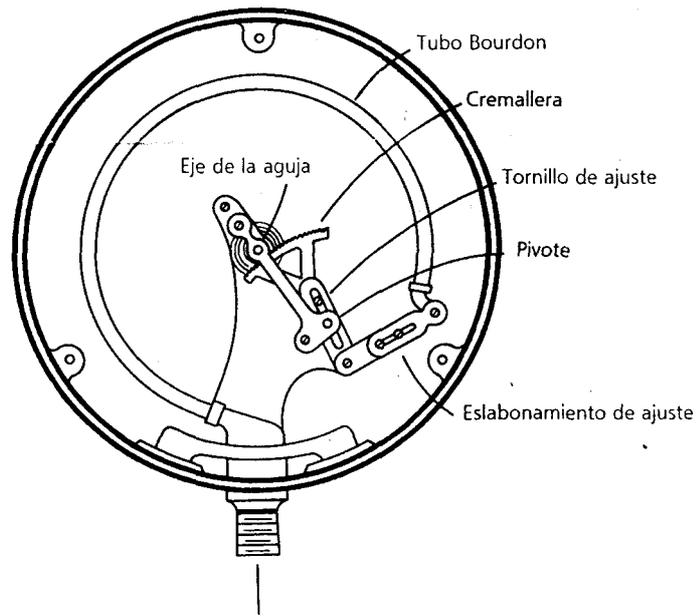
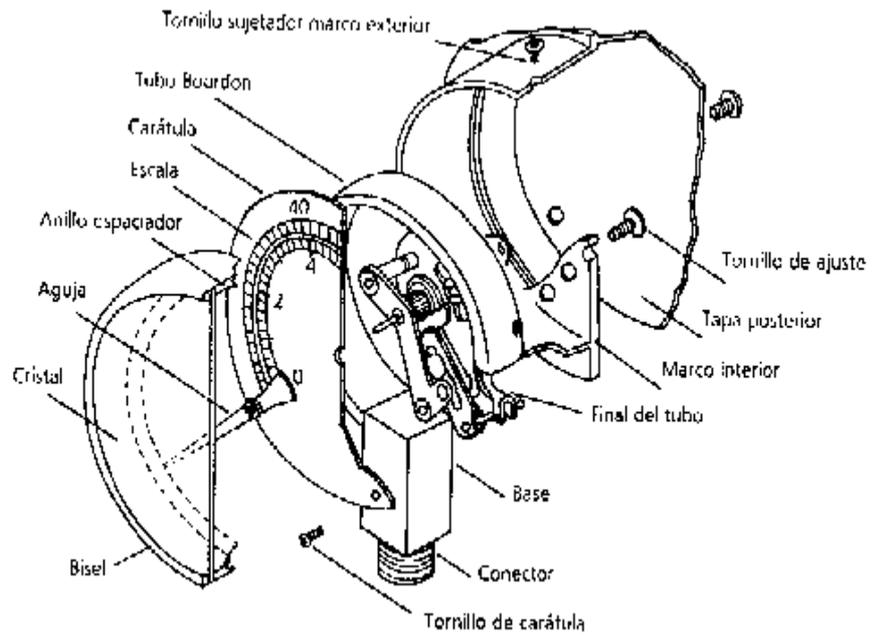
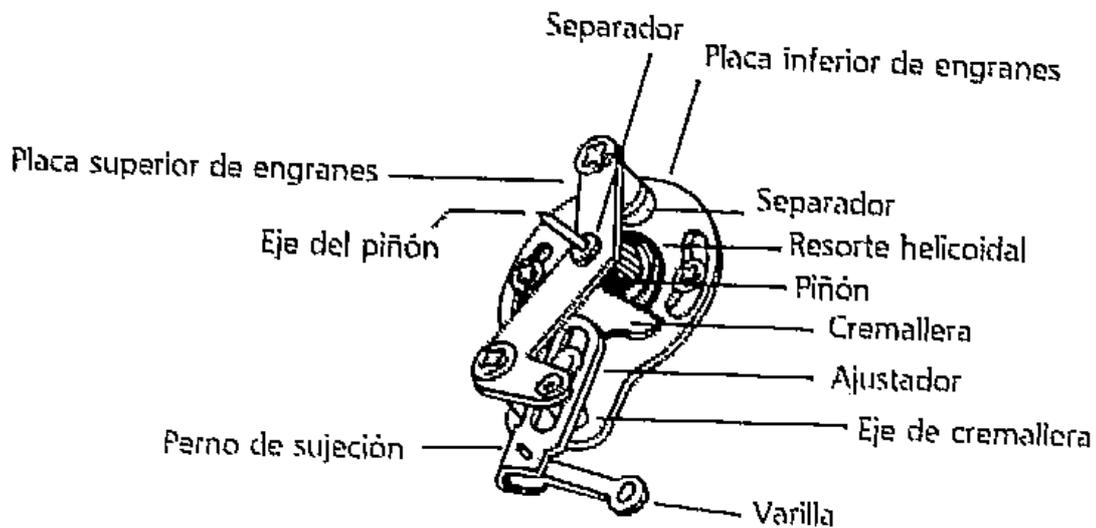


Figura 1.7. Manómetro del tubo bourdon.



1.8. Partes del manómetro del tubo bourdon.



1.9. Mecanismo de tubo bourdon.

En la práctica, las medidas de presión tienen que hacerse, evidentemente con un dispositivo adecuado que el simple pistón tajado, utilizándose muy ampliamente, y casi podríamos decir en forma exclusiva el manómetro de cuadrante.

El manómetro de Bourdon posee como elemento medidor un tubo en forma de C, o un resorte de presión cerrado por un extremo y en comunicación con la fuente de presión y fijado a la caja del instrumento por el otro. El extremo libre del tubo está mecánicamente en comunicación, a través de un engranaje multiplicador, con una aguja indicadora, visible en el cuadrante del instrumento. Cuando el tubo recibe el fluido a presión tiende a enderezarse, siendo el movimiento del extremo libre proporcional a la presión.



Se observará la ausencia total de prensaestopas o empaquetaduras, no existiendo por lo tanto fugas al menos que se produzca la presión del tubo de Bourdon. Este caso es prácticamente desconocido cuando los tubos se construyen con el adecuado tipo de material y siempre que no se sobrefatiguen. El mecanismo multiplicador suele ser de engranajes y la aguja indicadora tiene un desplazamiento de unos  $270^\circ$  de arco. La multiplicación real depende del movimiento del extremo libre del tubo Bourdon para plena presión.

El manómetro con tubo en forma de herradura, precisará una multiplicación superior a 20:1, para proporcionar el adecuado desplazamiento de la aguja indicadora. La exactitud de un manómetro nuevo de Bourdon debe de hallarse dentro de los límites especificados por la norma británica del año de 1.780. esta norma especifica un error no superior al 1% de la graduación máxima.

Las condiciones de funcionamiento de muchas máquinas hidráulicas son capaces de poner fuera de servicio rápidamente a los manómetros por el uso de los mismos, a menos que se tomen las precauciones adecuadas en su instalación y se prevea su protección para evitar posibles causas de averías, las averías más comunes pueden ser por presiones mayores a la escala del manómetro, por fatiga, por uso y desgaste de los mecanismos, por golpes fuertes de presión o contrapresión, vibraciones.

Se observara que el movimiento multiplicador debe ser de una gran sensibilidad, ya que tiene que transmitir la limitada energía proporcionada por el

extremo del tubo Bourdon, con un frotamiento despreciable. Por lo tanto este dispositivo es muy susceptible de sufrir averías como consecuencia de los choques o contrapresión debido a repentinos cambios de presión, a las pulsaciones rápidas de éstas o a los golpes mecánicos.

Para alcanzar los resultados óptimos suelen utilizarse cuadrantes de 15 cm de diámetro o más, para presiones superiores a las  $1.000 \text{ lbf/plg}^2$  ( $70 \text{ kp/cm}^2$ ). Para presiones inferiores o cuando el manómetro pueda quedar efectivamente aislado cuando no se utiliza, es posible emplear un instrumento más pequeño, pero siempre teniendo en cuenta que cuanto mayor sea el tubo de Bourdon menores serán los esfuerzos aplicados sobre él para una presión determinada.

El manómetro debe montarse en una posición que tenga un aislamiento contra cualquier vibración o un choque mecánico. Normalmente los manómetros hidráulicos se montan sobre una tubería muy rígida, lo cual no presenta ningún inconveniente a menos que dicha tubería como sucede algunas veces tiemble de una forma violenta cada vez que se abre una válvula. Los mejores resultados se obtienen cuando el manómetro se fija sobre una superficie muy firme, que no transmita al instrumento las vibraciones o golpes de presión producidos por los distintos componentes del sistema hidráulico o mecánico. Las posiciones más adecuadas son el bastidor principal de la máquina o el panel de instrumentos.

El manómetro deberá aislarse del cambio repentino de presiones, el registro de los cambios de presión de la mayoría de los sistemas hidráulicos mostrará una onda senoidal, debido a los impulsos procedentes del elemento de

bombeo, tales como pistones, engranajes o paletas, o a los repentinos cambios de presión, debidos a la abertura y cierre de válvulas o las detenciones súbitas de los émbolos al tropezar con determinadas resistencias.

El siguiente gráfico indica los cambios de presión en un sistema hidráulico, las ondulaciones de presión debidas a la bomba y a la válvula de seguridad y los súbitos cambios de presión cuando la válvula abre y cierra son perjudiciales para el manómetro a menos que éste esté adecuadamente protegido mediante dispositivos amortiguadores.

Indicación de secuencia de presión.

1. Ondulación de presión
2. La válvula abre
3. La válvula cierra
4. La válvula abre
5. El pistón recibe presión
6. La válvula de seguridad abre.

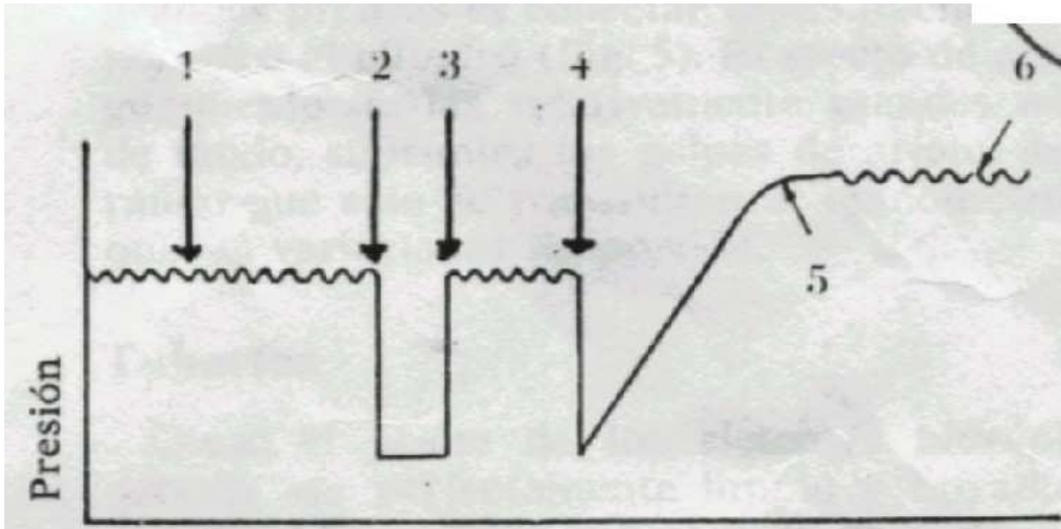


Figura 1.11. Ilustración de los cambios de presión en un sistema hidráulico.

La forma más efectiva para alejar al manómetro de estas influencias adversas será la que suprima tanto los impulsos mecánicos como los hidráulicos. Los impulsos hidráulicos se suprimen introduciendo en el circuito algún tipo de estrangulamiento que crea un exceso de frotamiento en el flujo de líquido haciendo que sea cual sea la violencia de las fluctuaciones de presión en el sistema principal, sólo muy lentamente las registre el instrumento, y que cuando se cierre en este sistema una válvula corte la presión y al volver abrir la válvula se eleve la presión en una forma progresiva tanto de caudal y de presión.

Pasos para la instalación de un manómetro hidráulico.

- El panel debe fijarse en una parte fija de la maquina.
- El manómetro se une a un tubo capilar y la válvula condiciona su abertura o cierre.

