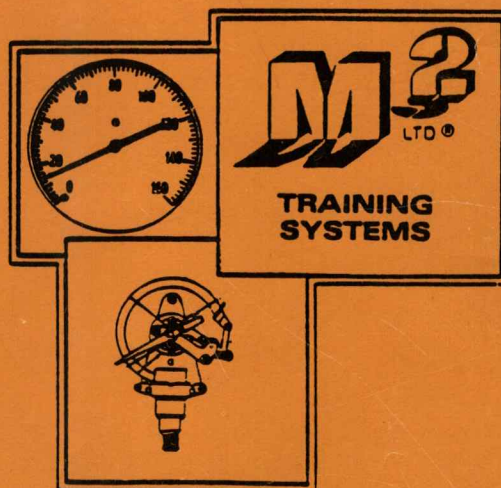


INSTRUMENTACION Y CONTROL

PRESION Y MEDICION
DE LA PRESION

Cuaderno del Estudiante



I NSTRUMENTACION **Y** **C** ONTROL

Cuaderno del Estudiante

**PRESION Y MEDICION
DE LA PRESION**

Pertenece a: _____

Instructor: _____

Fecha: _____



Derechos Reservados por M²LTD.
y NUS Training Corporation

Se prohíbe terminantemente la copia,
duplicación o transmisión de esta
publicación en parte o en su totalidad
sin obtener autorización escrita de
M² LTD. y NUS Training Corporation.

Impreso en la Empresa Editorial
Universidad Nacional de Colombia
Abril 1990

INDICE

<u>Segmento No.</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
1	¿Qué es la Presión?	1-1
	1. La Presión	1-3
	2. Cómo se Determina la Presión que Ejercen los Sólidos	1-4
	3. Cómo se Determina la Presión que Ejercen los Líquidos	1-6
	4. Cómo se Determina la Presión que Ejercen los Gases	1-14
	Repaso del Segmento	1-17
2	Las Escalas de Presión	2-1
	1. Demostración de la Presión Atmosférica	2-2
	2. Las Escalas para Medir la Presión	2-4
	3. El Vacío	2-7
	4. Cómo Convertir psia a Pulgadas de Mercurio ...	2-10
	5. La Presión Diferencial	2-11
	Repaso del Segmento	2-13
3	Los Manómetros	3-1
	1. El Manómetro de Tubo en U	3-2
	2. El Manómetro de Pozo	3-5
	3. El Manómetro de Tubo Inclinado	3-6
	4. Cómo Medir el Nivel del Líquido en un Manómetro	3-8
	5. El Empleo del Manómetro	3-9
	Repaso del Segmento	3-13
4	Elementos de Presión - Primera Parte	4-1
	1. El Tubo de Bourdon	4-2
	2. El Fuelle	4-5
	Repaso del Segmento	4-9
5	Elementos de Presión - Segunda Parte	5-1
	1. El Diafragma	5-2
	2. Los Diafragmas Metálicos	5-3
	3. El Diafragma Flácido o Blando	5-5
	4. Condiciones que Pueden Dañar los Instrumentos y Elementos de Presión	5-7
	5. La Sobrepresión	5-8
	6. Regreso Inadecuado de un Manómetro al Servicio	5-10
	7. Los Extremos de Temperatura	5-11
	8. Vibración Excesiva	5-12
	9. Las Condiciones del Proceso	5-13
	Repaso del Segmento	5-15

INDICE (conclusión)

<u>Segmento No.</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
6	Los Transductores de Presión	6-1
	1. El Conmutador de Presión	6-2
	2. Los Transductores Piezoeléctricos	6-4
	3. Los Transmisores Indicadores de Presión	6-5
	Repaso del Segmento	6-7
	APENDICE: TABLAS DE CONVERSION	A-1
	GLOSARIO	G-1

LISTA DE ILUSTRACIONES

<u>Figura</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
1-1	Un Bloque Sólido	1-4
1-2	Un Cubo Lleno de Líquido que Mide 12" x 12" x 12"	1-7
1-3	Una Columna de Líquido que Mide 12" x 1" x 1"	1-8
1-4	Un Tanque de Agua Abierto	1-9
1-5	Comparación Entre el Agua y el Mercurio	1-10
1-6	Un Tanque de Aceite Abierto	1-11
1-7	Los Factores de Conversión	1-13
1-8	Una Columna de Aire Ilustrando la Presión Atmosférica	1-14
1-9	Los Efectos de la Altitud en la Presión Atmosférica	1-15
2-1	Efecto de la Presión Atmosférica en la Columna de Mercurio	2-2
2-2	El Tubo Barométrico de Torricelli	2-3
2-3	La Escala	2-4
2-4	Placa de un Indicador de Presión Absoluta	2-4
2-5	La Escala Manométrica en Relación con la Escala Absoluta	2-5
2-6	Placa de un Indicador de Presión Manométrica	2-5
2-7	Las Tres Escalas de Presión: la Absoluta, la Manométrica y la del Vacío	2-7
2-8	Placa de un Indicador de Vacío	2-7
2-9	Un Barómetro Colocado para Medir el Vacío	2-8
2-10	Indicación del Vacío	2-9
2-11	Aplicación de la Presión Diferencial	2-11
3-1	Manómetro de Tubo en U	3-2
3-2	Cambio de Presión en un Manómetro de Tubo en U	3-3
3-3	Manómetro de Pozo	3-5
3-4	Manómetro de Tubo Inclinado y Manómetro de Pozo	3-6
3-5	Menisco Cóncavo	3-8
3-6	Menisco Convexo	3-8
3-7	Dispositivo de Nivelación en un Manómetro de Tubo Inclinado	3-10
3-8	Dispositivo del Punto Cero en la Escala de un Manómetro	3-11

LISTA DE ILUSTRACIONES (conclusión)

<u>Figura</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
4-1	Tubo de Bourdon en C	4-2
4-2	Tubo de Bourdon en Espiral	4-3
4-3	Tubo de Bourdon Helicoidal	4-4
4-4	Elemento Típico de Fuelle	4-6
4-5	El Fuelle Dentro de un Envase	4-7
5-1	Diafragma Metálico Típico en Forma de Cápsula	5-3
5-2	Diafragma Metálico de Cápsulas Apiladas	5-4
5-3	Diafragma Flácido	5-6
5-4	Seña de un Manómetro que ha Excedido su Capacidad de Funcionamiento	5-8
5-5	Placas de Dos Manómetros	5-9
5-6	Diafragma de Aislamiento	5-13
5-7	Entradas de Presión de Dos Manómetros	5-14
6-1	Indicador de Tubo de Bourdon	6-2
6-2	Conmutador de Presión	6-3
6-3	Transductor Piezoeléctrico	6-4
6-4	Transmisor Indicador de Presión Neumático	6-5

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4

PRESION Y MEDICION DE LA PRESION

PROLOGO

Muchos de los instrumentos que se usan para indicar el funcionamiento y procedimientos de una planta miden la presión. Para poder comprender cómo es que estos instrumentos funcionan es necesario que usted como técnico entienda primero, el concepto de la presión; segundo, cómo es que los sólidos, los líquidos y los gases ejercen presión; y por último, las normas establecidas para medir la presión.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4

SEGMENTO 1 - ¿QUE ES LA PRESION?

OBJETIVOS DE ESTE SEGMENTO

- Explicar lo que es la presión.
- Cómo se aplica la fórmula básica para determinar la presión de los sólidos y los líquidos hidrostáticos.
- Cómo se convierten las unidades que se usan comúnmente para medir la presión.

(VEA EL SEGMENTO 1 DE LA VIDEOCINTA)

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 1

PUNTOS PRINCIPALES

1. La Presión

La presión es la fuerza que ejerce un cuerpo por unidad de superficie. La gravedad es la fuerza que se ejerce sobre todo cuerpo en el globo terrestre. El peso de un cuerpo es el resultado de la gravedad, o fuerza de atracción. Por eso es posible establecer la presión que los sólidos, los líquidos y los gases ejercen si se determina la fuerza que ejercen sobre una superficie dada. En esta unidad el peso representará la fuerza causada por la gravedad.

La definición de la presión, o sea la fuerza aplicada sobre una unidad de superficie, se puede expresar con una fórmula matemática:

$$P = F/A$$

P = presión

F = fuerza

A = área o superficie

En el sistema métrico decimal, la unidad de peso es el kilogramo, pero en los Estados Unidos de América la unidad de peso común es la libra (pound) y la unidad de área o superficie es la pulgada cuadrada (square inch). Por esta razón la presión se expresa comúnmente en psi, o sea unidades de libras por pulgada cuadrada.

En la tabla de conversión que se da a continuación se encuentran varias equivalencias métricas de las unidades que se usan para medir la presión. La tabla de conversión que se encuentra al final de este cuaderno como Apéndice, incluye diferentes tablas de conversión de medidas como referencia. En el sistema métrico, la unidad de presión común es el pascal. Sin embargo, el pascal es una unidad tan pequeña que generalmente se usa el kilo-pascal. La unidad métrica para la fuerza es el newton, y para el área o superficie, el metro cuadrado. Como se muestra en la tabla, la presión se expresa en varias formas.

TABLA DE CONVERSION
EQUIVALENCIAS METRICAS E INGLESAS

1 pulgada = 2.54 centímetros	1 centímetro = 0.3937 pulgada
1 pie = 30.48 centímetros = 0.3048 metro	1 metro = 39.37 pulgadas = 3.28 pies
1 milla = 1.61 kilómetros = 5,280 pies	1 kilómetro = 0.621 milla
1 libra = 453.6 gramos	1 gramo = 0.0022 libra
1 libra = 0.454 kilogramo	1 kilogramo = 2.205 libras
1 libra = 7,000 granos	1 litro = 1.057 cuartos
1 galón = 231 pulgadas cúbicas	1 micrón = 10^{-6} metro
1 galón = volumen de 8.337 libras de agua	1 angstrom = 10^{-10} metro
1 micropulgada = 10^{-6} pulgada	1 newton = 0.225 lb (fuerza) = 10^5 dinas
1 slug = 32.17 lbs = 14.59 kg (unidad de masa)	1 gramo (fuerza) = 980 dinas
1 libra (fuerza) = 4.45 newtons	
1 psi = 7 kilopascales	

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 1

2. Cómo se Determina la Presión que Ejercen los Sólidos

Si una materia retiene una forma y un volumen definidos se le considera un sólido. El bloque en la Figura 1-1 es un sólido que pesa 24 lbs. En la figura 1-1A la superficie inferior del bloque que está sobre la mesa mide 6 pulgadas por 4 pulgadas; por lo tanto, el peso del bloque se reparte sobre un área de 24 pulgadas cuadradas. Se pueden usar estas cifras para determinar la cantidad de presión que el bloque ejerce sobre el área:

$$P = F/A$$

$$P = 24 \text{ lbs} / 24 \text{ pulg.}^2$$

$$P = 1 \text{ psi}$$

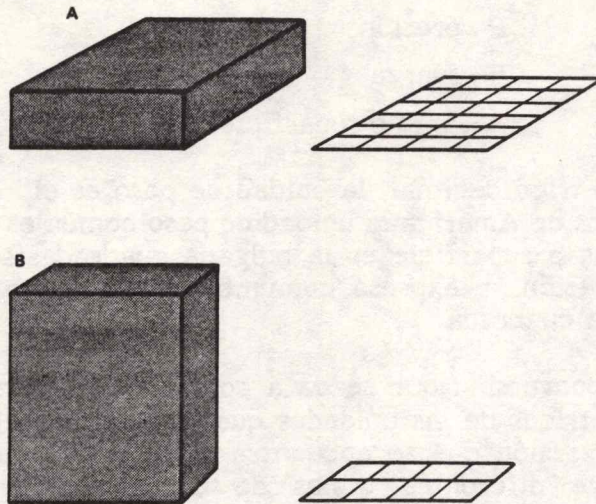


Figura 1-1. Un Bloque Sólido

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 1

En la figura 1-1B se encuentra el mismo bloque en una posición diferente. En este caso, la superficie que descansa sobre la mesa mide 4 pulgadas por 2 pulgadas, por lo tanto, el peso se reparte sobre un área total de 8 pulgadas cuadradas.

$$P = F/A$$

$$P = 24 \text{ lbs} / 8 \text{ pulg.}^2$$

$$P = 3 \text{ psi}$$

En la figura 1-1B el bloque ejerce su peso sobre una superficie más pequeña. Por consecuencia la fuerza sobre cada unidad de superficie es mayor, y aunque el peso no ha cambiado, la presión sobre cada unidad de superficie ha aumentado.

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 1

3. Cómo se Determina la Presión que Ejercen los Líquidos

Los líquidos no tienen una forma definida como los sólidos, sin embargo, el volumen y el peso de los líquidos se puede medir. Los líquidos ejercen dos clases de presiones: la presión hidráulica y la presión hidrostática. La presión hidráulica es la presión que ejerce un líquido en movimiento como, por ejemplo, la presión creada por un líquido dentro de una bomba mecánica. Por esta razón la fórmula $P = F/A$ no es adecuada para determinar la presión hidráulica. La fórmula que se usa para determinar este tipo de presión requiere otros conocimientos que no se tratarán en esta unidad, por lo tanto continuaremos con la presión hidrostática.

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 1

La presión hidrostática es la presión que ejercen los líquidos en reposo (estáticos) o que no están en movimiento y se determina por la altura del líquido, no por su volumen. La presión hidrostática aumenta según la profundidad debido al peso del líquido. El término de "carga estática" se refiere comúnmente a la presión creada por la altura de un líquido en un recipiente. Aunque la carga estática se define en unidades lineales, como pies o pulgadas, ella representa la presión ejercida por una columna de líquido de una altura determinada. La figura 1-2 muestra un cubo de agua pura que pesa 62.4 lbs. y mide 12 pulgadas de largo, 12 de ancho y 12 de profundidad. La superficie inferior del cubo es la que recibe la fuerza total del líquido. El total de la superficie inferior del cubo es de 144 pulgadas cuadradas.

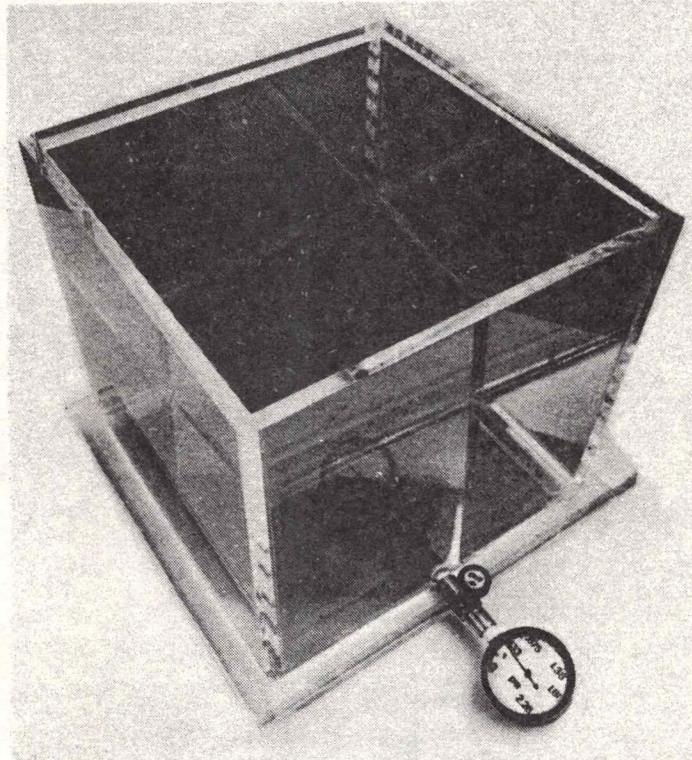


Figura 1-2. Un Cubo Lleno de Líquido que Mide 12" x 12" x 12"

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 1

Con la fórmula $P = F/A$ se puede determinar la presión que el agua ejerce en el fondo del cubo.

$$P = F/A$$

$$P = 62.4 \text{ lbs/ } 144 \text{ pulg.}^2$$

$$P = 0.433 \text{ psi}$$

La figura 1-3 muestra otro recipiente de agua pura. Las dimensiones de esta columna son de 12 pulgadas por 1 pulgada por 1 pulgada. La presión que ejerce el agua de esta columna sobre la superficie inferior es idéntica a la presión ejercida sobre la superficie inferior del cubo de la figura 1-2. Esto se debe a que la altura, o carga estática de los líquidos en los dos recipientes, es idéntica. Como cada recipiente contiene agua pura de 12 pulgadas de alto, el peso del agua por unidad de superficie, en este caso por pulgada cuadrada, es el mismo en los dos recipientes. Por lo tanto, la presión que ejerce el agua por pulgada cuadrada es igual en ambos recipientes.

