



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGON**

**"ELABORACION DE UN MANUAL PRACTICO REFERENTE
A LOS MEDIDORES DE PRECION"**

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:

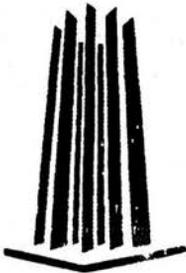
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

A R E A M E C A N I C A

P R E S E N T A :

LUIS CARLOS HERNÁNDEZ ESCAMILLA

ASESOR: ING. ALEJANDRO RODRÍGUEZ LORENZANA



SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEX.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN

DIRECCIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

LUIS CARLOS HERNANDEZ ESCAMILLA
Presente

Con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobado su tema de tesis y asesor

TÍTULO:
"ELABORACIÓN DE UN MANUAL PRÁCTICO REFERENTE A LOS MEDIDORES DE PRESIÓN"

ASESOR: Ing. ALEJANDRO RODRÍGUEZ LORENZANA

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

San Juan de Aragón, México, 24 de marzo de 2003

LA DIRECTORA

ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ



C p Secretaría Académica
C p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica
C p Asesor de Tesis

LTG/AIR/IIa

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es la conclusión de una etapa de mi vida, la cual he realizado gracias al apoyo de mucha gente que me ha alentado y aconsejado para seguir adelante, mi familia, profesores y amigos.

Gracias al **Ing. Alejandro Rodríguez Lorenzana**, por ser parte importante en este proyecto.

A toda la familia **HERNADEZ ESCAMILLA** que la forman:

A mi **MADRE** que es al razón de mi vida, sin su trabajo, apoyo, amor y paciencia no seria nada en esta vida. **GRACIAS TE DEBO MUCHO, EN EL MOMENTO QUE MENOS LO ESPERES SIEMPRE VOY A ESTAR CONTIGO MAMA.**

A mi **PADRE** que me ha cuidado y apoyado incondicionalmente; a pesar de sus errores **SIEMPRE PIENSO EN TI.**

A mis hermanas:

- ▀ **LETICIA**
- ▀ **LORENA**
- ▀ **ALICIA LILIANA**

Por apoyarme y ayudarme en trabajos e tareas.

A **IRLANDA YURISKY** y **SAUL** mis sobrinos consentidos, también a los que lleguen después: a mi cuñado **CARLOS MORALES.**

GRACIAS POR EXISTIR Y FORMAR PARTE DE MI FAMILIA.

MARISELA DE LA CRUZ GONZALEZ:

A ti te doy las gracias porque siempre creíste en mí a pesar de todo; también por apoyarme, quererme y soportarme siempre.

Te agradezco que siempre estés, cuanto mas te necesito y deseo de todo corazón que llegues muy pronto hasta este punto en tu vida. **TE QUIERO, NUNCA HABRA COSA MAS BELLA QUE TU, SIEMPRE TE VOY A LLEVAR CONMIGO.**

A toda la familia **HERNÁNDEZ GALINDO** y **ESCAMILLA SALGADO**, porque sin estas mis padres no estuvieran aquí y yo no hubiera existido.

A mi tía **MARTHA ESCAMILLA**, que le guardo mucha gratitud y afecto, gracias por sus estímulos.

A mi tío **JOSÉ LUIS ESCAMILLA**, por ser una persona que siempre le tiene la mano a todos sin esperar recibir nada.

A mi tío **MARTÍN HERNÁNDEZ**, por tenerme un gran cariño y a pesar de sus problemas ha tenido la fuerza de salir adelante.

A todos los compañeros que convivieron en el **C.C.H. AZCAPOTZALCO Y LA ENEP ARAGON**.

En especial a la **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO**, por darme la oportunidad de formar parte de esta gran institución. **¡GRACIAS!**

**SIEMPRE SERE UN PUMA DE CORAZON AZUL Y
LA PIEL DORADA**

INDICE

	Pág.
Título de la tesis	1
Objetivo general	2
Objetivos particulares	2
Justificación	3
Introducción	4

CAPITULO 1

"SISTEMAS DE MEDICIÓN"

1.1	Clasificación de los sistemas de medición	7
1.2	Sistema absoluto ó internacional	7
	1.2.1 Longitud	8
	1.2.2 Masa	8
	1.2.3 Tiempo	9
	1.2.4 Temperatura	9
	1.2.5 Otras unidades	10
1.3	Unidades y prefijos	11
1.4	Conversión de unidades	15
1.5	Tabla de conversiones y equivalencias	19
1.6	Cifras significativas	20
1.7	Redondeo de números	21
1.8	Tabla de variables del sistema gravitacional o técnico, sistema absoluto o internacional	22

CAPITULO 2

"ANTECEDENTES TEÓRICOS RELACIONADOS CON LA PRESIÓN."

2.1	Introducción a la presión	24
2.2	Presión	26
2.3	Tipos de presión	27
	2.3.1 Presión atmosférica	27
	2.3.2 Sobrepresión	28

2.3.3 Presión de vacío	29
2.3.4 Presión absoluta	30
2.4 Unidades de medición de presión	32
2.4.1 Sistema absoluto o internacional	32
2.4.2 Sistema gravitacional ó técnico	33
2.5 Reglas de la presión	38
2.6 Características de la presión y las fuerzas dentro de los fluidos	38

CAPITULO 3

"ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN."

3.1 Antecedentes teóricos básicos.....	41
3.2 Elementos que constituyen a los instrumentos aplicados a la medición	42
3.3 Características metroológicas de los instrumentos	43
3.4 Métodos de mediciones	44
3.4.1 Método directo	44
3.4.2 Método indirecto	44
3.4.3 Método de instrumentos calibrados	45
3.5 Errores de medición	45
3.5.1 Error sistemático	45
3.5.2 Error accidental	47

CAPITULO 4

"INSTRUMENTOS PARA MEDIR PRESIÓN"

4.1 Manómetros	50
4.2 Manómetros de columna líquida	52
4.2.1 Manómetro tipo "U"	54
4.2.2 Manómetro de D.I Medeleev	55
4.2.3 Manómetro en forma LL	56
4.2.4 Manómetro tipo "U" con vasos de separación	57
4.2.5 Barómetro	58
4.2.5.1 Experiencia de Torricelli	58

4.2.6 Manómetro de cubeta o de Wheel	61
4.3 Micromanómetro.....	62
4.4 Manómetros de deformación elástica	63
4.4.1 Manómetro de Bourdon tipo "C"	63
4.4.2 Manómetro de Bourdon en espiral	67
4.4.3 Manómetro de Bourdon helicoidal	68
4.5 Manómetro de diafragma	69
4.5.1 Manómetro de cápsula	70
4.5.2 Manómetro de fuelle.....	71
4.6 Manómetro de resorte	72
4.7 Manómetro de pistón	74
4.7.1 Manómetro de pistón simple	74
4.7.2 Manómetro de pistón reductor de presión	76
4.7.3 Manómetro de pistón tipo balanza	79
4.8 Presostatos	79
4.8.1 Presostatos de pistón	79
4.8.2 Presostatos tipo Bourdon	79
4.9 Medición de vacío	81
4.10 Vacuómetros	83
4.10.1 Vacuómetro a ionización	84
4.10.2 Vacuómetro a compresión	85
4.10.3 Vacuómetro a conductividad térmica	86
4.11 Clasificación de los instrumentos de presión	90
4.12 Precisión de los instrumentos medidores de presión	91
4.13 Verificación de los instrumentos medidores de presión	92
Conclusiones.....	95
Bibliografía	97

TITULO DE TESIS

**"ELABORACIÓN DE UN MANUAL PRÁCTICO REFERENTE A LOS
MEDIDORES DE PRESIÓN."**

OBJETIVO GENERAL

Realizar una investigación muy profunda para poder determinar el funcionamiento y uso de los diferentes tipos de medidores de presión que se aplican en la ingeniería.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Hacer un análisis de los principios termodinámicos que sustentan la teoría básica del concepto de la presión.
2. Investigar los diferentes sistemas de medición, para poder ver en que sistemas podemos leer los valores de presión.
3. Hacer un *análisis de los métodos de medición para hacer una lectura con mas precisión.*
4. Investigar en forma general, la manifestación de los diferentes tipos de presión.
5. Hacer una investigación del funcionamiento de los presostatos.
6. Investigar la clasificación de los manómetros.
7. Por último hacer una descripción del funcionamiento de los diferentes tipos de medidores de presión.

JUSTIFICACIÓN.

En este trabajo recepcional se tiene como finalidad el poder proporcionar los conocimientos básicos enfocados a la instrumentación y control de procesos. Pero el hablar de todos los instrumentos, nos llevaría a una investigación mas profunda, de tal manera que sería un tema que posiblemente se pueda desarrollar en otro trabajo recepcional. Por lo tanto, en esta investigación, pretendo enfocarlo solo hacia los medidores de presión.

En este presente trabajo pretendo recabar toda la información, que sea posible investigar, acerca de los diferentes tipos de los medidores de presión, que se aplican en muchos procesos industriales.

Durante mi formación como futuro ingeniero mecánico-electricista, se nos fueron hablando de una gran cantidad de aparatos e instrumentos que se manejaban en la presión, pero al llegar a la industria pude darme cuenta de que la realidad nos falta una formación un poco mas práctica, ya que tenemos todas las bases teóricas, pero con respecto al avance tecnológico como que nos hemos quedado un poco atrás, tal ves esto se podría compensar con un poco mas de visitas a la industria.

Por lo que en este pequeño manual trato de plasmar mi experiencia laboral en la industria, acumulada hasta este momento, para que futuras generaciones de egresados de la UNAM-ENEP Aragón que se interesen en este tema, lo puedan tomar como un libro de consulta fidedigna y actualizada.

INTRODUCCIÓN.

Los sistemas de medición son básicamente dos : gravitacional y absoluto; los cuales se subdividen en M.K.S. , C.G.S. e Ingles. Siendo sus unidades fundamentales el metro, kilogramo y el segundo; y las variables derivadas inmediatas cm, libra y pie (cm, lb. y ft respectivamente).

Las unidades fundamentales son aquellas que se toman como referencia, debido a su constancia.

Para cualquier calculo donde intervengan variables físicas es importante realizar la uniformidad dimensional, o sea, deberán expresarse todos los términos en el mismo sistema

Instrumentos son todos aquellos elementos capaces de detectar las variaciones de las condiciones físicas y, además, indicarnos dichos valores de variación; siendo la instrumentación la encargada de su estudio y clasificación. Mientras que el control, en cambio, es una consecuencia de la instrumentación

Los instrumentos de medición comparan los cambios que sufre una variable respecto a otra, que se toma como patrón, su lectura la expresan en forma de registro o indicación.

Los elementos más importantes que constituyen los instrumentos son: Elemento sensible, equipo móvil, estator, índice, graduación, numeración, escala, dispositivo de acertamiento, dispositivo de fondo escala. Mientras que las características metrológicas están determinadas por la capacidad, constante, estabilidad, fidelidad, linealidad, rango, sensibilidad, rapidez de respuesta, etc., que son fundamentales en la verificación y la calibración del instrumento.

Las manifestaciones de la presión son mas que abundantes en nuestra vida cotidiana, las tenemos en todas partes, en los neumáticos de los automóviles, en los globos, en los depósitos de agua, en las bebidas como el refresco, en las ollas Express, en los tanques de gas de cocina, etc.

La presión no solo es importante desde el punto de vista industrial o técnico, sino como biólogo, sin la presión sería imposible la vida, pues para que cualquier organismo exista es necesario que se encuentre sometido a presión en cualquiera de sus formas.

Normalmente se presión se ubica con respecto a las condiciones ambientales. Dicho en otras palabras, la presión en condiciones normales se considera como presión atmosférica. la presión con un valor superior se conoce como sobrepresión y finalmente, la presión cuyo valor es inferior a la atmosférica la llamamos presión negativa, depresión o de vacío.

Al establecer que existen valores de presión mayores y menores a la presión ambiental, es de suponerse que el valor de la presión atmosférica es conocido, consideración certera ya que se puede determinar experimentalmente en el laboratorio.

En la escala comparativa de valores de presión, se toma como punto de referencia el cero absoluto, que teóricamente existe pero en la práctica es imposible alcanzar ese límite, puesto que en esa zona de presión ($p = 0$), las leyes físicas tradicionales ya no se cumplen.

CAPITULO 1

SISTEMAS DE MEDICION

En la actualidad, todo profesional del área de instrumentación y control utiliza diversas unidades de medición en la práctica, por lo tanto, es necesario estudiar el Sistema Internacional de Unidades de Medida, ósea, la uniformidad dimensional, así como sus conversiones.

Es importante que se tenga el mayor conocimiento al respecto, así se logrará un mayor desarrollo práctico.

Para facilitar esta tarea incluiremos tablas y unos ejemplos dándole una mayor claridad.

1.1 Clasificación de los sistemas de medición.

Actualmente los sistemas de medición se clasifican de la siguiente manera:

- a) Sistema absoluto o internacional. Hace referencia en sus unidades de medición respecto a la masa.
- b) Sistema gravitacional o técnico. Considera sus unidades de medición en función del efecto de atracción de la tierra sobre los cuerpos.

1.2 Sistema absoluto ó internacional.

El sistema internacional se utiliza preferentemente con carácter investigativo, mientras que el gravitacional se suoca a cuestiones aplicativas o técnicas. Sin embargo, en muchos de los casos es necesario emplear ambos sistemas, por lo que resulta indispensable recurrir a la "uniformidad dimensional".

Nombre adoptado por la XI Conferencia General de Pesas y Medidas (celebrada en París en 1960) para un sistema universal, unificado y coherente de unidades de medida, basado en el sistema mks (metro-kilogramo-segundo). Este sistema se conoce como SI, iniciales de Sistema Internacional. En la Conferencia de 1960 se definieron los patrones para seis unidades básicas o fundamentales y dos unidades suplementarias (radián y estereorradián); en 1971 se añadió una

séptima unidad fundamental, el mol. Las dos unidades suplementarias se suprimieron como una clase independiente dentro del Sistema Internacional en la XX Conferencia General de Pesas y Medidas (1995); estas dos unidades quedaron incorporadas al SI como unidades derivadas sin dimensiones. Las siete unidades fundamentales se enumeran en la tabla. Los símbolos de la última columna son los mismos en todos los idiomas.

La uniformidad dimensional establece como regla, que si tenemos cualquier fórmula o ecuación que tenga variables físicas, mecánicas, eléctricas o de naturaleza similar, estas deberán ser dimensionalmente homogéneas. Dicho en otras palabras, las unidades que aparecen en el primer miembro deben ser idénticas a las unidades del segundo miembro y todas ellas expresadas en el mismo sistema, con el fin de obtener una solución que pueda interpretarse fácilmente.

1.2.1 Longitud.

El metro tiene su origen en el sistema métrico decimal. Por acuerdo internacional, el metro patrón se había definido como la distancia entre dos rayas finas sobre una barra hecha de una aleación de platino e iridio y conservada en París. La conferencia de 1960 redefinió el metro como 1.650.763,73 longitudes de onda de la luz amarillada-rojiza emitida por el isótopo criptón 86. El metro volvió a redefinirse en 1983 como la longitud recorrida por la luz en el vacío en un intervalo de tiempo de $1/299.792.458$ de segundo.

1.2.2 Masa.

Cuando se creó el sistema métrico decimal el kilogramo se definió como la masa de 1 decímetro cúbico de agua pura a la temperatura en que alcanza su máxima densidad ($4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Se fabricó un cilindro de platino que tuviera la misma masa que dicho volumen de agua en las condiciones especificadas. Después se descubrió que no podía conseguirse una cantidad de agua tan pura ni tan estable como se requería. Por eso el patrón primario de masa pasó a ser el cilindro de

platino, que en 1889 fue sustituido por un cilindro de platino-iridio de masa similar. En el SI el kilogramo se sigue definiendo como la masa del cilindro de platino-iridio conservado en París.

1.2.3 Tiempo.

Durante siglos el tiempo se ha venido midiendo en todo el mundo a partir de la rotación de la Tierra. El segundo, la unidad de tiempo, se definió en un principio como 1/86.400 del día solar medio, que es el tiempo de una rotación completa de la Tierra sobre su eje en relación al Sol. Sin embargo, los científicos descubrieron que la rotación de la Tierra no era lo suficientemente constante para servir como base del patrón de tiempo. Por ello, en 1967 se redefinió el segundo a partir de la frecuencia de resonancia del átomo de cesio, es decir, la frecuencia en que dicho átomo absorbe energía. Ésta es igual a 9.192.631.770 Hz (hercios, o ciclos por segundo). El segundo es la duración de 9.192.631.770 periodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles energéticos hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133.

1.2.4 Temperatura.

La escala de temperaturas adoptada por la Conferencia de 1960 se basó en una temperatura fija, la del punto triple del agua. El punto triple de una sustancia corresponde a la temperatura y presión a las que sus formas sólida, líquida y gaseosa están en equilibrio. Se asignó un valor de 273,16 K a la temperatura del punto triple del agua, mientras que el punto de congelación del agua a presión normal se tomó como 273,15 K, que equivalen exactamente a 0 °C en la escala de temperaturas de Celsius. La escala Celsius, o centígrada, toma su nombre del astrónomo sueco del siglo XVIII Anders Celsius, el primero en proponer la utilización de una escala en la que se dividiera en 100 grados el intervalo entre los puntos de congelación y ebullición del agua. Por acuerdo internacional la denominación grado Celsius ha sustituido oficialmente a la de grado centígrado.

1.2.5 Otras unidades.

En el SI el amperio se define como la intensidad de una corriente eléctrica constante que, al fluir por dos conductores paralelos de longitud infinita situados en el vacío y separados entre sí 1 metro, produciría entre ambos conductores una fuerza por unidad de longitud de 2×10^{-7} Newton por metro.

En 1971 se definió el mol como la cantidad de sustancia existente en un sistema que contiene tantas entidades elementales —que pueden ser moléculas, átomos, iones y otras— como átomos hay en 0,012 kilogramos de carbono 12. Esta cifra, conocida como número de Avogadro, es aproximadamente $6,022 \times 10^{23}$.

La unidad internacional de intensidad luminosa, la candela, se definió en 1948 como 1/60 de la luz radiada por un centímetro cuadrado de un cuerpo negro —un emisor perfecto de radiación— a la temperatura de solidificación normal del platino. En 1979, la Conferencia Internacional de Pesas y Medidas modificó esa definición: "La candela es la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} Hz y cuya intensidad energética en esa dirección es 1/683 vatios por estereorradián (W/sr)".

Las unidades del SI para todas las demás magnitudes se derivan de las siete unidades fundamentales. En las tablas siguientes, se muestran ejemplos de algunas unidades derivadas del SI, expresadas en unidades fundamentales. Ciertas unidades derivadas se emplean con tanta frecuencia que han recibido un nombre especial —generalmente el de un científico—, como se indican en las tablas.

Una característica del SI es que es un sistema coherente, es decir, las unidades derivadas se expresan como productos y cocientes de unidades fundamentales y otras unidades derivadas, sin la

introducción de factores numéricos. Esto hace que algunas unidades resulten demasiado grandes para el uso habitual y otras sean demasiado pequeñas. Por eso se adoptaron y ampliaron los prefijos desarrollados para el sistema métrico. Estos prefijos, indicados en las tablas, se emplean tanto con unidades fundamentales como derivadas. Algunos ejemplos son: milímetro (mm), kilómetro/hora (km/h), megavatio (MW) o picofaradio (pF). Como no se emplean prefijos dobles y el nombre de la unidad fundamental 'kilogramo' ya contiene un prefijo, los prefijos no se emplean con esta unidad sino con gramo.

Algunas unidades que no forman parte del SI se emplean de forma tan generalizada que no resulta práctico abandonarlas. Las unidades cuyo uso se sigue aceptando por el SI se enumeran en las tablas.

El empleo de algunas otras unidades de uso común se permite durante un tiempo limitado, sujeto a una revisión en el futuro. Entre estas unidades están la milla náutica, el nudo, el ángstrom, la atmósfera, la hectárea o el bar.

1.3 Unidades y prefijos.

Unidades TABLAS: UNIDADES Y PREFIJOS

La grafía internacional debe tildarse en español ya que, aunque el CIPM (Comité Internacional de Pesas y Medidas) obliga a utilizar las

grafías internacionales de los símbolos que llevan nombres de personas, permite adecuar la acentuación gráfica para facilitar su lectura en los idiomas respectivos.