Partes del montaje:

1. Panel
2. Manómetro
3. Tubo capilar
4. Válvula de cierre.

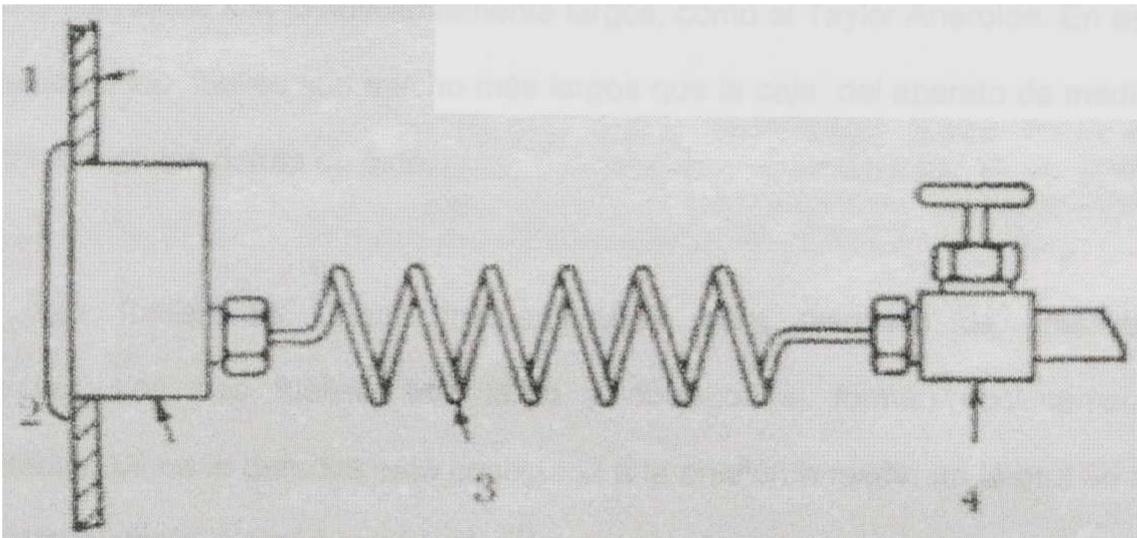


Figura 1.12. Método de instalación de un manómetro hidráulico.

Se recomienda comprobar todos los manómetros cada 12 meses, y siempre que se sospeche cualquier posible error en la exactitud de sus medidas. Los manómetros suelen comprobarse contrastándolos con un manómetro patrón a presiones superiores de trabajo.

A los manómetros se les puede realizar el mantenimiento preventivo y correctivo, el mantenimiento preventivo es con el afán de darle más lapso de vida al instrumento y así se puede realizar el mantenimiento periódicamente a los 12 meses de acuerdo a la información técnica del instrumento.

## Tipo fuelles

El manómetro de tipo fuelle es algo más sensible que el tipo bourdon. Generalmente se utiliza para claros mínimos de escala por bajo de 3 psi; aun cuando los fuelles son lo suficientemente largos, como el Taylor Aneroide. En este instrumento los fuelles son mucho más largos que la caja del aparato de medida y están montados detrás de éste.

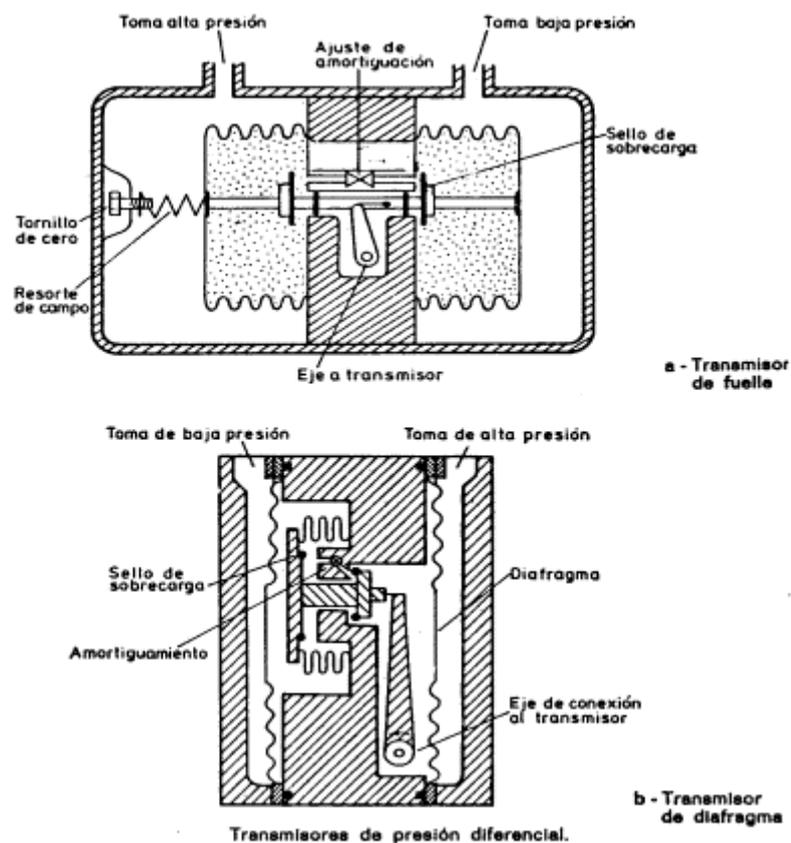


Figura 1.13. Grafico de fuelles

Los fuelles se utilizan frecuentemente para medición de presiones absolutas. Los tres fuelles, uno largo y dos cortos, forman dos cámaras separadas. La de la derecha está conectada a la presión a medir; en la otra se ha

realizado el vacío y está herméticamente cerrada. Los extremos libres de los tres fuelles se conectan a una pieza en forma de campana, cuyo movimiento se transmite y amplifica por un sistema de palancas, al brazo de la pluma del registrador.

La campana se desplaza a causa del empuje de fluido, que actúa contra la acción de un resorte situado dentro de la campana y que tiende a llevarla hacia la derecha. Los fuelles pequeños están abiertos a la presión atmosférica y sus acciones son en la misma dirección y sentido contrario, con lo que se consigue que las variaciones en la presión atmosférica se anulen. En el interior del fuelle mayor ha efectuado, como ya se dijo, un vacío lo más elevado posible y cuyo valor es constante. Por lo tanto, la presión del fluido que se ha de medir, que actúa en la cámara entre la carcasa, el fuelle mayor y el fuelle menor de la izquierda, se obtendrá en unidades de presión absoluta y será independiente de la presión atmosférica y sus variaciones.

Puede utilizarse el mismo instrumento descrito para medidas de presión diferencial. En este caso la cámara de la izquierda (formada por el interior del fuelle mayor y el exterior del fuelle menor de la izquierda) no está sometida a vacío, sino que se conecta al fluido de menor presión, mientras que la cámara de la derecha se conecta al fluido de presión mayor. En este caso se requiere un resorte distinto dentro de la campana.

Del mismo modo puede utilizarse este instrumento para medidas de presión relativa. En este caso no es necesario el fuelle pequeño de la izquierda,

quedando la cámara de la izquierda abierta a la atmósfera. Sólo permanece estancada la cámara de la derecha, a la que se conecta el fluido a presión.

El tipo de fuelles se restringe casi siempre a rangos de presiones bajas cuando se miden presiones absolutas o manométricas. Sin embargo, el medidor de fuelles puede emplearse para mediciones de presión diferencial a presiones relativamente altas. Los fuelles metálicos son una serie de partes circulares que se asemejan a los pliegos de un acordeón. Estas partes se forman o juntan de tal manera que se expanden o contraen axialmente debido a los cambios de presión. Los metales usados en la construcción de los fuelles deben ser lo suficientemente delgados para ser flexibles, lo bastante dúctiles para tener una fabricación más o menos fácil y para resistir firmemente a las fallas por desgaste. Los materiales que más se usan son latón, bronce y cobre de berilio, aleaciones de níquel y cobre, acero y monel. Los metales o aleaciones difíciles de trabajar se usan principalmente para satisfacer requisitos de resistencia a la corrosión. En su mayor parte, los fuelles utilizados en medidores de presión carecen de soldaduras y se fabrican de tubería estirada por métodos hidráulicos u otros métodos de fabricación rápidos. Estos métodos producen paredes más uniformes que permiten un tiempo de servicio más largo. También se pueden aplicar otros métodos para formar fuelles como la soldadura de sección anulares, laminado, enroscado y torneado de material sólido.

Por lo común, el fuelle tiene la capacidad de desplazarse a una mayor distancia que la requerida en una aplicación de presión, de manera que un resorte de alcance que se puede calibrar para un rango de presión particular sirve para

oponerse al movimiento. Como regla general, cuanto más pequeña es la deflexión, tanto mayor es el ciclo de vida del fuelle.

Las maneras de medir las presiones del fuelle:

- Para presiones absolutas.
- Para presiones manométricas.
- Para presiones diferenciales.

La carrera de fuelle se puede incrementar, utilizando un mayor número de convoluciones y su fuerza se puede aumentar empleando fuelles con un diámetro mayor, de manera que la presión tenga una superficie más amplia sobre la que pueda actuar. Los fuelles se emplean también en transmisores de presión, los transmisores de presión se utilizan cuando se desea leer valores de presión en una ubicación remota sin electricidad.

### **Tipo Cápsula**

Los fuelles son más sensibles que los tubos Bourdon y las cápsulas más sensibles que aquéllas. Las cápsulas de medida de presión se utilizan no sólo para pequeños alcances, sino también allí donde es necesaria una gran exactitud. El manómetro tipo cápsula de Wallace & Tierman, por ejemplo, tiene una exactitud de 0,1%, mientras que un manómetro estándar de tubo Bourdon la tienen de 0,5%. La cápsula está fabricada de cobre-berilio y el fluido a presión actúa en su interior. En indicadores de presión absoluta, la cápsula es estanca, y está sometida a vacío. La presión a medir se admite en el interior de la caja

del instrumento, que también es estanca, y actúa sobre el exterior de la cápsula, que se deforma proporcionalmente a la magnitud de dicha presión. Se puede medir presiones diferenciales admitiendo una presión en el interior de la cápsula y la otra en la caja del instrumento.

El Fisher & Porte Pres-I-Cell usa cápsulas para presiones superiores a 30 psig o psia. Para presiones más altas se usan tubos espiral de Bourdon. La exactitud de estos Pres-I-Cell con cápsulas es del 0,05% de la escala completa. La figura a continuación ilustra sobre su funcionamiento. La cápsula desplaza la armadura (barra ferromagnética) de un transformador diferencial (de modo similar a un transmisor de presión). El desplazamiento relativo entre la armadura y las bobinas del transformador diferencial crea un desequilibrio eléctrico que actuando sobre un amplificador, se convierte en una señal de control para el servomotor. A través de un tren de engranajes y una rosca de plomo, el servomotor acciona una palanca elevadora, que desplaza las bobinas del transformador en el mismo sentido que la armadura, hasta que su posición relativa vuelva a ser la de equilibrio de transformador, con lo que la señal y el servomotor se detiene.

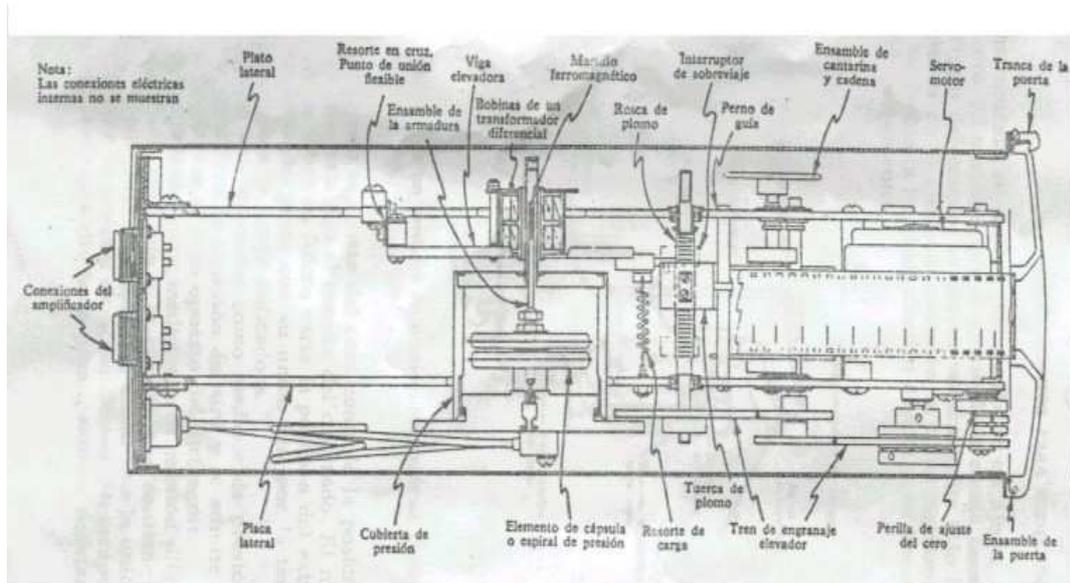


Figura 1.14. Esquema de un Pres-I-Cell.

El tren de engranajes que guía el tornillo de plomo también arrastra la tira filmica registradora, por medio de una rueda dentada que engrana con ella. La película, con las señales del indicador impresas en ella, se embobina en dos carretes de almacenamiento cargados con resortes. La rueda dentada de guía pasa la película bajo la escala fija en el panel del frente, permitiendo una lectura exacta de la presión, tal y como se va registrando sobre la película.

El ancho de ésta es de 150 a 200 plg de largo, por lo tanto asegura una excelente facilidad de lectura aun con variaciones muy pequeñas de la presión medida.

### Manómetro para medir bajas Presiones

Un instrumento muy utilizado es el medidor de tiro. Un factor muy importante para la máxima eficiencia de una caldera es una indicación exacta del

tiro. La cantidad de aire que se suministra al hogar y la cantidad de gases de la combustión se controlan por medio del tiro. Los medidores del tiro trabajan, generalmente, con presiones inferiores a la atmosférica con posibilidades de tener una parte de su escala por encima de ésta es decir trabaja con presiones de vacío

Sus escalas alcanzan generalmente desde 0 a 0,5 plg y de 0 a 10 plg de agua, ya sea sobre las presiones atmosféricas o bajo la presión atmosférica de 0 a  $-0.00066\text{plghg}$ . Estos medidores, a pesar de su nombre, no están restringidos a medidas de tiro, sino que pueden utilizarse para cualquier tipo de presión y presiones diferenciales, dentro de su alcance. Originalmente el tiro se medía con manómetros de tubo de vidrio, con éste inclinado para una mejor facilidad de lectura; sin embargo, los medidores indicadores de tiro los han ido desplazando. Estos medidores son del tipo de diafragma, donde la deformación de éste se transmite a la aguja por medio de juegos de palanca.