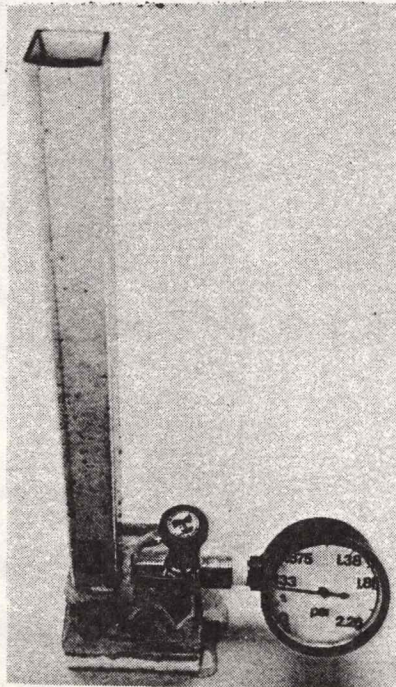


Figura 1-3. Una Columna de Líquido que Mide 12" x 1" x 1"

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 1

Dos de las cifras que se han usado en estos ejemplos han sido establecidas como normas fijas de medición que los técnicos de instrumentos usan para sus cálculos. Por ejemplo, se ha establecido que el pie cúbico de agua pura pesa 62.4 libras al nivel del mar. También se ha establecido que una columna de agua de 12 pulgadas de altura ejerce una presión de 0.433 psi. Y la presión que ejerce una columna de agua con 1 pulgada de altura es de 0.0361 psi. Para determinar esta última cifra se divide 0.433, la presión de la carga estática de 12 pulgadas, entre 12 pulgadas, el número de pulgadas en un pie.

Otra unidad común para medir la presión además del psi es la pulgada de agua, y a veces es conveniente hacer la conversión de una unidad a otra. Por ejemplo, si el indicador de presión montado en la base de un tanque abierto indica 10.83 psi, como en la figura 1-4, se puede convertir esa medida a pulgadas de agua para determinar la altura del líquido en el tanque.

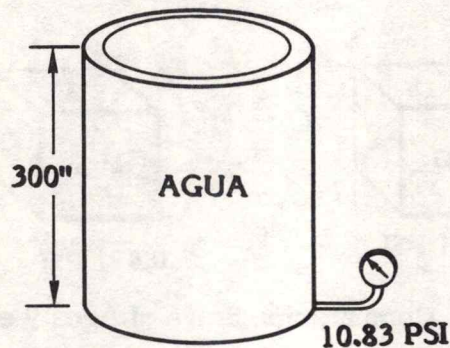


Figura 1-4. Un Tanque de Agua Abierto

La conversión se hace dividiendo la medida de la presión, 10.83 psi, entre el equivalente psi de una pulgada de agua 0.0361:

$$\frac{10.83 \text{ psi}}{0.0361 \text{ psi}} = 300 \text{ pulgadas de agua}$$

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 1

También se puede determinar la altura de otro líquido además del agua tomando la medida de la presión en psi. Sin embargo el primer paso en esta conversión sería compensar la diferencia entre el peso del agua y el peso del otro líquido.

El peso o la densidad de diferentes sustancias pueden compararse si se les designa un número a cada sustancia que los compare con el peso del agua. Los científicos han escogido el agua como una norma, pues es una de las sustancias más comunes sobre la tierra. Al agua se le ha designado el número uno que se refiere a su gravedad específica.

La gravedad específica de una sustancia sólida o líquida es la relación entre el peso de un cierto volumen de esa sustancia y el peso de un volumen igual de agua a 4° C (39.2° F). Por ejemplo los científicos han establecido que a 4° C, una pulgada cúbica de agua pesa 0.0361 lbs. y una pulgada cúbica de mercurio pesa 0.491 lbs. La proporción o relación entre el peso de una pulgada cúbica de mercurio y el peso de una pulgada cúbica de agua es $0.491/0.0361$ (figura 1-5). En otras palabras el mercurio pesa 13.6 veces más que el agua.

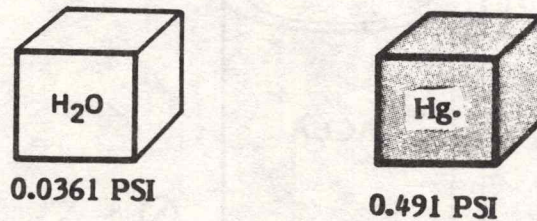


Figura 1-5. Comparación Entre el Agua y el Mercurio

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 1

Algunas sustancias, como el aceite, son menos pesadas que el agua, así que su gravedad específica es menor que uno. La figura 1-6 muestra un tanque abierto que contiene aceite de una gravedad específica de 0.91. Se puede determinar la altura del aceite en el tanque tomando la medida de la presión en psi, pero es necesario compensar la diferencia de peso entre el aceite y el agua. En este ejemplo, la presión que ejerce 1 pulgada de agua se multiplica por la gravedad específica del aceite.

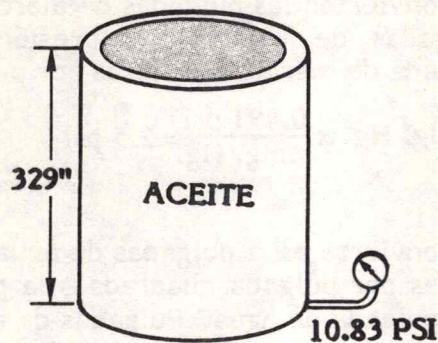


Figura 1-6. Un Tanque de Aceite Abierto

La presión que ejerce el aceite en el tanque es de 10.83 psi, y para determinar la altura del aceite en el tanque se hace el siguiente cálculo:

Altura = psi ÷ presión que ejerce 1 pulgada de agua x gravedad específica

Altura = 10.83 psi ÷ 0.0361 psi x 0.91

Altura = 10.83 ÷ 0.0329

Altura = 329 pulgadas de aceite

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 1

Otra unidad común de medida es la pulgada de mercurio. Esta sustancia es única: a la temperatura ambiente, este metal se conserva en un estado líquido. Una pulgada de mercurio (pulg. Hg.) ejerce una presión de 0.491 psi y se emplea comúnmente para medir diferentes presiones en una planta. Si por ejemplo, un medidor que indica la presión en pulgadas de mercurio mide 5 pulg. Hg., esta medida se puede convertir en pulgadas de agua de la siguiente manera:

Primer paso. Se convierten las pulgadas de mercurio a psi:
Pulgadas de mercurio x presión que ejerce una pulgada de mercurio = Libras por pulgada cuadrada

$$5 \text{ pulg. Hg.} \times \frac{0.491 \text{ psi}}{\text{pulg. Hg.}} = 2.5 \text{ psi}$$

Segundo paso. Se convierte psi a pulgadas de agua:
Libras por pulgada cuadrada ÷ la presión que ejerce una pulgada de agua = Pulgadas de agua

$$2.5 \text{ psi} \div \frac{0.0361 \text{ psi}}{\text{pulg. agua}} = 69 \text{ pulgadas de agua}$$

Si el medidor indica pulgadas de agua, éstas se pueden convertir a pulgadas de mercurio invirtiendo el procedimiento. Por ejemplo, si el medidor indica una presión de 69 pulgadas de agua, ésta se convierte a pulgadas de mercurio de esta forma:

Primer paso. Se convierten pulgadas de agua a psi:

$$69 \text{ pulgadas de agua} \times \frac{0.0361 \text{ psi}}{\text{pulg. agua}} = 2.5 \text{ psi}$$

Segundo paso. Se convierte psi a pulgadas de mercurio:

$$2.5 \text{ psi} \div \frac{0.491 \text{ psi}}{\text{pulg. Hg.}} = 5 \text{ pulgadas de mercurio}$$

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 1

También se pueden convertir las pulgadas de mercurio en pulgadas de agua empleando el factor de conversión apropiado. Los factores de conversión en la lista de la figura 1-7 se usan para convertir de una unidad de medida a otra unidad.

1 pulgada de agua	=	0.0361 psi
1 pulgada de mercurio	=	0.491 psi
1 pulgada de mercurio	=	13.6 pulgadas de agua
1 psi	=	2.036 pulgadas de mercurio
1 psi	=	27.673 pulgadas de agua

Figura 1-7. Los Factores de Conversión

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 1

4. Cómo se Determina la Presión que Ejercen los Gases

Los gases son diferentes a los sólidos y los líquidos pues no tienen forma ni volumen definidos. Sin embargo tienen peso por la fuerza de la gravedad, y por lo tanto ejercen presión. Los gases se pueden dividir básicamente en 2 clases: gases envasados y gases libres. Un gas envasado se expande y al llenar el envase ejerce presión en todas las paredes del envase. Esta presión puede aumentar: 1) si se aumenta la temperatura del gas, o 2) si se comprime un mayor volumen de gas en el envase. Como las propiedades de los gases envasados son muy diferentes a las propiedades de los líquidos y los sólidos, la fórmula $P = F/A$ no se puede aplicar sin tomar en consideración el volumen y la temperatura. Como estos factores no se van a tratar en esta unidad, no se explicará la fórmula que se necesita para determinar la presión de gases envasados.

La fórmula $P = F/A$ se puede aplicar a los gases libres ya que el volumen y la temperatura no son necesarios. La atmósfera o el aire es una mezcla de gases libres que rodean la tierra. En la figura 1-8 se muestra una columna de aire que mide 1 pulgada de área y millas de altura. Esta columna de aire representa la fuerza o presión que la gravedad ejerce sobre cada pulgada cuadrada en la superficie de la tierra. La presión que el aire ejerce al nivel del mar es 14.7 psi aproximadamente.

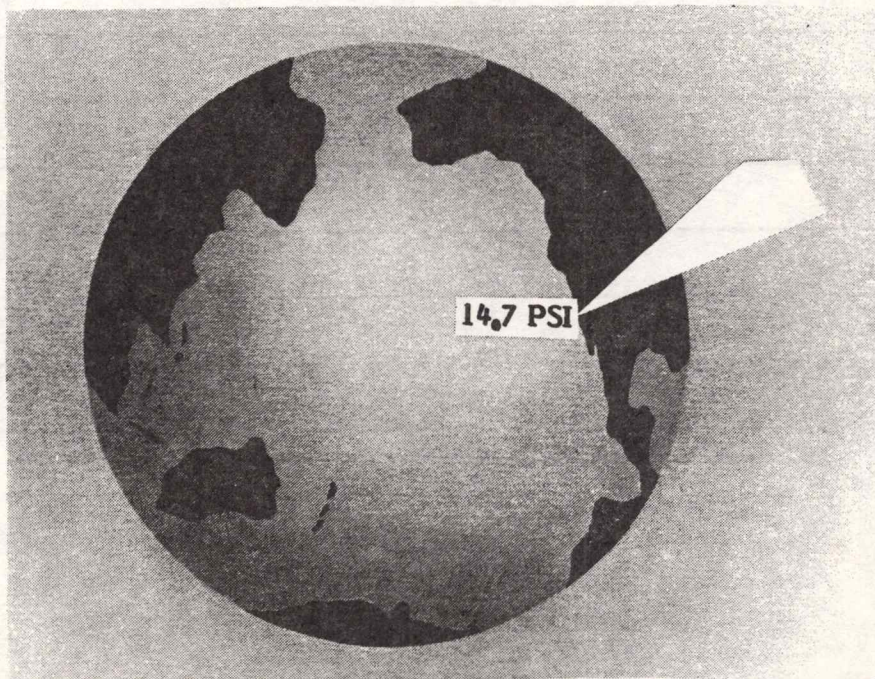


Figura 1-8. Una Columna de Aire Ilustrando la Presión Atmosférica

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 1

La presión atmosférica, o sea la presión que el aire ejerce sobre la superficie de la tierra, debe expresarse en términos aproximados ya que varía según las condiciones atmosféricas y la altitud a la cual se toma la presión. Como la presión que el aire ejerce aumenta según la profundidad, el aire al nivel del mar ejerce mayor presión que el aire en la cima de una montaña. La figura 1-9 ilustra la diferencia relativa de la presión atmosférica a diferentes alturas. Debido a que los gases son comprimibles por naturaleza, la gravedad tiene menor efecto en los gases libres que se encuentran a una mayor altura en la atmósfera. Por lo tanto, los gases más altos tienen menos peso y ejercen menos presión.

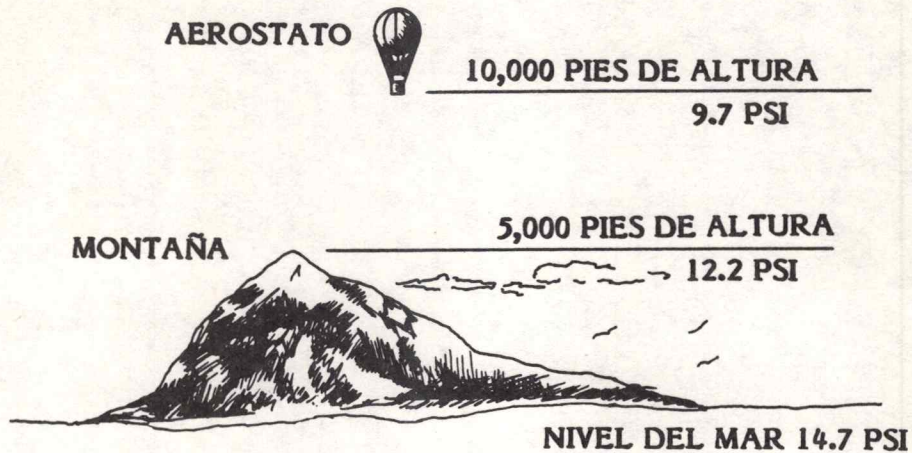


Figura 1-9. Los Efectos de la Altitud en la Presión Atmosférica

Las condiciones atmosféricas también crean áreas de presión alta o baja que afectan la presión que ejerce la atmósfera. Como ya se ha establecido que 14.7 psi es la norma de presión atmosférica al nivel del mar, si se desea medir la presión atmosférica en cierto lugar, se puede cambiar la norma (14.7 psi) para compensar la diferencia entre la altura y la condición atmosférica.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 1

REPASO DEL SEGMENTO

1. La cantidad de fuerza que se aplica a una unidad de superficie se llama comúnmente _____.
2. La gravedad ejerce (a) _____ sobre todos los cuerpos, lo cual hace posible que éstos tengan (b) _____
(una atracción perpendicular/una fuerza) (determinado peso/
determinadas propiedades)
3. Verdadero o falso. Los sólidos, los líquidos y los gases ejercen presión o fuerza debido a la gravedad.
4. Marque con un círculo las respuestas correctas.
¿Cuáles de las siguientes unidades no son comunes para medir la presión?
 - a. Libras por pulgada cuadrada
 - b. Pulgada cuadrada
 - c. Pulgadas de aceite
 - d. Pulgadas de mercurio
 - e. Pulgadas de gravedad
 - f. Libras cuadradas
 - g. Psi
 - h. Pulgadas de agua
 - i. Pulgadas de atmósfera
5. La materia se define como (a) _____ si retiene una forma y un volumen definidos; y como (b) _____ si no tiene definidos ni volumen ni forma.
(un sólido/un líquido) (un gas/un líquido)
6. El término _____ se refiere a la presión que ejerce la altura de una columna de líquido.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4

SEGMENTO 2 - LAS ESCALAS DE PRESION

OBJETIVOS DE ESTE SEGMENTO

- Identificar las tres escalas que se emplean como base para medir la presión.
- Explicar la diferencia entre la escala absoluta y la escala manométrica.
- Describir un método representativo para medir la presión del vacío.
- Explicar lo que significan los términos estándar, variable, proceso, y variable de proceso.
- Explicar lo que es la presión diferencial y dar un ejemplo de cómo se usa.