UNIDADES BÁSICAS DEL SISTEMA INTERNACIONAL		
MAGNITUD	UNIDAD EN SISTEMA INTERNACIONAL	
	NOMBRE	SÍMBOLO
LONGITUD	metro	m
MASA	Kilogramo	Kg
TIEMPO	segundo	s
CORRIENTE ELÉCTRICA	Ampere	a
TEMPERATURA	Kelvin	K
CANTIDAD DE SUSTANCIA	mol	Mol
INTENSIDAD LUMINOSA	candela	cd

UNIDADES DERIVADAS CON NOMBRES ESPECIALES EN SISTEMA INTERNACIONAL.		
MAGNITUD DERIVADA	UNIDAD DERIVADAS EN SISTEMA INTERNACIONAL	
	NOMBRE	SÍMBOLO
ANGULO PLANO	radián	rad
ANGULO SÓLIDO	esterorradian	sr
FRECUENCIA	Hertz	Hz
FUERZA	Newton	N
PRESIÓN	Pascal	Pa
TENSIÓN MECÁNICA	Pascal	Pa
ENERGÍA	Joules	J

POTENCIA	Vatio	W
FLUJO RADIANTE	Vatio	W
CARGA ELECTRICA	Coulomb	C
POTENCIAL ELÉCTRICO	Volt	V
DIFERENCIA DE POTENCIAL	Volt	V
TENSIÓN	Volt	V
FUERZA ELECTROMOTRIZ	Volt	V
CAPACIDAD ELECTRICA	Faradio	F
RESISTENCIA ELÉCTRICA	Ohmio	
CONDUCTANCIA ELÉCTRICA	Siemens	S
FLUJO MAGNÉTICO	Weber	Wb
FLUJO DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA	Weber	Wb
INDUCCIÓN MAGNÉTICA	Tesla	T
DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO	Tesla	T
INDUCTANCIA	Henrio	H
TEMPERATURA CELSIUS	Grado Celcius	C
FLUJO LUMINOSO	Lumen	lm
ILUMINANCIA	Lux	lx

UNIDADES AJENAS AL S.I QUE PUEDEN USARSE EN EL S.I		
MAGNITUD	UNIDAD	
	NOMBRE	SÍMBOLO
TIEMPO	minuto	min
	hora	hr
	día	d
ANGULO PLANO	grado	°
	minuto	'
	segundo	"

VOLUMEN	litro	l
MASA	Tonelada	t

UNIDADES UTILIZADAS EN EL S.I, CUYOS VALORES SE HAN OBTENIDO EXPERIMENTALMENTE		
MAGNITUD	UNIDAD	
	NCMBRE	SÍMBOLO
MASA	unidad atómica unificada	u
ENERGIA	electronvolt electrovoltio	eV

MULTIPLoS Y SUBMÚLTIPLOS DECIMALES DE LAS UNIDADES DEL S.I QUE SE DESIGNAN A LOS FACTORES NUMERICOS DECIMALES POR LOS QUE SE MULTIPLICA LA UNIDAD			
	FACTOR	PREFIJO	SÍMBOLO
1 000 000 000 000 000 000 000 000	10^{24}	yotta	Y
1 000 000 000 000 000 000 000 000	10^{21}	zetta	Z
1 000 000 000 000 000 000 000	10^{18}	exa	E
1 000 000 000 000 000 000	10^{15}	peta	P
1 000 000 000 000 000	10^{12}	tera	T
1 000 000 000	10^9	giga	G
1 000 000	10^6	mega	M
1 000	10^3	kilo	k
100	10^2	hecto	h
10	10^1	deca	da
0.1	10^{-1}	deci	d
0.001	10^{-3}	centi	c
0.000 1	10^{-4}	mili	m
0.000 000 1	10^{-6}	micro	μ

0. 000 000 000 1	10^{-9}	nano	n
0. 000 000 000 000 1	10^{-12}	pico	p
0. 000 000 000 000 000 1	10^{-15}	femto	f
0. 000 000 000 000 000 000 1	10^{-18}	atto	a
0. 000 000 000 000 000 000 000 1	10^{-21}	zepto	z
0. 000 000 000 000 000 000 000 000 1	10^{-24}	yocto	y

UNIDADES UTILIZADAS EN LA ASTRONOMIA (UNE 821-1:1996)		
UNIDAD	Símbolo/abreviatura	valor
UNIDAD ASTRONÓMICA	UA (/abreviatura)	$1,495\ 979 \times 10^{11}$ m
AÑO LUZ	a.l (abreviatura)	$9,460\ 073 \times 10^{15}$ m
PÁRSEC	pc (símbolo)	$3,085\ 678 \times 10^{16}$ m

1.4 Conversión de unidades.

En los diversos sectores de la técnica se utilizan diferentes unidades de medición, por tanto, es útil establecer tablas de conversión que contengan la relación entre diferentes unidades de una misma variable.

En general, las tablas proporcionan valores aproximados pero pueden considerarse válidas y aplicables para las exigencias técnicas o evaluaciones de tipo práctico.

Resulta necesario ilustrar a través de unos ejemplos, como pueden obtenerse los factores de conversión, para ello se dan unas indicaciones.

1. Cuando la unidad a sustituir esta multiplicando, debernos multiplicar una fracción que contenga la misma unidad como divisor, y como dividiendo escribimos la unidad que queremos obtener, de tal manera que obtengamos una multiplicación por la unidad.

EJEMPLO:

Convertir 5 x 10 pulg. a mm.

De tablas obtenemos que 1 pulg. : 25.4 mm

$$5 \times 10 \text{ pulg} : 5 \times 10 \text{ pulg} \left(\frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ pulg}} \right) : 1270 \text{ mm}$$

Donde: $\frac{25.4 \text{ mm}}{1 \text{ pulg}} : 1$, puesto que 1 pulg : 25.4 mm

NOTA : Al multiplicar por la unidad de ninguna manera estamos alterando el resultado, puesto que todo numero multiplicado por uno es igual a si mismo.

2. Cuando la unidad que queremos sustituir esta dividiendo, se multiplica por una fracción que contenga la misma unidad como dividendo, y como divisor escribimos la unidad que queremos obtener, de tal manera que obtengamos una multiplicación por uno.

EJEMPLO:

Convertir $5000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$ a $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

De tablas obtenemos que $1 \text{ m}^2 : 10\ 000 \text{ cm}^2$

$$\frac{5\ 000 \text{ kg}}{\text{m}^2} \left(\frac{1 \text{ m}^2}{10\ 000 \text{ cm}^2} \right) : \frac{5\ 000 \text{ kg}}{10\ 000 \text{ cm}^2} : 0.5 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

3. Cuando tenemos problemas para hacer la conversión de una unidad a otra de la misma naturaleza, basta considerar la relación que existe entre ambas, tomada de tales de equivalencias, y aplicar una simple "regla de tres"

EJEMPLO :

Convertir 10 m^3 a litros.

De tablas obtenemos que $1 \text{ m}^3 : 1\ 000 \text{ l}$

1 m^3 _____ $1\ 000 \text{ l}$

10 m^3 _____ $x \text{ l.}$

Por tanto, $x = \frac{10 \text{ m}^3 \times 1\ 000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3}$

$x = 10\ 000 \text{ litros}$

En este ejemplo tomamos como referencia $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ l.}$ pero podemos considerar cualquier relación proporcional que queramos , como por ejemplo:

28.32 l _____ 0.02832 m^3

$x \text{ l}$ _____ 10 m^3

Por tanto, $x = \frac{28.32 \text{ l} \times 10 \text{ m}^3}{0.02832 \text{ m}^3}$

$x = 10\ 000 \text{ litros}$

En algunos casos puede ser necesario convertir de un sistema a otro, esto se lleva acabo mediante las equivalencias de unidades.

Estos cálculos se llevan acabo por ecuaciones o mediante las siguientes tablas que vemos a continuación.

TEMPERATURA

$$T[k]=^{\circ}C+273.15$$

$$T[k]=R/1.8$$

$$T[^{\circ}F]=1.8(^{\circ}C)+32$$

$$T[R]=[^{\circ}F]+459.67$$

TIEMPO

$$1 \text{ hora}=1h=3600s$$

$$1 \text{ minuto}=1min=60s$$

CANTIDAD DE

SUSTANCIA[N]

$$1kmol=1000mol$$

$$1lbmol=453.5924mol$$

$$1mol-g=1mol$$

$$1mol-lb=1lbmol$$

$$1mol=6.02 \times 10^{23} \text{ moléculas}$$

MASA[M]

$$1g=0.001kg$$

$$1lbm=0.4535924kg$$

$$1 \text{ tonelada}=1ton=1016.05kg$$

$$1 \text{ ton métrica}=1t=1000kg$$

$$1 \text{onz troy}=31.1035g$$

LONGITUD[L]

$$1A=10^{-10}m=1 \times 10^{-8}cm$$

$$1pie=1ft=0.3048m$$

$$1pulg=1in=25.4mm$$

$$1milla=1609.344m$$

$$1ft=12in$$

SUPERFICIE[A=L²]

$$1ft^2=1pie^2=0.092903m^2$$

$$1in^2=654.16 \times 10^{-6}m^2$$

$$1ft^2=144in^2$$

VOLUMEN-

CAPACIDAD[V=L³]

$$1galon americano=1gal$$

$$1gal=3785.41cm^3$$

$$1barril \text{ de petróleo}=42gal=158.987L$$

$$1ft^3=0.028317m^3=28.32L$$

$$1ft^3=1728in^3$$

$$1litro=1L=1dm^3=1000cm^3=10^{-3}m^3$$

DENSIDAD[ML⁻³]

$$1g/cm^3=1000kg/m^3=1kg/L$$

$$1lbm/ft^3=16.018476kg/m^3$$

$$=0.016018g/cm^3$$

$$sg=\square \text{ sust.} / \square \text{ sust. referencia}$$

$$\text{agua}=1000kg/m^3, 62.4lbm/ft^3$$

$$s.g.=1.94slug, [slug=lbfs/ft^2]$$

$$\text{liquidos mas livianos que el agua}$$

$$^{\circ}Be=140/sg-130$$

$$\text{liquidos mas pesados que el agua}$$

$$^{\circ}Be=145-145/sg$$

$$^{\circ}twaddell=200[sg-1]$$

$$^{\circ}API=14.5/sg-131.5 \text{ [derivados del petróleo]}$$

VOLUMEN

ESPECIFICO[L³/M]

$$1m^3/kg=1000cm^3/g=1000L/kg$$

$$1ft^3/lbm=62.4279cm^3/g$$

$$=0.06243m^3/kg$$

FUERZA[F=ML⁻¹T⁻²]

$$1Newton=1N=1.0kgm/s^2$$

$$1MN=1000KN=10^6N=10^{11} \text{ dinas}$$

$$1kgf=9.80665N$$

$$1lb_f=4.44822N=32.1740lbm/s^2$$

$$\text{dina}=gr \text{ cm/s}^2$$

POTENCIA[E=L⁻¹M⁻¹T⁻²]

$$1watt=1vatio=1w=1J/s$$

$$1Nm/s=1kg \text{ m}^2/s^2$$

$$1Mw=1000Kw=10^6w$$

$$1caballo \text{ de}$$

$$\text{fuerza}=1hp=550lb_f \cdot ft/s$$

$$1caballo \text{ de vapor}=1cv=75kgf \cdot m/s$$

$$1hp=0.7457kw$$

$$1cv=0.7355kw$$

$$\text{en refrigeración:}$$

$$1tonelada \text{ de refrigeración}=1ton$$

$$\text{ref}=200btu/min$$

$$1ton \text{ ref}=$$

$$3.5168kw=303.8515MJ/día$$

$$1 \times 10^6kw=3.413 \times 10^9 \text{ btu/hr}$$

PRESIÓN [P=FA⁻¹=FL⁻²]

1pascal=1Pa=1N/m²= 1.0kg/[ms²]
 1Mpa=1000kPa=10⁶Pa
 1bar=0.1Mpa=100kPa=10⁵Pa =10⁶dina/cm²
 1lbf/in²=1psi=6.894757kPa
 1atmosfera normal=1atm=1.01325bar
 1atm=1.0332274at=101.325kPa=14.7psi
 1at=1atmosfera tecnica=1kgf/cm²=98.0665kPa
 1atm=760mmHg=29.92inHg=1Torricelli=1Torr=1mmHg
 =133.322Pa
 1mmH₂O=1kgf/m²=9.80665Pa=10⁻⁴at
 1lbf/ft²=47.880261Pa=6.944x10⁻³psi

CONSTANTE R

R=0.082 atm.L/mol^oK
 R=0.73202ft³ atm/lbmol^oR
 R=1.987 cal/mol^oK
 R=6.44 btu/lbmol^oR
 R=0.08314bar.m³/kgmol^oK

ENERGÍA[E=FL]

1joule=1J=1Nm=1.0kg.m²/s²
 1MJ=1000kJ=10⁶J
 1lbf.ft=1.355817J
 1kgf.m=9.80665J
 1btu=1055.056J
 1caloria practica=1cal=4.1869J
 1btu=251.996cal
 1caloria termo-
 qca=1calter=4.183995J
 1caloria media a
 15°C=1cal15=4.1855J
 1Kilowatio.hora=1kw.h=3600kJ
 1ergio=1erg=10⁻⁷J

OTRAS UNIDADES

1Poise=1P=0.1Pa s=0.1Ns/m²
 =0.1kg/[ms]
 1P=1.0g/[cm s]
 1Stoke=1²=0.0001m²/s=1cm²/s
 1decibel=1dB=10⁻¹²w/m²=10⁻¹²kg/s³
 1milla nautica=1.852m

UNIDADES TEXTILES

SIST.DIRECTOS
 Ktex=#gr/1m
 Tex=#gr/1000m
 Denier=#gr/9000m

SIST. INDIRECTOS

Ne=#madejas/lb
 Nm=#metros/1gr

CONVERSIONES

1madeja=840yds=768m
 1in=2.54cm
 36in=1yda
 1lb=7000granos=453.6g
 =16onzas
 Ne=590.6/tx
 1000/wgranos=Ne[120yds]
 Ne1xNe2/[Ne1+Ne2]=título
 Nex1.69=Nm
 Ne=5315/Den
 Den=9xtex , tex=Denx0.11
 Nm=1000/tex =9000/Den
 150/32Den+150/32Den=
 300/32Den
 150/36+120/32+110/24=
 380Den

Tabla de Conversiones o Equivalencias

Unidades de medida de otros sistemas a unidades equivalentes del SI.

PARA CONVERTIR	A	MULTIPLICAR POR
Caballo de fuerza (550 lbf·pie / s) (horsepower)	watt (W)	7,456 999 x 10 ²
Caballo de vapor (75 kgf·m/s) (CV) (metric horsepower)	watt (W)	7,35 498 x 10 ² *
galón (UK)	metro cúbico (m ³)	4,546 092 x 10 ⁻³ *
galón (USA líquidos)	metro cúbico (m ³)	3,785 412 x 10 ⁻³
grado Fahrenheit (°F) (intervalo de temperatura)	grado Celsius (°C)	0, 555 556 (=1/1,8)
grado Fahrenheit (°F) (temperatura determinada)	grado Celsius (°C)	t °C = (t °F -32 / 1,8)

kilogramo fuerza (kgf)	newton (N)	$9,806\ 65 \times 10^{-6} *$
libra (avoirdupois) (UK, USA) (lb _{av})	kilogramo (kg)	$4,535\ 923\ 7 \times 10^{-1} *$
libra (española de Castilla)	kilogramo (kg)	$4,600\ 93 \times 10^{-1}$
libra fuerza por pulgada cuadrada (psi)	pascal (Pa)	$6,894\ 757 \times 10^{-3}$
milla (internacional) (mile) (terrestre)	metro (m)	$1,609\ 344 \times 10^3 *$
milla (USA, Survey) (medición geodésica)	metro (m)	$1,609\ 347 \times 10^3$
milla náutica (UK)	metro (m)	$1,853\ 184 \times 10^3 *$
milla náutica internacional (=milla náutica USA)	metro (m)	$1,852 \times 10^3 *$
milla náutica (telegráfico)	metro (m)	$1,855\ 32 \times 10^3$
nudo (UK)	metro por segundo (m/s)	$0,514\ 444 (= 1,852\ \text{km/h}) *$
pie (ft)	metro (m)	$0,304\ 8 *$
pulgada (inch)	milimetro (mm)	$25,4 *$
yarda (yd)	metro (m)	$0,914\ 4 *$

Los factores precedidos en un asterisco (*) presentan valores exactos

1.6 Cifras significativas.

La precisión de un número queda especificado por el número de cifras significativas que contienen. Una cifra significativa es cualquier dígito incluyendo un cero, por ejemplo: 5604 y 3452.

Tienen cuatro cifras significativas cuando los números empiezan o terminan en cero es difícil decir cuantas cifras significativas hay en el número, para aclarar esta situación es preferible expresar el número en potencia de 10 hay dos formas de hacerlo, el formato para la notación científica y la notación de ingeniería.

1.7 Redondeo de números.

Par los cálculos numéricos que se obtengan de las soluciones de un problema no será en general mejor que la precisión de los datos del problema. Para esta razón , un resultado calculado habrá que redondearse a un numero apropiado de cifras significativas.

Para garantizar la precisión se aplicara las siguientes reglas al redondear un numero a n cifras significativas:

1. Si el dígito $n + 1$ enésimo es menor que 5 el $n + 1$ enésimo dígito y las que siguen serán eliminados:

2.366 y 0.451 redondeado a dos cifras significativas.
2.3 y 0.45

2. Si el $n + 1$ enésimo dígito es igual a 5 con 0 a continuación habrá que redondear el enésimo dígito a un numero par:

12450 redondeo a 3 cifras significativas = 1240

0.4655 redondeo a 3 cifras significativas = 0.466

3. Si el $n + 1$ enésimo dígito es ≥ 5 siguiente cualquier numero cero entonces deberá incrementar el enésimo numero en 1 y eliminar el $n + 1$ dígito y los que le siguen:

.72387 redondeados a 3 cifras significativas = .724

1.8 Tabla de variables del sistema gravitacional ó técnico, sistema absoluto o internacional.

VARIABLE	SISTEMA ABSOLUTO O INTERNACIONAL		
	MKS	CGS	INGLES
MASA	KILOGRAMO MASA	GRAMO MASA	LIBRA MASA
LONGITUD	METRO	CENTÍMETRO	PIE
TIEMPO	SEGUNDO	SEGUNDO	SEGUNDO
TEMPERATURA	GRADO KELVIN	GRADO KELVIN	GRADO RANKINE
*FUERZA	NEWTON	LINA	POUNDA L

VARIABLE	SISTEMA GRAVITACIONAL O TÉCNICO		
	MKS	CGS	INGLES
FUERZA	KILOGRAMO FUERZA	GRAMO FUERZA	LIBRA FUERZA
LONGITUD	METRO	CENTÍMETRO	PIE
TIEMPO	SEGUNDO	SEGUNDO	SEGUNDO
TEMPERATURA	GRADO CENTÍGRADO	GRADO CENTÍGRADO	GRADO FAHERENHETT
*MASA	UNIDAD TÉCNICA DE MASA		SLUG

CAPITULO 2

ANTECEDENTES TEÓRICOS RELACIONADOS CON LA PRESIÓN

2.1 Introducción de la presión.

La presión siempre se a manifestado en nuestra vida diaria, estas las podemos encontrar en situaciones de diversión como el inflado de globos hasta los mas sofisticados procesos de producción aplicados en la industria o en nuestras casa al usar el refrigerador, este tiene un compresor que hace trabajar al refrigerante provocando el beneficio del frío.

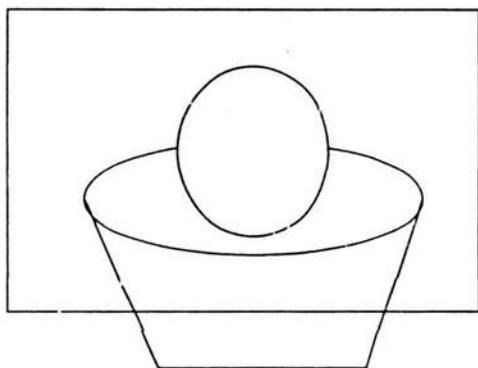


Figura 2.1. Nos muestra que para que el balón de básquet ball pueda entrar a la canasta, es necesario que tenga una presión interna mayor para que pueda votar. Acciones cotidianas del ser humano, con cualquier tipo de pelota o balón.

La presión es importante no solo desde el punto de vista industrial o técnico, sino también biológico, sin la presión sería imposible la vida, debemos de recordar que el cuerpo humano desde el punto de vista termodinámico es un sistema con una presión absoluta, sin esta presión el cuerpo colapsaría ante infinidad de problemas causando de una manera rápida la muerte.

Así como diversos microorganismos elementales que han podido desarrollarse en las profundidades del mar creando un ecosistema propio difícil de entender, pero que ahí están viviendo.