Los diafragmas pueden ser de cuero, laminillas delgadas de oro u otro material apropiado. A continuación se muestra la actuación mecánica de un medidor de presión Brailey. La unidad consiste esencialmente en un resorte calibrado, la unión estanca y un diafragma. Cuando la succión del tiro deforma el diafragma hacia la izquierda, el movimiento se opone a la acción del resorte calibrado. El movimiento resultante se transmite por la unión o charnela estanca a la palanca que causa el movimiento de la aguja indicadora.

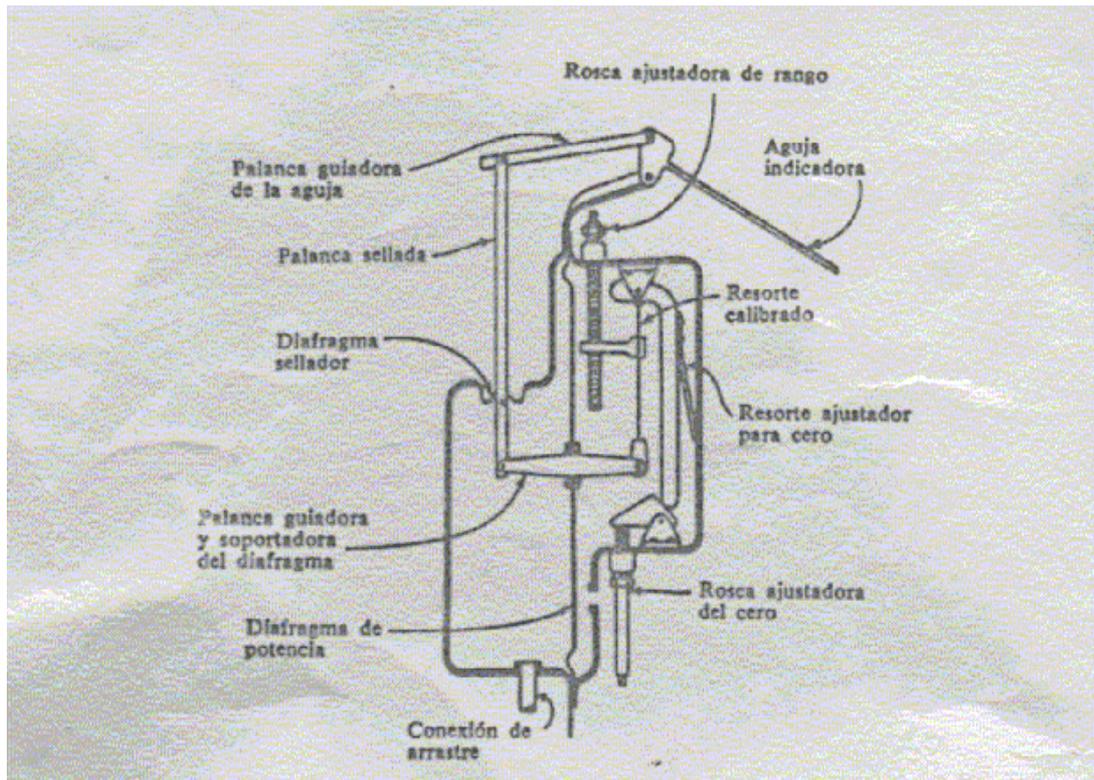


Figura 1.15. Diagrama de un medidor de bajas presiones.

El instrumento se calibra por medio de un ajuste de escala y uno de cero. El tornillo para su ajuste de la escala hace que la conexión rígida del resorte se mueva verticalmente a lo largo de su eje. El punto en el que esta conexión se traba rígidamente con el resorte determina la longitud efectiva de éste y, en consecuencia, la escala del instrumento.

El tornillo para el ajuste del cero controla la posición de una palanca a la cual está fijo el resorte del calibrado. El movimiento de esta palanca sobre su fulcro varía la posición del extremo libre del resorte calibrado junto con unión fija, por tanto, da un ajuste de cero para la aguja indicadora.

Para utilizar este captador como medidor de presión, se deja abierta a la atmósfera la conexión del tiro y se admite la presión a medir en la cámara al lado opuesto del diafragma. De modo semejante, para mediciones de presión diferencial, se conecta la presión más alta a la cámara que contiene el resorte calibrador y la más baja a la cámara que contiene el resorte calibrador y la más baja a la cámara que contiene la unión estanca.

El controlador de presión de hogar Brown (Minneapolis- Honey-well Regulator Co.) está diseñado para mantener constante la presión de la cámara de combustión. El instrumento se muestra en la figura siguiente. Este es el tipo de campana invertida sumergida en aceite, el cual "pesa" el más débil cambio de presión. Tienen dos campanas sumergidas en aceite suspendidas en una palanca de equilibrio.

La aguja indicadora que se mueve con la palanca, indica las condiciones de presión dentro del horno. Es obvio que este instrumento se puede utilizar para medir presiones diferenciales, con sólo conectar ambas presiones, donde no sea necesaria la compensación, se dispone de un modelo de una sola campana.

Cualquier modelo de los manómetros secos puede llevar un tratamiento que desengrasa internamente el bourdon y la conexión para que sea utilizado con oxígeno. En manómetros para proceso de 4", 4 1/2" y c" con bourdon de acero inoxidable 316 se puede calibrar con exactitud de  $\pm 0.5\%$  en toda la escala como fabricación especial.

## PRESOSTATO

El presostato es un elemento de seguridad que tiene la función de parar la instalación cuando la presión de esta es excesiva, el rearme de la mayoría de los presostatos es manual. Es un sistema de seguridad que actúa como una válvula reguladora de presión es decir que esta regula a cierta presión de acuerdo al requerimiento, al momento que llega a esta presión automáticamente se abre y al medir la presión se cierra.

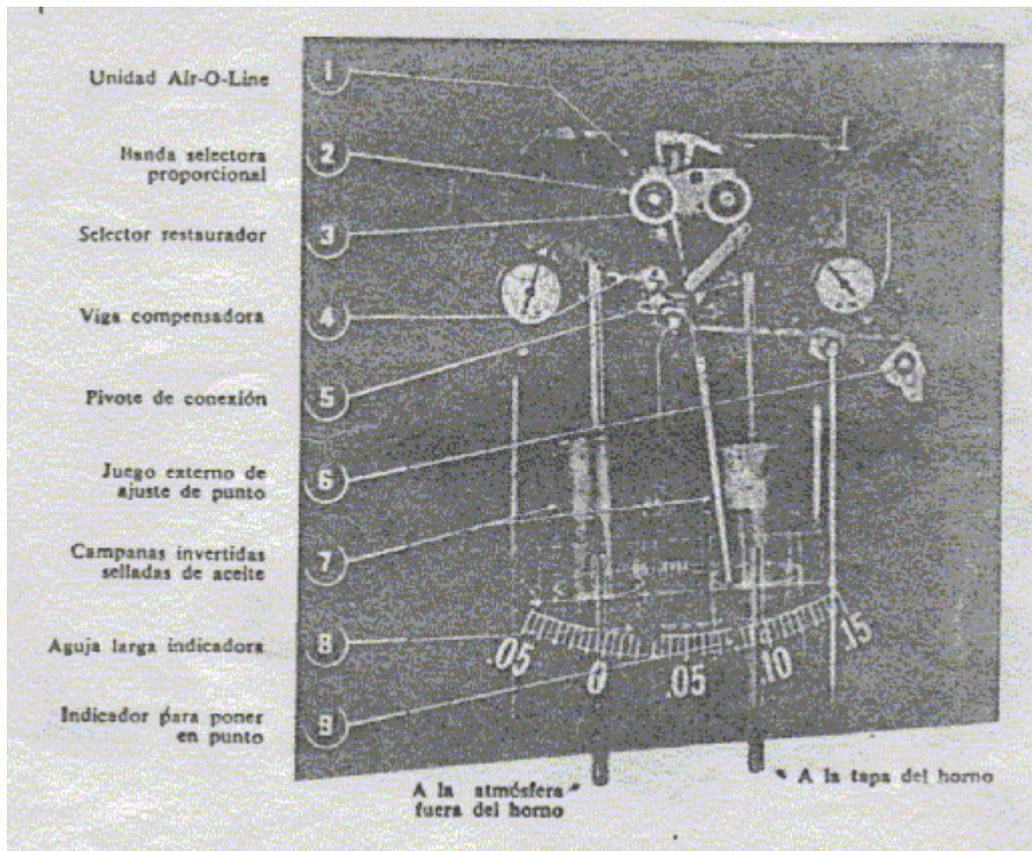


Figura 1.16. Controlador de Presión.

Una de las campanas del instrumento responde a los cambios de presión en el horno. Esta presión se aplica por debajo de la campana y provienen de una

conexión en el techo, o en una pared del horno. La presión exterior actúa debajo de la otra campana y provienen de una conexión abierta, cercana a la tapa del horno. Estando cercanas una a otra en el horno, ambas tomas de presión quedan afectadas en el mismo grado por las temperaturas ambiente. El resultado es una indicación exacta de la presión diferencial entre el interior y el exterior del horno.

El índice de control que se posiciona por medio de un sector indica la presión de consigna a la cual el instrumento regulará la presión del horno. Los cambios en la posición de la palanca de equilibrio del instrumento se transmiten a una unidad de control Air-O-time Brown. Esta es una unidad de control neumático con banda proporcional e integral. La salida del aire de control del instrumento se transmite a un accionador de pistón, que abre más o menor las compuertas o trampillas de entrada de aire, con el fin de mantener la presión del horno al valor deseado.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN**

#### **2.1 Alternativas existentes**

En base a las investigaciones y recopilación de datos realizados para la construcción del banco de pruebas para calibrar manómetros llegamos a averiguar y conocer algunos tipos de bancos entre los cuales tenemos el Neumático Hidráulico y uno en particular que llegamos a visualizar y manipularlo que funciona en base a pesas que reposa en el laboratorio de termodinámica de la Escuela Superior del Ejército en la parroquia de Sangolquí.

#### **Alternativa.- “A”**

- Banco de Prueba para Calibrar Manómetro Tipo “Neumático”

Esta alternativa de banco para calibrar manómetros funciona en base a la presión acumulada en una botella de nitrógeno debidamente comprimida cuya presión llega a una válvula de distribución, esta presión tendrá conexión con el manómetro patrón y posteriormente al manómetro a ser calibrado de esta manera se realiza la calibración del manómetro descalibrado por uso.

El manómetro patrón tiene las características de tener un mecanismo compensado por temperatura que reduce significativamente el error de temperatura además un mecanismo asegurado hidráulicamente con engranajes y bujes recubiertos con teflón que mejora la estabilidad, un cuadrante ajustable externamente en el modelo estándar o cuadrante en aluminio blanco, números en negro con banda de espejo pulido y topes de mecanismo de alta y baja presión son estándar, la caja estándar del manómetro patrón Ashcroft es de frente sólido en aluminio con aro removible. El cuadrante tiene una banda de espejo pulido para la reflexión de la aguja para impedir el error de paralaje y está disponible en tamaños de 4 1/2", 6" y 8 1/2" con conexión inferior y trasera. El diseño de la aguja es ajustable y balanceado por fricción con punta tipo borde de cuchilla en rojo para una fácil lectura.



Figura 2.1. Banco neumático

Los componentes de este banco de pruebas para calibrar manómetros son :

- Botella de nitrógeno
- Válvula reguladora de presión
- Válvula distribuidora de presión
- Manómetro patrón
- Cañerías flexibles de alta presión
- Acoples rápidos

- Conexiones rápidas
- Conectores rectos

### **Alternativa “B”**

- **Tipo Hidráulico**

Este tipo de banco realiza la calibración de manómetros en base a la presión del líquido hidráulico que viene del reservorio y pasa por la bomba, posteriormente llega a una válvula reguladora de presión y luego hasta una válvula de distribución, la cual enviará presión hidráulica al manómetro patrón, luego al manómetro a ser calibrado para así comparar la medida exacta que indica el manómetro patrón y finalmente dejarlo operativo al manómetro que se encontraba descalibrado por uso.

La caja de este manómetro tiene frente sólido en fenol negro tipo torre, con aros delantero y trasero roscados en nylon, reforzado con fibras de vidrio. Diámetro nominal 114 mm. Equipada con disco trasero de seguridad en acero inoxidable con diafragma interno en Buna. Opcionalmente llena de líquido amortiguador de vibraciones, la aguja es de Aluminio, balanceada, con ajuste micrométrico.



Figura 2.2. Foto del banco hidráulico.

Los componentes del banco de pruebas para calibrar manómetros de tipo hidráulico son los siguientes que a continuación se da a conocer:

- Reservorio hidráulico
- Bomba hidráulica
- Válvula reguladora de presión
- Válvula distribuidora de presión
- Manómetro patrón
- Manómetro a ser calibrado
- Cañerías flexibles de alta presión
- Acoples rápidos
- Conectores rectos

## **Alternativa “C”**

- **Tipo Mecánico**

Un ejemplo de este tenemos en las instalaciones de la ESPE de Sangolquí en Quito, particularmente en el laboratorio de termodinámica, el cual realiza la calibración de los manómetros en base a un dispositivo el cual es una especie de balanza pues consta de unas pesas. Las mismas que por su acción realizan la calibración de los manómetros.