RESUMEN DEL SEGMENTO

Quando se toman las medidas de presión, se debe tener en cuenta la presión atmosférica porque la tierra siempre está recibiendo cierta cantidad de presión causada por la altitud y las condiciones atmosféricas. Por lo tanto, las escalas establecidas como base para medir la presión tienen como referencia la presión atmosférica, aunque de varias maneras.

(VEA EL SEGMENTO 2 DE LA VIDEOCINTA)

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 2

PUNTOS PRINCIPALES

1. **Demostración de la Presión Atmosférica**

Un científico italiano llamado Torricelli demostró la existencia de la presión atmosférica en el siglo diecisiete. Torricelli usó un tubo de vidrio, una cubeta y mercurio para comprobar que la atmósfera tenía peso y ejercía presión. Vertió un poco de mercurio en la cubeta, llenó el tubo de mercurio hasta el borde y lo selló para que no le entrara aire.

Cuando invirtió el tubo de mercurio sellado dentro de la cubeta de mercurio (véase la figura 2-1A) y rompió el sello, el mercurio empezó a salir del tubo invertido a la cubeta. El mercurio continuó saliendo hasta que la presión que la columna de mercurio ejercía dentro del tubo se igualó con la presión que la atmósfera ejercía sobre la superficie del mercurio en la cubeta (figura 2-1B).

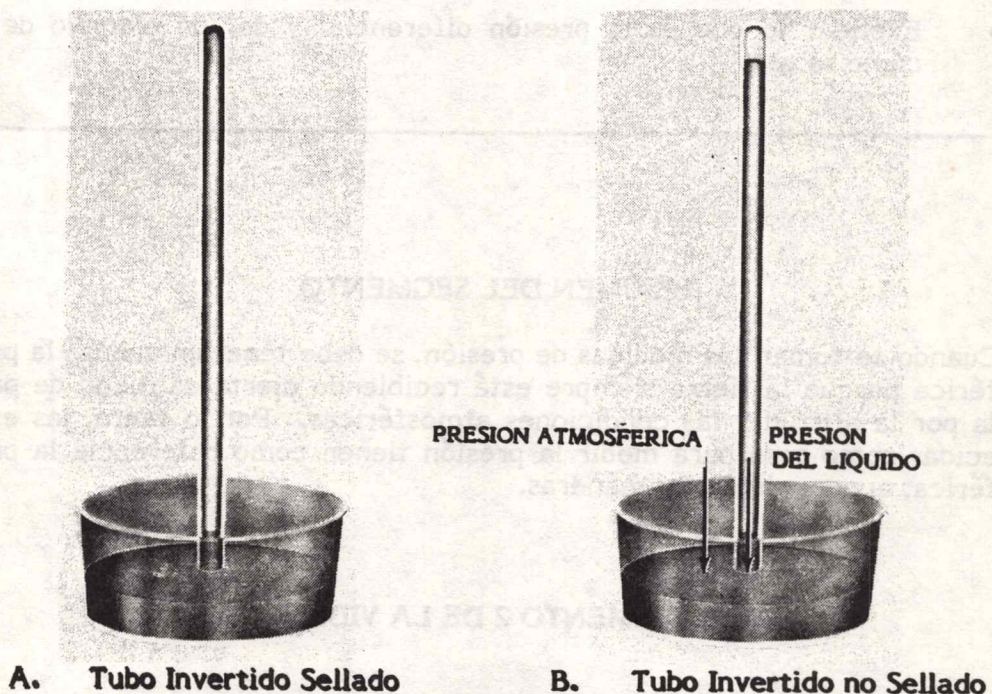


Figura 2-1. Efecto de la Presión Atmosférica en la Columna de Mercurio

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 2

Torricelli probó que la atmósfera ejercía presión sobre la tierra al demostrar la presión ejercida por la atmósfera sobre la superficie del mercurio en la cubeta. La fuerza de gravedad hizo que el mercurio fluyera a la cubeta hasta que la presión de la carga estática de la columna de mercurio fuera igual a la presión de la atmósfera. Una vez que las presiones opuestas se igualaron, o se compensaron, el flujo cesó. Después que Torricelli demostró que las presiones que ejercían la columna de mercurio y la atmósfera eran iguales, fue muy fácil determinar cuánta presión ejercía la atmósfera. Esto se logró midiendo la presión que ejercía la columna de mercurio. El diseño del equipo que Torricelli empleó para su demostración todavía se usa actualmente. La figura 2-2 ilustra un dispositivo diseñado con el mismo principio; se llama el tubo barométrico de Torricelli.

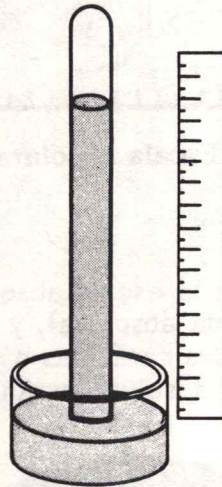


Figura 2-2. El Tubo Barométrico de Torricelli

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 2

2. Las Escalas para Medir la Presión

Las dos escalas que se usan comúnmente para medir la presión con respecto a la presión atmosférica son: la escala absoluta, que se refiere a la ausencia de presión atmosférica, y la escala manométrica, que se refiere a la presencia de presión atmosférica.

La escala absoluta ilustrada en la figura 2-3, se usa para medir la presión absoluta. Como la escala absoluta no toma en consideración la presión atmosférica, todas las medidas en la escala absoluta se refieren a un "cero teórico o hipotético." El cero teórico es una condición en la que no hay ni aire ni presión; en realidad, no se puede obtener una presión real de cero, ni la ausencia completa de aire.

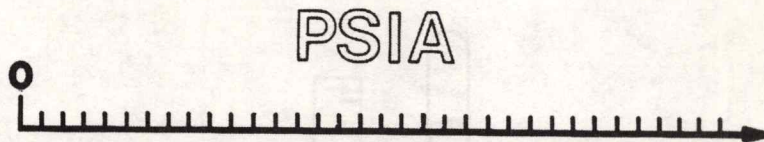


Figura 2-3. La Escala Absoluta

Cuando se mide una presión en la escala absoluta se indica en unidades de psia (libras por pulgada cuadrada absoluta), y la presión atmosférica en la escala absoluta es 14.7 psia. Las carátulas o placas de los indicadores que marcan la presión en la escala absoluta están marcadas normalmente con psia, como en la figura 2-4.

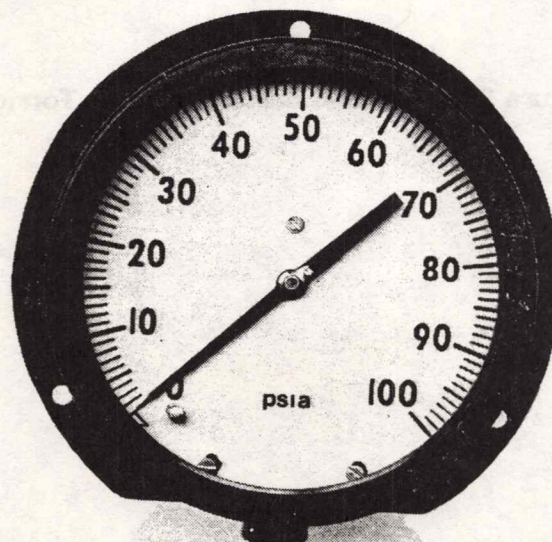


Figura 2-4. Placa de un Indicador de Presión Absoluta

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 2

La escala manométrica se usa para medir la presión manométrica, y toma en consideración la presión atmosférica. Véase la figura 2-5 donde se hace una comparación con la escala absoluta. En la escala manométrica, el punto de inicio para la medición es la presión atmosférica (14.7) en vez del cero teórico; así que la presión atmosférica en este indicador tiene un valor de cero.

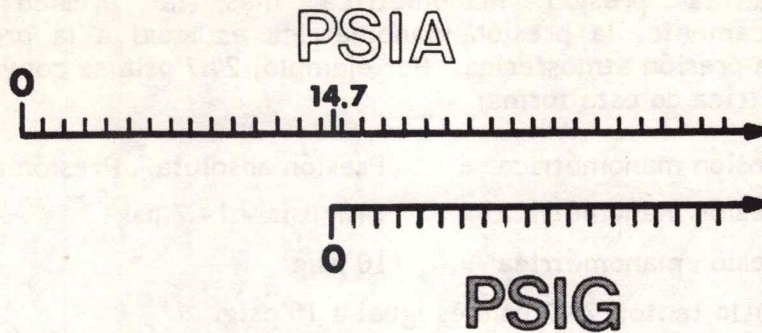


Figura 2-5. La Escala Manométrica en Relación con la Escala Absoluta

La presión medida en la escala manométrica se indica en unidades de psig (libras por pulgada cuadrada manométrica). Las carátulas o placas de los indicadores de presión manométrica están marcadas normalmente con psig (figura 2-6).

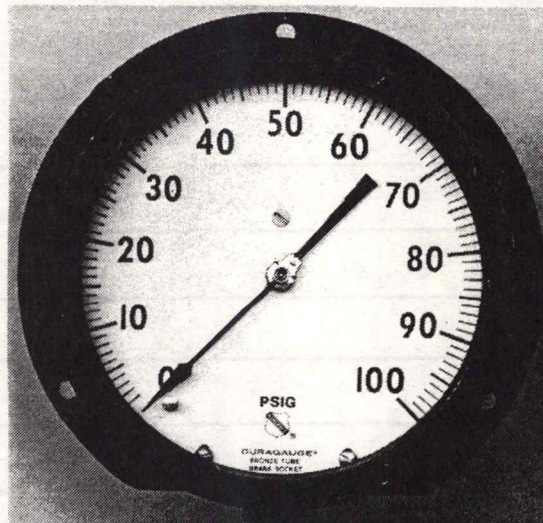


Figura 2-6. Placa de un Indicador de Presión Manométrica

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 2

Se pueden convertir fácilmente las medidas de presión de la escala absoluta a la escala manométrica y viceversa, ya que la unidad básica de medida de las dos escalas es libras por pulgada cuadrada (psi). La presión absoluta es igual a la presión manométrica más la presión atmosférica. Recíprocamente, la presión manométrica es igual a la presión absoluta menos la presión atmosférica. Por ejemplo, 24.7 psia se convierte a presión manométrica de esta forma:

$$\text{Presión manométrica} = \text{Presión absoluta} - \text{Presión atmosférica}$$

$$\text{Presión manométrica} = 24.7 \text{ psia} - 14.7 \text{ psi}$$

$$\text{Presión manométrica} = 10 \text{ psig}$$

Por lo tanto: 24.7 psia es igual a 10 psig.

Una presión manométrica de 20 psig se convierte a presión absoluta de esta forma:

$$\text{Presión absoluta} = 20 \text{ psig} + 14.7 \text{ psi}$$

$$\text{Presión absoluta} = 34.7 \text{ psia}$$

Por lo tanto: 20 psig es igual a 34.7 psia.

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 2

3. El Vacío

El vacío es cualquier presión inferior o más baja que la presión atmosférica. La figura 2-7 muestra cómo se indica el vacío.

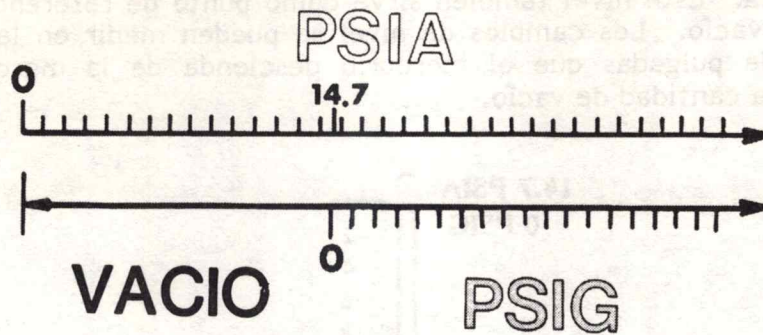


Figura 2-7. Las Tres Escalas de Presión; la Absoluta, la Manométrica y la del Vacío

Tomando como punto de partida 14.7 psia y avanzando hacia el cero teórico, es obvio que el vacío aumenta a medida que la presión absoluta disminuye. El vacío no se mide igual que la presión al nivel de la presión atmosférica o a un nivel más alto. La figura 2-8 muestra la carátula o placa de un indicador que mide el vacío.

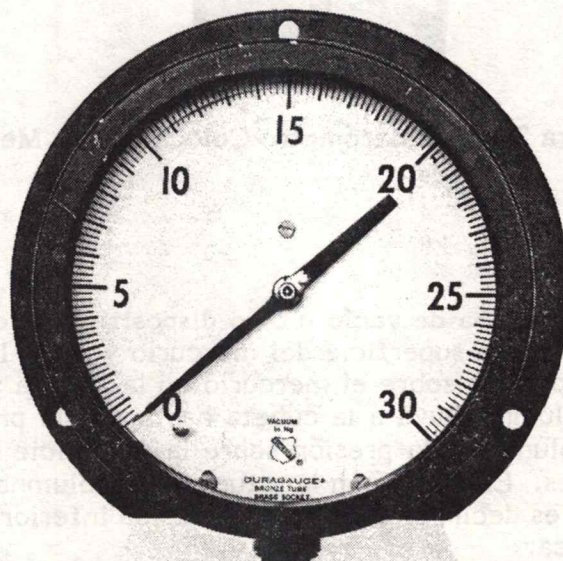


Figura 2-8. Placa de un Indicador de Vacío

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 2

La figura 2-9 muestra un barómetro colocado para marcar la presión atmosférica. La altura de la columna de mercurio puede indicarse en 0 psig o 14.7 psia. Este nivel también sirve como punto de referencia cero para medir el vacío. Los cambios de nivel se pueden medir en la regla. El número de pulgadas que el mercurio descienda de la marca de 0 psig indicará la cantidad de vacío.

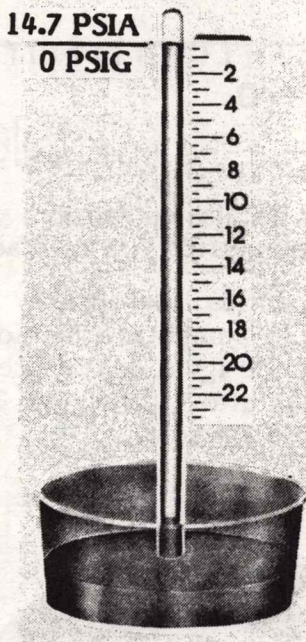


Figura 2-9. Un Barómetro Colocado para Medir el Vacío

Se puede usar una bomba de vacío u otro dispositivo parecido para sacar el aire del espacio entre la superficie del mercurio y la de la cubeta cubierta. Esto reduciría la presión sobre el mercurio en la cubeta y permitiría que el mercurio de la columna fluya a la cubeta hasta que la presión del peso del mercurio en la columna y la presión sobre la superficie del mercurio en la cubeta sean iguales. El cambio en la altura de la columna de mercurio es la medida del vacío, es decir, la cantidad de presión inferior o por debajo de la presión atmosférica.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 2

La unidad de medida del vacío es la pulgada de mercurio. La figura 2-10 muestra un barómetro antes y después de crearse el vacío. En la figura 2-10A la altura de la columna está al nivel de 0 psig. En la figura 2-10B se ha creado el vacío y la altura del mercurio ha disminuido. La columna está al nivel de 6 pulgadas más abajo de 0 psig. Esta medida de 6 pulgadas de mercurio indica la cantidad de vacío que hay en la cubeta.