En los gases, la presión se debe a los choques instantáneos de las moléculas en movimiento contra las paredes del recipiente que lo

contiene, en régimen estático tal fuerza es constante en todas direcciones y es proporcional a la cantidad de moléculas existentes.

Cuando el régimen es dinámico la presión depende también de la velocidad del gas, por lo que la presión total es la suma de la presión estática mas la presión dinámica .

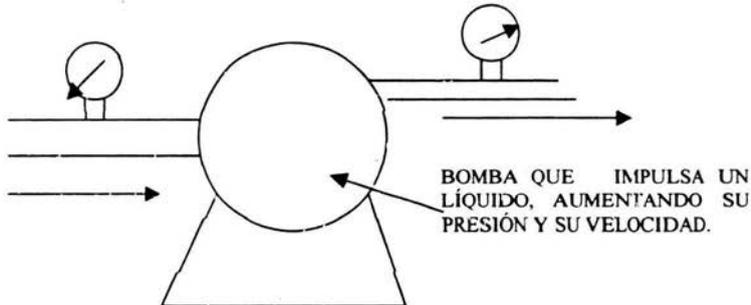


Figura 2.2. Nos muestra que como en un equipo de bombeo, al aumentar la velocidad del líquido, aumenta también su presión. Además de la pequeña ayuda que se le da al disminuir el diámetro de la descarga de la bomba.

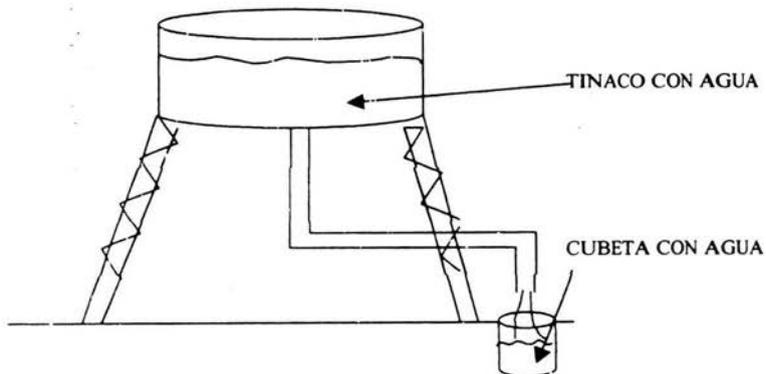


Figura 2.3. Nos muestra un caso típico de la presión estática, obsérvese que el agua en un punto mas bajo, se encuentra a mayor presión que en la cima del tinaco.

En el caso de los líquidos bajo régimen estático, la presión esta en función de la altura del nivel del liquido y del peso específico del mismo; en la superficie, la presión del liquido vale cero, pero a medida que la profundidad incrementa, la presión también gradualmente de valor. Cuando el régimen es dinámico, la presión depende de la velocidad, por tanto, la presión total es la suma de la presión estática mas la presión dinámica, al igual que en el caso de los gases.

En los sólidos , la presión se determina básicamente por la fuerza originada del peso de los mismos y de la superficie que les sirve de apoyo , por lo que su análisis es menos complicado.

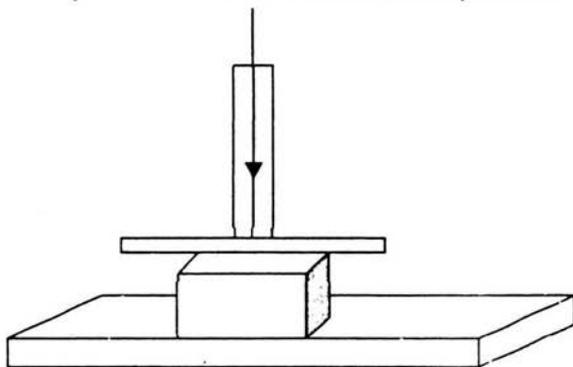


Figura 2.4. Nos muestra una aplicación de la presión sobre un cuerpo sólido, en esta caso se trata de deformar el cuerpo sólido para hacer un troquelado.

2.2 Presión.

La presión se define como la fuerza ejercida perpendicularmente sobre la superficie unitaria.

Matemáticamente:

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

Donde:

P = Presión del sistema.

F = Fuerza ejercida sobre el sistema.

A = Área de aplicación de la fuerza.

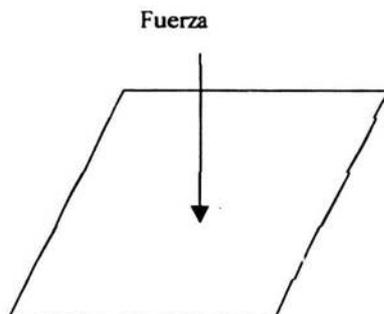


Figura 2.5. Nos muestra la forma típica en que se explica el concepto de la presión, una fuerza es ejercida sobre un cuerpo de la forma que sea.

2.3 Tipos de presión.

Partiendo de este concepto, tenemos que la presión puede clasificarse de acuerdo al valor que posea, así tenemos :

2.3.1 Presión atmosférica.

Es una presión originada por el peso de la columna de aire sobre la superficie unitaria de los cuerpos existentes sobre la tierra o al interior de la capa atmosférica .

La atmósfera es una capa de aire constituida por el 20% de oxígeno, 79% de nitrógeno y el 1% de gases raros. Debido a su peso ejerce una presión sobre todos los cuerpos que están en contacto con él, por lo que se le llama presión atmosférica.

La presión atmosférica varía con la altura, por lo que al nivel del mar tiene su máximo valor o presión normal equivalente a:

$$1\text{atm} = 760\text{mmHg} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa.}$$

En la Ciudad de México su valor aproximado es de:

$$586\text{mmhg} = 0.78 \times 10^5 \text{ Pa.}$$

La presión atmosférica no puede calcularse fácilmente, pero sí medirse con un barómetro. Torricelli fue el primero en construir un barómetro de mercurio en el año de 1642.

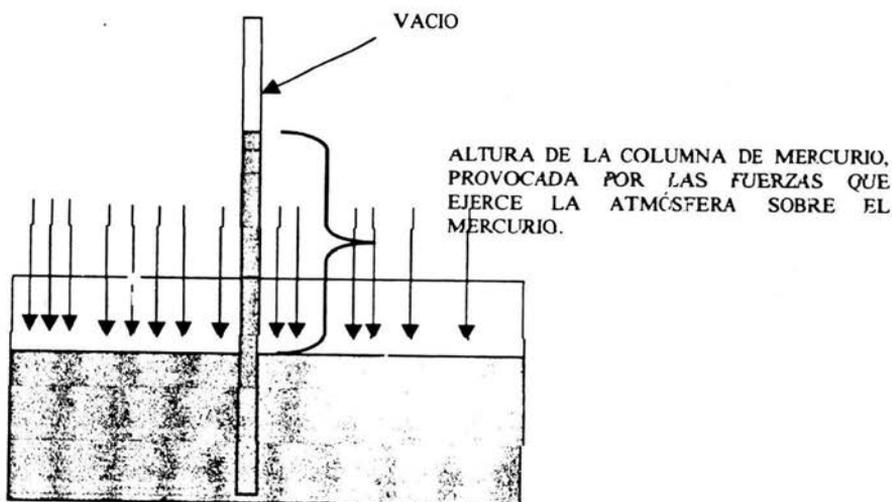


Figura 2.6. Nos muestra la forma típica en que se puede medir la presión atmosférica mediante el barómetro inventado por Torricelli.

2.3.2 Sobrepresión.

Se produce por cualquier medio diferente a la presión atmosférica, su valor es superior a la misma.

En muchos casos también recibe el nombre de: presión relativa positiva o presión manométrica.

Remarcando, la presión manométrica es aquella que se mide por encima de la presión atmosférica. Los dispositivos para medir la presión manométrica se llama manómetros, por ejemplo, un manómetro de uso común es el de tubo abierto o manómetro de líquido, el cual tiene forma de "U"; generalmente contiene mercurio, pero si se requiere mayor sensibilidad puede contener agua o alcohol. Son utilizados para medir la presión en calderas, tanques de gas o cualquier recipiente a presión.

2.3.3 Presión de vacío.

Esta presión, tiene lugar cuando la presión adopta un valor inferior a la atmosférica reinante.

También se le conoce como presión relativa negativa o depresión.

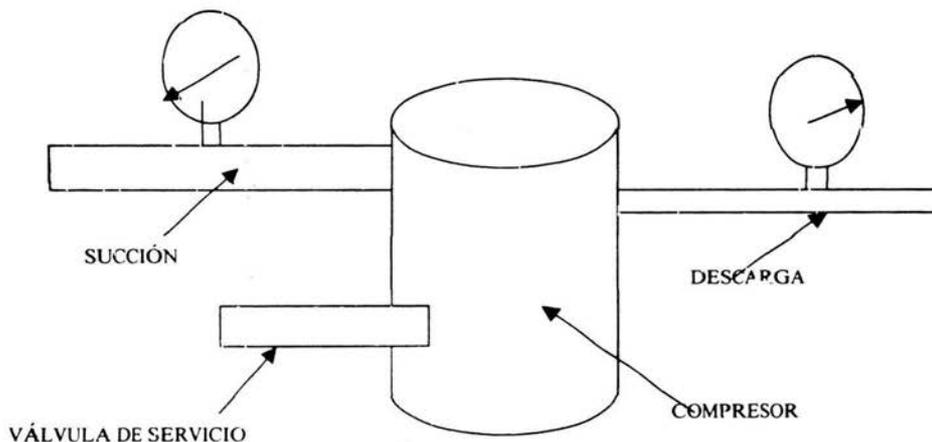


Figura 2.7. Nos muestra un compresor, donde en la succión se tiene un vacuo metro para medir la presión de vacío que se tiene al succionar el gas, y en la descarga tiene un manómetro para poder medir la sobrepresión que se genero al comprimir el gas.

2.3.4 Presión absoluta.

Es la presión referida al cero absoluto y se considera como la suma algebraica de la presión atmosférica mas la presión relativa . En este caso se habla de suma algebraica , puesto que la presión relativa puede ser relativa (sobrepresión) o negativa (depresión).

Cuando se tiene una presión vacuométrica, esta se le resta a la presión atmosférica para determinar su presión absoluta.

Caso contrario, cuando se tiene una presión manométrica, esta se le suma a la presión atmosférica y así obtener la presión absoluta.

La presión relativa es tomada como punto de referencia a otro valor dado, ya que esta puede ser vacuométrica o manométrica, dependiendo el caso, los manómetros y vacuómetros indican la presión relativa a la presión atmosférica, en un sistema la presión relativa se refiere al vacío perfecto o presión cero, la presión relativa manométrica y vacuométrica se refieren a la diferencia entre la presión absoluta de un sistema y la presión atmosférica de la localidad.

La presión referida al vacío perfecto se le da el nombre de presión absoluta y esta puede ser manométrica o vacuométrica.

Matemáticamente podemos obtener la presión absoluta de la siguiente manera:

$$P_{ABS} = P_{ATMS} + P_{RELATIVA}$$
$$P_{ABS} = P_{ATMS} + P_{MANOMÉTRICA}$$
$$P_{ABS} = P_{ATMS} - P_{VACUOMÉTRICA}$$

Cuando la presión en un sistema es menor que la presión atmosférica, la presión manométrica es negativa, pero se puede designar con un número positivo si se llama presión manométrica de vacío o vacuométrica.

La siguiente figura representa la equivalencia entre presiones absolutas y relativas.

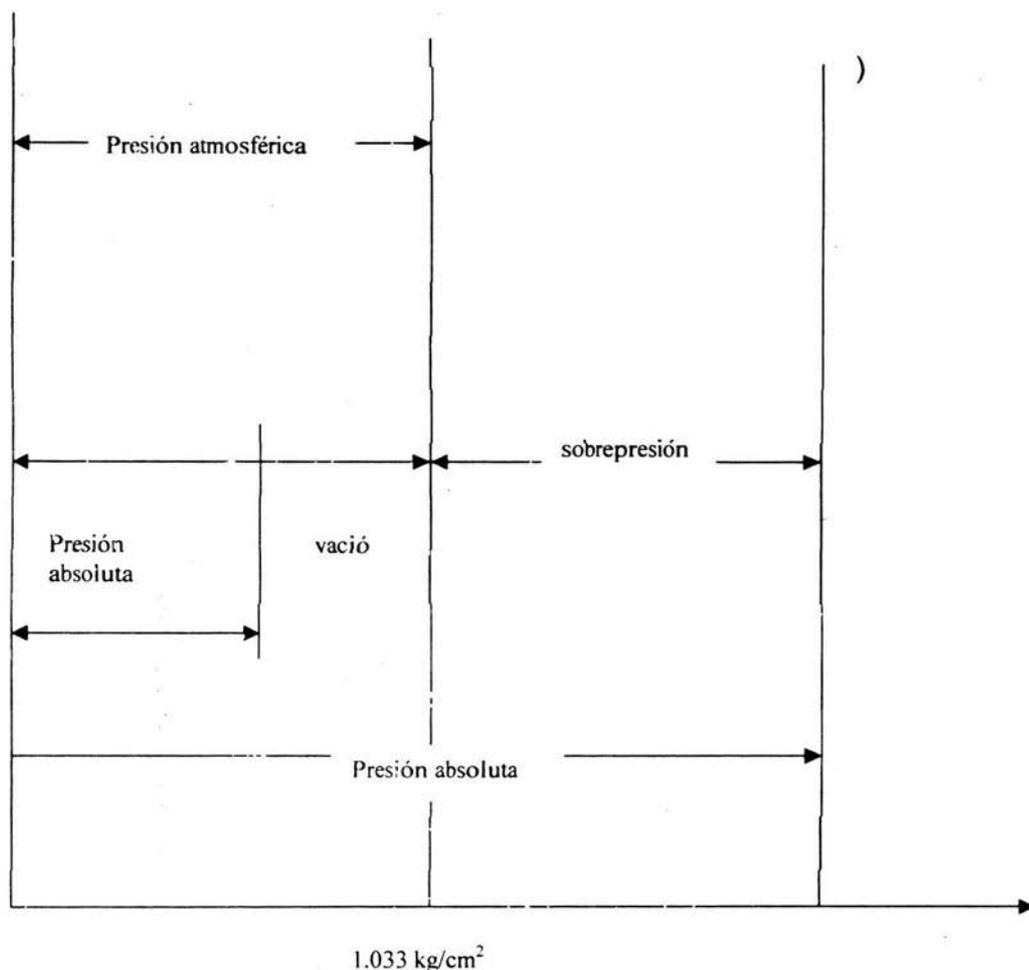


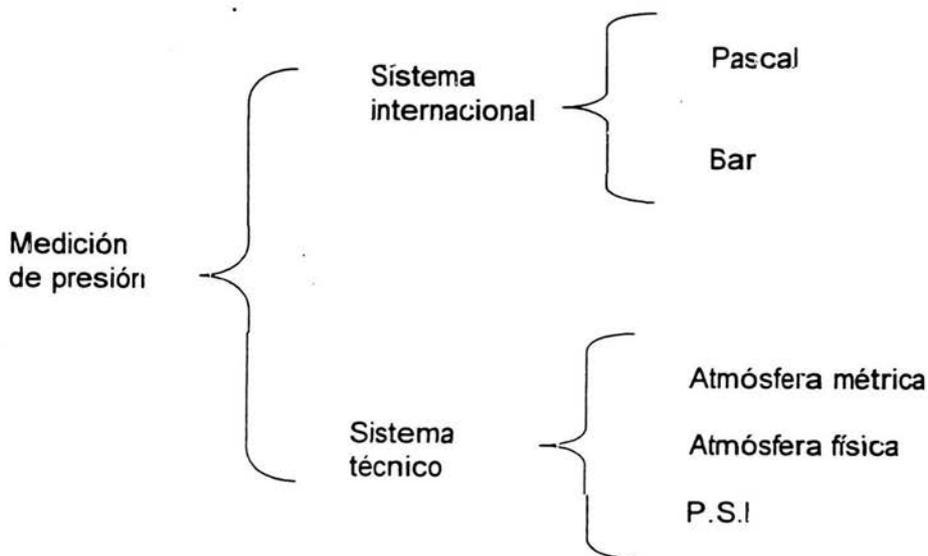
Figura 2.8. Nos muestra en forma gráfica el valor donde se pueden observar las presiones de vacío y las sobre presiones. Se toma como referencia la presión atmosférica (1.033 kg/cm^2). A un valor mayor a la presión atmosférica se encuentra una presión negativa o sobrepresión en una presión menor a la presión atmosférica se encuentra una presión de succión o de vacío.

2.4 Unidades de medición de la presión.

Las unidades empleadas para medir la presión son unidades derivadas de los sistemas absoluto y gravitacional de tal manera que la presión pueda expresarse e interpretarse internacionalmente.

Es importante destacar que resulta difícil encuadrarse únicamente dentro del sistema MKS o CGS, debido a que las unidades proporcionarían números demasiado grandes, por lo que en algunos casos se requiere hacer una combinación de ambos.

Las unidades de mayor uso en la medición de la presión son las siguientes :



2.4.1 Sistema absoluto o internacional.

El Pascal, lo definimos como la presión ejercida por la fuerza de un Newton, aplicada normalmente a una superficie de un metro cuadrado.

Entiéndase por Newton a la fuerza que , aplicada a un kilogramo masa, produce una aceleración de un metro sobre segundo al cuadrado .

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

Donde:

P	= Presión	(Pascal)
F	= Fuerza	(Newton)
A	= Área	(m^2)

Las unidades del bar, son consecuencia de los Pascales, debido a que este último es una unidad de medición muy pequeña y por tanto, difícil de utilizar en la práctica. El bar equivale a 10^5 Pa .

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa} = 1000 \text{ 000 Pa}$$

2.4.2 Sistema gravitacional ó técnico.

La atmósfera métrica es una presión producida por la fuerza de un Kilogramo, aplicada normalmente a una superficie de un centímetro cuadrado .

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

Donde:

P	= Presión	(kilogramo/ cm^2) ó (Atmósfera métrica)
F	= Fuerza	(kilogramo fuerza)
A	= Área	(cm^2)

Para hacer la conversión a Pa y bar , se procede de la siguiente manera :

Como 1 Kg masa pesa 1Kg fuerza en condiciones normales, aplicamos la segunda Ley de Newton .

$$F = ma$$

Donde:

$$\begin{aligned} F &= \text{Fuerza} && (\text{Newton}) \\ m &= \text{masa} && (\text{kilogramo fuerza}) \\ a &= \text{aceleración local} && (9.81 \text{ m/s}^2) \end{aligned}$$

$$F = ma = 1\text{kg}(9.81\text{m/s}^2) = 9.81\text{Newton}$$

Sustituyendo en la fórmula de la presión.

$$P = \frac{F}{A} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times \frac{(100\text{cm})^2}{1\text{m}^2} \times \frac{9.81\text{Newton}}{1\text{kg}} = 98100 \frac{\text{Newton}}{\text{m}^2} = 0.981\text{bar}$$

La atmósfera física es la unidad derivada de la presión atmosférica, considerada en condiciones normales como una constante de valor igual a $1.033 \text{ kg/cm}^2 = 1\text{Atms}$.

Los PSI son unidades de presión que se usan en los países de habla inglesa, se define como la presión producida por una fuerza normal de una libra, aplicada a una superficie de una pulgada cuadrada.

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

Donde:

$$\begin{aligned} P &= \text{Presión} && (\text{libra/in}^2) \text{ ó } (\text{PSI}) \\ F &= \text{Fuerza} && (\text{libra fuerza}) \\ A &= \text{Área} && (\text{in}^2) \end{aligned}$$

Para hacer la conversión a P.S.I a y kg/cm^2 , se procede de la siguiente manera :

$$P = \frac{F}{A} = 1 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \times \frac{1 \text{in}^2}{(0.453 \text{cm})^2} \times \frac{0.453 \text{kg}}{1 \text{lb}} = \frac{0.453 \text{kg}}{6.4516 \text{cm}^2} = 0.0703 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

por lo tanto:

$$1 \text{P.S.I} = 0.0703 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Otra forma de cuantificar la presión es por medio de la altura de la columna del líquido de peso específico conocido. La relación se obtiene como indicamos a continuación.