El comprobador de manómetros de contrapeso es el que permite medir las presiones con una gran exactitud, siendo su vida prácticamente indefinida. Este comprobador está constituido por un cilindro que alberga un pistón cuidadosamente fabricado, sobre el cual se coloca la tara, y una bomba de tornillo productora de la presión.

Si el manómetro conectado en la máquina no vuelve a cero al cesar el efecto de la presión, lo primero que deberá hacerse es desmontarlo de su tubería de conexión. Si la aguja cae entonces a cero, la avería era debida a una cierta cantidad de aire que había quedado atrapada en el tubo del manómetro y que probablemente desaparecerá en poco tiempo. Las lecturas a presiones más altas no resultan afectadas. Si la aguja no regresa a cero, el manómetro deberá ser corregido según lo que a continuación se dirá.

Una de las causas más comunes de los errores de cero en los manómetros hidráulicos son las súbitas caídas de presión que causan deformaciones en el mecanismo. Si esto sucede, deberán adoptarse las medidas de protección anteriormente mencionadas.

Si el error es constante en toda la escala, la forma de corregirlo se lleva a cabo extrayendo la aguja indicadora, colocándola de nuevo frente al valor correcto y ajustándola en el eje mediante un ligero golpe. Si el error no es constante en toda la escala, tendrá que variarse la multiplicación del movimiento. Esta variación se efectúa normalmente ajustando un cursor situado en el extremo del cuadrante dentado. Alejando este cursor del pivote, se disminuye la multiplicación. Cuando se quita la aguja indicadora para corregir un error constante, deberá aprovecharse la ocasión para inspeccionar el estado del mecanismo de multiplicación y accionamiento del aparato. Si se observa desgaste en cualquiera de las partes de este mecanismo, es un síntoma evidente de la presencia de vibraciones o pulsaciones de presión, siendo muchas veces necesario cambiar de nuevo todo el sistema para evitar que esto se repita, al volver a instalar el manómetro se tomarán las medidas de protección necesarias que se estudiaron anteriormente. Si por cualquier motivo fuera imposible poner en práctica dichas medidas de protección o cambiar el manómetro, colocándolo en una situación más adecuada, será necesario comprar otro tipo de manómetro especialmente proyectado para resistir las vibraciones y las pulsaciones de presión. Cuando se manipula con el instrumento sin el vidrio exterior protector, deberá tenerse cuidado al no tocar el cuadrante con las manos sucias, y en el caso en que éste tenga que quitarse, se procurará cogerlo por la periferia.

Amsler es un banco de Medición y calibración de Presión para presiones arriba a 300 [kg]/ cm<sup>2</sup> o 6000 [psi] con sistema de pesas y es de Tipo MP 25, estos medidores, que se fabrican en cinco tamaños diferentes de construcción similar, son satisfactorios para calibrar presiones; se puede calibrar arriba a respectivamente 20, 50, 100, 200 y 500 kgf/ cm<sup>2</sup>, o 400, 1000, 2000, 4000 y 6000 [psi]. Se fabrican con tal precisión que de igual manera, presiones pequeñas se las puede medir con gran exactitud. Las medidas vienen solo en contacto con agua sólo, consecuentemente de esto se debe eliminar el peligro de aceite o contaminación.

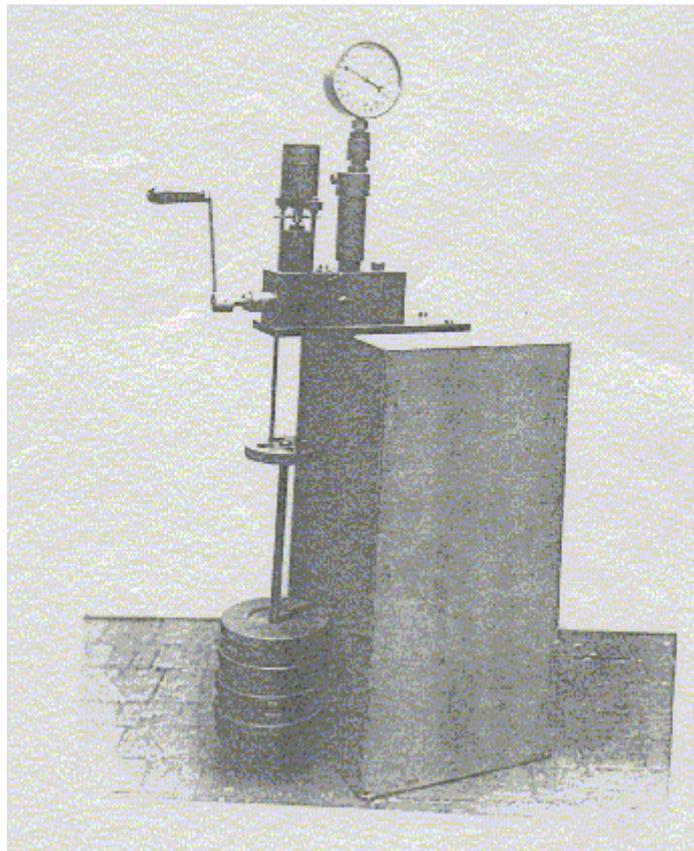


Figura 2.3. Banco de pruebas mecánico (AMSLER).

La descripción de la presión es producida por un pistón, vertical que su movimiento es prácticamente sin fricción en un cilindro llenó con aceite. El cilindro está en comunicación con un recipiente de aceite, un tornillo que bombea y se torna en un transformador de presión de aceite-agua del ml a que se prueba la medida.

Cuando opera el tornillo bomba, se hace entrar el cilindro de aceite y se forza el pistón, el mismo que dirige la presión hacia arriba balanceada por pesos. Por presiones pequeñas se ponen estos pesos directamente en el pistón mientras por las presiones más altas que se ponen en la bandeja de un marco que se suspende en el pistón.

Para combinar el pequeño peso y los pesos grandes se puede ajustar para cualquier presión arriba hasta el máximo que se ha construido el aparato. El área de la sección del pistón y la carga dependen de la acción determinada de la presión fluida en la medida. Una consola suministrada con el aparato indica la combinación mejor de pesos para cualquier necesidad de presión.

El pistón cargante es redondo en el cilindro con tal precisión que se mueve sin fricción y todavía permite sólo un pequeño goteo el aceite de desfogue, sólo él suficiente para asegurar la lubricación correcta. Se usa ningún embalaje. Por precisión especialmente a altas pruebas, igual se puede eliminar la fricción casi imperceptible por rodar el pistón durante la calibración.

Se provee la base del aparato con un tres-maneras por medio de las que se puede llenar con presión o vacío grasa, o la presión de calibración debajo de la prueba se puede descargar sin el cuerpo del cilindro y se mide él vacío.

La presión calibrada se regula al transformador de presión por medio de uniones satisfactorias de que se proveen con el cuarto equipo, satisfactorias por medidas tiene  $1/4$ ,  $3/2$ ,  $1/2$  o  $3/4$  en con Gas enhebra en sus tallos.

Se arregla el aparato a una consola en tal manera que su base se destaca suficientemente por la suspensión ideal que lleva los pesos extras para colgarlos de abajo. El aparato se diseño para un Incrementado más pequeño de peso del neto de aparato.

Se atornilla a una mesa el aparato en tal manera que quede suficiente espacio bajo la solapa del borde de la mesa para que el peso ayude a calibrar la presión alta, también que no haya estorbos en el borde de la mesa.

Poner resultados exactos, están esencial para que el aparato sea nivelado exactamente. A este fin un alma nivela el diseño 3 del aparato y la burbuja del aire debe estar exactamente en el centro del círculo.

Como se ha puesto el aparato vacío, es necesario llenarlo primero con aceite. Use uno de las calidades de aceite indicadas los manuales de aceite.

Quite el retenedor e inyecte el aceite por la abertura fijo libre aproximadamente 350 [c.c]. de aceite se requieren para llenar el tanque.

Después que el relleno de aceite se ha completado, el aire contenido en la bomba se debe quitar. Para eso es el Tornillo de la bomba se lo desplaza fuera hasta arriba y solo se detiene.

Entonces abra la abertura del aire desatornillando el tornillo por aproximadamente dos revoluciones, de la bomba y re-apriete el tornillo. Esta operación se debe repetir varios tiempos, hasta que nada de burbujas de aire quede. La succión y válvulas de la presión son debajo de los tornillos.

Asegurar que la medida es probada no se ensuciará por la presión y grasa del aparato, un conversor de la presión se ha introducido entre bomba y el medidor, de la presión del aceite convirtiéndose en presión del agua. La presión que escapa se debe evitar su contacto con el medio por que oxida, para preservar las propiedades del hierro, que vienen en contacto con el y se corroe. Una mezcla de 9 partes de agua y 1 parte de Passivol es recomendado para este propósito.

El Tornillo debe estar especialmente sellado con un caucho, en su conexión de enchufe del medidor. Suelte la abertura del aire desatornillando por aproximadamente dos revoluciones la presión se sostiene con el ayuda del caucho de bomba por la presión en el conversor, hasta que inunda a la abertura desatornilla. Ahora quite la presión sobrante con el sello del caucho de la cima del

conversor y para en cambio de la prueba de medida. Para la bomba rotativa, se fuerza aceite en el conversor, hasta que empieza a fluir fuera por el tornillo abierto. Ahora apriete la abertura atornillando el aparato está listo para pruebas.

Como siempre, una presión de fuga se pierde cuando intercambia la presión calibrando, se debe recambiar el conversor de vez en cuando, que es hecho por abertura de la válvula de descarga y compulsión agua fresca en el aparato por el enchufe que une, como se mencionó antes, hasta que la presión desfogue flujos. Esto hace necesario que la válvula se atornille y sea abierta en intervalos cortos.

Después que el conversor de la presión se ha llenado, se prueba atornillando el medidor en el aparato. El conjunto de tablas indican qué pesos se debe poner en el aparejo para hacer la requerida presión en el pistón que se mide. Ahora revuelva la bomba doble hasta que el pistón con su peso se levante por unos centímetros. Para medidas muy exactas es aconsejable mover el peso y para eliminar la inercia pequeña y fricción del pistón que se mide.

Para posición del indicador cero de la medida, recuerde que debe estar solo el buzo del medidor, sin cualquier aparejo de pesos agregado, como producto una presión correspondiente a un peso de 0.1 [kg] en el caso del buzo tiene 1 [cm]. o 0.5 [cm]. Con sección cruzada [cm], o de 0.2 [kg] en el caso del buzo tiene 2 [cm]. Cruzado- sección.

La presión del contador que se produce dentro del aparato, causada por el peso de la columna líquida encima del pistón que se mide, se ha compensado por un espacio del acrecentamiento del peso del pistón. Si el pistón de medición está en su punto más profundo de su posición.

Si queda con su cabeza en el borde superior del cilindro, la altura de la presión líquida, de la presión se mira arriba en la cima del enchufe que se une, está a 26 cm, que corresponde a una presión del contador de 0.026 [kg] por [sq]. [cm]. Se ha compensado esta presión del contador por el levantamiento del peso del pistón.

Si el pistón de medición tiene, por ejemplo, una sección cruzada de 2 [cm]., el peso de está balancea la columna líquida y debe estar  $2 \text{ [cm].} \times 0.026 \text{ [kg] por [cm].} = 52 \text{ [g]}$ . Realmente, se aumentó el peso del pistón de medición por aproximadamente 60 [g], porque se incluyó tomar en cuenta la altura desconocida de la columna líquida de la cara más baja de la presión un margen seguro de calibración del enchufe al centro de la presión que se calibra. Este exceso de peso de 8 [g] corresponde a una columna líquida de 4 [cm].

Por pruebas muy exactas cuando quiera que el pistón de medición está en una posición alta, la presión de la columna líquida dentro del cilindro de medición correspondiente a la posición en altura del pistón de medición, que en parte elimina la presión del contador de la columna líquida dentro del recipiente, se debe deducir de la lectura de la medida.

Está más allá de ser un requisito recordar esa presión calibrada para que está se use en una posición horizontal y como se la debe calibrar. En una posición vertical sólo por tener en cuenta el desplazamiento del indicador inherente a tales medidas.

## **2.2. Estudio de Factibilidad**

Al tener información acerca de las alternativas para construir un banco de pruebas para calibrar manómetros que, en base a los conocimientos adquiridos en la formación académica en nuestro instituto ITSA gracias a la ayuda de un tutor nos sentimos capaces y estamos seguros de poder construir el banco de pruebas que hace falta al ITSA como también al Ala de investigación y desarrollo N° 12.

En base a las ventajas y desventajas que presentan las alternativas de construcción realizamos nuestro estudio de factibilidad tomando en cuenta los siguientes parámetros.

- **Aspecto técnico**
  - Funcionalidad
  - Rendimiento
  - Facilidad de operación y control
  - Mantenimiento
  - Materiales
  - Precisión

- Eficiencia
  - Fiabilidad
  - Confianza
  - Certeza
- **Aspecto económico**
    - Costo de operación
    - Costo de fabricación
- 
- **Aspecto Complementario**
    - Tamaño
    - Forma

Posteriormente definimos los parámetros anotados

**Funcionalidad.** Habla acerca de las características del BANCO DE PRUEBAS hace que el mismo cumpla con los fines para lo que fue construido estando seguro de su funcionabilidad del banco en base a resultados positivos en su operación y funcionamiento.