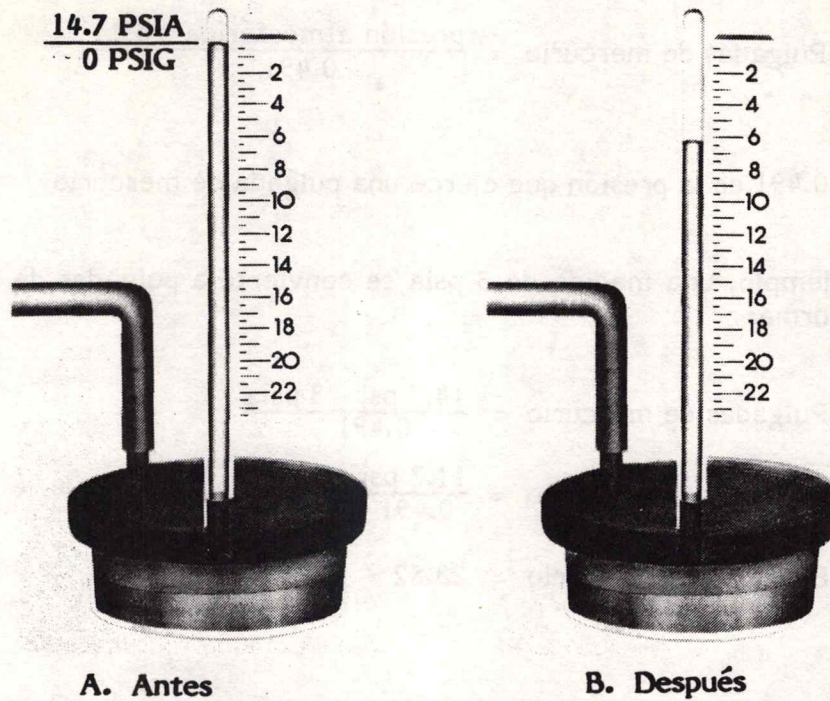


Figura 2-10. Indicación del Vacío

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 2

4. Cómo Convertir psia a Pulgadas de Mercurio

Ya que se puede usar la escala absoluta para medir presiones por encima y por debajo de la presión atmosférica, a veces es necesario convertir medidas psia a pulgadas de mercurio. Para esto, se usa la siguiente fórmula:

$$\text{Pulgadas de mercurio} = \frac{\text{presión atmosférica} - \text{psia}}{0.491}$$

0.491 es la presión que ejerce una pulgada de mercurio

Por ejemplo, una medida de 3 psia se convierte a pulgadas de mercurio en esta forma:

$$\text{Pulgadas de mercurio} = \frac{14.7 \text{ psi} - 3 \text{ psia}}{0.491}$$

$$\text{Pulgadas de mercurio} = \frac{11.7 \text{ psi}}{0.491}$$

$$\text{Pulgadas de mercurio} = 23.82$$

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 2

5. La Presión Diferencial

Hay varias formas de tomar y de usar las medidas de presión. Una de las más comunes es la presión diferencial. La presión diferencial es la diferencia entre dos presiones relacionadas, y comúnmente se indica en psid. La "d" representa el valor diferencial. También se expresa así: P .

La figura 2-11 muestra un uso típico en el campo de medidas de gasto o caudal, en el cual se emplea la presión diferencial para determinar cuánto líquido corre por una tubería en un punto determinado. En la tubería hay una placa con un orificio o abertura que limita el gasto para que la presión disminuya, o sea que causa una presión diferencial, a través de la placa a medida que el líquido corre por la tubería. La flecha indica la dirección del gasto. A medida que el gasto o caudal pasa por el orificio, en el punto A, se desarrolla una presión ligeramente más alta, y en el punto B, una presión ligeramente más baja.

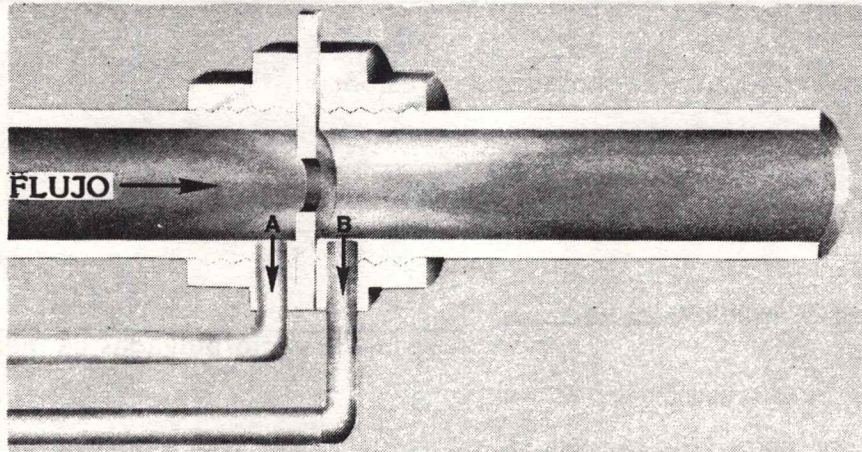


Figura 2-11. Aplicación de la Presión Diferencial

Para determinar la cantidad de líquido que corre por la tubería se miden las presiones en los puntos A y B, y se obtiene la diferencia entre las dos presiones con una fórmula matemática. Pero en esta unidad no se cubrirá esta fórmula y, por lo tanto, no se desarrollará.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4

SEGMENTO 3 - LOS MANOMETROS

OBJETIVOS DE ESTE SEGMENTO

- Explicar el funcionamiento de los manómetros.
- Explicar las diferencias entre los manómetros de tubo en U, de pozo y de tubo inclinado.
- Describir la diferencia entre un menisco cóncavo y un menisco convexo, y demostrar cómo se toman medidas en ambos niveles de líquido.
- Mostrar cómo se toman medidas con un manómetro.

RESUMEN DEL SEGMENTO

Los manómetros son instrumentos muy simples y precisos que se usan para medir la presión. Se usan igualmente para medir el vacío, las presiones más altas que la presión atmosférica, y la presión diferencial. El diseño de un manómetro determina cómo se mide cada tipo de presión, y su tamaño determina el alcance de presiones que puede medir. Mayormente, los manómetros se usan para medir presiones con un alcance de 0 psia a 30 psia.

El principio de funcionamiento de un manómetro consiste en que una columna de líquido de cierta altura ejerce una cantidad específica de presión. Los cambios de altura del líquido indican cambios de presión. Las medidas que se toman con un manómetro son en realidad medidas de los cambios de nivel o de recorrido del líquido cuando se aplica presión al instrumento.

Los líquidos que se usan comúnmente en los manómetros son el mercurio y el agua. Sin embargo, se pueden usar otros líquidos, como por ejemplo, el aceite de "meriam." Generalmente se le añade un tinte a los líquidos incoloros para que se vean más fácilmente sin que el peso del tinte afecte la medida.

(VEA EL SEGMENTO 3 DE LA VIDEOCINTA)

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 3

PUNTOS PRINCIPALES

1. El Manómetro de Tubo en U

La figura 3-1 muestra un tubo en forma de U lleno de agua con tinte. Esencialmente, es un trozo de tubo transparente en forma de U y las dos ramas o ramales de la U tienen exactamente la misma longitud. En la figura 3-1 los ramales están abiertos al aire, o libres; sin embargo, en otras situaciones dependiendo de la clase de medida de presión que se quiera tomar, uno o los dos ramales están conectados a una fuente de presión. Si los dos ramales están abiertos a la presión atmosférica, el nivel del líquido en los dos ramales es igual porque la presión sobre ellos es igual.

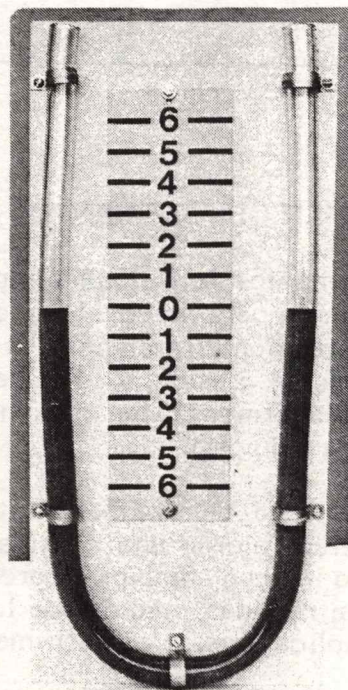


Figura 3-1. Manómetro de Tubo en U

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 3

La escala graduada en el manómetro es para medir la altura o el nivel del líquido en el tubo. En esta figura, la escala está graduada en pulgadas. En la mayoría de los manómetros hay un dispositivo para ajustar la posición de la escala a cero. Antes de tomar una medida es necesario fijarse que los niveles de las columnas estén iguales; entonces, se debe ajustar la escala hasta que el cero esté al nivel de los líquidos en ambos ramales. Este procedimiento se llama poner en cero el manómetro, y, siempre que el instrumento funcione correctamente y el líquido del manómetro esté limpio, las medidas serán exactas con este ajuste.

En la figura 3-2 cuando se aplica presión al ramal B del manómetro, la altura de la columna en el ramal A aumenta y la del ramal B disminuye.

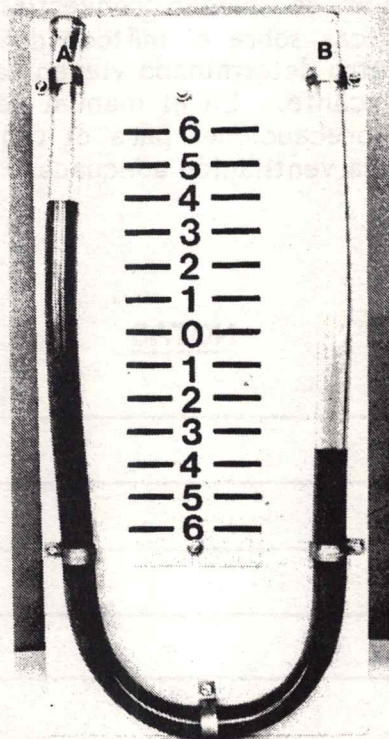


Figura 3-2. Cambio de Presión en un Manómetro de Tubo en U

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 3

Como el ramal A está libre a la presión atmosférica, en realidad el manómetro en la figura 3-2 está indicando una presión diferencial, o sea la diferencia entre la presión aplicada y la presión atmosférica. Con un manómetro de tubo en U es necesario medir el recorrido total en ambos ramales para determinar la medida de la presión. En este ejemplo, el nivel en la columna B bajó 4 pulgadas, o sea hizo un recorrido de 4 pulgadas de agua; y el nivel en el ramal A subió 4 pulgadas, o sea hizo un recorrido de 4 pulgadas de agua. El recorrido total en ambos ramales es de 8 pulgadas.

El recorrido total de 8 pulgadas de agua se puede convertir a un valor psi muy fácilmente. Si una columna de agua de una pulgada ejerce una presión de 0.0361 psi, 8 pulgadas de agua es igual a 8×0.0361 , o sea 0.288 psi.

Las unidades de medida para un manómetro lleno de líquido como mercurio o aceite de "meriam" se pueden convertir a unidades de psi. Las instrucciones específicas sobre el método de conversión con respecto al líquido en un manómetro determinado vienen casi siempre en el manual de información del fabricante. En el manual de seguridad de la planta se explican las debidas precauciones para el uso del mercurio. Y es muy importante mantener la ventilación adecuada.

NOTAS

REV RETIRO 6

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 3

2. El Manómetro de Pozo

La figura 3-3 muestra un manómetro de pozo y se puede notar que es ligeramente diferente al manómetro de tubo en U. Básicamente, es un pozo con una abertura en la parte de abajo por donde está conectado a un tubo de ventilación. Cuando se aplica presión a la superficie del líquido en el pozo, el líquido del pozo sube por el tubo hasta que la presión que ejerce la altura de la columna sea igual a la presión aplicada a la superficie del líquido en el pozo.

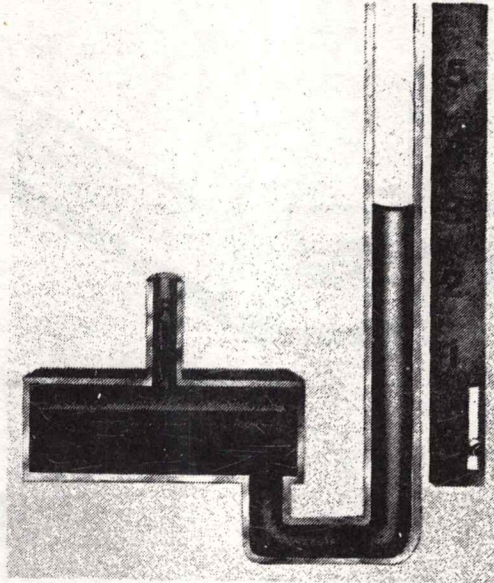


Figura 3-3. Manómetro de Pozo

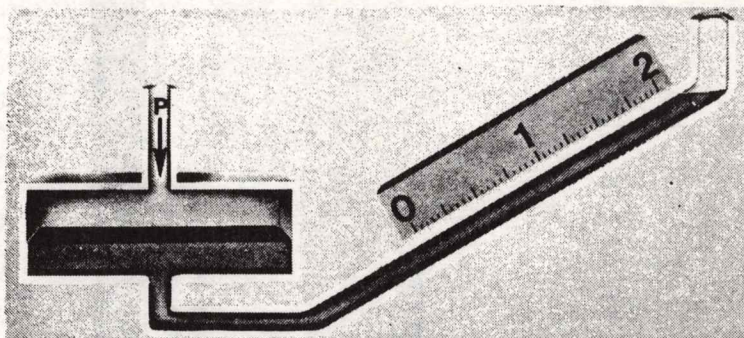
Un manómetro de pozo tiene una ventaja sobre el manómetro de tubo en U: se puede determinar la cantidad de presión aplicada con sólo observar el tubo, y no hay necesidad de medir el recorrido del líquido en los dos ramales.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

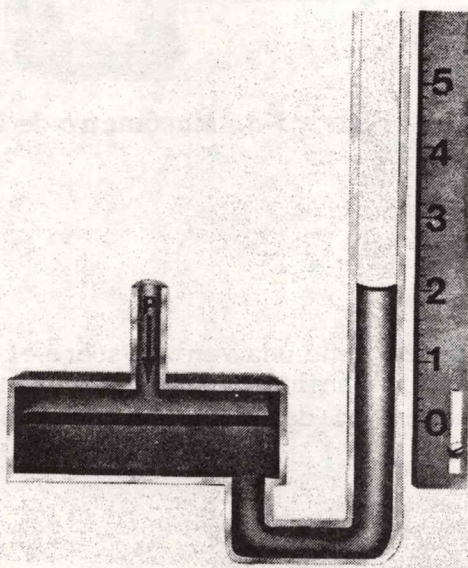
UNIDAD 4 - SEGMENTO 3

3. El Manómetro de Tubo Inclinado

El diseño de un típico manómetro de tubo o ramal inclinado es parecido al del manómetro de pozo, excepto que en el manómetro inclinado el tubo está en declive formando un ángulo. Sometida a la misma presión que en el manómetro de pozo, la columna de líquido en ambos manómetros sube a la misma altura vertical, pero en el de tubo inclinado el líquido debe hacer un recorrido mayor para alcanzar esa altura vertical. La figura 3-4 muestra las dos clases de manómetros.