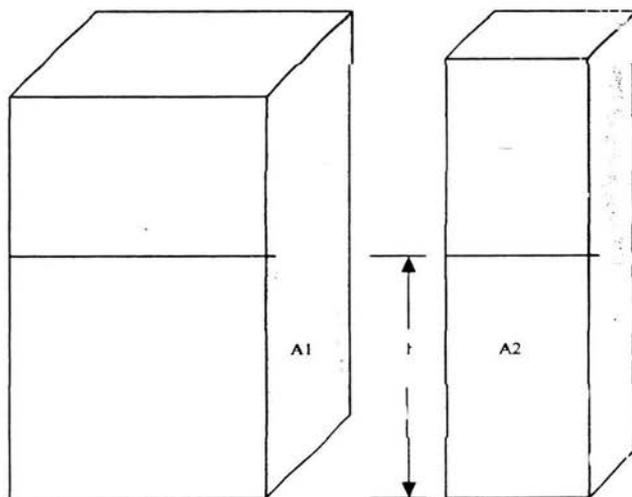


Figura 2.9. Nos muestra los cubos que contienen un líquido de peso específico conocido y como podemos obtener su presión.

De la fórmula:

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

sustituyendo a F por el peso del líquido:

$$W = V\gamma$$

$$P = \frac{W}{A} = \frac{V\gamma}{A}$$

Ahora si sustituimos el volumen. De la figura 2.9 se observa que: $v=Ah$

$$P = \frac{Ah\gamma}{A} \Rightarrow P = h\gamma$$

Podemos deducir que:

$$h = \frac{P}{\gamma}$$

Donde:

P = Presión

F = Fuerza

A = Área

V = Volumen

W = Peso

h = Altura

γ = Peso específico

para poder comprender lo antes expuesto es necesario explicar el concepto de peso específico y el concepto de presión hidrostática.

El peso específico de un cuerpo, es el peso del cuerpo por su unidad de volumen:

$$\gamma = \frac{P}{V}$$

Donde:

γ = peso específico (N/m³, D/cm³, lb_f/in³).

P = peso del cuerpo (N, D, lb_f).

V = volumen (m³, cm³, in³).

Peso específico de un líquido, es la densidad del fluido por la gravedad, o bien el peso por unidad de volumen del fluido:

$$\gamma = \rho g \quad \text{ó} \quad \gamma = \frac{P}{V}$$

Donde:

γ = peso específico (N/m³, D/cm³, lb_f/in³).

ρ = densidad absoluta del líquido (Kg/m³, gr/cm³, lb/in³).

g = gravedad (m/s², cm/s², in/s²).

P = peso del cuerpo (N, D, lb_f).

V = volumen (m³, cm³, in³).

La presión hidrostática, es la ejercida por los líquidos en forma perpendicular a las paredes del recipiente que los contienen. Dicha presión actúa en todas direcciones y sólo es nula en la superficie libre del líquido.

Esta presión puede calcularse tomando como referencia la figura 2.9:

$$P = \gamma h$$

Donde:

P = presión (N/m², D/cm²).

γ = peso específico (N/m³, D/cm³, lb/in³).

h = altura [m, cm, ft].

o bien:

$$P = \rho gh$$

Donde:

P = presión (N/m², D/cm²).

ρ = densidad [kg_m/m³, gr_m/cm³, lb_m/in³].

g = gravedad local [m/s²].

2.5 Reglas de la presión.

1. La presión es la misma en cada uno de sus puntos.
2. La presión de un gas encerrado es la misma en todos los puntos que toca dicho gas.
3. Dos puntos a la misma altura o profundidad de un mismo líquido conectados entre sí deberán soportar la misma presión.
4. Un punto a mayor profundidad en un líquido soportará mayor presión que otro que se encuentra a menos profundidad.

2.6 Características de la presión y las fuerzas dentro de los fluidos.

1. En un fluido en reposo, la fuerza ejercida por él sobre una superficie colocada en el fluido es perpendicular a la superficie.
2. La presión sobre la superficie es independiente de la orientación de la superficie.

3. En un fluido en reposo, la presión es constante a lo largo de un plano horizontal, si la superficie de un líquido cuya densidad esta sometida a una presión P , la presión P en el interior de este líquido a una profundidad h esta dada por:

$$P = \rho gh$$

4. Un líquido en equilibrio en una serie de recipientes abiertos, conectados tiene superficies abiertas en el mismo nivel.
5. La diferencia de presiones entre dos niveles en un fluido de igual densidad es:

$$P_2 - p_1 = \rho g(h_2 - h_1)$$

6. Si una fuerza externa modifica la presión de equilibrio de cualquier punto en un fluido confinado, el cambio de presión se transmite a todos los puntos dentro del fluido (Principio de Pascal.)

Por todo lo antes expuesto, podemos observar que la presión recibe influencia directa de la altura, volúmenes de líquidos, y de la atmósfera.

Los líquidos más utilizados son: el mercurio y el agua.

La presión se expresa en columna de mercurio, a cada milímetro del mismo se le conoce como Torricelli.

1 Torr = 1 mmHg.

CAPITULO 3

ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

3.1 Antecedentes teóricos básicos.

Para operar cualquier instrumento es necesario conocer a fondo sus características, con el fin de obtener la mayor información acerca del mismo, como puede ser principios de funcionamiento, construcción, características metrologicas, etc.

Antes de adentrarse en el estudio de los instrumentos es conveniente considerar las definiciones siguientes:

Instrumentación. Se define como el conjunto de conocimientos teóricos y prácticos sobre los principios de funcionamiento, construcción y operación de los Instrumentos en general.

Instrumento. Desde el punto de vista de control de procesos, es todo elemento que por si solo es capaz de indicar o registrar dentro de ciertos limites las variaciones de condiciones o fenómeno físico.

Medir. En general se define como la operación de comparar la magnitud deseada con otra de la misma naturaleza que se toma como patrón.

Los instrumentos de medición suelen clasificarse en dos grupos que son:

- a) **Indicadores.** Cuando la medición es proporcionada por el movimiento de un índice sobre una escala.
- b) **Registadores.** Cuando en el índice se coloca un sistema capaz de trazar la grafica de una magnitud sobre una hoja de papel sometida a movimiento.

3.2 Elementos que constituyen a los instrumentos aplicados a la medición.

Generalmente, todo instrumento de medición esta constituido por los elementos siguientes:

Elemento sensible.

Es la parte del instrumento influenciada directamente por la variable a medir.

Equipo móvil.

Es la parte activa del instrumento que transforma en medición el efecto de la variable sobre el elemento sensible.

Estator.

Es la parte del instrumento que soporta el equipo móvil.

Índice.

Es el elemento, o su imagen proyectada, que indica su valor a leer.

Graduación.

Son las líneas o signos que permiten especificar la posición del índice, puede ser lineal o logarítmica.

Numeración.

Representada por los números en correspondencia de la graduación. Puede ser unilateral, bilateral, o bilateral simétrica.

Escala.

Es el conjunto de la graduación y la numeración. Puede ser rectilínea o curvilínea y esta trazada sobre una superficie conocida como "cuadrante".

Un mismo instrumento tiene una o mas escalas y la elección se efectúan mediante un sistema selector.

Dispositivo de acercamiento.

Es el elemento que permite corregir la posición del índice respecto a un valor prefijado o de referencia.

Dispositivo de fondo escala (SPAN).

Es el elemento que permite corregir la posición del índice respecto al valor máximo posible a medir, sobre la escala seleccionada.

3.3 Características metrológicas de los instrumentos.

Antes de utilizar un instrumento es necesario definir algunas de sus características más importantes, como son:

Capacidad.

Representa el límite superior del campo de medición de un instrumento en particular, no debe rebasarse para no deteriorar el instrumento.

Constante.

Es resultado de la relación, entre el valor de la capacidad y el número de la división, en correspondencia de la cual se mueve el índice.

Estabilidad.

Es la propiedad de mantener inalterable la calidad de una medición en el tiempo, o bien, reproducir en un periodo más o menos largo el mismo valor de la lectura.

Fidelidad.

Es la propiedad de proporcionar lecturas, poco diferentes durante muchas mediciones de la misma magnitud.

Linealidad.

Es la capacidad de proporcionar indicaciones de igual variación, de la magnitud de ingreso, en cada punto de su campo de medición

Rango.

Son los límites entre los que el instrumento puede efectuar las lecturas de una variable.

Rapidez de respuesta.

Es el tiempo que utiliza el índice para alcanzar la posición de equilibrio para la magnitud del instrumento.

Sensibilidad.

Se obtiene de la mínima variación, de la dimensión apreciable del instrumento.

Verificación.

Es la operación de control, que ayuda a determinar los errores, en base a la estabilidad del instrumento.

Calibración.

Es la operación que determina la correspondencia entre la unidad de medición y el valor de la dimensión que remide. Ajustando el cero y el fondo, escala del instrumento.

3.4 Métodos de medición.

Para medir una variable se puede seguir cualquiera de los métodos siguientes:

3.4.1 Método directo.

Consiste en comparar la magnitud en estudio con otra de la misma naturaleza considerada como patrón, por ejemplo: si deseamos medir la longitud de un segmento de recta AB, tomamos como unidad de medición el milímetro, la comparación la efectuamos por medio de una escala graduada subdividida en milímetros. Si resulta que el segmento en examen cubre exactamente 25mm.

3.4.2 Método indirecto.

Consiste en comparar la magnitud a medir con otra de naturaleza diferente, sirviéndose de relación que existe entre ambas, por ejemplo:

la superficie de un rectángulo esta en relación a la base y a la altura, sabemos entonces que $S=b.h$ de la medición de b y h se puede obtener indirectamente del valor de S .

3.4.3 Método de los instrumentos calibrados.

Consiste en medir instrumentos oportunos, calibrados desde su construcción. De esta manera podemos medir:

Temperatura. _____ con un termómetro.
Velocidad _____ con un tacómetro.
Intensidad de corriente _____ con un amperímetro.
Espesor de un material _____ con un micrómetro, etc.

3.5 Errores de medición.

Cuando realizamos una medición se cometen en mayor e menor cantidad errores, que se representan con la diferencia entre el valor obtenido por medición y el valor verdadero.

Por esto, es evidente que el valor verdadero de una dimensión es más bien teórico, puesto que no puede determinarse con toda exactitud mediante medición.

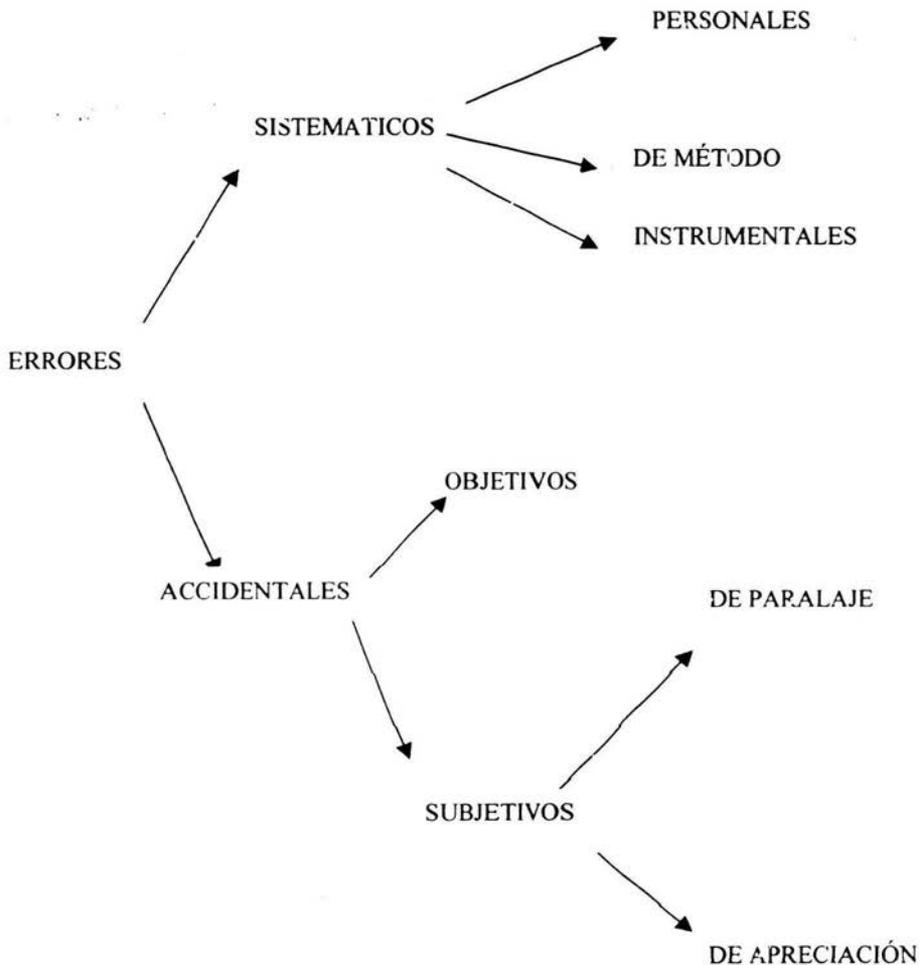
Las razones de diversidad entre los valores verdaderos y los obtenidos por medición, se clasificaran a continuación

3.5.1 Error sistemático.

Son provocados siempre por la misma causa y son de valor constante, no pueden eliminarse por la media aritmética de la medición, se clasifican de la siguiente manera:

- Personales. Dependen de la habilidad del operario en la preparación de la medición.

- De método. Cuando se efectúa la lectura sin considerar todos los factores que intervienen en la medición.
- Instrumental. Dependen de la preescisión del instrumento.



3.5.2 Error accidental.

Son originados por causas no previsibles y, por tanto, resultan variables en cantidad y signo. Su influencia disminuye al aplicar la media aritmética de la medición.

Se clasifica de la siguiente manera:

- **Objetivos.** Se producen por variación en las condiciones físicas, como son: temperatura, presión, etc.
- **Subjetivos.** Se origina debido a que no siempre es posible leer el valor exacto indicado por el instrumento. Los hay de diferentes tipos, como son:
 - De paralaje: tiene lugar cuando la lectura no se efectúa sobre la vertical del índice.
 - De apreciación: Se deriva de la dificultad para distinguir las fracciones de una división.

Mientras los errores sistemáticos se conocen y, por tanto, pueden compensarse de manera poco compleja; los errores accidentales requieren de un cálculo de probabilidad, repitiéndose la medición un número de veces y empleando los siguientes conceptos:

Error absoluto.

Es la diferencia que existe entre el valor verdadero y el valor leído.

$$Ea = V_v - VI$$

Error relativo.

Es la relación entre el error absoluto y el valor verdadero, representa un error unitario expresado en un número adimensional

$$Er = \frac{Ea}{V_v} = \frac{V_v - VI}{V_v}$$

Error porcentual.

Es el valor relativo multiplicado por 100

$$E\% = Er \times 100 = \frac{Ea}{Vv} \times 100 = \frac{Vv - V\bar{l}}{Vv} \times 100$$

Ejemplo::

Si tenemos una fuente de tensión de valor constante igual a 300 Volts, y el instrumento marca un valor de 298.5 Volts, determinar:

- a) Error absoluto.
- b) Error relativo.
- c) Error porcentual.

Datos :

$Vv = 300$ Volts -- Valor verdadero

$V\bar{l} = 298.5$ Volts -- Valor leído

Soluciones:

a) $Ea = Vv - V\bar{l} = 300V - 298.5V = 1.5V$

b) $Er = \frac{Ea}{Vv} = \frac{Vv - V\bar{l}}{Vv} = \frac{1.5V}{300V} = 0.005$

c) $E\% = Er \times 100 = \frac{Ea}{Vv} \times 100 = \frac{Vv - V\bar{l}}{Vv} \times 100 = 0.005 \times 100 = 0.5\%$

CAPITULO 4

INSTRUMENTOS PARA MEDIR PRESIÓN

4.1 Manómetros.

Son instrumentos que sirven para medir las diferentes variaciones que sufre la presión, se clasifican de acuerdo a sus elementos primarios, así encontramos los manómetros de columna de líquido, y manómetros de deformación elástica.

La medición de presión absoluta, sobrepresión, vacío o presión diferencial puede determinarse por medio de dos tipos de elementos primarios.

- a) Columna de líquido. En este caso, la columna de líquido y el peso específico del mismo se utilizan para medir la presión.
- b) Elemento de deformación elástica. En este caso, se aprovecha la deformación que sufre un elemento elástico, como por ejemplo: una membrana, resorte, fuelle, etc.

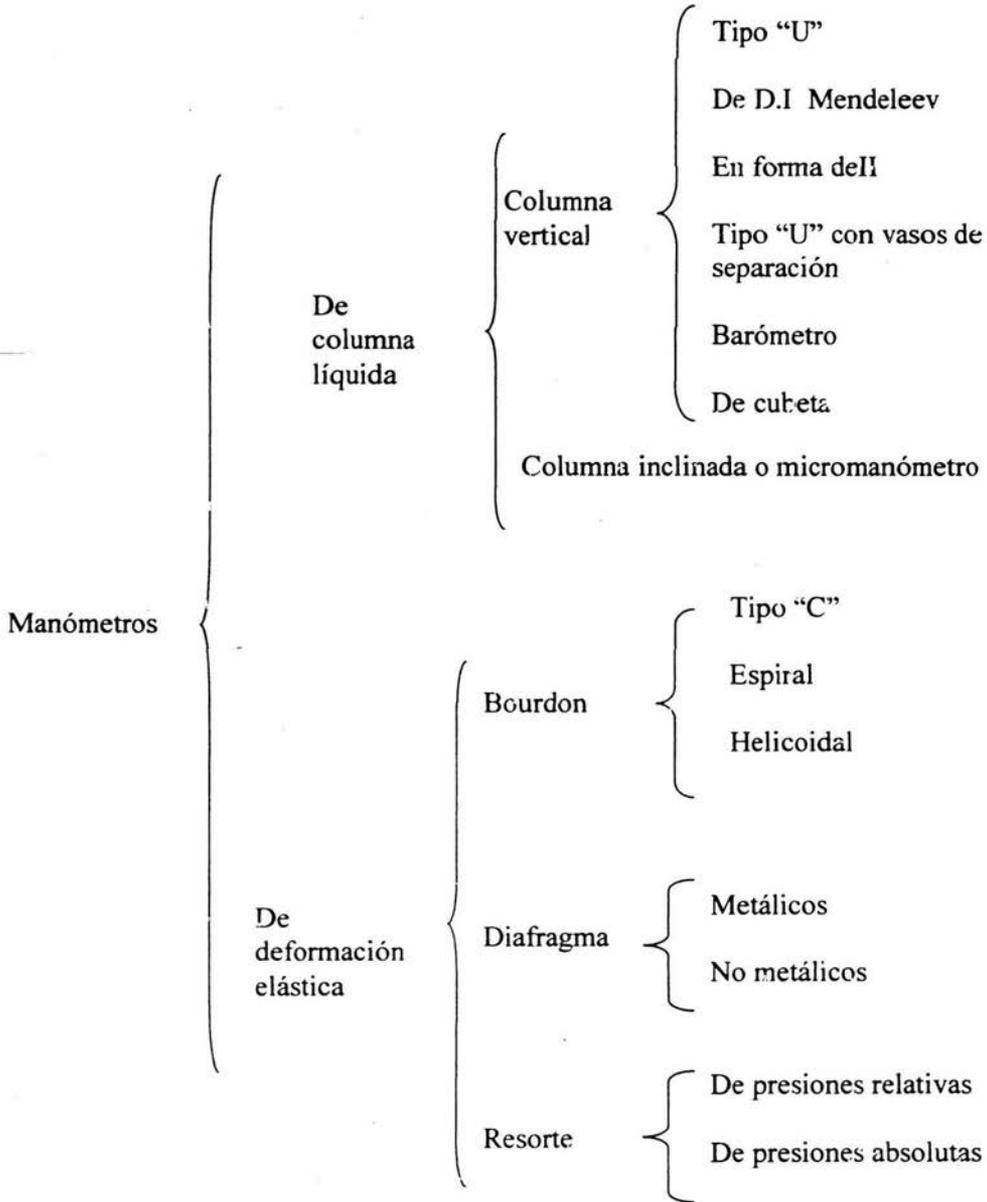
La deformación que sufre el elemento es transformado en movimiento transmitido a un índice sobre una escala.

En muchas ocasiones es necesario emplear algún tipo de conexión mecánica o amplificador electrónico, o bien una combinación de ambos para facilitar la lectura.

Para hacer una buena lectura con los manómetros se recomiendan los siguientes puntos:

- a) Los conductos que llevan la presión al instrumento deberán ser cortos y directos.
- b) El diámetro interior de los conductos no será menor de 2mm.
- c) Para mediciones dinámicas se requieren conductos con uniones rígidas para evitar errores debido a la dilatación de los conductos.
- d) Se aconseja extraer bien el aire antes de inicial una operación de medición de presión en los líquidos.

Los manómetros se pueden clasificar de acuerdo al siguiente cuadro.



4.2 Manómetros de columna líquida.

Estos manómetros son adecuados para medir bajas presiones, y no son otra cosa que tubos de vidrio y otro material transparente, conectados en un extremo de la fuente cuyo valor de presión deseamos conocer.