**Rendimiento.** Este parámetro se refiere a que se debe tener un alto grado de seguridad para que el BANCO DE PRUEBAS trabaje y cumpla con la finalidad con la que fue creada y que el rendimiento en la operación y en el proceso de calibración cumpla con el rendimiento normal y eficiente todos los mecanismos del banco de pruebas.

**Facilidad de Operación y control.** Los bancos de pruebas deben perseguir una finalidad primordial, la misma que constituye en la facilidad y sencillez de operarlos y controlarlos los mecanismos de control como son las válvulas y manómetros que por medio de la práctica y destreza en su operación, control de los mecanismos y en la certeza de la lectura de los manómetros tanto patrón como el manómetro a calibrar sea la más precisa y exacta y diremos que tenemos un control y dominio en su operación.

**Mantenimiento.** Es importante para que el banco de pruebas se mantenga en un óptimo funcionamiento, además dependiendo de la complejidad del sistema necesitamos ver la disponibilidad de los posibles repuestos, así mantendremos el banco en buenas condiciones para realizar trabajos de buena calidad.

**Materiales.** Trata del material recomendable y su facilidad de adquisición para que la construcción sea óptima y de todas las seguridades del caso para prevenir y proteger los accidentes que puedan darse con el personal que manipula y equipo.

**Precisión.** Trata de la cuantificación de la calibración realizada con los respectivos rangos de error que mientras más exacta sea la medida de calibración de la presión mejor serán los resultados.

**Fiabilidad.** Este factor es muy importante y trata de evaluar el funcionamiento satisfactorio de cada una de las alternativas.

**Costo de fabricación.** Reviste de gran importancia en una adecuada decisión para la selección de la máquina como la construcción no es en serie, se trata de buscar la alternativa más económica. La inversión se realiza analizando costos y calidad en la adquisición de los mecanismos para poder trabajar con seguridad.

**Costo de operación.** Una vez construido el banco de pruebas, se busca economizar las pruebas de ensayo que implica material, tiempo, materia prima desgaste y fatiga de los elementos y mecanismos del banco de pruebas para calibrar manómetros.

**Tamaño.** Este parámetro se refiere al espacio ocupado por el banco de pruebas que es más idóneo para su ocupación en los laboratorios y talleres para poder trasladar con facilidad.

**Forma.** Este se refiere a la estética que presenta cada uno de los bancos de prueba la forma de consecución esta basada en la necesidad y diseño adecuado según las necesidades.

**Eficiencia.** Luego de operar y trabajar con los resultados de las calibraciones realizadas determinar si el banco de calibración es eficiente.

### **2.3. Selección de la alternativa existente.**

Una vez realizado el estudio técnico, el análisis de cada alternativa y posteriormente la respectiva evaluación de parámetros, se determina que la alternativa de construcción del banco de pruebas para calibrar manómetros en base o presión neumático presenta mejores condiciones.

En base a la comparaciones entre las alternativas existentes para la construcción de banco de pruebas para calibrar manómetros como son estas: precisión, exactitud y costos.

En base a las comparaciones de precisión y costos entre las alternativas existentes para la construcción de un banco de pruebas para calibrar manómetros llegamos a seleccionar la alternativa "A"; es decir el banco de pruebas de tipo neumático pues este nos brinda más facilidades para la construcción en cuanto a mecanismos y dispositivos con los que consta.

Esta selección de la alternativa "A" es la que necesita el instituto en sus talleres, laboratorios y también el ALA N° 12 tomando en cuenta parámetros muy fundamentales como son costos, calidad, precisión, exactitud, y aproximación máxima en la calibración.



Figura 2.4. Banco de pruebas para calibrar manómetros.

## **CAPÍTULO III**

### **CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CALIBRAR MANÓMETROS.**

Este capítulo tiene por objetivo indicar los principales procesos en la construcción y ensamblaje para de esta manera llevar a cabo la construcción del banco de pruebas para calibrar manómetros neumáticos.

La construcción del banco de pruebas para calibrar manómetros lo realizamos en el tiempo determinado optimizando los recursos de una mejor manera. A continuación se detalla el plan seguido en la construcción.

#### **ORDEN DE CONSTRUCCIÓN**

Adquisición de accesorios

- Manómetro patrón
- Manómetros de diferentes presiones
- Válvula reguladora
- Válvula de distribución
- Botella de nitrógeno
- Cañerías de alta presión
- Acoples rápidos

- Acoples reductores
- Conectores rápidos
- Válvula de alivio de presión

Los acoples rápidos y rectos son los que conectan o interrumpen y sin herramientas, ya sea dos tubos o un tubo y un orificio, en forma segura y con altas prestaciones. Estas prestaciones dan como resultado la optimización de los caudales y pérdidas de carga, la estanqueidad, características dan gran facilidad de instalación, conexión y desconexión automáticas que gracias al fácil manejo por realizarse el montaje ya que los fluidos pueden ser: agua, aire, los materiales de estos cuerpos son de la latón niquelado, resorte y asiento de acero inoxidable.



Figura 3.1. Acoples y uniones rápidos.

El caudal de un acople rápido constituye el criterio preponderante en la elección de un modelo, ya sea según la aplicación requerida, el utilizador tomará en consideración también la relación caudal/dimensiones.

La clapeta con forma de ojiva y el muelle montado fuera de la zona de paso del fluido elimina las turbulencias.

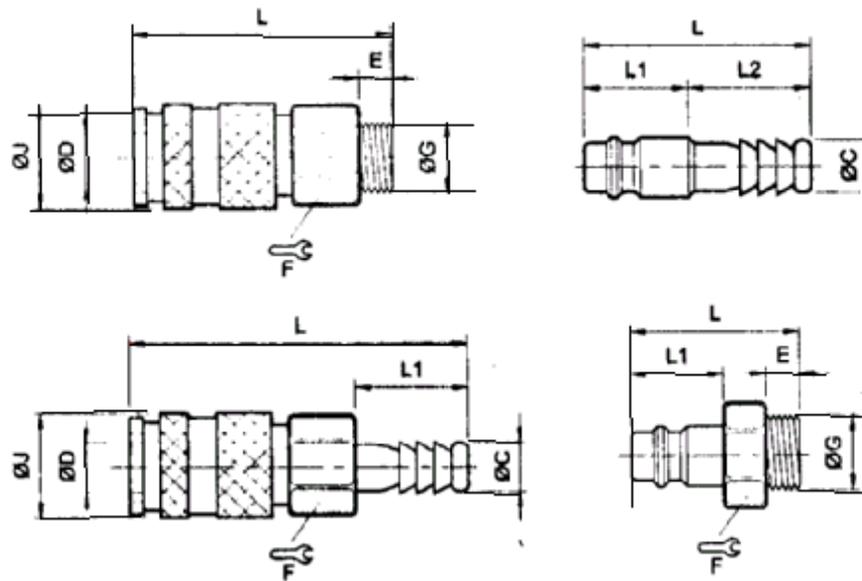


Figura 3.2. Acoples rápidos

Una pérdida de carga de 1 bar disminuye la eficacia de una herramienta neumática alrededor de un 26%. Como consecuencia se tiene un tiempo de utilización más elevado del compresor y así sin costos mayores de energía o de presión.

La función obturación constituye el segundo criterio de elección de un acople rápido. En la desconexión, el cierre de la clapeta integrado en el acople implica la obturación del circuito e impide el paso del fluido.

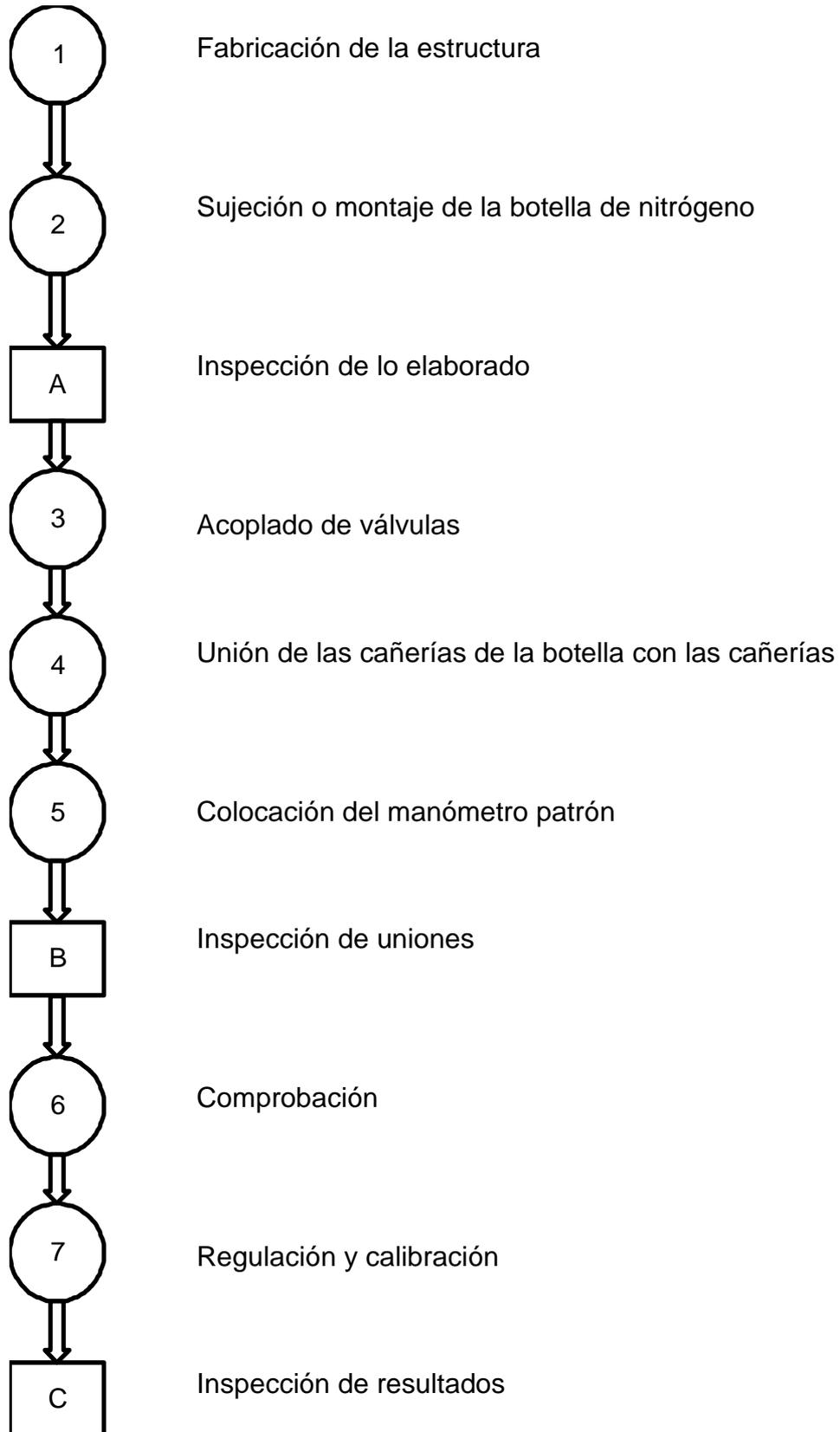


Figura 3.3.Foto del banco de pruebas

### 3.1 Diagrama de proceso

A continuación se presenta el diagrama de procesos en la construcción del banco de pruebas para calibrar manómetros.

### Diagrama de proceso



### 3.1.1. Herramientas a utilizarse

- Juego de llaves de boca y corona
- Juego de destornilladores
- Playo de presión
- Alicates
- Aceitero
- Juego de hexágonos
- Juego de copas

### 3.1.2 Seguridad y precauciones

**Accidente.-** Es todo acontecimiento imprevisto fuera de control e indeseado, interrumpe el desarrollo normal de una actividad. Se produce por condiciones inseguras relacionadas con el orden físico, máquinas herramientas, etcétera y por actos inseguros inherentes a factores humanos. El accidente que ocasiona la lesión es casi siempre evitable.

**Lesión.-** Es el daño físico que produce un accidente a las personas, consecuencia de una serie de factores, cuyo resultado es el accidente mismo. Se puede concluir que el accidente no implica por fuerza una lesión, pero toda lesión si es consecuencia de un accidente.

**Condición Insegura.-** Es la condición del agente causante del accidente que pudo y debió protegerse o resguardarse, ejemplos:

- Iluminación
- Ventilación
- Ropa insegura
- Agentes protegidos de manera deficiente

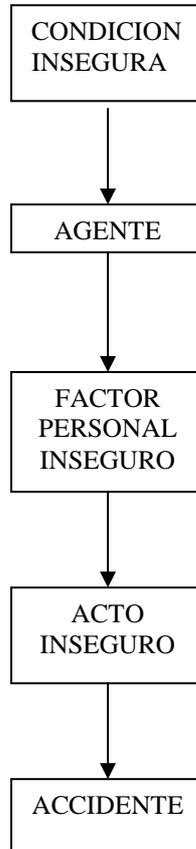
**Acto Inseguro.**- Trascresión de un procedimiento aceptado como seguro, el cual provoca determinado tipo de accidente. Ejemplos:

- Operar sin autorización
- Estar desprovisto de seguridad
- Uso de equipo inadecuado
- Distracción
- No usar equipo de seguridad

**Factor personal inseguro.**- Es la característica mental o física que ocasiona un acto inseguro. Ejemplos:

- Falta de conocimientos de los factores de seguridad.
- Defectos físicos del oído, de la vista, por fatiga. etc.