A. Manómetro de Tubo Inclinado



B. Manómetro de Pozo

Figura 3-4. Manómetro de Tubo Inclinado y Manómetro de Pozo

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 3

Entre las divisiones de la escala en un manómetro de tubo inclinado hay más espacio para poder indicar correctamente la distancia que recorre el líquido. Esto ayuda a que los técnicos, como usted, puedan tomar medidas más exactas sin afectar el nivel vertical o la altura a la que sube el líquido. La presión aplicada al instrumento es la que determina la altura o el nivel vertical del líquido.

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 3

4. Cómo Medir el Nivel del Líquido en un Manómetro

La figura 3-5 muestra el nivel de una columna de agua en dos tubos diferentes. La superficie libre de una columna de líquido se llama menisco. El tipo de superficie líquida que se ilustra en la figura se llama menisco cóncavo, porque el centro de la superficie es más bajo que los bordes. El agua es un ejemplo típico de esta superficie.

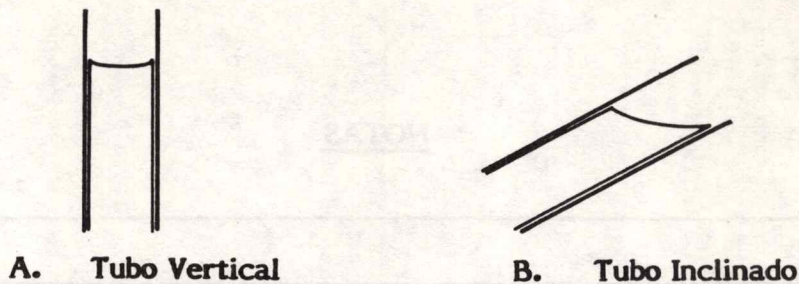


Figura 3-5. Menisco Cóncavo

El método corriente para medir el nivel de un menisco cóncavo consiste en medir desde la parte inferior o más baja de la curva o menisco.

La figura 3-6 muestra un menisco convexo, donde el centro es más alto que los bordes. El mercurio es un ejemplo típico de esta superficie. El método corriente para medir el nivel de un menisco convexo consiste en medir desde la parte superior o más alta de la curva o menisco.

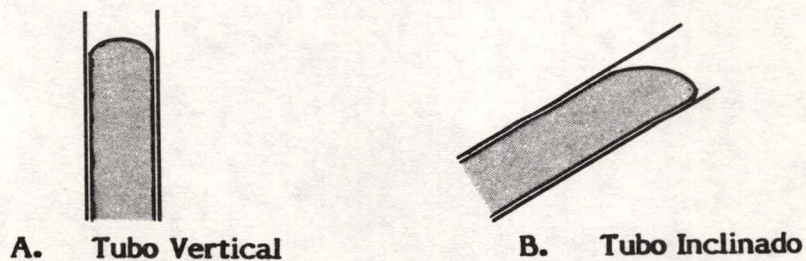


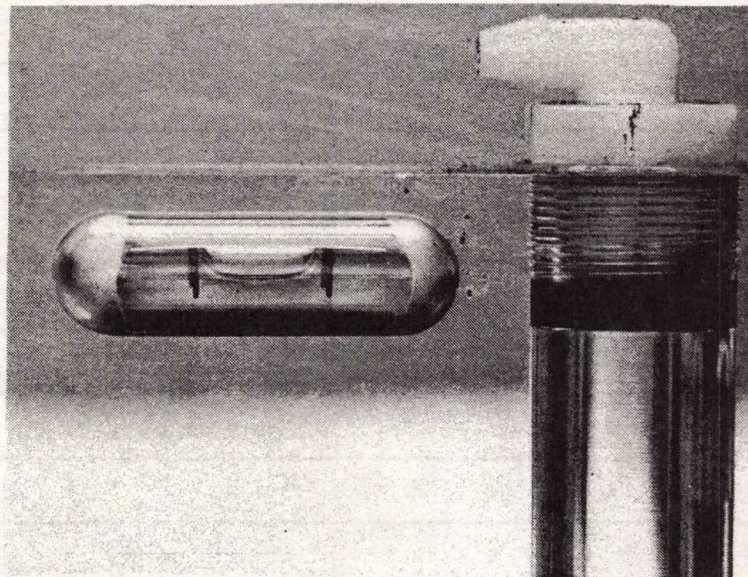
Figura 3-6. Menisco Convexo

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 3

Todos los manómetros deben ser nivelados antes de tomar una medida; si no se nivelan, la medida no será exacta. En la mayoría de los manómetros de tubo inclinado hay un dispositivo que se usa para nivelar el instrumento (véase la figura 3-7A). El dispositivo se gira hasta que la burbuja en el indicador de nivel (figura 3-7B) quede en la posición correcta.



A. Dispositivo de Nivelación

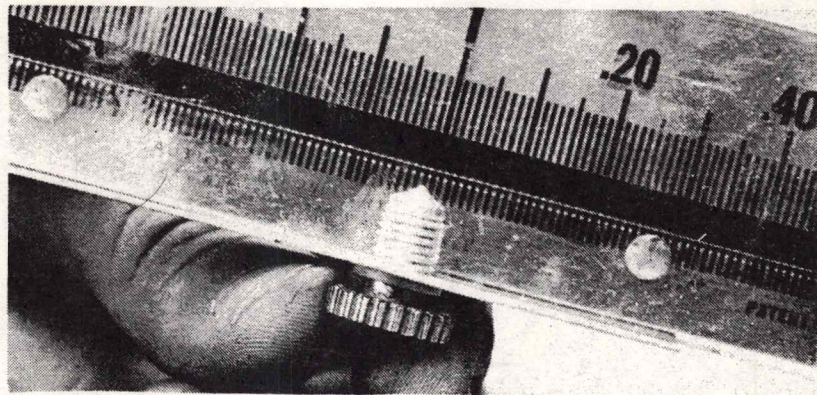


B. Burbuja

Figura 3-7. Dispositivo de Nivelación en un Manómetro de Tubo Inclinado

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 3

Para obtener una medida exacta, se debe ajustar el punto de referencia cero en el manómetro antes de que se aplique la presión y se tome la medida. El punto de referencia cero en el manómetro que se muestra en la figura 3-8 es una perilla que permite ajustar el punto cero de la escala (figura 3-8B) en línea con el nivel del líquido.



A. Rotación de la Perilla



B. Perilla Ajustada a Cero

Figura 3-8. Dispositivo del Punto Cero en la Escala de un Manómetro

Estos preparativos se hacen para saber si el manómetro está funcionando correctamente. El próximo paso será aplicar presión y tomar las medidas necesarias.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 3

REPASO DEL SEGMENTO

1. Verdadero o falso. El principio de funcionamiento de un manómetro consiste en que una columna de líquido de cierta altura ejerce una cantidad determinada de presión.
2. Mencione tres clases de presiones que los manómetros pueden medir.
 - a. _____
 - b. _____
 - c. _____
3. Haga un círculo alrededor de la respuesta correcta.
¿Qué alcance de presiones miden comúnmente los manómetros?
 - a. 0 - 60 psia
 - b. 30 - 40 psia
 - c. 0 - 30 psia
4. Los líquidos que comúnmente se emplean para medir la presión en los manómetros son (a) _____ y (b) _____
(el agua de mar/el mercurio) (el aceite de _____
mercurio/el agua)
5. En un manómetro de tubo en U, es necesario medir _____
(el ángulo de elevación/
el recorrido total) en ambos ramales cuando se toma una medida.
6. Un menisco _____ es más alto en el centro que en los bordes.
(cóncavo/convexo)
7. Un menisco cóncavo se mide siempre desde el punto _____
(más alto/más bajo)
de su superficie.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 3

REPASO DEL SEGMENTO (conclusión)

8. Haga un círculo alrededor de las respuestas correctas.

¿Cuáles de estos pasos son necesarios en la preparación para el uso del manómetro?

- a. Cambiar el tinte del líquido.
- b. Examinar el líquido para ver si tiene contaminantes o impurezas.
- c. Medir la altura o nivel vertical de la columna.
- d. Nivelar el manómetro.
- e. Poner en cero el manómetro.
- f. Pesar el manómetro.
- g. Revisar la cantidad de líquido en el manómetro.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4

SEGMENTO 4 - ELEMENTOS DE PRESION - PRIMERA PARTE

OBJETIVOS DE ESTE SEGMENTO

- Explicar el funcionamiento del tubo de Bourdon.
- Explicar el funcionamiento del fuelle.

RESUMEN DEL SEGMENTO

Muchos de los instrumentos que se emplean para medir la presión contienen unos dispositivos llamados componentes o elementos. Con estos elementos se puede medir o controlar un alcance extenso de presiones industriales. Perciben los cambios de presión y los convierten en movimientos mecánicos. Los componentes o elementos de presión generalmente están conectados a un mecanismo indicador o de aguja que marca los cambios de presión en una escala graduada. Hay muchos tipos diferentes de elementos que se usan en los instrumentos de medir presiones; tres de los más comunes son el tubo de Bourdon, el fuelle y el diafragma.

(VEA EL SEGMENTO 4 DE LA VIDEOCINTA)

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 4

PUNTOS PRINCIPALES

1. El Tubo de Bourdon

El tubo de Bourdon se usa comúnmente para medir un alcance extenso de presiones. Están hechos de diferentes materiales como el bronce, el latón y el acero inoxidable. El material para hacer un determinado tubo de Bourdon se determina según 1) la clase de proceso que va a controlar o medir, y 2) el margen o alcance de presión que va a medir. Mayormente, los tubos de Bourdon se hacen de un material fuerte y resistente para que pueda resistir presiones de un alcance de 5 psi a miles de psi. Sin embargo, los hay también para medir presiones muy pequeñas e incluso el vacío.

La figura 4-1 muestra un tubo de Bourdon en forma de C. Este tubo está hecho de un metal ovalado de paredes delgadas. Un extremo del tubo está abierto y el otro extremo, llamado la punta, está cerrado. El extremo abierto del tubo está conectado a un casquillo o base, que tiene un pasaje de admisión o entrada al tubo. La fuente de presión se conecta a esta base de manera que la presión va de la fuente al tubo pasando por el pasaje de entrada.

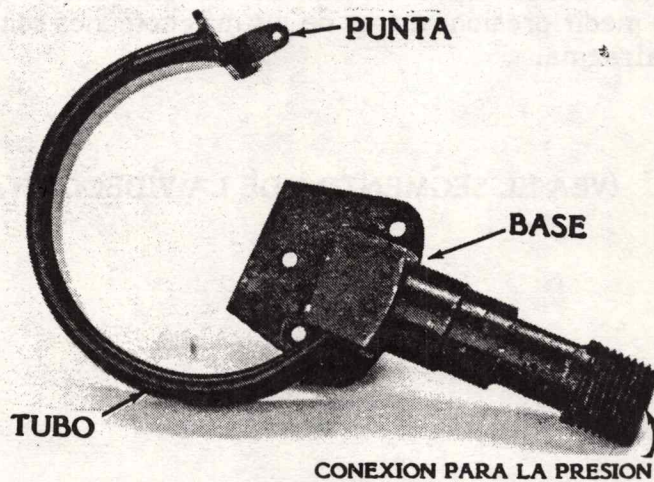


Figura 4-1. Tubo de Bourdon en C

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 4

Cuando se aplica presión a un tubo de Bourdon, el tubo se mueve. Dependiendo del diseño del elemento y del tipo de presión que se aplica, los tubos de Bourdon tienden a enderezarse o enrollarse. Sin embargo la distancia que recorre la punta cuando se aplica presión es relativamente pequeña, como de $1/4$ a $3/8$ de pulgada. Esta distancia es proporcional a la cantidad de presión que se aplica. El mecanismo indicador, conectado a la punta mediante una articulación mecánica, convierte el poco movimiento de la punta a un movimiento mayor en el indicador, lo cual facilita su lectura.

La figura 4-2 muestra un tubo de Bourdon en espiral. Básicamente su construcción es parecida a la del tubo en C, a diferencia que este tubo está enrollado en forma de espiral lo cual le permite desenrollarse más que el tubo en C. Por lo tanto la distancia que recorre la punta cuando se aplica presión es mayor. Como algunos instrumentos requieren que la punta recorra una distancia mayor que la que recorre la del tubo en C, el tubo en espiral ofrece esta ventaja.

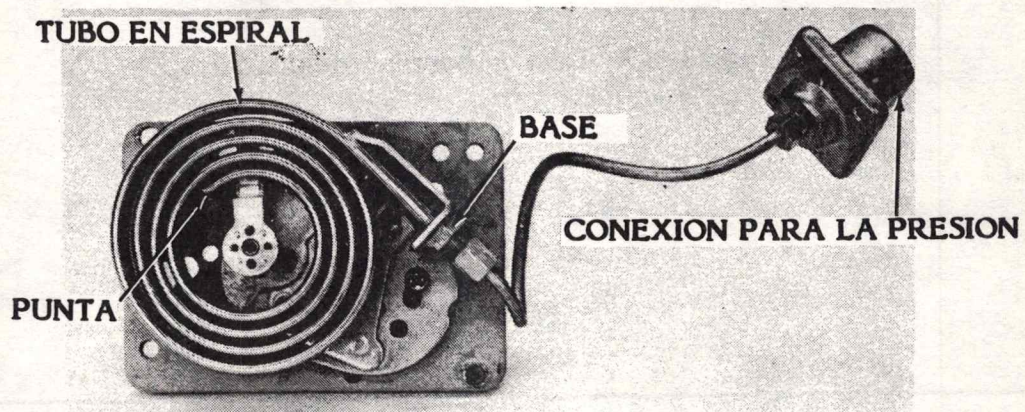


Figura 4-2. Tubo de Bourdon en Espiral

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 4

La figura 4-3 muestra un tubo de Bourdon helicoidal. La construcción de un tubo de Bourdon helicoidal es muy parecida a la del tubo en C y a la del tubo en espiral con una diferencia principal: en un tubo de Bourdon helicoidal, las vueltas o espiras del tubo están dispuestas una directamente sobre la otra. Esta construcción hace que este tubo sea más compacto que los otros dos, y que se pueda emplear donde el espacio es limitado. Así como el tubo espiral, el tubo helicoidal ofrece también un recorrido mayor de la punta que la del tubo en C.



Figura 4-3. Tubo de Bourdon Helicoidal

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 4

2. El Fuelle

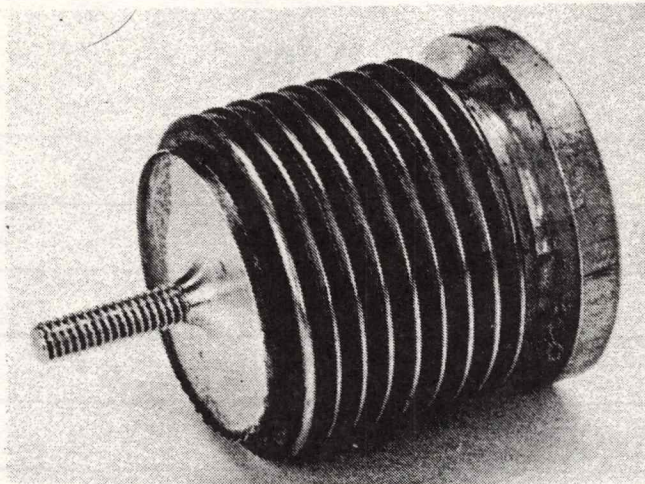
Los elementos de tipo fuelle vienen de muchas formas y tamaños. Son elementos adaptables que pueden medir presiones altas y bajas dependiendo de su construcción. Hay dos factores que determinan el tipo de material que se emplea para hacer un fuelle: 1) la clase de proceso que va a medir o controlar, y 2) el margen o alcance de presiones que va a medir. La mayoría de los fuelles están hechos de una aleación de metal.