Tan pronto la presión llega al manómetro, el líquido se desplaza creando un desnivel entre los dos extremos del tubo.

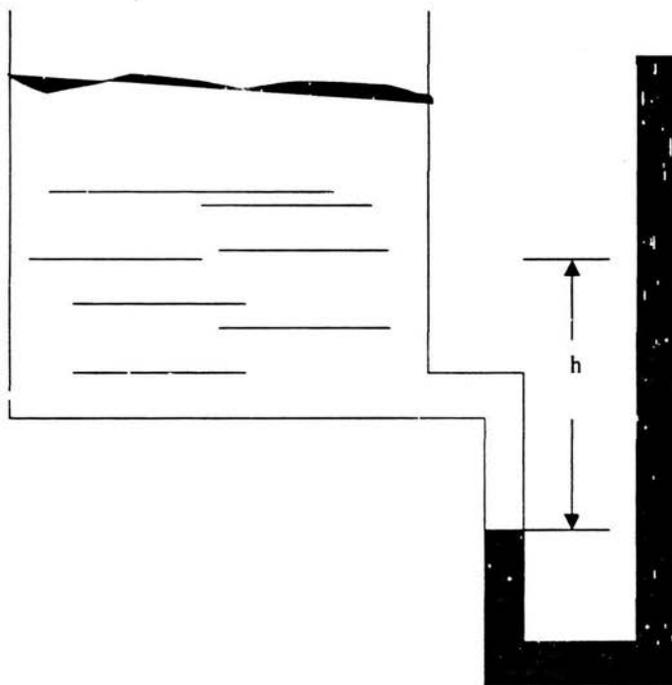


Figura 4.1. Nos muestra la construcción de un manómetro de líquido convencional.

La presión se obtiene a partir del modelo matemático de la presión hidrostática:

$$P = h\gamma$$

Donde:

P = Presión

γ = Peso específico

h = Altura de la columna de líquido

Los manómetros de columna líquida se prestan para medir pequeñas diferencias de presión entre dos recipientes o entre dos ramales, en este caso reciben el nombre de manómetros diferenciales.

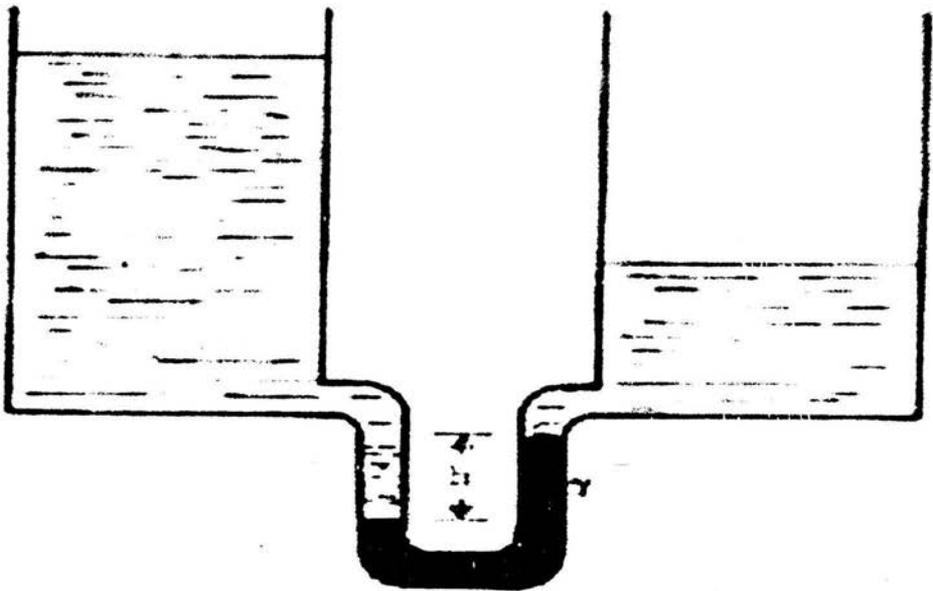


Figura 4.2. Nos muestra la construcción de un manómetro diferencial de líquido convencional.

Matemáticamente se tiene que:

$$P_M = P_N = h\gamma$$

Donde:

P_M = Presión mayor

p_N = Presión menor

γ = Peso específico del líquido manométrico

h = Altura de la columna de líquido

4.2.1 Manómetro tipo "U".

Este es uno de los instrumentos mas antiguos y a la vez mas precisos, se usa como patrón para establecer la escala de medición en muchos modelos de instrumentos, indicado en las de presión.

En su forma mas simple, consiste en un tubo de vidrio de sección constante, doblado en forma de "U" y lleno con agua, mercurio, aceite o cualquier otro líquido de peso específico conocido.

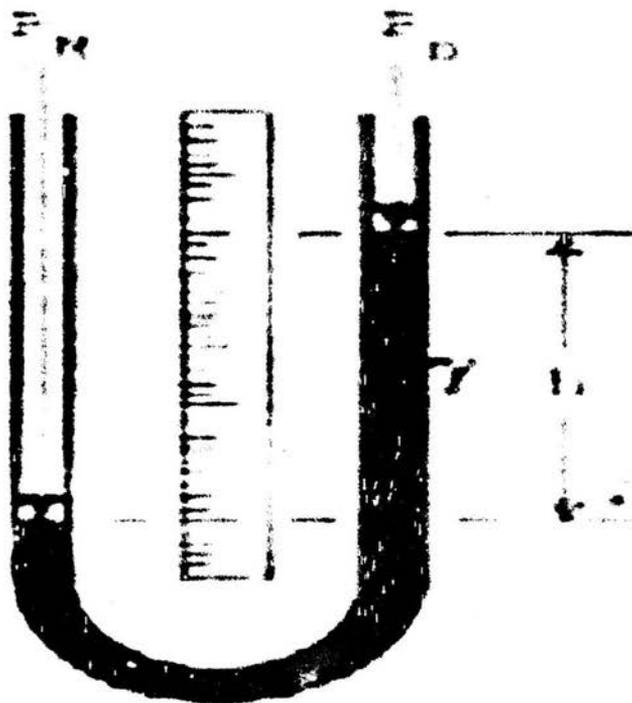


Figura 4.3. Nos muestra un manómetro en "U" en su forma típica.

Para determinar su diferencia de presión se usa el siguiente modelo matemático:

$$P_M - P_m = h\gamma$$

Donde:

P_M = Presión mayor

P_m = Presión menor

γ = Peso específico del líquido manométrico

h = Altura de la columna de líquido

4.2.2 Manómetro de D.I Medeleev.

Es un tubo doblado como se muestra, su condición de equilibrio se caracteriza por la ecuación.

$$P_M - P_m = \gamma \sum h = \gamma(h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + \dots + h_n)$$

Donde:

P_M = Presión mayor

P_m = Presión menor

γ = Peso específico del líquido manométrico

$\sum h$ = Sumatoria de las alturas de la columna de líquido

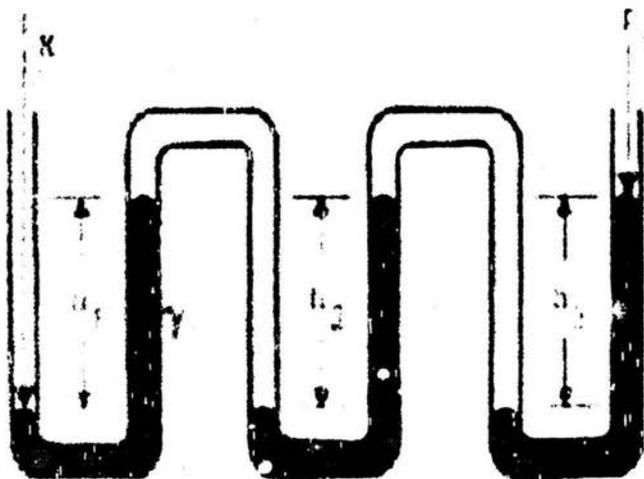


Figura 4.4. Nos muestra la forma típica de un manómetro de D.I Medeleev.

4.2.3 Manómetro en forma de II.

No es mas que una variante del manómetro tipo "U", solo que colocado de manera inversa.

La ecuación de equilibrio es prácticamente la misma en ambos casos:

$$P_M - P_m = h\gamma$$

Donde:

P_M = Presión mayor

P_m = Presión menor

γ = Peso específico del líquido manométrico

h = Altura de la columna de líquido

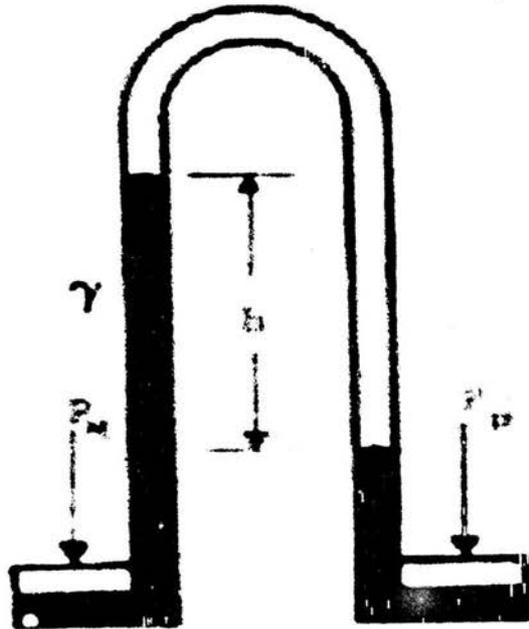


Figura 4.5. Nos muestra la forma típica de un manómetro en forma de II.

4.2.4 Manómetro tipo "U" con vasos de separación.

Este manómetro está construido de tal manera que existe un líquido separador entre la presión a medir y el líquido manométrico.

$$P_M - P_m = h(\gamma_2 - \gamma_1)$$

Donde:

P_M = Presión mayor

P_m = Presión menor

γ_2 = Peso específico del líquido separador

γ_1 = Peso específico del líquido manométrico

h = Altura diferencial

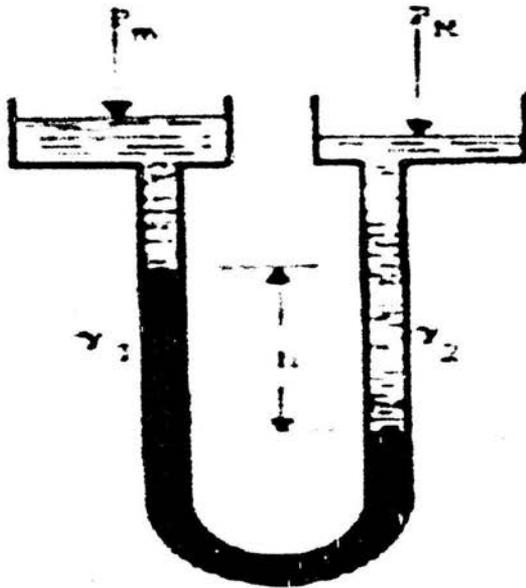


Figura 4.6. Nos muestra la forma típica de un manómetro tipo "U" con vasos de separación.

4.2.5 Barómetro.

4.2.5.1 Experiencia de Torricelli.

Esta experiencia que tuvo Torricelli sirve para poder determinar la presión atmosférica esto se hace con un aparato llamado barómetro.

Se toma un tubo de vidrio bastante robusto, con una sección aproximada de 1 cm^2 y una longitud de 90 cm, cerrado de una extremidad; posteriormente, se llena con mercurio y se tapa con un dedo el extremo abierto; por último se sumerge verticalmente en la tina de mercurio, separando el dedo.

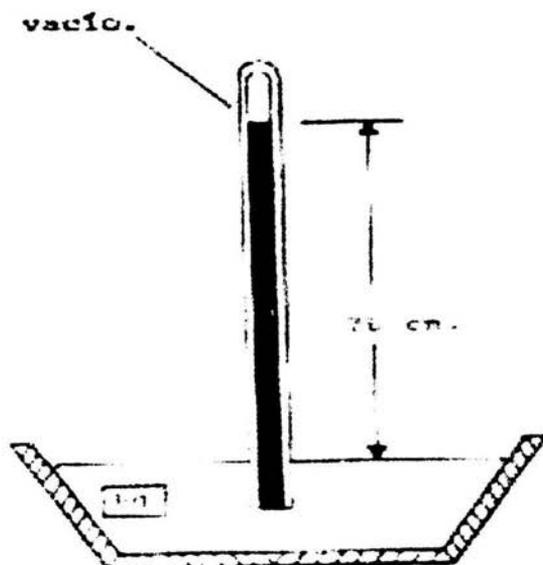


Figura 4.7. Nos muestra la forma en que Torricelli construyó su barómetro para medir la presión atmosférica.

Al separar el dedo, el mercurio contenido en el tubo, baja su nivel y la altura a partir del nivel de mercurio contenido en la tina permanece constante, aproximadamente 76 cm.

Recordemos que la presión resulta de la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie, tenemos que una columna de mercurio de 1 cm^2 de sección tiene una altura de 76 cm, entonces su volumen será de 76 cm^3 .

1 cm^3 de Hg pesa 19.59 gramos

$$\gamma_{\text{Hg}} = 13.59 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

El peso total de la columna

$$W = V\gamma$$

$$W = 13.59 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 76 \text{ cm}^3 = 1033 \text{ gr} = F$$

Donde:

p = Presión

V = Volumen

γ = Peso específico

W = Peso

F = Fuerza

A = Área

Hg = Mercurio

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1033 \text{ gr}}{1 \text{ cm}^2} = 1033 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^2} = 1.033 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Tomando la altura de la columna de mercurio y utilizando el concepto de presión hidrostática, tenemos:

$$P = gh\rho$$

Donde:

p = Presión

ρ = Densidad

g = Gravedad local

h = Altura de la columna de mercurio

sustituyendo:

$$P = 9.8; \frac{m}{s^2} (13600 \frac{kg}{m^3}) (0.76m)$$

$$P = 101396.16 \frac{m \cdot kg}{s^2 \cdot m^3}$$

Haciendo su análisis dimensional

$$P = 101396.16 \frac{N}{m^2}$$

Dividiendo entre 1×10^5 , nos da:

$$P = 1.01396162 \text{bares}$$

Por lo que podemos deducir la siguiente relación.

$$P = 1.033 \frac{kg}{cm^2} = 76 \text{cmHg} = 1.01396162 \text{bares} = 101396.16 \frac{N}{m^2}$$

Para comprender de cómo la presión atmosférica actúa sobre el mercurio contenido en el tubo, observemos la figura 4.8.

Oprimiendo el disco hacia abajo, la fuerza del disco produce que el agua sea empujada hacia arriba a través del foso B.

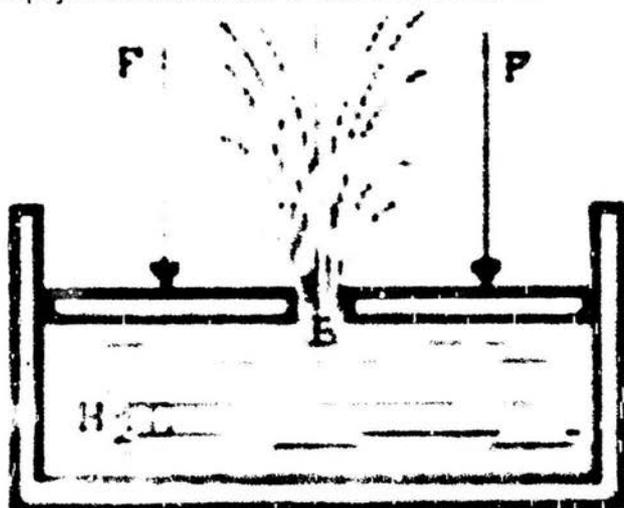


Figura 4.8. Nos muestra el efecto de la presión atmosférica sobre el mercurio contenido en el barómetro.

4.2.6 Manómetro de cubeta o de Weel.

Se fabrica por considerar que muchas veces es prácticamente imposible medir valores de presión demasiado pequeños, por lo que al conectar un recipiente de volumen mayor, respecto al tubo se logra la amplificación del desplazamiento de la columna del líquido, al tiempo que facilita su lectura.

Su modelo matemático es el siguiente:

$$P_M = P_m = \gamma h \left(1 + \frac{f}{F}\right)$$

Donde:

P_M = Presión mayor

P_m = Presión menor

h = Altura diferencial

F = Área de la cubeta

f = Área del tubo

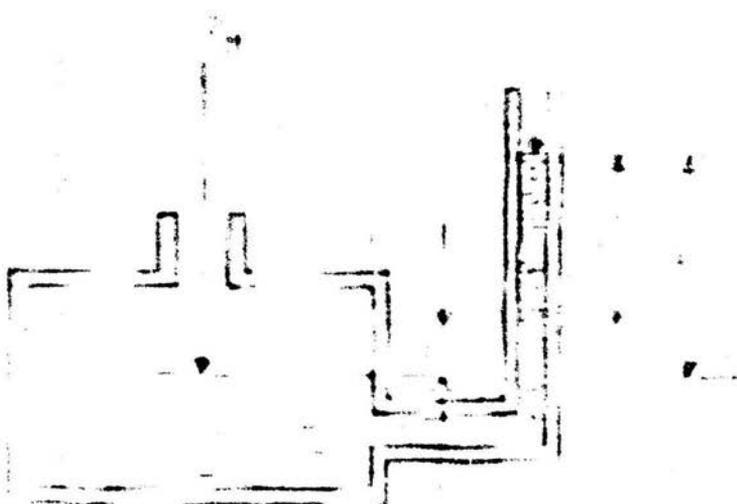


Figura 4.9. Nos muestra la forma típica de un manómetro de cubeta o Weel.

4.3 Micromanómetro.

Este manómetro se utiliza para medir bajas presiones, en principio es muy similar al tipo Weel, solo que ahora el tubo se inclina respecto a la vertical con el fin de facilitar aún más la lectura.

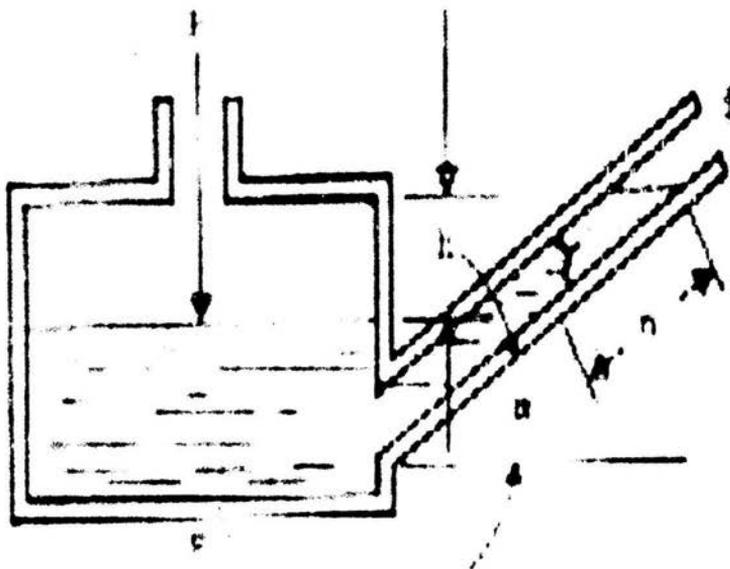


Figura 4.10. Nos muestra la forma típica de un micromanómetro.

Su modelo matemático es el siguiente:

$$P = n \gamma \cdot \text{sen } \alpha \left(1 + \frac{f}{F}\right)$$

Donde:

P = Presión del sistema

n = Número de milímetros que se desplazó el nivel del líquido en el tubo

γ = Peso específico del líquido

F = Área de la cubeta

f = Área del tubo

α = Ángulo de inclinación del tubo

En vista del pequeño valor de la magnitud $\frac{f}{F}$, se puede considerar despreciable y la fórmula queda así:

$$P = n \gamma \text{sen } \alpha$$

Cuando el tubo llegue a tener un ángulo variable, la condición de equilibrio en el instrumento se determina por la fórmula:

$$P = Kn \gamma \text{sen } \alpha$$

Donde:

K = Coeficiente de error en el ángulo que se haya por comprobación

4.4 Manómetros de deformación elástica.

4.4.1 Manómetro de Bourdon tipo "C".

El modelo del tipo Bourdon es el que con mayor frecuencia se utiliza en medidas de presión, ya que es un instrumento extraordinariamente simple y robusto, cubriendo alcances desde 0 a 15 P.S.I y desde 0 a 100,000 P.S.I, así como también vacíos de 0 a 30 pulgadas de mercurio.

En la figura 4.11, se muestra un manómetro de este tipo. La presión actúa sobre la conexión (1) y se transmite al interior del tubo de Bourdon (3). Este es un tubo de forma circular y de sección ovalada, cerrado por su extremo libre (4).