## Elementos de la secuencia de un accidente



La seguridad y precauciones al elaborar un trabajo mas que una simple situación de seguridad es una situación de bienestar personal.

Al realizar la construcción del banco de pruebas se debe tomar las medidas de protección mediante una serie de normas y medidas de prevención con el fin de disminuir las causas de accidentes que puedan suscitarse en el transcurso de la construcción del banco de pruebas.

Al realizar las operaciones para la construcción del banco se debe proteger en forma general el factor humano para evitar de esta manera accidentes y posibles lesiones.

Debe existir una comunicación adecuada y clara entre las personas que están laborando con el fin de evitar mal entendidos y accidentes. Se debe impedir que se cometan actos inseguros por falta de comunicación o mala comunicación.

Al estar trabajando con presión se debe tomar las debidas precauciones puesto que es un factor que se le debe prestar la debida atención.

Se debe eliminar los prejuicios sobre la seguridad y demostrar la peligrosidad de los malos hábitos.

Los accidentes de trabajo influyen de manera directa sobre el trabajador e indirectamente sobre sus familiares.

Se debe tener conciencia de la importancia en la prevención de accidentes; tener conocimiento de la cadena de causas y efectos de los accidentes, adquirir la noción de riesgo y determinar la responsabilidad de cada uno de los integrantes.

A continuación anotamos ciertas precauciones que se deben tomar en algunos aspectos para evitar de esta manera futuros accidentes.

- Operar equipos sin autorización.
- Trabajar a velocidades peligrosas
- Inutilizar dispositivos de seguridad
- Emplear equipos o herramientas inadecuadas
- Exponerse sin necesidad al peligro
- Distraer la atención de otro trabajador
- No emplear dispositivos de seguridad

### **3.2 Diagrama de ensamble**

Para realizar el diagrama de ensamble de las diferentes partes del banco de pruebas, se debe realizar tomando las debidas precauciones puesto que las uniones entre la botella de nitrógeno y válvula por medio de cañerías no debe presentar ningún tipo de fugas ya que estamos trabajando con nitrógeno a alta Presión que es muy peligroso.

Es por esta razón que se debe ensamblar con un determinado ajuste y tolerancias.

A continuación se presenta el diagrama de ensamblaje de las partes del banco de pruebas para calibrar manómetros.

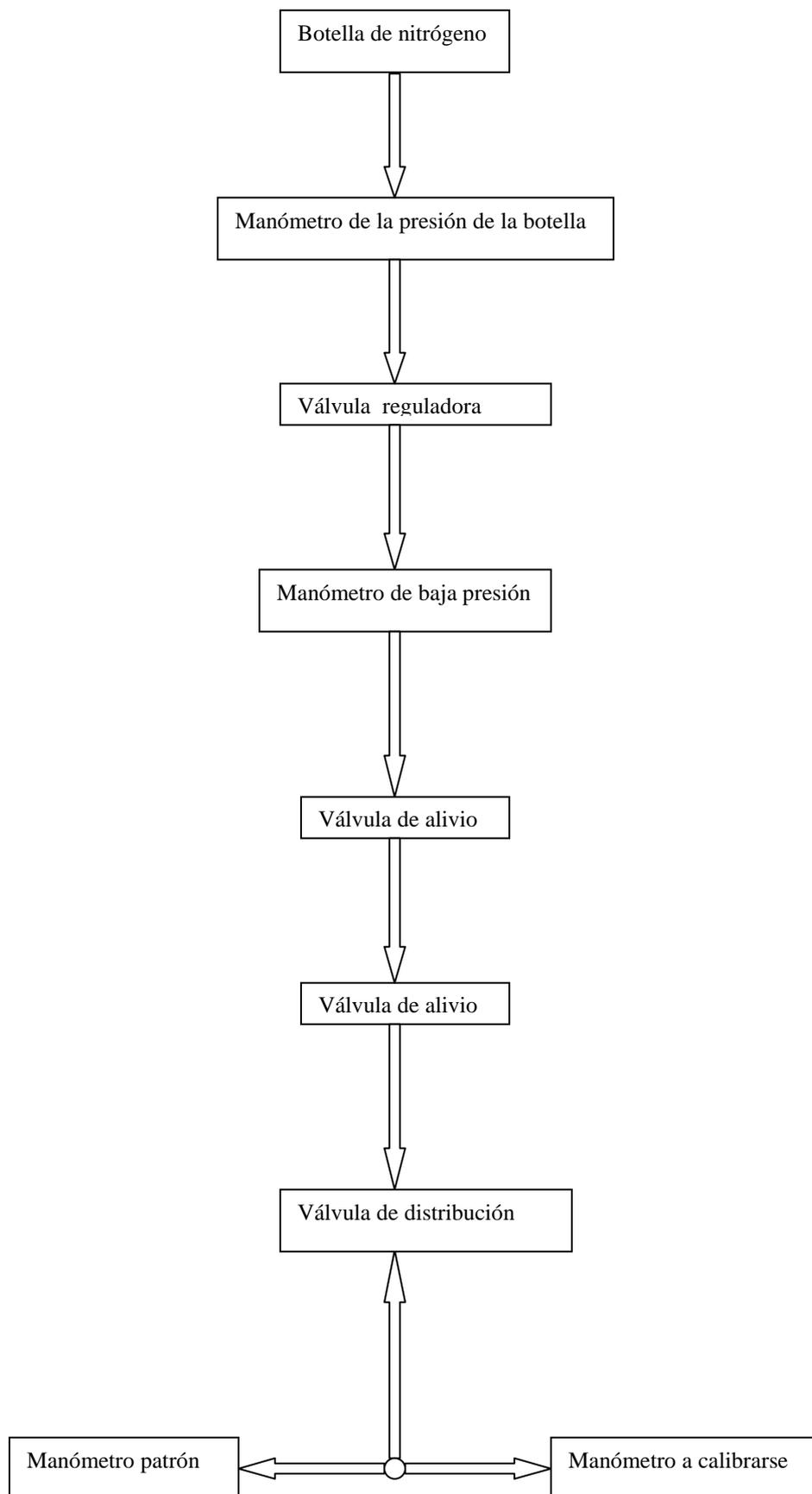
El ensamble empieza desde el acoplamiento del manómetro que va ha medir la presión la presión con que se encuentra la botella en este caso será de 0 bar – 330 bar luego se conecta a la válvula reguladora de paso de presión la cual

regulara el paso de presión de la botella a los manómetros . Luego conectara al manómetro que medirá la presión de paso de la válvula a los manómetros que es de 0 bar – 100 bar luego conectar a la válvula distribuidora que distribuirá la presión a los manómetros patrón y al manómetro a calibrar, después de realizar la operación de calibración realizar el corte de presión a través de la válvula de cierre de la botella y la cantidad de nitrógeno a presión que queda en el sistema debe ser purgado mediante la válvula de desfogue y así aliviar la presión para no tener ningún tipo de peligro en el trabajo a realizar.



Figura 3.4. Banco instalado los manómetros

Pasos a seguir para el montaje de todos los mecanismos.



### 3.3 Métodos a emplearse

Dentro de los métodos a emplearse para la construcción del banco de pruebas optamos por el método manual el cual nos ayuda para las conexiones que se deben realizar entre la botella de nitrógeno con las cañerías de alta presión, luego a la válvula reguladora y posteriormente a la válvula de distribución, para finalmente conectar al manómetro patrón y manómetro a calibrarse.



Figura 3.5. Ensamble de partes

Este método es el adecuado para realizar la construcción del banco de pruebas para calibrar manómetros pues este método no presenta mayores dificultades en cuanto a conocimiento y adiestramiento para el personal que va a laborar en la construcción de dicho banco de pruebas.

Además este método es conocido por la mayor parte de alumnos pues en las practicas diarias en los laboratorios del Instituto están en constante manipulación de este método de construcción.

Como es lógico analizar que un sistema de la operación en la calibración de manómetros es una responsabilidad del técnico lo cual su trabajo de exactitud dependerá de los recursos humanos, recursos de los materiales el dominio y eficiencia en la manipulación será un parámetro fundamental para el éxito del proyecto propuesto.

## **CAPÍTULO IV**

### **PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN**

En este capítulo se establece los distintos procedimientos de ensayos, calibración, verificación, operación y mantenimiento, además de instructivos, formatos de registro con su respectivo implementaron del banco de pruebas para calibrar manómetros.

Las pruebas de funcionamiento las realizamos calibrando manómetros de tubo bourdon igualando la presión en el manómetro patrón y manómetro a calibrar.

#### **4.1. Verificación de parámetros de calibración y estándares de calibración**

Al verificar los estándares y parámetros de calibración se debe tener en cuenta la transformación de unidades de presión para realizar los ensayos de calibración del manómetro descalibrado por uso.

Para la verificación de parámetros se debe tomar en cuenta la escala en que esta el manómetro patrón y el manómetro a calibrar, también la cantidad de nitrógeno o la presión que sobrepase la escala de los dos manómetros .

Ejemplo: Si vamos a calibrar un manómetro de 80 bar entonces conectaremos al patrón de 100 bar y verificar en la botella que exista una presión mayor a 100 bar también verificar que la válvula reguladora de presión este abierta para que pase presión necesaria a la escala de los manómetros a calibrar.



Figura 4.1. Manómetros patrones.

Si las escalas no son cercanas da un rango próximo entre los dos manómetros del patrón y de manómetro a calibrar se podrá calibrar pero la operación no será lo mas optima ni exacta por esta razón es recomendable manómetros patrones y manómetros a calibrar que sean las escalas iguales o próximas en igualdad de escala.

Primero vamos a hacer la contrastación de dos manómetros, con su respectivo manómetro patrón, se efectuara una serie de lecturas ascendentes cuidando de eliminar el roce estático, los resultados de dicha operación de detallan en la siguiente tabla :

Tabla 4.1. Tabla de verificación de parámetros.

Medición	Instalación A (Kg/cm <sup>2</sup> )				Instalación B (psi)			
	Patrón	A calibrar	Diferencia	% Error	Patrón	A calibrar	Diferencia	% Error
1	0	12	+12	-	0	-3	-3	-
2	10	22	+12	55	20	13	-7	35
3	20	32	+12	38	40	32.5	-7.5	19
	30	42.5	+12.5	29	60	54	-6	10
5	40	52	12	23	80	75	-5	6
6	50	-	-	-	100	95	-5	5
7	60	-	-	-	120	116	-4	3
8	-	-	-	-	140	136	-4	2.8

Si observamos bien la tabla en la parte de la instalación A, nos dimos cuenta que el manómetro de la instalación A tiene un error en su calibración, ya que la diferencia entre el patrón y éste es prácticamente constante, lo que descarta que exista algún tipo de problema en cuanto al mecanismo interno del manómetro.

En la instalación B, observando tabla, se aprecia que en las primeras mediciones la diferencia que existía con el patrón eran mayores, las diferencias existentes en las últimas mediciones fueron menores y más constantes. Es probable que el mecanismo interno de éste manómetro este deformado, probablemente debido a que a trabajado mucho tiempo a presiones de 20 a 80 psi.

A continuación se indica algunas tablas de conversión de unidades de presión con las cuales trabajaremos en la calibración de manómetros descalibrados por el uso.

Ancho de las líneas de graduación

Tabla de referencia

Unidad: mm

Tamaño	Ancho
50	0.5
60	0.6
75	0.8
100	1
150	1.5
200	2

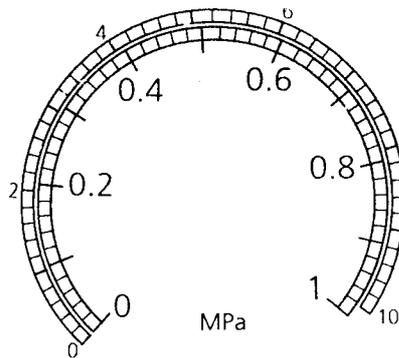


Figura 4.2. Ancho de líneas de graduación y carátula.

Tabla 4.2. Tabla de medidas de conversión de medidas de presión.