NOTAS

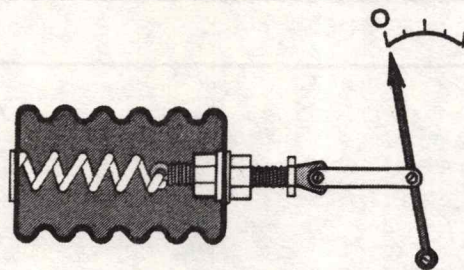
FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 4

Un fuelle puede estar dispuesto dentro de un instrumento de muchas formas diferentes, según el tipo de diseño del instrumento. La figura 4-4A muestra un componente típico de fuelle. El fuelle es un tubo cilíndrico de metal de paredes delgadas. Las paredes del tubo son onduladas para que pueda comprimirse o expandirse fácilmente. El fuelle tiene un extremo cerrado y el otro abierto. Se aplica presión por el extremo abierto y las medidas de presión se toman por el extremo cerrado. Dentro del fuelle, como muestra la figura 4-4B, hay un resorte que se llama el resorte opuesto o antagonista. Su función principal es controlar el movimiento del fuelle para que al extenderse o contraerse durante su funcionamiento normal no se extienda demasiado y se dañe.



A. Vista Externa



B. Vista Transversal

Figura 4-4. Elemento Típico de Fuelle

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 4

La articulación en el extremo del fuelle conecta el extremo cerrado del fuelle al mecanismo indicador. Este mecanismo convierte el movimiento del fuelle, que es relativamente pequeño, a un movimiento mayor del indicador. Cuando se aplica presión al extremo abierto del fuelle, éste se extiende y hace que el indicador se mueva. Cuando se deja de aplicar presión el resorte antagonista fuerza a que el fuelle regrese a su posición original, lo cual, a su vez, hace regresar al indicador a su posición original.

Los fuelles casi siempre tienen un dispositivo de ajuste en cero que se utiliza para cambiar la tensión del resorte antagonista y para ajustar la relación entre el fuelle y el mecanismo indicador para que la aguja marque cero cuando no se aplica presión.

La figura 4-5 muestra otra forma de disposición de un fuelle. En este ejemplo, el fuelle está dentro de un envase, o recipiente, y la conexión para aplicar la presión está en la parte externa del envase. El resorte antagonista va montado por fuera del fuelle pero su función es la misma. La articulación entre el fuelle y el indicador está conectada al extremo cerrado del fuelle.

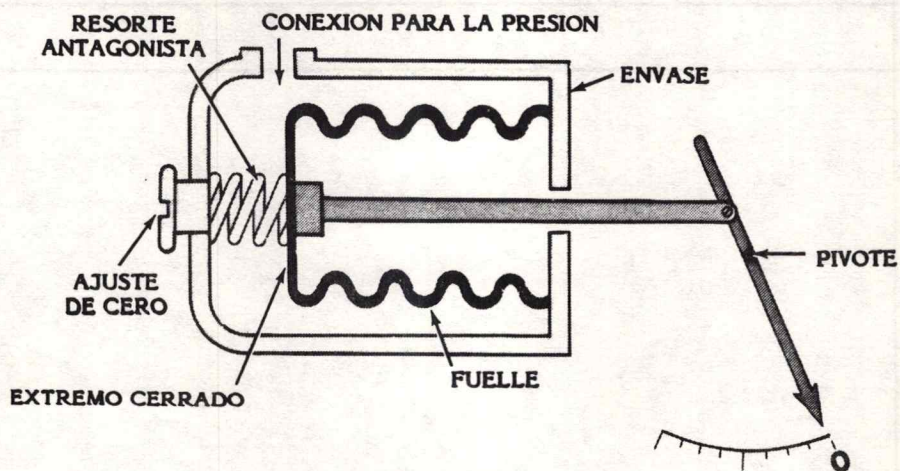


Figura 4-5. El Fuelle Dentro de un Envase

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 4

En este ejemplo la presión se aplica por fuera del fuelle y hace que el fuelle se contraiga. Sin embargo, aunque el fuelle se expanda o se contraiga, la distancia que se mueve el fuelle por el extremo cerrado es aún proporcional a la cantidad de presión que se aplica. El mecanismo indicador conectado al extremo cerrado del fuelle indica el cambio de presión. Cuando se quita la fuente de presión, el resorte antagonista fuerza a que el fuelle regrese a su posición original, lo cual a su vez, hace que la aguja también regrese a su posición original.

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 4

REPASO DEL SEGMENTO

1. ¿Qué son los elementos de presión?

2. Mencione 3 tipos de elementos de tubo de Bourdon.

a. _____

b. _____

c. _____

3. Mencione dos factores que determinan comúnmente el tipo de material que se usa para hacer un componente o elemento de presión.

a. _____

b. _____

4. El extremo cerrado de un tubo de Bourdon se llama _____.
(base/punta)

5. La cantidad de (a) _____ del extremo del tubo de Bourdon
(tensión/recorrido)
es proporcional a la cantidad de (b) _____ que se aplica.
(proceso/presión)

6. Verdadero o falso. El resorte opuesto o antagonista en un fuelle está hecho para contrarrestar la presión que se aplica al componente e impedir que se mueva.

7. Las medidas de presión se toman del extremo _____ del fuelle.
(abierto/cerrado)

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4

SEGMENTO 5 - ELEMENTOS DE PRESION - SEGUNDA PARTE

OBJETIVOS DE ESTE SEGMENTO

- Explicar el funcionamiento de un diafragma metálico típico.
- Describir las condiciones que pueden dañar los componentes o elementos de presión y explicar cómo se puede evitar que ocurran esas condiciones.

(VEA EL SEGMENTO 5 DE LA VIDEOCINTA)

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 5

PUNTOS PRINCIPALES

1. El Diafragma

Los diafragmas son elementos que se usan comúnmente en los instrumentos de presión diseñados para medir e indicar cambios muy pequeños de presión. Los diafragmas están generalmente divididos en dos grupos: 1) diafragmas metálicos, y 2) diafragmas flácidos o blandos que también pueden ser de metal.

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 5

2. Los Diafragmas Metálicos

La figura 5-1 muestra un ejemplo típico de un diafragma metálico. Este consiste en dos piezas acopadas semicirculares de metal delgado, las cuales están unidas formando una cápsula o platillo.

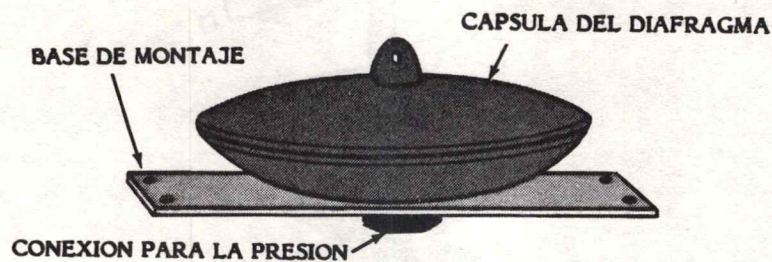


Figura 5-1. Diafragma Metálico Típico en Forma de Cápsula

El tipo y espesor del metal que se usa para hacer un diafragma depende del tipo o cantidad de presión que el diafragma va a medir. El funcionamiento del diafragma depende de la capacidad de desviación, es decir de la flexibilidad del diafragma en cuanto a los cambios de presión. En el diafragma de la figura 5-1 la conexión para la presión está en la parte inferior de la cápsula, y la presión se toma por la parte superior de la cápsula.

Cuando se aplica presión a la cápsula, la presión hace que se encorve o flexione la cápsula. Este movimiento puede ser tan mínimo como unos milésimos de pulgadas. Sin embargo, cuando se conectan mecanismos sensibles al conjunto del diafragma, el movimiento más leve, puede convertirse para dar una indicación proporcional al cambio de presión. Dependiendo del mecanismo, la indicación puede ser un movimiento del mecanismo, o cualquier otra indicación que sea proporcional al cambio de presión.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 5

La figura 5-2 muestra un diafragma metálico de cápsulas apiladas. La construcción básica de este componente es igual a la del diafragma de cápsula de la figura 5-1, pero en ésta hay cuatro cápsulas apiladas una sobre la otra.

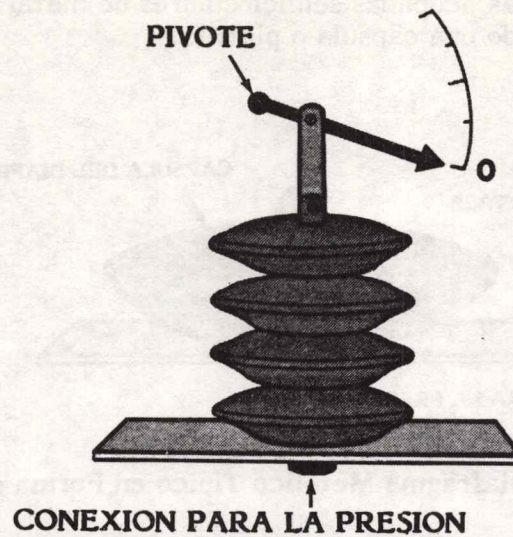


Figura 5-2. Diafragma Metálico de Cápsulas Apiladas

Cuando se aplica presión al diafragma de cápsulas apiladas como en la figura 5-2, la desviación es cuatro veces mayor de lo que sería si hubiera sólo una cápsula. El movimiento total de las cápsulas apiladas es la suma de desviación de las cuatro cápsulas. La ventaja que tiene este diafragma es que su disposición ofrece mayor recorrido. El diseño de algunos instrumentos requiere una cantidad bastante grande de recorrido para indicar los cambios de presión.

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 5

3. El Diafragma Flácido o Blando

El diafragma flácido generalmente necesita una parte adicional para su funcionamiento: el resorte antagonista. El diafragma flácido generalmente está hecho de un material delgado como el cobre, el cuero o un material de caucho, superflexible. El resorte, o parte elástica, es necesario para contrarrestar el movimiento del diafragma porque éste es muy flexible.

La figura 5-3 muestra un ejemplo de un instrumento de presión de diafragma flácido. En este ejemplo el diafragma es tan flexible que está montado entre dos bridas. En el centro del diafragma hay un disco metálico delgado donde se conecta la articulación de conexión. El resorte antagonista fuerza al elemento para que regrese a su posición original después de haberse retirado la fuente de presión. El ajuste de cero se emplea para ajustar el mecanismo indicador en cero antes de aplicar presión al instrumento.

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 5

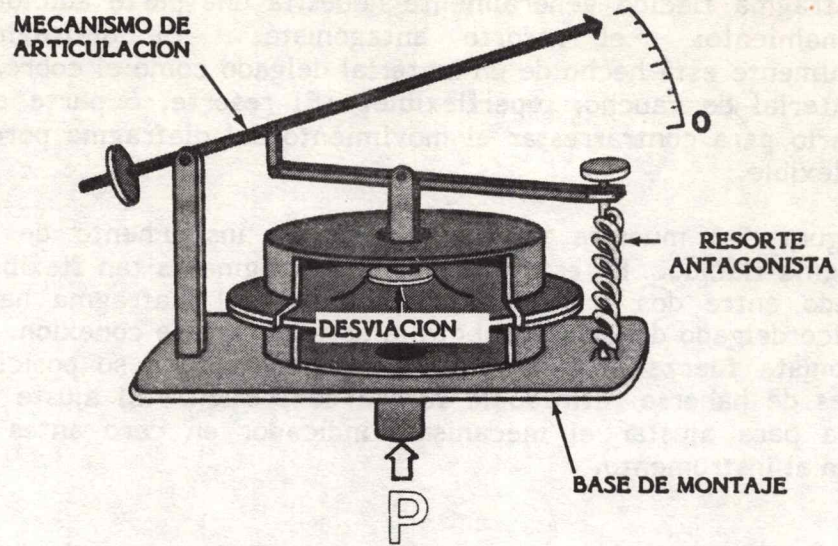


Figura 5-3. Diafragma Flácido

La flecha marcada con una "P" en la figura 5-3 indica la dirección de la presión aplicada. Cuando se aplica presión por la conexión, el diafragma se mueve o desvía en esa misma dirección. Su movimiento se convierte en movimiento mecánico por el mecanismo de articulación y este movimiento causa el cambio de presión en el indicador.

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 5

5. La Sobrepresión

La sobrepresión puede ocurrir en cualquier situación en la que se esté tomando una medida de presión. Un aumento repentino en la presión, más allá del alcance de funcionamiento normal del elemento causa la sobrepresión. Las señas más comunes de la sobrepresión son un elemento deformado o roto, o como se ve en la figura 5-4, una aguja indicadora doblada o torcida. En este ejemplo, el daño fue causado porque el instrumento había excedido su capacidad, es decir, el elemento fue expuesto a presiones más altas que las que el instrumento podía medir. De manera que, hay que cambiar el elemento de presión y la aguja indicadora para reparar el instrumento.

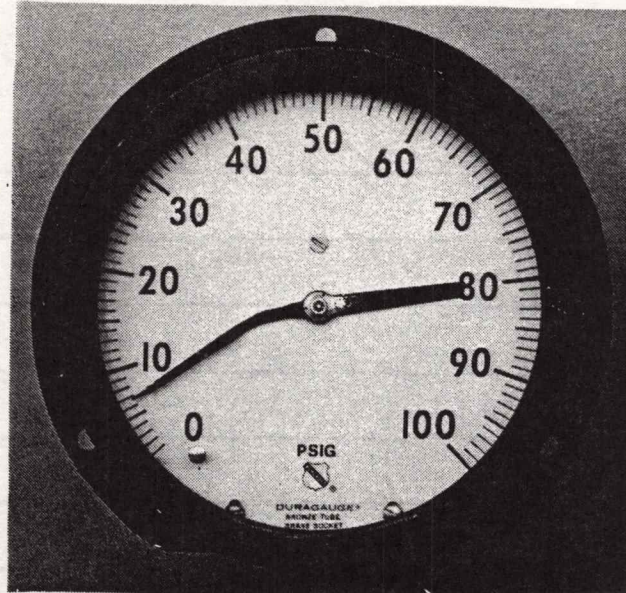


Figura 5-4. Señal de un Manómetro que ha Excedido su Capacidad de Funcionamiento

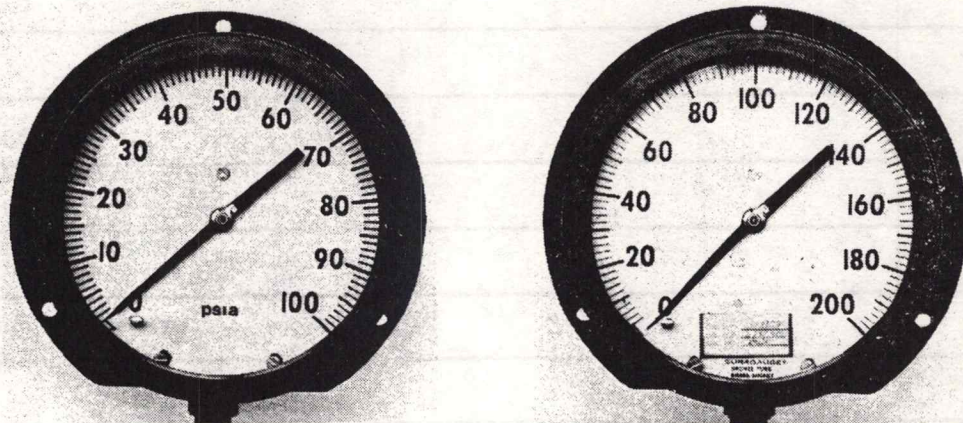
NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 5

Para evitar que otro instrumento se dañe por una sobrepresión se debe seleccionar cuidadosamente un instrumento que tenga la capacidad de funcionamiento adecuada. El primer paso en el proceso de selección es determinar cuál es la indicación de presión máxima para el proceso que se va a medir. Una vez que ésto se determina, se puede seleccionar el instrumento adecuado. Debe ser un instrumento que mida un alcance de presiones que sean aproximadamente el doble de la presión máxima de ese proceso, para que la medida o indicación de presión caiga en la mitad de la escala en la placa del instrumento. Este margen de funcionamiento que se da asegura que el instrumento no exceda de nuevo su capacidad o límites de funcionamiento.