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 mas circular cuando mayor sea la presión interior.

Los lados mas planos son, por tanto, forzados a separarse, de ello resulta que el material se expande en la circunferencia interior y se contrae en el 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 vacio; esto es, cuando la presión en el interior del tubo es menor a la externa o atmosférica. Al movimiento del extremo libre del tubo se llama "desplazamiento de la punta".

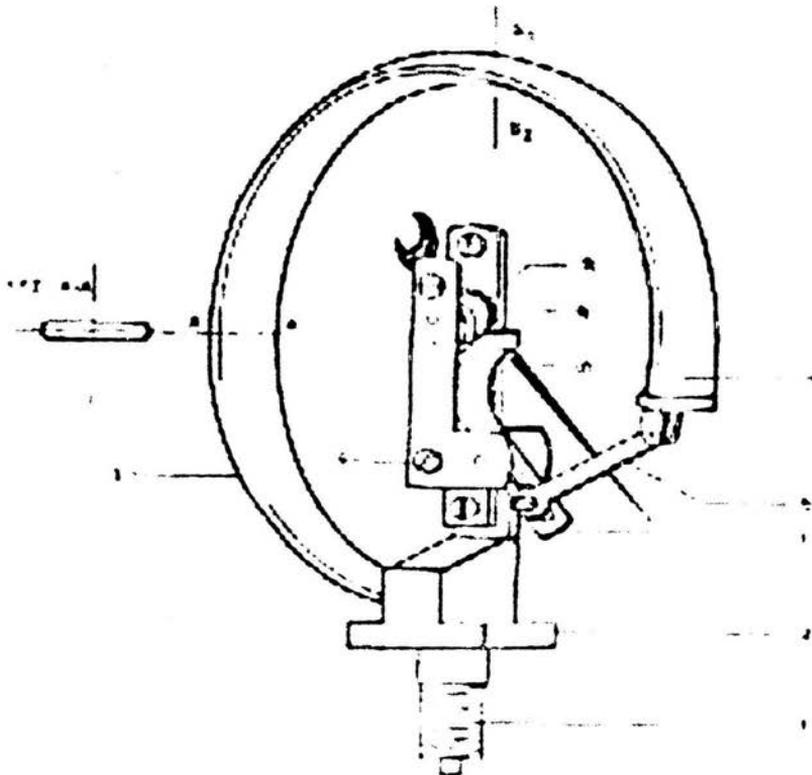


Figura 4.11. Nos muestra la forma típica de un manómetro de Bourdon tipo "C".

1. Conexión.
2. Soporte.
3. Tubo Bourdon.
4. Extremo libre.
5. Biela.
6. Tornillo de regulación.
7. Sector dentado.
8. Engrane.
9. Resorte.
10. Aguja.

Una biela (5) 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 del eje.

La posición de la cruceta que une a la biela con la leva es ajustable, y se utiliza para la calibración del aparato.

Al acercar o alejar la cruceta del eje, se amplifica o reduce el giro de la leva de éste, para su mismo desplazamiento de la punta.

Actuando sobre la posición de cruceta, se busca la posición exacta para que a un desplazamiento de la punta correspondiente a la presión máxima a medir, la leva hace girar el eje de la aguja hasta que ésta señale el extremo de la escala, que suele corresponder a un desplazamiento angular de 270 grados.

Moviendo la cruceta hacia fuera disminuye la indicación de la aguja; moviéndola hacia adentro aumenta.

La leva que ocasiona el movimiento del eje de la aguja convierte el desplazamiento de la punta del tubo en un giro del eje.

Un movimiento de la punta de 3/16 de pulgada se amplifica a 4 1/2 de pulgada en una escala de 10 pulgadas.

Generalmente la transmisión del movimiento de la leva al eje se logra por medio de un sector y piñón dentados.

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 helicoides 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 más utilizados son de bronce fosforado, aleaciones de acero, aceros inoxidables, "Monel" y cobre-berilio.

En ocasiones, ninguno de estos materiales puede utilizarse debido a la naturaleza corrosiva del fluido. Como respuesta a las exigencias de estos casos, se dispone de los llamados manómetros químicos.

Estos manómetros consisten en un tubo de 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 separados, que actúa directamente sobre el tubo. Se dispone de gran variedad de materiales para el diafragma, puede elegirse el más conveniente, según el fluido que se trate.

Un manómetro con separador es también útil, en caso de presentarse el riesgo de que el fluido pueda solidificarse en el interior del tubo de Bourdon, o en el caso de ser tan viscoso que pueda taponarlo.

Estos manómetros deben conectarse de tal forma que pueda ser accesible la membrana separadora por la parte del fluido sin necesidad de afectar 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 aq que se enrosca el manómetro por una parte, y en el conducto de presión, por otra parte.

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

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

Así, un instrumento que debe medir presiones entre 400 y 500 psig puede construirse con escala de 400 a 1000 psig, en lugar de 0 a 1000 psig.

La máxima escala se elige, en este caso de 1000 psig por que la práctica enseña que la vida del instrumento así como la precisión de medida aumenta si utilizamos 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.

Otra versión de los instrumentos de tubo de Bourdon es un medidor de presión diferencial, consistente en dos tubos que actúan simultáneamente sobre un elemento medidor; pero en sentidos contrarios, indicando la diferencia entre las dos presiones.

4.4.2 Manómetro de Bourdon en espiral.

Funciona de manera análoga al tipo Bourdon "C" pero su forma es de espiral concéntrica al eje de la leva principal, como se observa en la figura 4.12. Este manómetro es espiral se utiliza en proceso donde es deseable una mayor amplitud de la escala de precisiones, o bien reducir la presión en la sección del tubo.

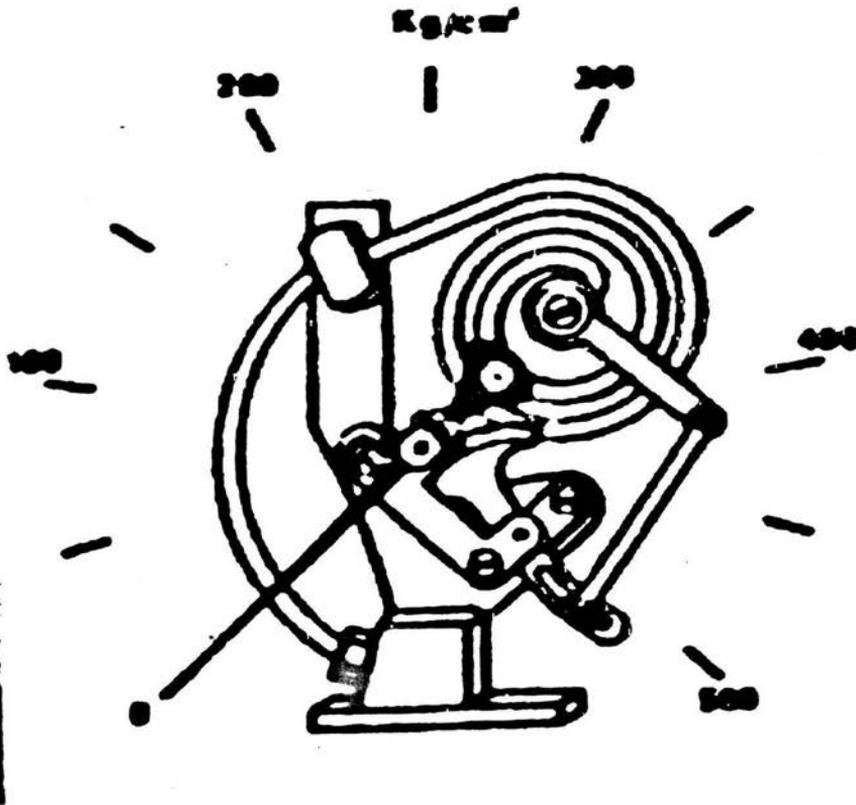


Figura 4.12. Nos muestra la forma típica de un manómetro de Bourdon en espiral.

4.4.3 Manómetro de Bourdon helicoidal.

Su forma esta dada por un tubo doblado en forma helicoidal, como se muestra en la figura.

El uso de estos manómetros es recomendable cuando deseamos tener un rango o amplitud de escala de precisiones mayor (desplazamiento mayor).

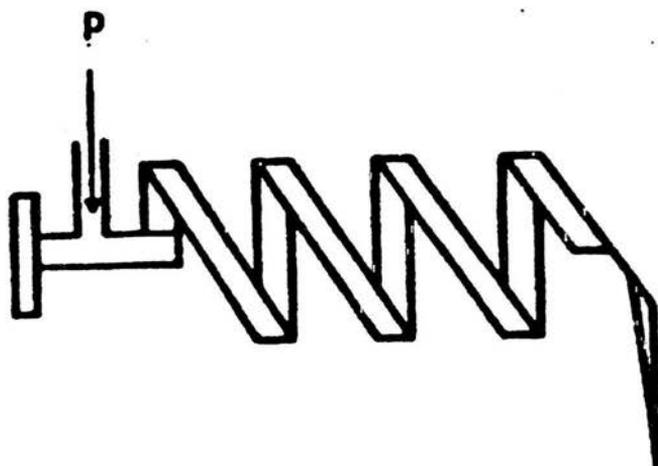


Figura 4.13. Nos muestra la forma típica de un manómetro de Bourdon helicoidal.

4.5 Manómetro de diafragma.

Este manómetro tiene un diafragma plano o corrugado de acero normal o de acero inoxidable, soportado por dos bridas que constituyen el cuerpo donde se alojan los demás órganos. El diafragma está unido a una leva que acciona un mecanismo de amplificación.

La presión actúa sobre la cara inferior del diafragma y los obliga a expandirse hacia arriba, provocando el desplazamiento del índice.

Estos manómetros se emplean para fluidos corrosivos o que tienden a solidificarse.

Siempre que sea posible, es recomendable usar un manómetro Bourdon tipo "C" porque es más seguro y resistente mientras que el diafragma tiende a deformarse permanentemente con cualquier sobrepresión.

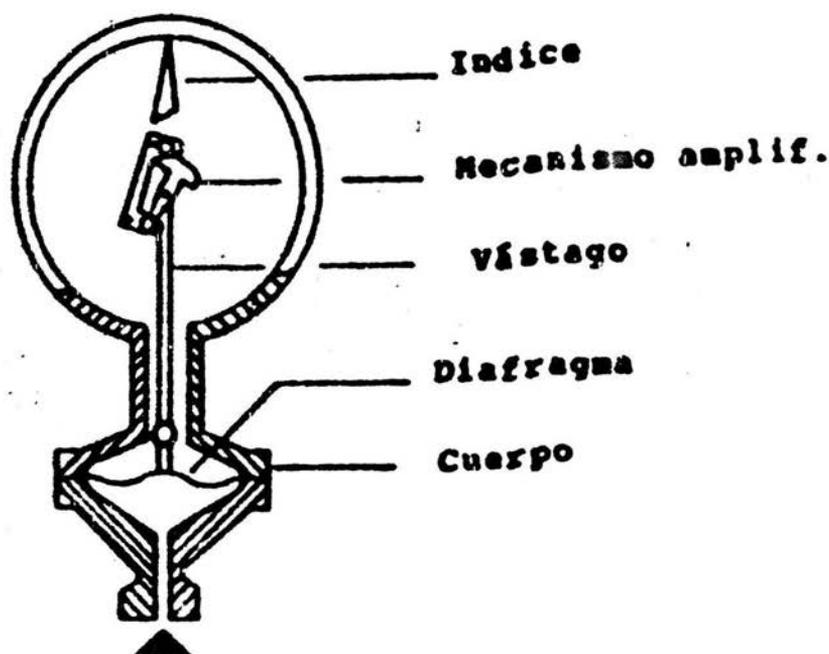


Figura 4.14. Nos muestra la forma típica de un manómetro de diafragma.

4.5.1 Manómetro de cápsula.

Esta constituido de una o más cápsulas mismas que están formadas por dos diafragmas elásticos planos o corrugados concéntricamente, que bajo la acción de la presión se expande.

La expansión se transmite por el leísmo y un sistema de amplificación a un índice.

Los diafragmas están constituidos normalmente por aleaciones de cobre o acero inoxidable.

Estos manómetros son muy delicados debido a que presentan poca resistencia a las sobrepresiones.

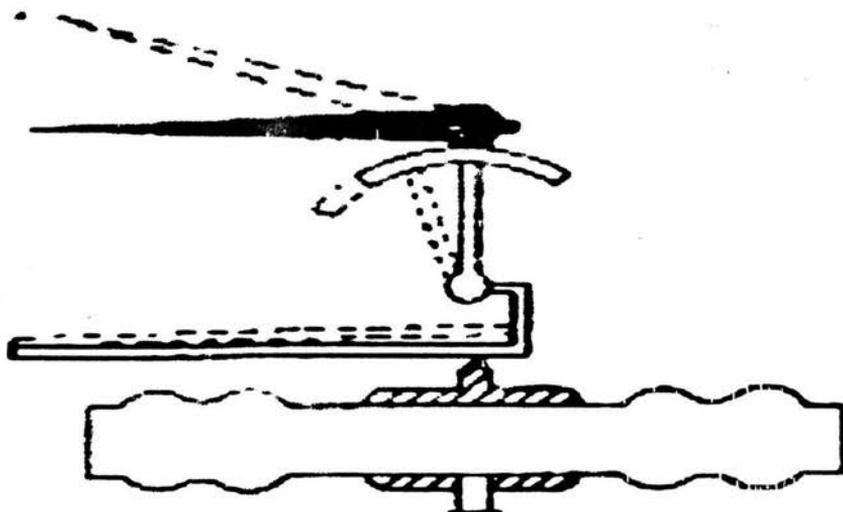


Figura 4.15. Nos muestra la forma típica de un manómetro de cápsula.

4.5.2 Manómetro de fuelle.

Son manómetros cuyo elemento sensible es un fuelle elástico metálico, generalmente de bronce fosforado aleación al 85% de cobre y el 15% de cinc o bien, de acero inoxidable que se comprime por la presión del fluido.

Debido a que es difícil construir los fuelles perfectamente elásticos, se emplea un resorte de acero que se coloca dentro del fuelle.

La sensibilidad del instrumento esta en función del diámetro del fuelle y de la rigidez del resorte; al cambiar estos dos parámetros obtendremos un campo de medición bastante amplio, de aproximadamente 0.01 a 7Kg/cm^2 . la máxima presión que se puede obtener con este tipo de manómetro es del orden de 10^2Kg/cm^2 .

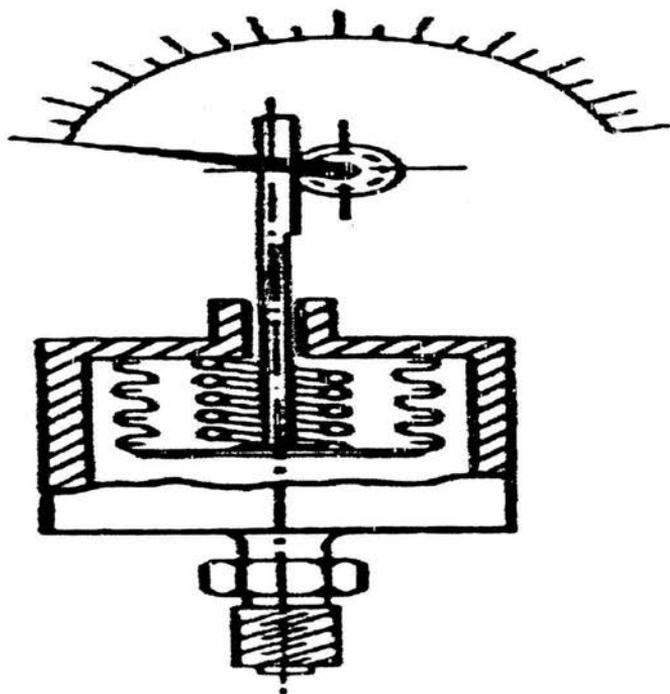


Figura 4.16. Nos muestra la forma típica de un manómetro de resorte.

4.6 Manómetro de resorte.

El órgano sensible de este manómetro está constituido por un pistón colocado opuestamente a la fuente de presión.

Al suministrar la presión, el pistón se desplaza hasta adquirir la posición de equilibrio entre la fuerza provocada por la presión y la reacción del resorte, moviendo un índice a lo largo de una escala.

Un tope detiene el pistón antes de que alcance el límite elástico del resorte, con el fin de proteger el instrumento de eventuales sobrepresiones.

La precisión de este instrumento es de aproximadamente ± 3 al 5%.

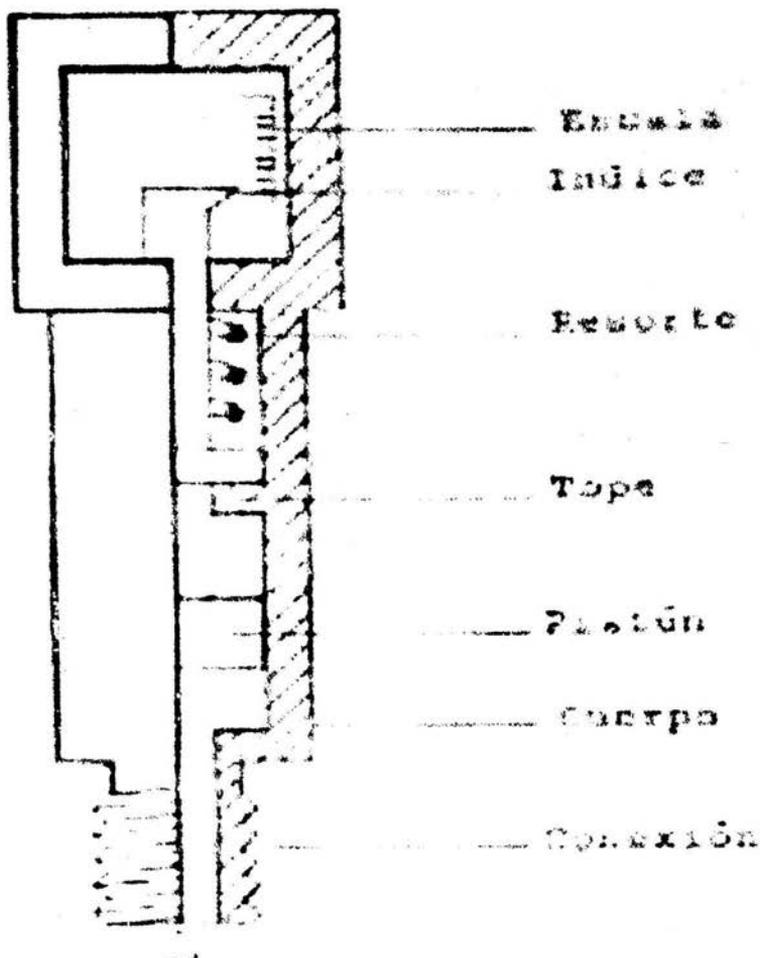


Figura 4.17. Nos muestra la forma típica de un manómetro de resorte.

4.7 Manómetro de pistón.

Los manómetros de pistón se utilizan normalmente para altas presiones, se clasifican en tres tipos:

4.7.1 Manómetro de pistón simple.

Se basa en el principio de la presión hidráulica y es útil para medir presiones elevadas, auxiliándose de una serie de pesas calibradas oportunamente.

Esta compuesto por un cilindro sujeto a un tripié dotado de tornillos de nivelación.

Dentro del cilindro se desliza un pistón, en cuya parte superior se encuentra un plato sobre el que se colocan las pesas.

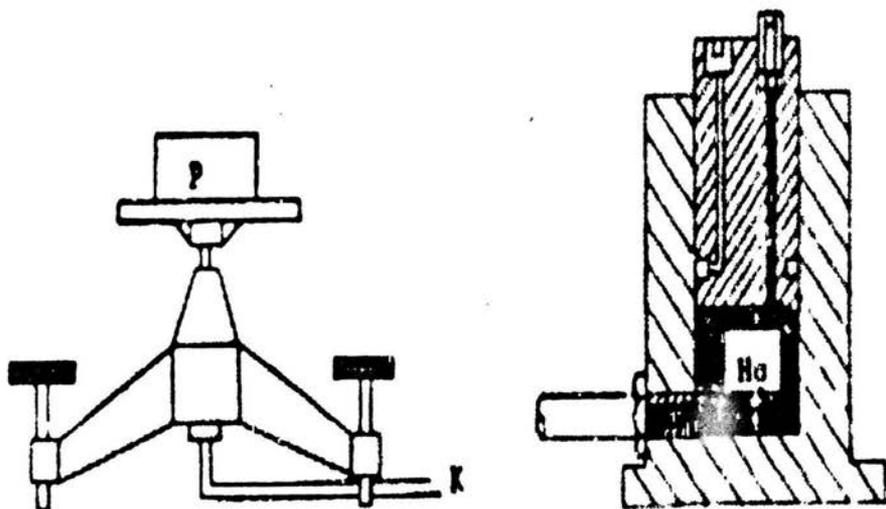


Figura 4.18. Nos muestra la forma típica de un manómetro de resorte.