UNIT	bar	mbar	kbar	Pa	kPa	MPa	psi	atms	Ft. Hd. H <sub>2</sub> O at 20°C	in H <sub>2</sub> O	Kg/cm <sup>2</sup>	Metres H <sub>2</sub> O	in. Hg. at 20°C	mm. Hg.	cm. Hg.	bar	Mil-libar (mbar)	kPa
1 bar	1	1000	0.001	10 <sup>5</sup>	100	0.1	14.696	1	33.659	407.513	1.0330	10.351	30.019	762.480	76.284	1.0130	1013.0	101.325
1 mbar	0.001	1	10 <sup>-6</sup>	100	0.1	10 <sup>-4</sup>	0.433	0.0290	1	12.000	0.0300	0.305	0.884	22.452	2.245	0.0300	29.837	2.984
1 kbar	1000	10 <sup>6</sup>	1	10 <sup>8</sup>	10 <sup>5</sup>	100	14.233	0.9680	32.867	394.408	1	10.018	29.054	737.959	73.796	0.9810	980.662	98.066
1 Pa	10 <sup>-5</sup>	0.01	10 <sup>-8</sup>	1	0.001	10 <sup>-6</sup>	0.489	0.0330	1.131	13.575	0.0340	0.345	1	25.400	2.540	0.0340	33.753	3.375
1 kPa	0.01	10	10 <sup>-5</sup>	1000	1	0.001	0.019	0.0013	0.045	0.534	0.0014	0.0136	0.039	1	0.100	0.0010	1.329	0.133
1 MPa	10	10 <sup>4</sup>	0.01	10 <sup>6</sup>	1000	1	0.193	0.0131	0.445	5.340	0.0140	0.1360	0.393	10.000	1	0.0133	13.290	1.328
							14.503	0.9870	33.514	402.164	1.0200	10.2110	29.625	752.470	75.247	1	1000.0	100.00
							0.014	0.0009	0.033	0.402	0.0010	0.0102	0.029	0.752	0.075	0.001	1	0.100
							0.145	0.0098	0.335	4.021	0.0100	0.1020	0.296	7.525	0.752	0.010	10.000	1

1 Pa=1 N/m<sup>2</sup> 1 kPa=1 kN/m<sup>2</sup> 1 MPa=1 MN/m<sup>2</sup>

4.3. Tabla de unidades de presión.

PRESION								
	baria (dina/cm <sup>2</sup> )	pascal (N/m <sup>2</sup> )	kp/m <sup>2</sup>	Atm	bar	kp/cm <sup>2</sup> (atm)	torr (mm · c · Hg)	m. c. a
1 baria (dina/cm <sup>2</sup> )	1	0,1	0,0102	0,987 × 10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>	0,102 × 10 <sup>-5</sup>	7,5 × 10 <sup>-4</sup>	10,2 × 10 <sup>-8</sup>
1 pascal (N/m <sup>2</sup> )	10	1	0,102	9,87 × 10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-5</sup>	0,102 × 10 <sup>-4</sup>	7,5 × 10 <sup>-3</sup>	10,2 × 10 <sup>-5</sup>
1 kp/m <sup>2</sup>	98,1	9,81	1	9,68 × 10 <sup>-5</sup>	9,81 × 10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	0,0736	10 <sup>-3</sup>
1 Atmósfera (Atm)	1,013 × 10 <sup>5</sup>	1,013 × 10 <sup>5</sup>	1,033 × 10 <sup>4</sup>	1	1,013	1,033	760	10,33
1 bar	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	0,102 × 10 <sup>4</sup>	0,987	1	1,02	750	10,2
1 kp/cm <sup>2</sup> (atm)	9,81 × 10 <sup>5</sup>	9,81 × 10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>	0,968	0,981	1	736	10
1 torr (mm · c · Hg)	1,33 × 10 <sup>3</sup>	133	13,6	1,31 × 10 <sup>-3</sup>	1,33 × 10 <sup>-3</sup>	1,36 × 10 <sup>-3</sup>	1	13,6 × 10 <sup>-3</sup>
1 m. c. a	9,81 × 10 <sup>4</sup>	9,81 × 10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	9,68 × 10 <sup>-2</sup>	9,81 × 10 <sup>-2</sup>	0,1	73,6	1

De los establecimientos autorizados para el control, reparación y calibrado de los dispositivos de seguridad y alivio.

1) Los establecimientos dedicados al control, reparación y calibrado de los dispositivos de seguridad y alivio deberán contar con un profesional matriculado, con título habilitante, el que ejercerá la dirección técnica, con responsabilidad total de las tareas que se lleven a cabo en dicho establecimiento.

2) Deberán contar como mínimo con el siguiente equipamiento:

a) Balanza dinamométrica para calibrar manómetros o manómetros patrones para contrastar los manómetros utilizados en calibración.

b) Fuente de aire comprimido acorde con las válvulas a probar en forma neumática, y fuente hidráulica para las que sean probadas hidráulicamente, con sus correspondientes pulmones amortiguadores.

c) Banco de prueba

3) La Autoridad de Aplicación antes de inscribir este tipo de establecimientos, por medio de la dependencia específica inspeccionará al mismo, para verificar si cumple con el instrumental para desarrollar las tareas de acuerdo a las normas o códigos existentes en la materia.

4) Se deberá cumplir además con la presentación técnica y administrativa de lo siguiente:

a) Manual de procedimientos, desarrollado por cada taller de acuerdo a sus instalaciones y según el tipo de válvulas a reparar y/o calibrar.

b) Registro identificadorio (según modelo que suministre la Autoridad de Aplicación o similar) que quedará en poder del propietario de la válvula con copia de los archivos del establecimiento que realice la tarea. Las mismas se indicarán según

el código o norma que figurará al dorso de la planilla y de acuerdo al manual de procedimientos.

c) Modelo de placa identificatoria (indeleble) donde quedará grabada la fecha de calibración y la presión de regulación. La válvula llevará los precintos necesarios con cuños identificatorios de la empresa que aseguren la inviolabilidad de los registros de calibración.

El establecimiento deberá demostrar capacidad técnica para mantener las condiciones originales de fábrica de la válvula, y para variar las condiciones de timbre original, dejando constancia en este último caso en la planilla.

Todos los manómetros tipo macro y llenos de líquido cuentan con un dispositivo de seguridad el cuál se acciona en caso de una fuga de presión en el manómetro

#### **4.2. Elaboración de manuales de Operación**

<p>ITSA</p>  <p>EMAI</p>	<p>MANUAL DE OPERACION</p>	<p>Pág.: 1 de 2</p>
	<p>OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CALIBRAR MANÓMETROS</p>	<p>Código: BPCM-I</p>
	<p>Elaborado por: C. Calderón y W. Chamorro</p>	<p>Revisión No.: 1</p>
	<p>Aprobado por: Ing. K. Allauca</p>	<p>Fecha: 2001/08/25</p>
<p>1.0 OBJETIVO</p> <p>Documentar el procedimiento para realizar la manipulación para la operación y funcionamiento del banco</p> <p>2.0 ALCANCE</p> <p>Este procedimiento involucra a todo el personal que vaya a realizar prácticas de calibración de manómetros en dicho banco de pruebas.</p> <p>3.0 UBICACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS</p> <p>No determinado</p> <p>4.0 CARACTERISTICAS TÉCNICAS</p> <p>4.1 Presión neumática a 100 bares</p> <p>4.2 PESO : N/A</p> <p>5.0 NORMAS PARA SU FUNCIONAMIENTO</p> <p>5.1 Disponer del manómetro a calibrar.</p> <p>5.2 Preparar previamente el banco de pruebas.</p> <p>5.3 Dar presión neumática al sistema.</p> <p>5.4 Proceder a realizar la práctica.</p> <p>5.5 Visualizar lecturas en los manómetros.</p> <p>6.0 PRECAUCIONES</p> <p>6.1 El tiempo de la práctica debe ser el apropiado según las condiciones de presión</p> <p>6.2 No forzar las válvulas para evitar daños en estas.</p> <p>7.0 NOMBRE DE LA PRACTICA.</p> <p>7.1 Calibración de manómetros</p>		

ITSA	MANUAL DE OPERACION	Pág.: 2 de 2
	OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CALIBRAR MANÓMETROS	Código: BPCM-I
	Elaborado por: C. Calderón y W. Chamorro	Revisión No.: 1
EMAI	Aprobado por: Ing. K. Allauca	Fecha: 2001/08/25

## 8.0 TIEMPO DE DURACION.

8.1 De acuerdo a la duración de la práctica.

## 9.0 PRESTACION DE SERVICIOS

### 9.1 Calibración de manómetros

### 4.3 Elaboración de manuales de mantenimiento.

ITSA	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Pág.: 1 de 2
	MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CALIBRAR MANÓMETROS	Código: BPCM-I
	Elaborado por: C. Calderón y W. Chamorro	Revisión No.: 1
EMAI	Aprobado por: Ing. K. Allauca	Fecha: 2001/08/25

#### 1.0 OBJETIVO

Documentar el procedimiento para el mantenimiento del banco de pruebas.

#### 2.0 ALCANCE

Contempla la operabilidad del banco de pruebas para calibrar manómetros.

#### 3.0 DEFINICIONES

Realizar limpieza general.

#### 4.0 PROCEDIMIENTO

El laboratorista realizará el siguiente mantenimiento

##### 4.1 Mantenimiento semanal.

4.1.1 Limpiar toda la parte superficial del banco.

##### 4.2 Mantenimiento quincenal.

4.2.1 Revisar conexiones neumáticas del banco de pruebas.

4.2.2 Mantención del nivel óptimo de presión neumática en la botella de nitrógeno

ITSA	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Pág.: 1 de 2
	MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA CALIBRAR MANÓMETROS	Código: BPCM-I
	Elaborado por: C. Calderón y W. Chamorro	Revisión No.: 1
EMAI	Aprobado por: Ing. K. Allauca	Fecha: 2001/08/25

#### 4.3 Mantenimiento semestral

##### 4.3.1 Inspección visual del banco de pruebas.

### 4.3. Elaboración e Interpretación de Estándares

Tabla 4.1. Escala de estándares de medición.

Escalas para medidores de presión

Unidad: kgf/cm <sup>2</sup> (MPa)		Escalas
Tamaño	mm	
150	200	
1 (0.1)	1 (0.1)	
10 (1)	10 (1)	
2 (0.2)	2 (0.2)	
20 (2)	20 (2)	
4 (0.4)	4 (0.4)	
6 (0.6)	6 (0.6)	
15 (1.5)	15 (1.5)	
25 (2.5)	25 (2.5)	

Escalas para medidores de presión

Unidad: kgf/cm<sup>2</sup> (MPa)

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

#### 5.1 Presupuesto

El presupuesto previsto para la construcción del banco de pruebas para calibrar manómetros realizando un estudio económico aproximado fue de \$820 USD.

#### 5.2 Análisis Económico Financiero.

Tenemos principalmente rubros para la construcción del banco de pruebas para calibrar manómetros.

1. Materiales.
2. Máquinas herramientas.
3. Mano de Obra.
4. Otros.

1. **Materiales.** Este rubro comprende por todos los materiales utilizados para construir la parte mecánica del banco de pruebas.

Tabla 5.1. Lista del costo de materiales para la construcción del banco de pruebas para calibrar manómetros.

Material para el banco de pruebas para calibrar manómetros	
Detalle	Valor \$
MANÓMETRO 0-1000 PSI 4"	64.18
MANÓMETRO 0-2000 PSI 4"	64.18
MANÓMETRO FTB 0-150 PSI 100 mm	77.64
ACOPLE RÁPIDO (CUERPO) G 1/4"	24.02
ACOPLE REDUCTOR 1/2"H x 1/4"	27.51
ACOPLE RÁPIDO	12.34
CONECTOR RÁPIDO	16.59
CAÑERÍAS	19.20
TEFLÓN	3.40
Total de materiales	\$309.06 USD

2. **Máquinas herramientas.** Para la construcción del banco de pruebas principalmente se utilizaron las máquinas herramientas existentes en el I.T.S.A.

3. **Mano de obra.** Los costos de mano de obra están comprendidos principalmente por el montaje, limpieza, pintura, lubricación, etc.

Tabla 5.2. Costos de mano de obra.

Detalle	Valor \$
Montaje	45
Lubricación	15
Pintura	10
Total mano de obra	\$70 USD

4. **Otros.** Este rubro comprende los materiales utilizados para las pruebas, costos de impresión de planos, transporte, etc.

Tabla 5.3. Costos de otros gastos.

Detalle	Valor \$
Total de otros gastos	380

Por consiguiente el costo total de la construcción del banco de pruebas para calibrar manómetros es:

Tabla 5.4. Costo total del banco de pruebas

Detalle	Valor
Materiales	309.06
Mano de obra	70
Otros gastos	380
Total	\$759.06 USD

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1. Conclusiones**

- El banco de pruebas luego de los ensayos realizados cumple con los objetivos creados al inicio del proyecto, que es la calibración de manómetros en los laboratorios del I.T.S.A.
- Los servicios prestados por este banco de pruebas seguida a la enseñanza aprendizaje de los alumnos del I.T.S.A.
- Se construye el banco de pruebas en base a los conocimientos recibidos a lo largo de la formación académica en las instalaciones del I.T.S.A.
- Se ha diseñado una documentación del banco de pruebas para definir los procedimientos y a través de los mismos que se debe hacer y quien lo debe realizar.

#### **6.2. Recomendaciones.**

- Se recomienda completar este proyecto normalizando los ensayos de calibración de manómetros.
- Se recomienda utilizar el manual de procedimientos para la correcta utilización del banco de pruebas para calibrar manómetros.