La figura 5-5 muestra las carátulas o placas de dos manómetros. Si el manómetro A excede sus límites, el manómetro B sería una buena selección como repuesto. Una comparación de los alcances o límites de estos instrumentos muestra que si la medida o indicación máxima de presión para este proceso es de 80 psi, el manómetro B permite una cantidad de margen adecuada para un aumento repentino de presión.



A. Manómetro con un Alcance de 0 psi a 100 psi

B. Manómetro con un Alcance de 0 psi a 200 psi

Figura 5-5. Placas de Dos Manómetros

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 5

9. Las Condiciones del Proceso

En algunos casos, un elemento de presión se daña por el proceso que está midiendo. Por ejemplo, si el proceso incluye una sustancia de temperatura alta, como el vapor, el elemento puede no tolerarlo. En este caso, se puede evitar el problema seleccionando un elemento de repuesto que sea más compatible con el proceso.

Si el proceso que se está midiendo es de una sustancia corrosiva, como el ácido, puede instalarse un dispositivo como el diafragma de aislamiento (figura 5-6) para proteger al elemento de un manómetro. Fundamentalmente, un diafragma de aislamiento separa al elemento de presión del líquido corrosivo sin interferir con la capacidad del elemento de percibir los cambios de presión. La presión del líquido empuja contra el fondo del diafragma y hace que éste se encorve. Cuando el diafragma se encorva, la presión se transmite al elemento de presión del manómetro a través de un líquido que no es corrosivo, como por ejemplo la glicerina, que llena el espacio sobre el diafragma.

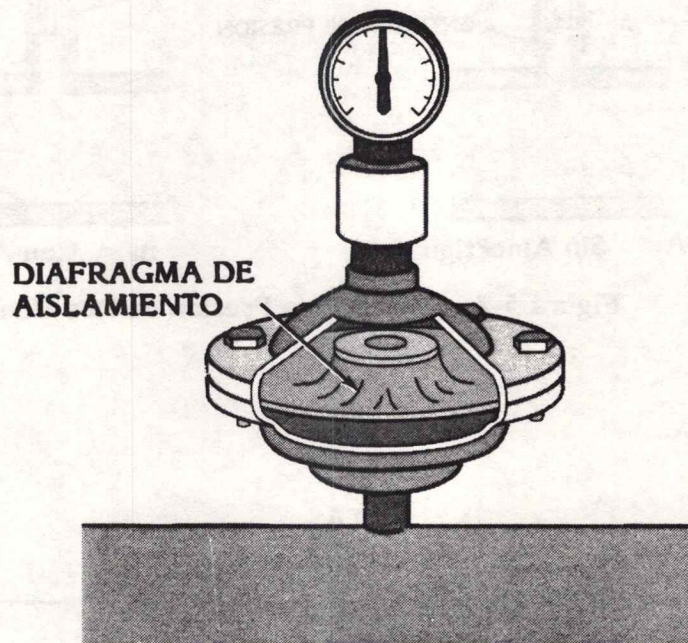


Figura 5-6. Diafragma de Aislamiento

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - SEGMENTO 5

En algunos procesos, la presión fluctúa rápidamente de alto a bajo. Estas fluctuaciones rápidas dañan, con el tiempo, los elementos de presión y los mecanismos indicadores. Se pueden eliminar estas fluctuaciones con un dispositivo llamado amortiguador. Las ilustraciones A y B de la figura 5-7 muestran las entradas de presión de dos manómetros. La entrada de A es relativamente grande, pero la de B es mucho más pequeña porque contiene un amortiguador. Básicamente, el amortiguador reduce el tamaño de la entrada de la presión; y consecuentemente, aunque el manómetro sigue expuesto a la misma cantidad de presión, se tarda más tiempo para que el elemento reciba todo el impacto de la presión. El elemento reacciona más lentamente pero sin perder su exactitud.

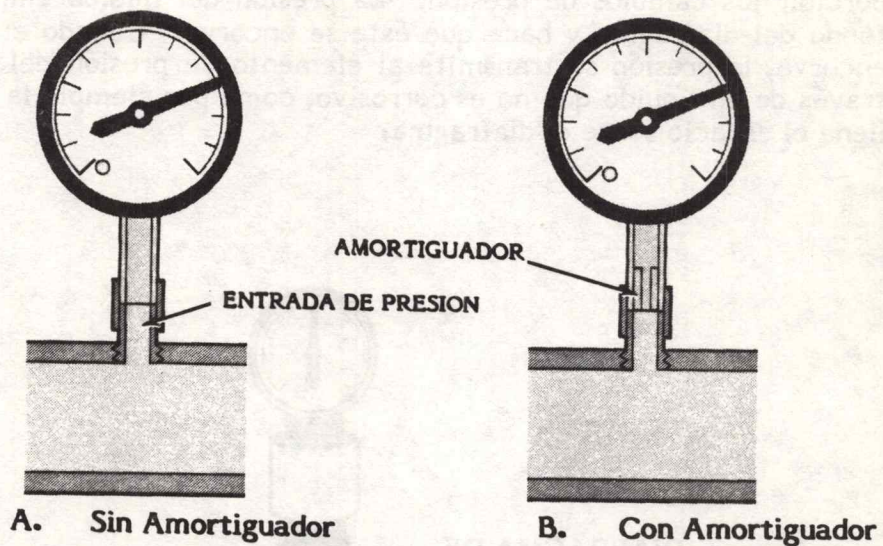


Figura 5-7. Entradas de Presión de Dos Manómetros

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 5

REPASO DEL SEGMENTO

1. El funcionamiento de un elemento de presión de diafragma metálico depende de la capacidad de _____ del metal.
(deterioración/desviación)

2. Verdadero o falso. Aunque el diafragma es flácido está hecho generalmente de un material muy delgado y muy flexible, como el cuero, el caucho y el metal.

3. En un diafragma flácido se emplea _____
(un resorte antagonista/la capacidad de desviación) para regresar el diafragma a su posición original después que cesa la presión.

4. Cuando se aplica presión a un diafragma metálico, la presión hace que el elemento _____.

5. Haga un círculo alrededor de las respuestas correctas.
¿Cuáles de las siguientes condiciones pueden dañar un elemento de presión?
 - a. Falta de humedad
 - b. Las vibraciones
 - c. El ruido excesivo
 - d. Los procesos corrosivos
 - e. Los extremos de temperaturas
 - f. La sobrepresión
 - g. La caída de presión
 - h. Las fluctuaciones rápidas
 - i. El traslado

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4

SEGMENTO 6 - LOS TRANSDUCTORES DE PRESION

OBJETIVOS DE ESTE SEGMENTO

- Explicar lo que es un transductor y dar ejemplos.
- Identificar las partes de un conmutador de presión típico y explicar su funcionamiento.
- Identificar las partes principales de un transductor piezoeléctrico típico y explicar su funcionamiento.
- Identificar las partes principales de un transmisor indicador de presión (PIT) y explicar su funcionamiento.

RESUMEN DEL SEGMENTO

Un transductor es un instrumento que recibe información sobre una cantidad variable en términos de cantidad física, como por ejemplo la presión. El transductor convierte esta información en otra información en la misma cantidad o en una cantidad diferente. Por ejemplo un transductor puede recibir información en términos de presión y convertirla a corriente, voltaje, o a una señal neumática. Hay muchos tipos diferentes de transductores. Un tipo es el indicador de tubo de Bourdon que muestra la figura 6-1. Este convierte un cambio físico de presión a una cantidad de recorrido de la punta, o movimiento mecánico, que es proporcional al cambio de presión.

(VEA EL SEGMENTO 6 DE LA VIDEOCINTA)

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 6

PUNTOS PRINCIPALES

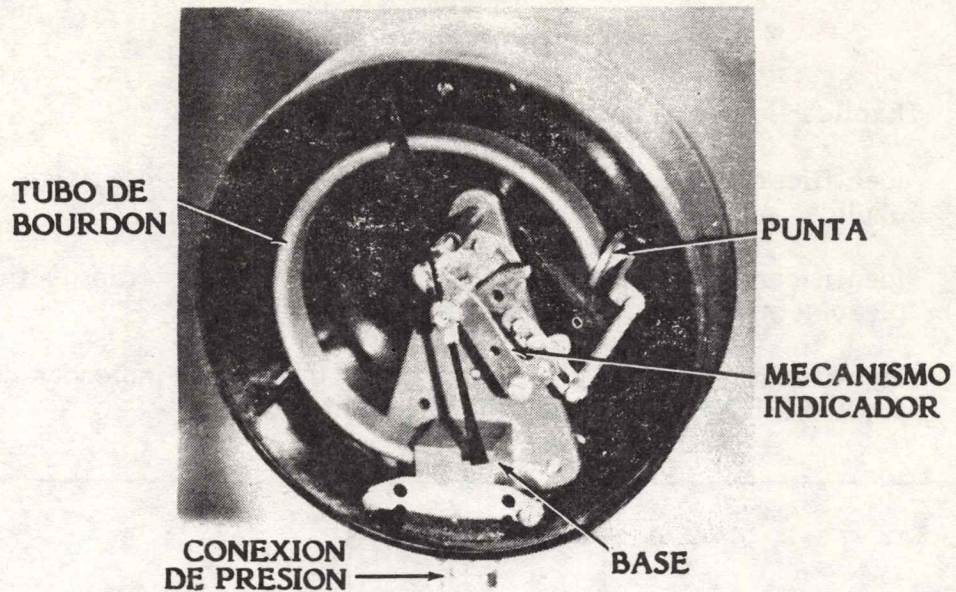


Figura 6-1. Indicador de Tubo de Bourdon

1. El Conmutador de Presión

El conmutador de presión de la figura 6-2 es un transductor que recibe información en cantidades de presión y la convierte en una señal eléctrica. El conmutador consiste en un elemento de presión de tubo de Bourdon, un tubo de mercurio sellado y un conjunto de contactos eléctricos. El tubo de Bourdon está conectado al conmutador de mercurio y los contactos eléctricos están situados en el extremo del tubo de mercurio.

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 6

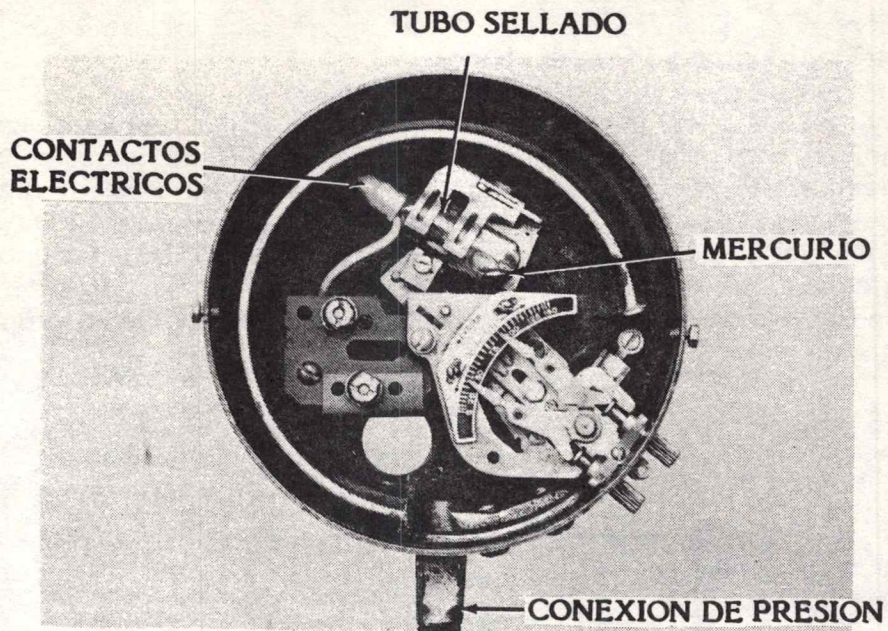


Figura 6-2. Conmutador de Presión

Cuando la presión aplicada al tubo de Bourdon llega a un valor predeterminado, el tubo sellado se inclina. Esta acción hace que el mercurio del tubo se acumule o colecte en el extremo donde están los contactos y así se completa el circuito eléctrico. Los conmutadores de este tipo se emplean para efectuar una variedad de funciones, como por ejemplo para indicar la presión alta o baja en un tanque, o para arrancar o parar una bomba. Usted como técnico generalmente debe fijar el punto preestablecido en el cual un conmutador hace contacto o lo interrumpe. El establecimiento o ajuste de este punto de contacto se llama calibración.

NOTAS

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 6

2. Los Transductores Piezoeléctricos

Hay muchos tipos de transductores piezoeléctricos o sea transductores que emplean unos cristales especiales que generan una pequeña cantidad de potencial eléctrico o voltaje cuando se someten a presión. La figura 6-3 muestra un ejemplo típico de un transductor piezoeléctrico. Sus partes principales incluyen un elemento de presión de diafragma, un cristal, una articulación de conexión, y un amplificador de voltaje. En este ejemplo, el dispositivo convierte una cantidad de presión a una señal proporcional de voltaje.

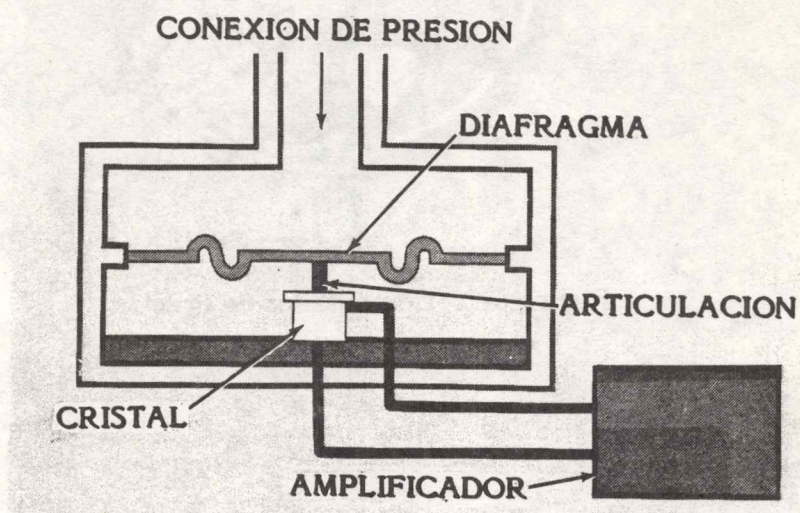


Figura 6-3. Transductor piezoeléctrico

Cuando se aplica presión al diafragma, la fuerza que ejerce hacia abajo el mecanismo de articulación hace que se ejerza presión sobre el cristal. Esta presión a su vez, hace que el cristal produzca un pequeño voltaje. El voltaje producido por el cristal es proporcional a la cantidad de presión aplicada, o sea cuanto más alta la presión, más alto es el voltaje. Sin embargo, la señal de salida del cristal es muy pequeña y tiene, en todo caso, que ser amplificada antes que pueda accionar un dispositivo indicador de presión.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 6

3. Los Transmisores Indicadores de Presión

Un transmisor indicador de presión, comúnmente llamado PIT, mide e indica los cambios de presión, y produce una señal neumática o electrónica proporcional al cambio de presión. La figura 6-4 muestra un transmisor indicador de presión neumático.