La forma del pistón es generalmente la que se muestra en la figura 4.18, esta dotado de un conducto circular que recoge el mercurio que se introduce entre las superficies en contacto el otro conducto se muestra cerrado por un tornillo, se utiliza para expulsar de la superficie del mercurio ya sea el aire o el aceite que pudiera infiltrarse.

Para realizar la medición, podemos en la cavidad del cilindro un poco de aceite denso o parafina líquida, se mete el pistón en el cilindro y cargamos el plato con el peso que creemos adecuado para mantener el equilibrio de la presión a medir.

El peso deberá centrarse respecto al eje del cilindro. Los círculos concéntricos señalados sobre el plato facilitan esta labor.

Posteriormente, se aplica la presión al cilindro mediante un tubo capilar de cobre o de acero (K) y giramos un poco el disco en los dos sentidos, para superar el razonamiento, entonces la presión incógnita produce el equilibrio respecto a la pesa colocada sobre el plato, el cilindro se eleva un poco sufriendo al mismo tiempo una pequeña rotación.

La presión (P) en atmósferas se determina mediante la siguiente fórmula.

$$P = \frac{g}{1033 A}$$

Donde:

P = Presión ejercida sobre el pistón

g = Peso total del pistón, del disco y la pesa expresada en gramos

A = Sección del pistón en cm^2

1033 = Presión que ejerce la atmósfera en gramos sobre cm^2

Como se puede observar, el manómetro a pistón simple registra una lectura en función de la fuerza desarrollada por la presión.

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

Despejando F

$$F = PA$$

Donde:

F = Fuerza desarrollada por el pistón

P = Presión de incógnita

A = Sección del pistón

4.7.2 Manómetro de pistón reductor de presión.

En este, la alta presión a medir viene reducida de un pistón grande y de una columna de mercurio.

La presión atmosférica (P_a) actúa sobre la superficie superior del pistón mayor A y una fracción (P_a) de la presión incógnita (P_x) equilibrada la presión atmosférica (P_a) que actúa sobre el ramo C del manómetro de mercurio.

La presión (P_a) de (P_x) actúa sobre la sección (s) del pistón A y es igual a la sección (s) del pistón B.

La presión residual

$$P = P_x - P_a$$

actúa también sobre la sección S.

Por tanto, la fuerza de acción es (p.s) y esta se transmite sobre la superficie S del pistón A y sobre el mercurio, por ello tenemos que la presión total es p.s y la presión específica

$$P = \frac{s}{S}$$

y el desnivel

$$h = P \frac{S}{S} \text{ cmHg}$$

y

$$h = 74 \text{ cm} = \frac{1 \text{ Kg}}{\text{cm}^2}$$

la presión efectiva

$$P_s = P - P_a$$

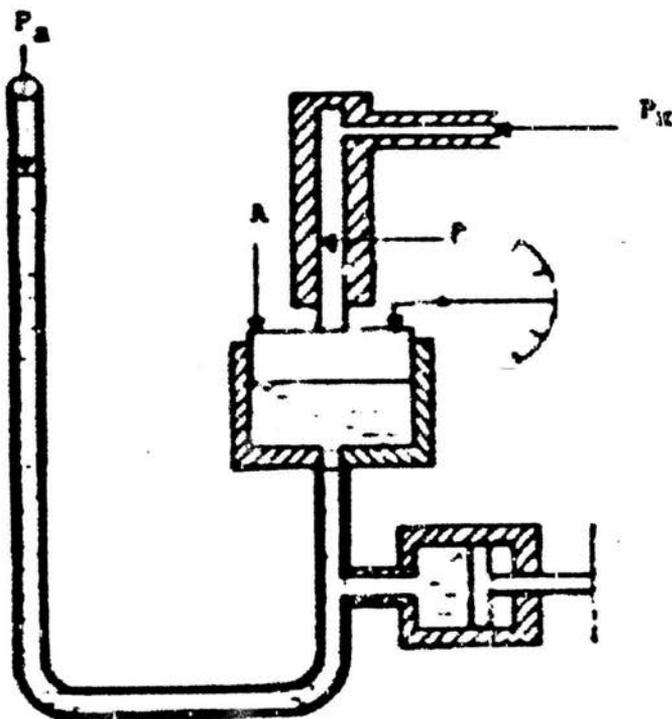


Figura 4.19. Nos muestra la forma típica de un manómetro a pistón reductor de presión.

4.7.3 Manómetro de pistón tipo balanza.

Puede considerarse de pistón, en el la fuerza destinada a equilibrarlo viene ejercida directamente mediante una palanca intermedia similar a una balanza.

Para efectuar la medición se colocan pesas, hasta anular el desplazamiento del índice generado de la presión sobre el pistón. También aquí, para evitar problemas el razonamiento local, el pistón se hace girar lentamente dentro del cilindro.

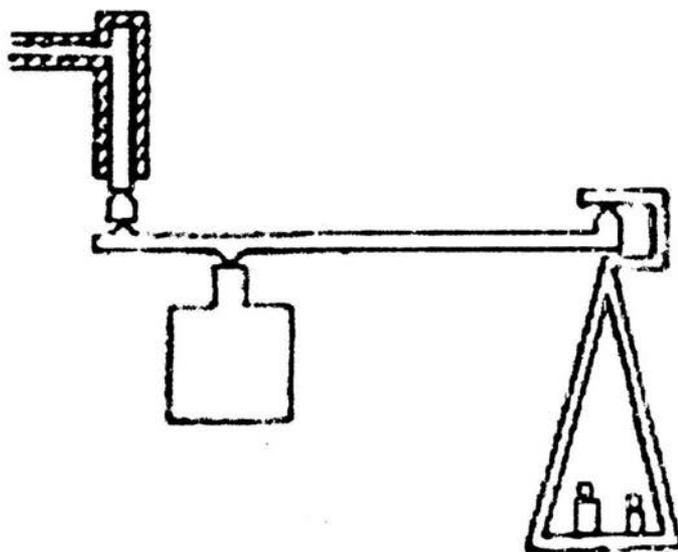


Figura 4.20. Nos muestra la forma típica de un manómetro de pistón tipo balanza.

4.8 Presostatos.

Los presostatos pueden considerarse medidores indirectos de la presión; a pesar de esto no proporcionan una indicación visual, pero bajo su acción se encuentran en grado de ejercer una o más funciones eléctricas correspondientes a valores preestablecidos de presión, que se utilizan para provocar la emisión de una señal de alarma visual o sonora.

Más que un instrumento de medición, el presostato es considerado un componente de regulación y control eléctrico-hidráulico o electro-neumático.

Las formas constructivas adoptadas son fundamentalmente dos:

- a) Presostato tipo pistón
- b) Presostato tipo Bourdon.

4.8.1 Presostatos de pistón.

En este caso, un pistón en equilibrio entre la presión y un resorte de oposición se conecta a un vástago que acciona un micro interruptor.

Cuando la fuerza debida a la presión supera la presión de empuje del resorte, el vástago acciona el micro interruptor, pero cuando la fuerza se reduce, el micro interruptor retorna a la posición inicial.

Un topo mecánico protege el instrumento contra eventuales sobrepresiones.

4.8.2 Presostatos tipo Bourdon.

En este presostato la presión actúa sobre un tubo curvo similar a un manómetro.

Al aumentar la presión, el tubo tiende a extenderse que hasta llegar a un determinado valor de presión acciona el micro interruptor; generalmente, el presostato puede accionarse entre valores fijos.

El valor inferior puede ajustarse normalmente del exterior, mientras que el valor superior de accionamiento bien determinado del diferencial de accionamiento, que es una característica instrumental; por lo general es constante.

Existen también ejecuciones a diferencial regulable que contienen dos micro interruptores diferentes que permiten ajustar separadamente los valores mediante tornillos adecuados accionándolos del exterior.

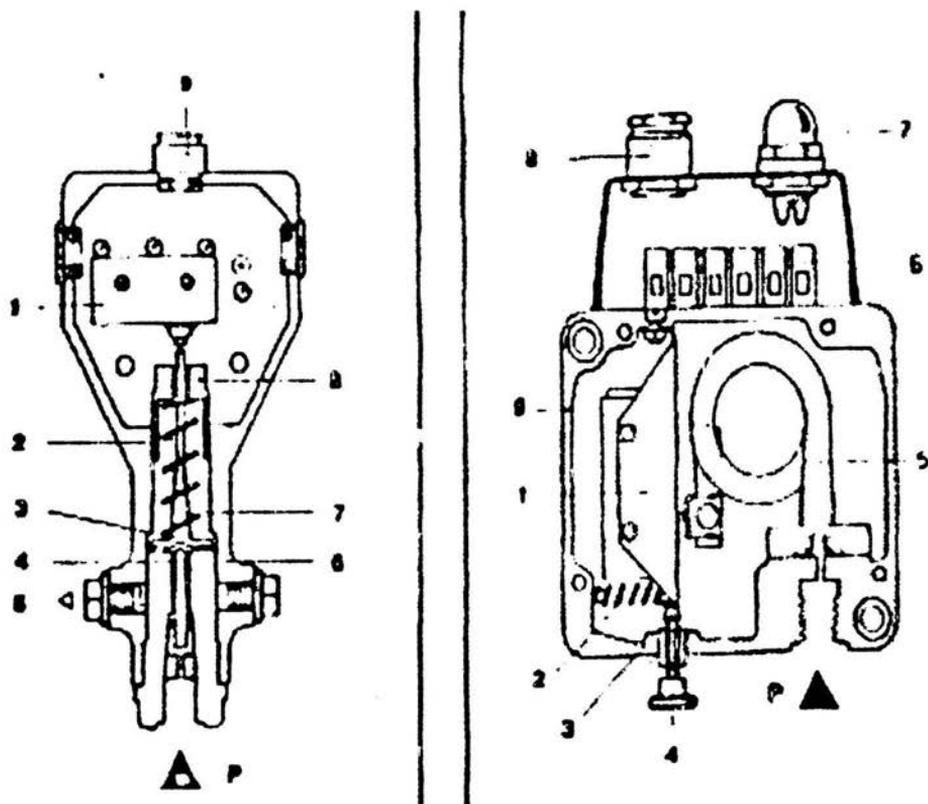


Figura 4.21. Nos muestra un presostato convencional.

4.9 Medición de vacío.

Como se menciona anteriormente, el vacío es considerado como tal cuando la presión tiene un valor inferior a la atmosférica.

Una de las formas más simples es crear vacío por medio de la bomba de Gay Lussac, que consiste de un cilindro en el cual puede desplazarse herméticamente un pistón.

Al fondo del cilindro existen dos válvulas: A y B:

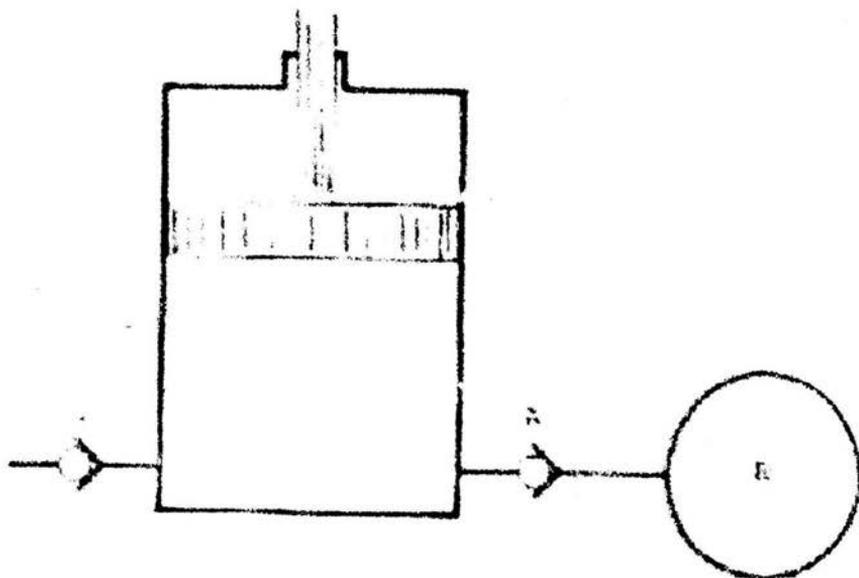


Figura 4.22. Nos muestra el principio de la bomba de Gay Lussac..

La válvula A puede abrirse hacia el interior de la bomba.

La válvula B puede abrirse hacia el exterior de la bomba.

Si conectamos un recipiente R con B, la bomba aspira aire de la atmósfera y lo comprime en R, pero si se conecta R con A, la bomba extrae aire de R y lo envía a la atmósfera.

Cuando alzamos el pistón se produce un enrarecimiento del aire en el cilindro, en consecuencia, el aire contenido en R entra en el cilindro a través de la válvula A, mientras la válvula B permanece cerrada.

En un segundo tiempo, al bajar el aire en el cilindro cerrado A y el aire es expulsado a través de B, por tanto, la bomba aspira aire a través de A y lo expulsa a través de B.

Una manera simple de interpretar la forma de cómo se puede medir el vacío, es mediante el uso de un barómetro.

Como sabemos, este instrumento se emplea para conocer las variaciones de la presión atmosférica.

Si el barómetro lo introducimos dentro de una cámara hermética, únicamente comunicada al exterior por un conducto (figura 4.23), observamos que a medida que la presión desciende dentro de la cámara, la columna de mercurio también disminuye de altura.

Sabemos que la presión atmosférica en condiciones normales produce una columna de 760 mm de Hg, por lo tanto, el vacío absoluto teóricamente lo tendremos cuando el nivel del mercurio dentro de un tubo sea igual al nivel del mercurio del recipiente.

A la altura que hayamos a partir del nivel del líquido contenida en la tina se le denomina vacío residuo, mientras que a la columna de 760 mm de Hg en su descenso la llamamos vacío al 100% por lo que el vacío generado obtiene un valor mediante la diferencia entre el vacío al 100% es igual a 760 mm Hg y la lectura de la columna presente en el barómetro.

Esto es:

$$\text{Vacío creado} = \text{Vacío 100\%} - \text{Vacío residuo}$$

Sustituyendo:

Vacío creado = 760 mm Hg - lectura del barómetro

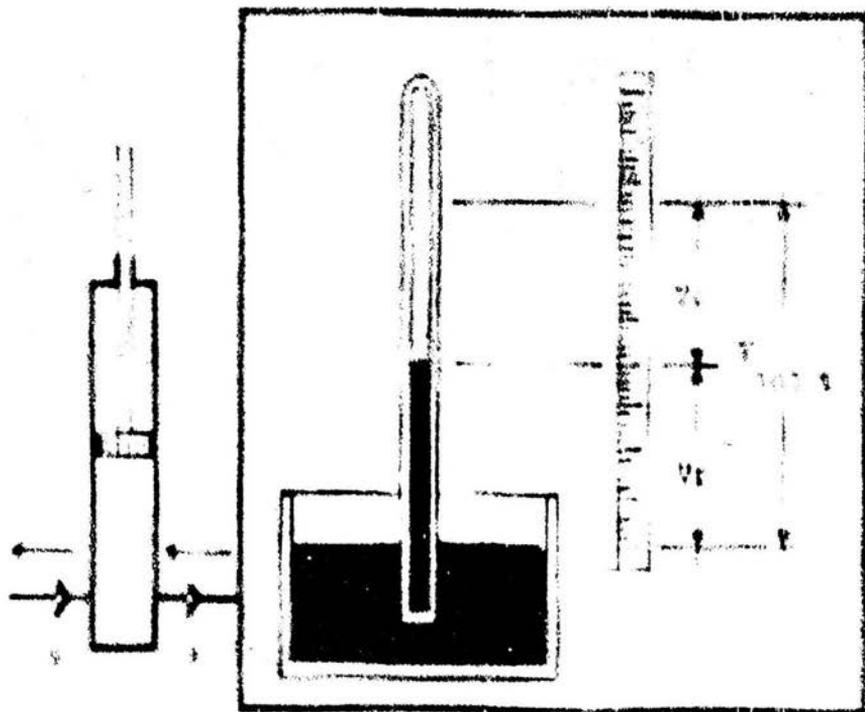


Figura 4.22. Nos muestra a un barómetro midiendo presiones de vacío.

4.10 Vacuómetros.

En general, son los instrumentos hechos para medir el grado de vacío. Los mas comunes son:

4.10.1 Vacuómetro a ionización.

Este vacuómetro sustancialmente corresponde a un triodo de gas, con cátodo de calentamiento directo. El vacío que se desea medir lo hacemos llegar al interior del tubo.

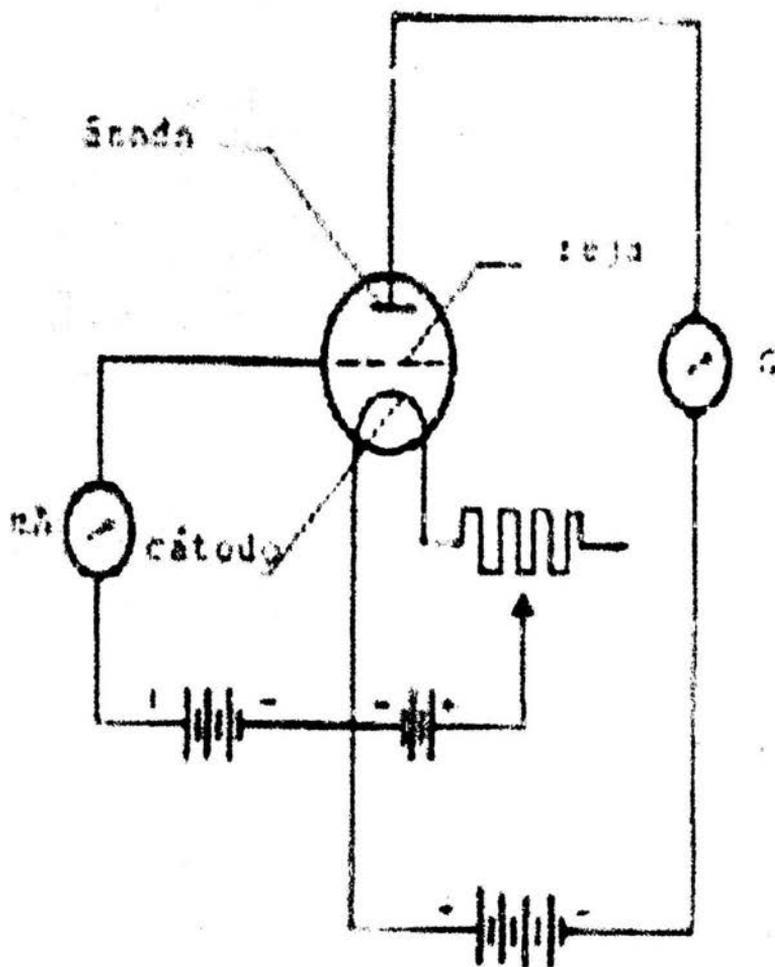


Figura 4.24. Nos muestra a un vacuómetro a ionización.

El cátodo viene calentado de la misma manera que cualquier tubo trío común, mientras que la rejilla y el ánodo son polarizados como positivo y negativo respectivamente.

El valor de la corriente anódica depende ya sea del valor de polarización de la rejilla y el ánodo, de la presión del gas en el interior del tubo.

4.10.2 Vacuometro a compresión.

También conocido como tipo McLeod, es un medidor de presión residual o grado de vacío empleado en el laboratorio.

El vacuometro está construido de dos tubos de vidrio (uno cerrado y el otro comunicado a una llave), dispuesto en forma de horquilla. El tubo (6) está graduado en mm, mientras que el tubo (4) se gradúa en cm^3 con una capacidad de 100 cm^3 . Los dos tubos se comunican con un recipiente levadizo lleno de mercurio a través de un tubo de goma.

La medición se efectúa de la siguiente manera:

Primero se coloca el recipiente con mercurio a 760 mm del eje 0-0, se abre la válvula (7) de tal manera que todo el sistema adquiera la misma presión (presión a medir) y se levanta el depósito (2) hasta que el mercurio en el tubo alcanza el nivel 0-0.

Subiendo aún más el recipiente el mercurio sube en los tubos (4 y 6).