## BIBLIOGRAFIA

- <http://www.google.com>
- <http://www.mamma.com>
- <http://www.altavista.com>
- Marcial Carboles Maesa y Félix Rodríguez García ( 1990 ), Manual de Mecánica Industrial( Nueva edición ), Quinta Edición.
- Dr. Cesar Ramírez Cavassa 2000, Manual de Seguridad Industrial, Ciencia y Técnica, Edición Original.
- Antonio Esteban Oñate ( 1992 ), Presión Neumática, Edición Paraninfo s.a. Magallanes, 25-28015 Madrid.
- Alfred J. Amsler & Co. Schaffhausen

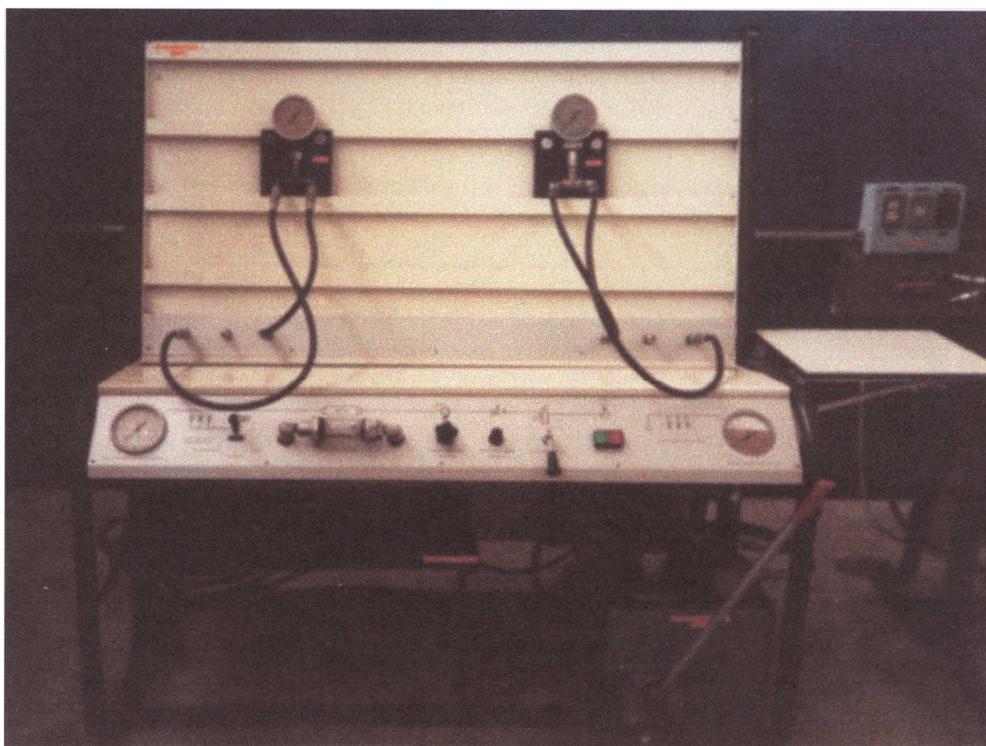
# **ANEXOS**

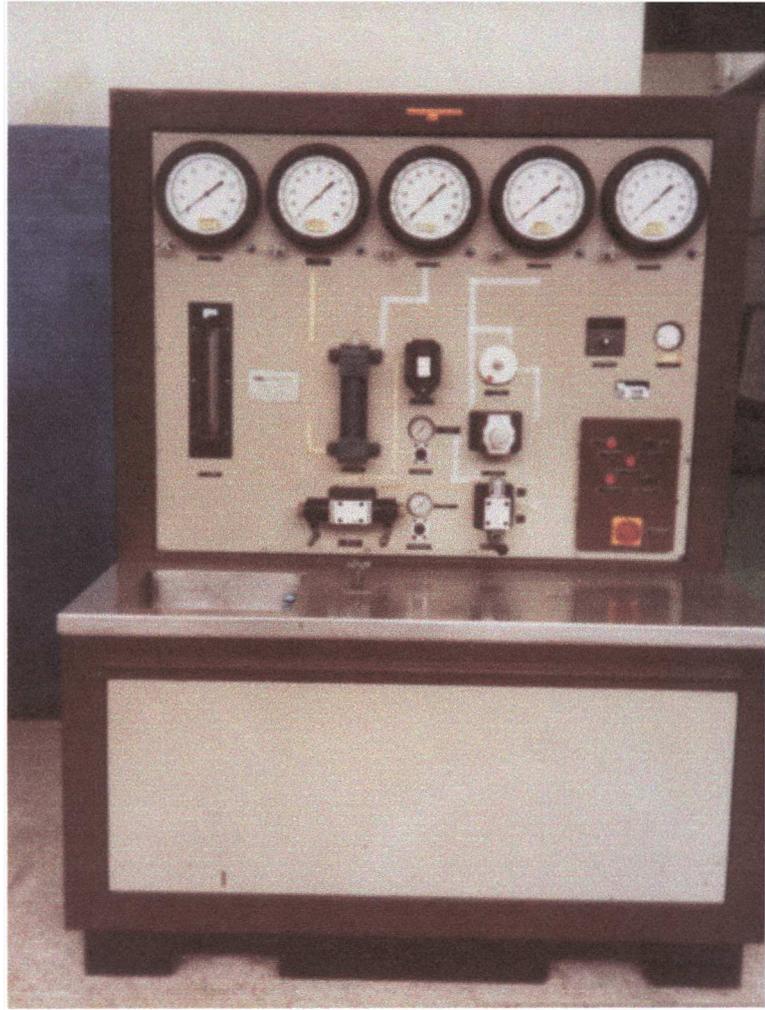
# **ANEXO “A”**

# **ANEXO “B”**

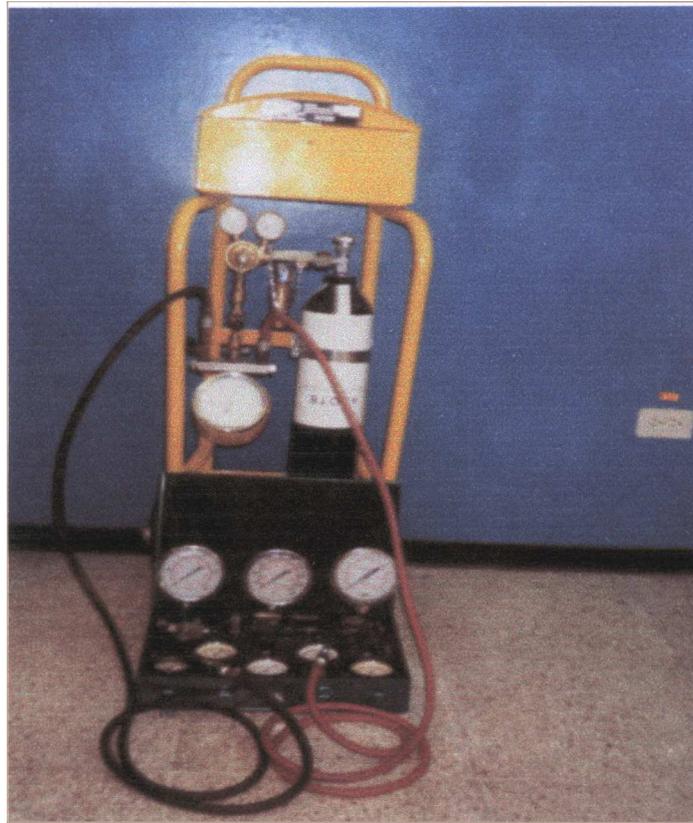
# **ANEXO “C”**

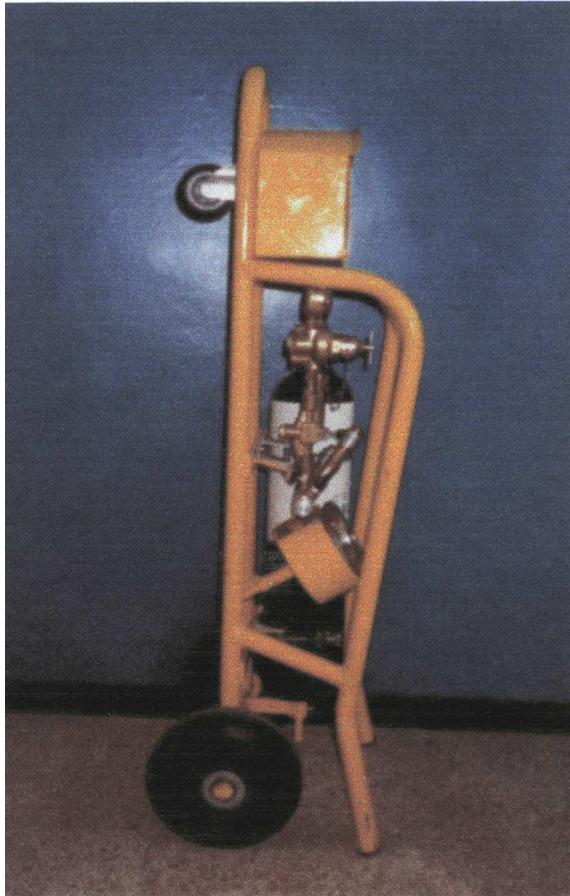
# ANEXO “D”

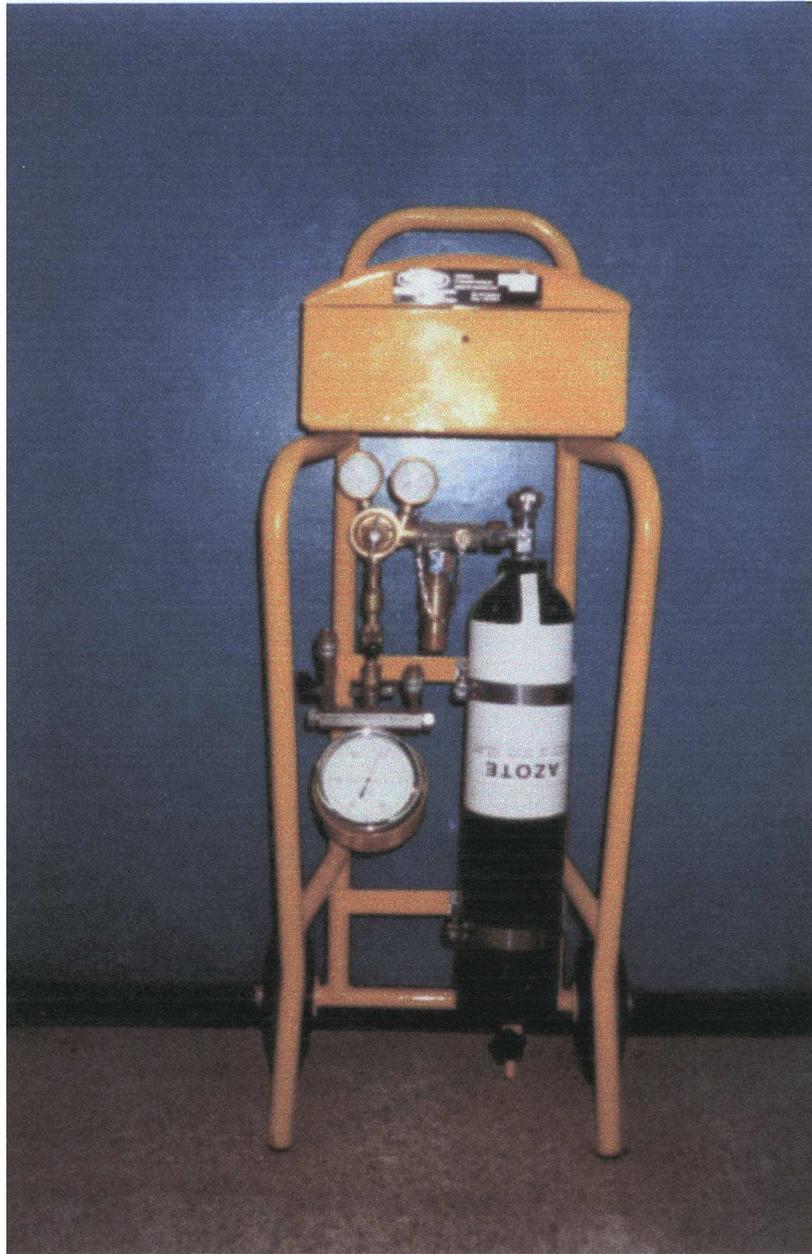




# ANEXO “E”







# **ANEXO “F”**

**(Fotos del banco de pruebas para calibrar manómetros)**

# **ANEXO “G”**

## HOJA DE VIDA

### DATOS PERSONALES

Apellido: Calderón Guerrero  
Nombre: César Abdón  
Fecha de Nacimiento: 15 de febrero de 1980  
Lugar de Nacimiento: Chimborazo – Guano –San Andrés  
Edad: 21 años  
Estado Civil: Soltero

### ESTUDIOS REALIZADOS

Pre – Primaria: Jardín Dr. Camilo Gallegos  
Primaria: Escuela Nicanor Larrea  
Secundaria: Instituto Tecnológico Superior Juan de Velasco  
Colegio Experimental Pedro Vicente Maldonado  
Superior: Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico  
Títulos Obtenidos: Bachiller Físico Matemático

## HOJA DE VIDA

### DATOS PERSONALES

Apellido: Chamorro Zapata  
Nombre: Wilson Augusto  
Fecha de Nacimiento: 04 de Enero de 1980  
Lugar de Nacimiento: Imbabura – Ibarra – San Francisco  
Edad: 21 años  
Estado Civil: Soltero

### ESTUDIOS REALIZADOS

Pre – Primaria: Jardín Albertina Franco de Leoro  
Primaria: Escuela Particular Católica Beato Juan Diego  
Secundaria: Instituto Técnico Superior “17 de Julio”  
Superior: Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico  
Títulos Obtenidos: Bachiller Técnico Mecánico Automotriz

## **HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

**ELABORADO POR:**

---

**Cbos. Calderón César**

---

**Cbos. Chamorro Wilson**

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

---

Ing. Castillo Eduardo

Mayor Téc. Avc

Latacunga, 17 de Diciembre del 2001