Para deducir las ecuaciones, aplicamos la Ley de Boyle en el tubo (4) tenemos:

$$P_0 \times V = (P_0 + hm) \times V$$

Por lo que nos queda:

$$P_c = (hm) \frac{v}{V} (\text{mmHg})$$

En esta situación, el volumen de gas en el tubo se determina a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\text{Volumen} = V = 100 \text{ cm}^3$$

$$\text{Presión} = P_o = \text{Presión incógnita}$$

En el tubo (6) el mercurio sube libremente soportando la presión P_o , hasta un nivel H-H, mientras que en el tubo (4) el mercurio no puede subir libremente; sin embargo, alcanza el nivel M-M y el gas se comprime y origina las siguientes condiciones:

Volumen: (V es posible leerlo sobre la escala del tubo 4)

Presión : $P_o + hm$ (donde hm es el desnivel manométrico, entre los tubos, leída sobre la escala del tubo 6)

4.10.3 Vacuometro a conductividad térmica.

El vacuometro de ampolla de Hole Pirani, fue el primer vacuometro con fundamento en la medición de la dispersión calorífica de un filamento caliente.

Se usa para bajas presiones del orden de 10^{-5} mm Hg y tiene la ventaja de poderse emplear para gases o vapores.

El instrumento se asemeja a una lámpara incandescente a diferencia de que el filamento no se pone al rojo vivo.

El filamento que se emplea está hecho de platino o níquel con una sección que varía de 0.01 a 0.05 mm; no debe tener histéresis eléctrica, o sea, que al final del experimento debe retornar a las condiciones iniciales.

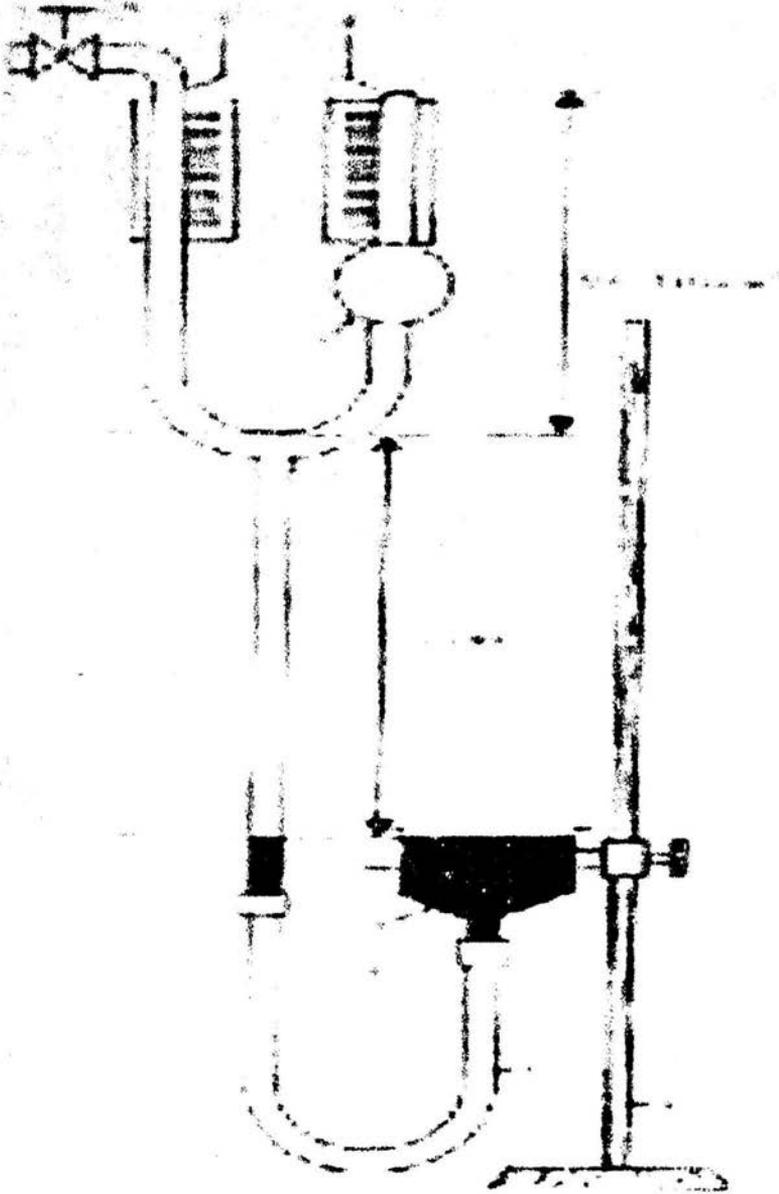


Figura 4.25. Nos muestra a un vacuometro a compresión.

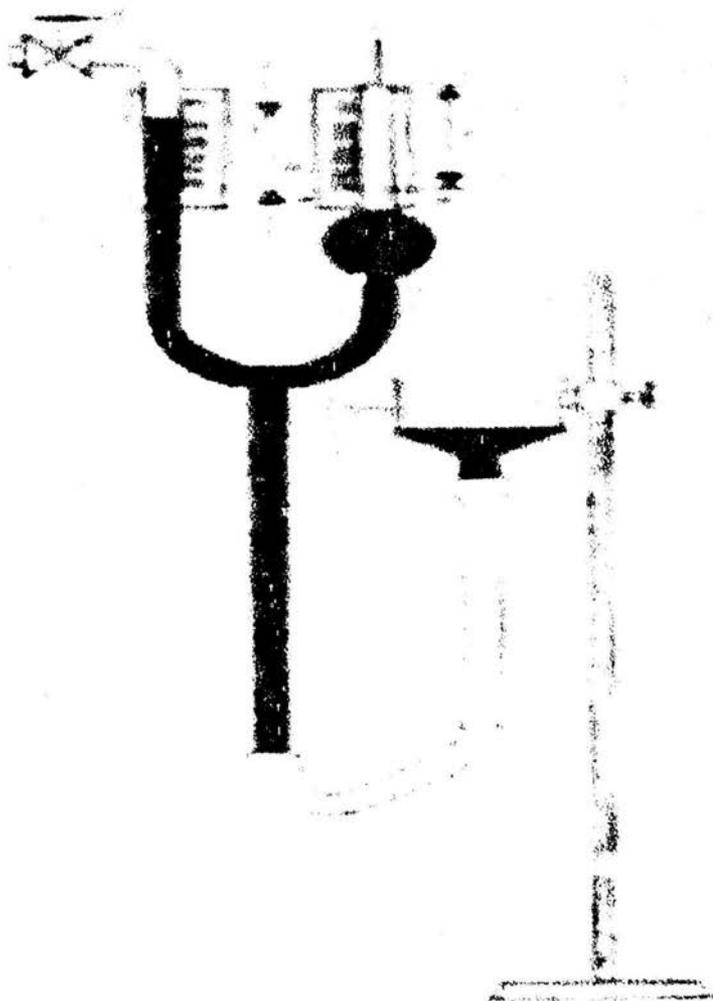


Figura 4.26. Nos muestra a un **vacuómetro a compresión**, de hecho la figura anterior y esta última son complementarias de acuerdo a la explicación que se hizo dentro del subtema.

Se dispone de resistencias del orden de 100 ohms y 20 cm de longitud.

Por lo antes expuesto, es comprensible que a una variación de presión del gas contenido en la ampolleta se produce un enfriamiento o calentamiento del filamento y por lo tanto, una variación de su resistencia eléctrica.

Para medir ésta última recurrimos al Puente de Wheatstone, un ramo del cual debe estar conectado la resistencia del vacuometro.

Para obtener la máxima sensibilidad es oportuno que la resistencia del ramo opuesto del puente sea del mismo valor que la del filamento.

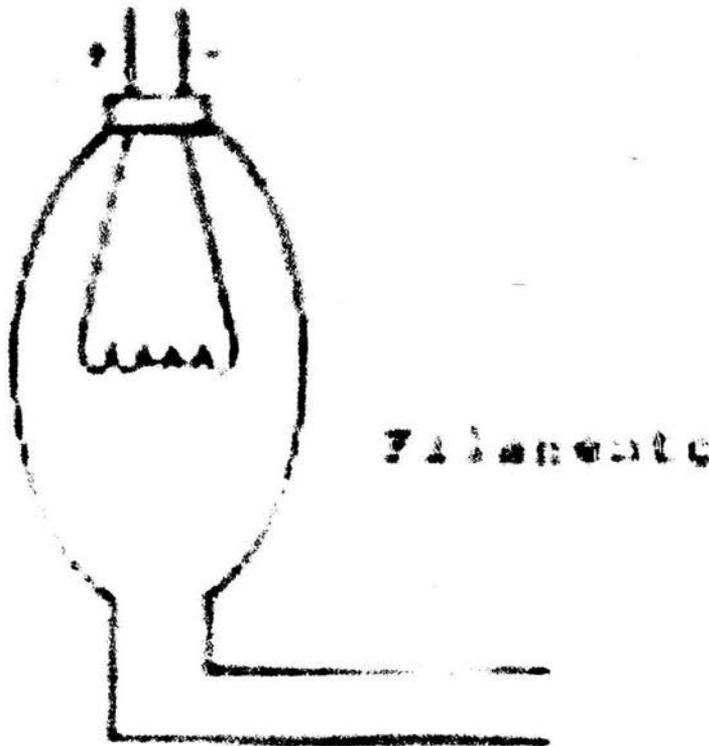


Figura 4.27. Nos muestra a un vacuometro a conductividad térmica.

4.11 Clasificación de los instrumentos medidores de presión.

Por su calibración:

- 1.- Instrumentos primarios: son aquellos que pueden calibrarse sin hacer comparación con otros instrumentos, su funcionamiento aprovecha los efectos de fuerza de gravedad, que es una constante en el tiempo.
- 2.- Instrumentos secundarios: son aquellos que en cuanto su escala, forma, etc. , requieren calibrarse mediante instrumentos considerados patrones (instrumentos primarios).

Por su funcionamiento:

- 1.- Instrumentos indicadores: proporcionan la lectura por medio de un índice, que se mueve sobre una escala graduada.
- 2.- Instrumentos registradores: permiten conocer la indicación instantánea sobre una cinta o disco de papel que se mueve respecto al tiempo.
- 3.- Instrumentos reguladores: como su nombre lo indica, regulan un proceso o parte del mismo.
- 4.- Transmisores de presión: son instrumentos que transmiten una señal (eléctrica o neumática) proporcional al valor de la presión.

Por su uso:

- 1.- Instrumentos de laboratorio: estos generalmente son del tipo de primario, muy precisos y delicados, por lo que requieren particular atención en su manejo.

- 2.- Instrumentos industriales: son considerados instrumentos secundarios se fabrican muy robustos pero fáciles de operar y calibrar, además de ser seguros y confiables en su funcionamiento

4.12 Precisión de los instrumentos medidores de presión.

Los medidores de presión se pueden clasificar también en función del grado de precisión que se alcanza en la lectura.

- a) Precisión industrial (error de 10^{-2}), necesario para realizar procesos industriales.
- b) Precisión de laboratorio (error de 10^{-3}), necesario para realizar mediciones usuales de investigación en los laboratorios.
- c) Precisión elevada (error de 10^{-4}), necesario para realizar mediciones de constantes físicas.
- d) Precisión metrológica (error de 10^{-5}), necesario para la fabricación de instrumentos patrones.

La clase de instrumentos está determinada de la siguiente manera:

Clase 1.6 = error de $\pm 1.6\%$ al fondo escala.

Clase 0.5 – 1.0 = error de $\pm 0.5\%$ a $\pm 1\%$ al fondo escala.

Clase 0.1 – 0.2 = error de $\pm 0.1\%$ a $\pm 0.2\%$ al fondo escala.

Naturalmente cuando un instrumento se usa en un intervalo de $\frac{1}{10}$ de la escala, el error relativo de la medición realizada es 10 veces mayor que el correspondiente a su clase de precisión.

De las tres clases de precisión mencionadas la primera se usa en instalaciones industriales, la segunda para fines de investigación y control y la tercera para usos de laboratorio.

4.13 Verificación de los instrumentos medidores de presión.

La prueba consiste en comparar simultáneamente la lectura del manómetro con una presión patrón generada por una fuente de trabajo bajo el principio de "momento hidráulico", producido por pesas perfectamente calibradas.

Objetivo de la prueba.

La prueba tiene como objetivo fundamental verificar el error de la lectura en el manómetro en cualquier punto de la escala.

Procedimiento.

- 1.- El aparato de calibración debe estar perfectamente horizontal y el manómetro se conectara colocando una guarnición adecuada.
- 2.- Eliminar todo el aire que contiene el aceite, puede hacerse de la siguiente manera:
 - a) Abrir la válvula completamente y girar el volante en sentido antihorario.
 - b) Asegurarse de que el deposito contenga aceite.
 - c) Girar el volante en sentido horario y mantener la válvula (6) abierta.
 - d) Repetir las operaciones anteriores hasta que desaparezca el burbujeo en el recipiente.
- 3.- Girar completamente el volante en sentido antihorario para llenar el cilindro mayor.

- 4.- Cerrar la válvula (6).
- 5.- Girar el volante en sentido horario, de tal manera que el índice del manómetro proporcione lecturas que correspondan a los valores prefijados, los cuales deben ser compatibles con las pesas.
- 6.- Poner sobre el plato las pesas correspondientes a los valores de presión, girando él volante en sentido horario, hasta que el plato (9) que contiene las pesas se levanta.
- 7.- Se registran los datos obtenidos durante la prueba.

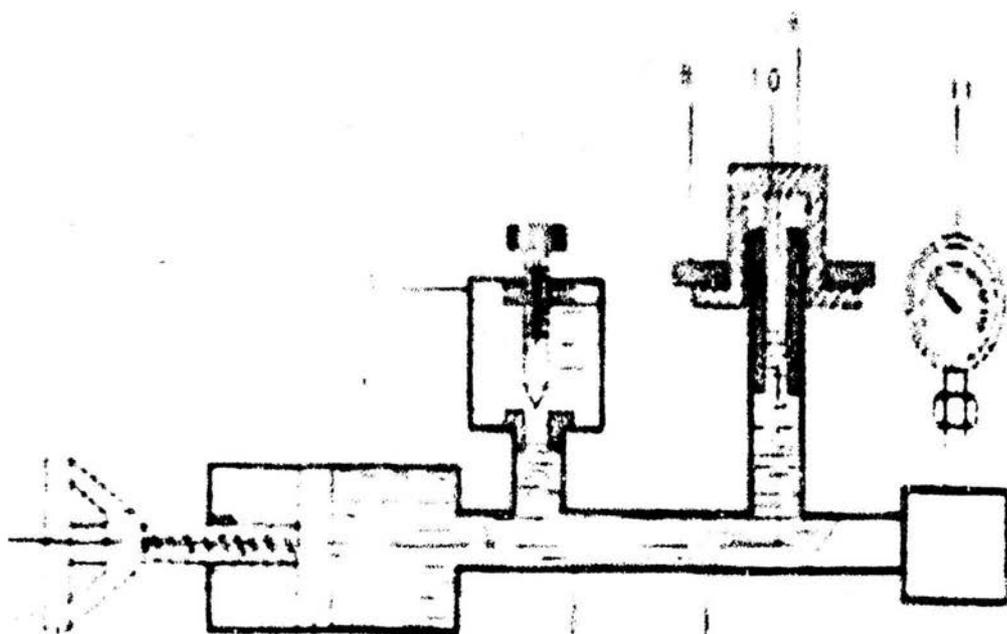


Figura 4.28. Nos muestra el equipo verificador de manómetros.

PARTES DEL VERIFICADOR DE MANÓMETROS.

1. VOLANTE.
2. PISTÓN.
3. CILINDRO.
4. TUBO DE TRANSMISIÓN.
5. ACEITE.
6. VÁLVULA.
7. DEPÓSITO.
8. PESA.
9. PLATO.
10. PISTÓN DEL PLATO.
11. MANÓMETRO.

CONCLUSIONES

Tal vez la parte mas importante de un trabajo recepcional lo constituye la conclusión, ya que aquí se plasman todas las vivencias y experiencias adquiridas al desarrollar en este casi mi tesis.

Una vez terminada mi investigación, estoy analizando cuales podrían ser mis conclusiones y estas son mis notas:

1. Para poder comprender las unidades de las variables físicas que estamos leyendo, es necesario tener conocimientos aunque sean muy básicos acerca del tema; por ejemplo, es ilógico que yo exprese que tenemos una temperatura ambiente de 30 grados centígrados, cuando no conozco el concepto de temperatura o tal vez aún más peor, no tengo idea de lo que es la escala centígrada de temperatura y mucho menos que existen otras escalas de temperatura.
2. Todo buen estudiante o profesionista que aplique conceptos de instrumentación y control debe de dominar las diferentes escalas de lecturas y saber comprender los fenómenos físicos, y mas si se trata de alguien egresado de la UNAM-ENEP Aragón.
3. En este caso me enfoque hacia el estudio y análisis de los diferentes instrumentos de medidores de presión, tal vez pensé que iba a ser muy fácil o por que e tenido contacto con estos a nivel de trabajo industrial, pero no imagine que existiría esta cantidad de instrumentos que logra investigar, ya que muchos de ellos jamás los e visto trabajando, aunque concluí que el principio termodinámico que los rigen es el mismo, solo cambia su escala y fabricación.
5. Una parte importante para la medición de cualquier tipo de instrumento de medición lo constituye su incertidumbre, esto es, que tan confiable es este instrumento, por lo que creí conveniente hacer un análisis de estos tipos de errores para que el lector de este libro tenga una referencia mas precisa de los tecnicismos que aquí se manejan, aunque concluí que todos los

instrumentos guardan cierto grado de error, por muy pequeño que este sea.

6. Al hacer un análisis de la presión, la mayor parte de la gente se va con la finta de la presión positiva o manométrica, siendo que también existen las presiones de vacío o negativas. Solo que la mayoría de los instrumentos de medición de presión están diseñados para medir presiones positivas ya que la mayor parte de las necesidades de la sociedad están dentro de este campo.
7. A mi punto de vista muy personal, el manómetro tipo Bourdon es el mas comercial y el que mas campo de aplicación tiene por sus características de construcción, los materiales de construcción, su diseño y principio de funcionamiento, lo hacen de uso universal, ya que es capaz de medir presiones positivas de hasta miles de psigs y presiones negativas de hasta 30 pulgadas de mercurio. Este manómetro también tiene la capacidad de manejar líquidos corrosivos como los que usa la industria química por lo que lo hace un manómetro muy útil.
8. Por último se hace una remembranza de la clasificación, precisión y verificación de los instrumentos de medición de presión para que el lector interesado en el tema pueda tener una noción acerca de estos trabajos que casi no salen a la luz pública por que los fabricantes e industriales los consideran sus pequeños secretos personales.

Por todo lo anterior pienso que si cubro con el objetivo de este trabajo recepcional ya que si logre elaborar un manual práctico referente a los medidores de presión, solo que no me metí mucho en el aspecto del diseño ya que mi enfoque fue 100% práctico y no diseñar un nuevo instrumento de medición de presión, pero aquí dejo las bases para que alguna persona interesada en el tema, lo retome, como un proyecto de investigación con información práctica y actualizada.

BIBLIOGRAFÍA

PRINCIPIOS DE REFRIGERACIÓN
ROY J. DOSSAT
ED CECSA, 1992.

INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE FLUIDOS
ROCA VILA
ED. LIMUSA, 1987

TERMODINÁMICA PARA INGENIERÍA CON TRANSFERENCIA DE CALOR.
HABERMAN Y JAMES E.A. JOHN
ED. TRILLAS, 1996.

TERMODINÁMICA TERCERA EDICIÓN
MANRIQUE.
ED. OXFORD, 2001.

TERMODINÁMICA.
VIRGIL MORING FAIRES.
ED. LIMUSA. 1997.

TERMODINAMICA CLÁSICA.
RUSSELL Y ADEBIYI.
ED. ADDISON-WESLEY IBEROAMERICANA, 1997.

INGENIERÍA TERMODINÁMICA.
FRANCIS F. HUANG.
ED. CECSA, 1994.

MANUAL DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO.
TOMO I. II. III Y IV.
CAMILO BOTERO.
ED, PRENTICE HALL.

FUNDAMENTOS DE AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACION.
HERNANDEZ GORIBAR.
ED LIMUSA, 1992.

TRATADO PRACTICO DE REFRIGERACION AUTOMATICA.
ALARCON GREUS.
ED MARCOMBO, 9ª EDICIÓN, 1981.

MANUAL DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA.
HERNÁNDEZ VALADEZ JOSÉ.
ED. TRILLAS. 2ª EDICIÓN, 1999.

PRINCIPIO DE REFRIGERACIÓN
R. WARREN MARSH
C. THOMAS OLIVO.
ED DIANA, 2ª EDICIÓN, 1999.