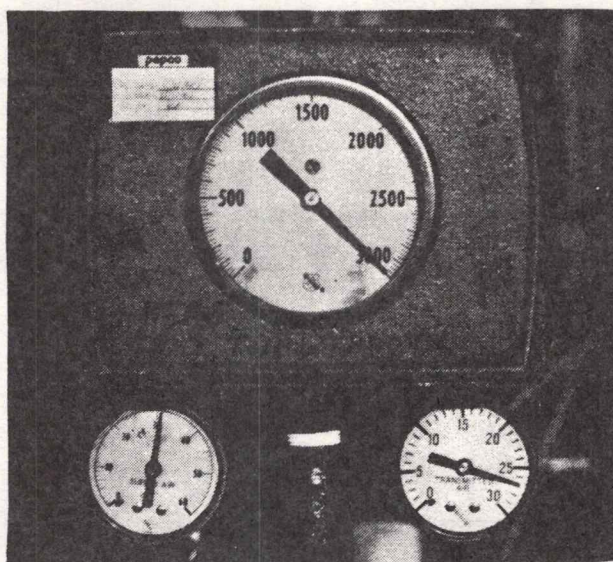


Figura 6-4. Transmisor Indicador de Presión Neumático

El transmisor de la figura 6-4 tiene tres partes principales: 1) un elemento de presión de tubo de Bourdon, 2) un movimiento de engranaje de precisión, y 3) un transmisor. El elemento de presión de tubo de Bourdon percibe los cambios de presión y los convierte en movimiento mecánico. El movimiento de engranaje convierte el recorrido de la punta del elemento de tubo de Bourdon en movimiento de la aguja indicadora. El transmisor convierte el movimiento mecánico a una señal neumática que cambia en proporción al cambio de presión.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - SEGMENTO 6

REPASO DEL SEGMENTO

Verdadero o falso. Los transductores proporcionan información sobre el estado o condición de las variables de un proceso en los sistemas de la planta.

Los transductores de presión reciben información en términos de presión y la convierten en cantidades tales como (a) _____,
(b) _____, (c) _____ o
(d) _____.

Haga un círculo alrededor de las respuestas correctas.

Identifique cuatro funciones de los transductores de presión.

- a. Causan fluctuaciones en la presión.
- b. Perciben cambios de presión.
- c. Identifican las fuentes de vibración.
- d. Convierten la información de una cantidad a otra.
- e. Convierten la presión en movimiento mecánico.
- f. Indican el estado o condición de la variable de un proceso.

Los transductores piezoeléctricos utilizan cristales que producen _____
(una alarma/
un voltaje) cuando se les aplica presión.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4

APENDICE

TABLAS DE CONVERSION

Las pulgadas inglesa y americana se han equiparado a 25.4 mm exactamente para mediciones inglesas.

Los pesos norteamericanos son iguales a los ingleses, aceptándose con carácter general la equivalencia de 1 kg = 2.204 6223 libras avoirdupois; y 1 kg = 2.679 22871 libras troy.

PESOS POR UNIDAD DE SUPERFICIE: PRESIONES

Medidas inglesas

1 long ton/sq. yd. = 1,215 186 t/m ²	1 t/m ² = 0,822 919 long ton/sq. yd.
1 long ton/sq. ft. = 10,936 68 t/m ²	1 t/m ² = 0,091 4354 long ton/sq. ft.
1 short ton/sq. yd. = 1,084 988 t/m ²	1 t/m ² = 0,921 669 short ton/sq. yd.
1 short ton/sq. ft. = 9,764 89 t/m ²	1 t/m ² = 0,102 408 short ton/sq. ft.
1 short ton/sq. in. = 140,614 kg/cm ²	1 kg/cm ² = 0,007 111 65 sh. ton/sq. in.
1 lb. av./sq. yd. = 0,542 494 kg/m ²	1 kg/m ² = 1,843 399 lbs. av./sq. yd.
1 lb. troy/sq. yd. = 0,446 395 kg/m ²	1 kg/m ² = 2,240 169 lbs. troy/sq. yd.
1 lb. troy/sq. ft. = 4,017 555 kg/m ²	1 kg/m ² = 0,248 908 lbs. troy/sq. ft.
1 lb. troy/sq. in. = 0,057 852 8 kg/cm ²	1 kg/cm ² = 17,285 25 lbs. troy/sq. in.
1 lb. av./sq. in. = 0,070 307 208 kg/cm ²	1 kg/cm ² = 14,223 293 lbs. av./sq. in.
1 ons. av./sq. ft. = 0,305 153 kg/m ²	1 kg/m ² = 3,277 047 ons. av./sq. ft.
1 onz. av./sq. in. = 4,394 201 g/cm ²	1 g/cm ² = 0,227 573 onz. av./sq. in.
1 ons. troy/sq. ft. = 0,334 796 kg/m ²	1 kg/m ² = 2,986 892 onz. troy/sq. ft.
1 onz. troy/sq. in. = 4,821 066 g/cm ²	1 g/cm ² = 0,207 423 onz. troy/sq. in.
1 dram (adarme)/sq. in. = 0,274 638 g/cm ²	1 g/cm ² = 3,641 163 drams/sq. in.
1 grano troy/sq. in. = 1,004 3887 g/dm ²	1 g/dm ² = 0,995 630 51 granos tr./sq. in.
1 sq. in per troygrain = 0,995 630 51 dm ² /g	1 dm ² /g = 1,004 3887 grain per sq. in.

TABLA 1

a) Reducción de long tons/pulgada² a kilogramos/centímetro²

1 ton per sq. in. = 157,488 146 kg/cm² (o bien 1 kg/cm² = 157,488 146 sq. in per ton)

ton/ sq. in.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	157,488	314,976	472,464	629,953	787,441	944,929	1102,42	1259,91	1417,39
10	1574,88	1732,37	1889,86	2047,35	2204,83	2362,32	2519,81	2677,30	2834,79	2992,27
20	3149,76	3307,25	3464,74	3622,23	3779,72	3937,20	4094,69	4252,18	4409,67	4567,16
30	4724,64	4882,13	5039,62	5197,11	5354,60	5512,09	5669,57	5827,06	5984,55	6142,04
40	6299,53	6457,01	6614,50	6771,99	6929,48	7086,97	7244,45	7401,94	7559,43	7716,92
50	7874,41	8031,90	8189,38	8346,87	8504,36	8661,85	8819,34	8976,82	9134,31	9291,80
60	9449,29	9606,78	9764,26	9921,75	10079,2	10236,7	10394,2	10551,7	10709,2	10866,7
70	11024,2	11181,7	11339,1	11496,6	11654,1	11811,6	11969,1	12126,6	12284,1	12441,6
80	12599,1	12756,5	12914,0	13071,5	13229,0	13386,5	13544,0	13701,5	13859,0	14016,4
90	14173,9	14331,4	14488,9	14646,4	14803,9	14961,4	15118,9	15276,4	15433,8	15591,3
100	15748,8	15906,3	16063,8	16221,3	16378,8	16536,3	16693,7	16851,2	17008,7	17166,2

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - APENDICE

TABLA 1 (conclusión)

b) Toneladas métricas/centímetro² a long tons/pulgada²

1 t/cm² = 6,349 6842 tons per sq. in. (o bien 1 sq. in. per ton = 6,349 6842 cm²/t)

t/cm ²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	6,34968	12,6994	19,0490	25,3987	31,7484	38,0981	44,4478	50,7975	57,1472
10	63,4968	69,8465	76,1962	82,5459	88,8956	95,2453	101,595	107,945	114,294	120,644
20	126,994	133,343	139,693	146,043	152,392	158,742	165,092	171,441	177,791	184,141
30	190,491	196,840	203,190	209,539	215,889	222,239	228,589	234,938	241,288	247,638
40	253,987	260,337	266,687	273,036	279,386	285,736	292,085	298,435	304,785	311,135
50	317,484	323,834	330,184	336,533	342,883	349,233	355,582	361,932	368,282	374,631
60	380,981	387,331	393,680	400,030	406,380	412,729	419,079	425,429	431,779	438,128
70	444,478	450,828	457,177	463,527	469,877	476,226	482,576	488,926	495,275	501,625
80	507,975	514,324	520,674	527,024	533,373	539,723	546,073	552,423	558,772	565,122
90	571,472	577,821	584,171	590,521	596,870	603,220	609,570	615,919	622,269	628,619
100	634,968	641,318	647,668	654,017	660,367	666,717	673,067	679,416	685,766	692,116

TABLA 2

a) Reducción de libras inglesas avoirdupois/pie² a kilogramos/metro²

1 lb. av. per sq. ft. = 4,882 444 97 kg/m² (o bien 1 m²/kg = 4,882 444 97 sq. ft. per lb.)

lb./sq. ft.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	4,882 44	9,764 89	14,647 3	19,529 8	24,412 2	29,294 7	34,177 1	39,059 6	43,942 0
10	48,82 44	53,706 9	58,589 3	63,471 8	68,354 2	73,236 7	78,119 1	83,001 6	87,884 0	92,766 5
20	97,64 89	102,531	107,414	112,296	117,179	122,061	126,944	131,826	136,708	141,591
30	146,47 3	151,356	156,238	161,121	166,003	170,886	175,768	180,650	185,533	190,415
40	195,29 8	200,180	205,063	209,945	214,828	219,710	224,592	229,475	234,357	239,240
50	244,12 2	249,005	253,887	258,770	263,652	268,534	273,417	278,299	283,182	288,064
60	292,94 7	297,829	302,712	307,594	312,476	317,359	322,241	327,124	332,006	336,889
70	341,77 1	346,654	351,536	356,418	361,301	366,183	371,066	375,948	380,831	385,713
80	390,59 6	395,478	400,360	405,243	410,125	415,008	419,890	424,773	429,655	434,538
90	439,42 0	444,302	449,185	454,067	458,950	463,832	468,715	473,597	478,480	483,362
100	488,24 4	493,127	498,009	502,892	507,774	512,657	517,539	522,422	527,304	532,187

b) Reducción de kilogramos/metro² a libras/pie²

1 kg/m² = 0,204 815 42 lbs. per sq. ft. (o bien 1 sq. ft. per lb. = 0,204 815 42 m²/kg)

kg/m ²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0,20482	0,40963	0,61445	0,81926	1,02408	1,22889	1,43371	1,63852	1,84334
10	2,04815	2,25297	2,45779	2,66260	2,86742	3,07223	3,27705	3,48186	3,68668	3,89149
20	4,09631	4,30112	4,50594	4,71075	4,91557	5,12039	5,32520	5,53002	5,73483	5,93965
30	6,14446	6,34928	6,55409	6,75891	6,96372	7,16854	7,37336	7,57817	7,78299	7,98780
40	8,19262	8,39743	8,60225	8,80706	9,01188	9,21669	9,42151	9,62632	9,83114	10,0360
50	10,2408	10,4456	10,6504	10,8552	11,0600	11,2648	11,4697	11,6745	11,8793	12,0841
60	12,2889	12,4937	12,6986	12,9034	13,1082	13,3130	13,5178	13,7226	13,9274	14,1323
70	14,3371	14,5419	14,7467	14,9515	15,1563	15,3612	15,5660	15,7708	15,9756	16,1804
80	16,3852	16,5900	16,7949	16,9997	17,2045	17,4093	17,6141	17,8189	18,0238	18,2286
90	18,4334	18,6382	18,8430	19,0478	19,2526	19,4575	19,6623	19,8671	20,0719	20,2767
100	20,4815	20,6864	20,8912	21,0960	21,3008	21,5056	21,7104	21,9152	22,1201	22,3249

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - APENDICE

TABLA 3

a) Reducción de libras inglesas avoirdupois/pulgada² a kilogramos/cm²

1 lb. per sq. in. = 0,070 307 208 kg/cm² (o bien 1 cm²/kg = 0,070 307 208 sq. in. por lb.)

lbs./sq. in.	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0,70307	1,40614	2,10922	2,81229	3,51536	4,21843	4,92150	5,62458	6,32765
100	7,03072	7,73379	8,43686	9,13994	9,84301	10,5461	11,2492	11,9522	12,6553	13,3584
200	14,0614	14,7645	15,4676	16,1707	16,8737	17,5768	18,2799	18,9829	19,6860	20,3891
300	21,0922	21,7952	22,4983	23,2014	23,9044	24,6075	25,3106	26,0137	26,7167	27,4198
400	28,1229	28,8260	29,5290	30,2321	30,9352	31,6382	32,3413	33,0444	33,7475	34,4505
500	35,1536	35,8567	36,5597	37,2628	37,9659	38,6690	39,3720	40,0751	40,7782	41,4812
600	42,1843	42,8874	43,5905	44,2935	44,9966	45,6997	46,4028	47,1058	47,8089	48,5120
700	49,2150	49,9181	50,6212	51,3243	52,0273	52,7304	53,4335	54,1365	54,8396	55,5427
800	56,2458	56,9488	57,6519	58,3550	59,0580	59,7611	60,4642	61,1673	61,8703	62,5734
900	63,2765	63,9796	64,6826	65,3857	66,0888	66,7918	67,4949	68,1980	68,9011	69,6041
1000	70,3072	71,0103	71,7133	72,4164	73,1195	73,8226	74,5256	75,2287	75,9318	76,6348

b) Reducción de kilogramos/cm² a libras inglesas/pulgada²

1 kg/cm² = 14,223 293 lbs. per sq. inch¹⁾ (o bien 1 sq. inch per lb. = 14,223 293 cm²/kg)

kg/cm ²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	14,2233	28,4466	42,6699	56,8932	71,1165	85,3398	99,5631	113,786	128,010
10	142,233	156,456	170,680	184,903	199,126	213,349	227,573	241,796	256,019	270,243
20	284,466	298,689	312,912	327,136	341,359	355,582	369,806	384,029	398,252	412,475
30	426,699	440,922	455,145	469,369	483,592	497,815	512,039	526,262	540,485	554,708
40	568,932	583,155	597,378	611,602	625,825	640,048	654,271	668,495	682,718	696,941
50	711,165	725,388	739,611	753,835	768,058	782,281	796,504	810,728	824,951	839,174
60	853,398	867,621	881,844	896,067	910,291	924,514	938,737	952,961	967,184	981,407
70	995,631	1009,85	1024,08	1038,30	1052,52	1066,75	1080,97	1095,19	1109,42	1123,64
80	1137,86	1152,09	1166,31	1180,53	1194,76	1208,98	1223,20	1237,43	1251,65	1265,87
90	1280,10	1294,32	1308,54	1322,77	1336,99	1351,21	1365,44	1379,66	1393,88	1408,11
100	1422,33	1436,55	1450,78	1465,00	1479,22	1493,45	1507,67	1521,89	1536,12	1550,34

¹⁾ Por acuerdo de la 3.^a Conferencia internacional para revisión de las tablas de vapor (septiembre de 1934), 1 kg/cm² = 14,2233 lbs. per square inch (deducido del promedio - 25,4000 mm - entre las pulgadas inglesa y norteamericana).

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - APENDICE

COMPARACION ENTRE LAS UNIDADES DE PRESION ¹⁾

TABLA 1

Atmósfera antigua (columna mercurial de 28 pulgadas de París = 757,958 mm) = 0,997 32 atmósferas físicas (atm); valor recíproco 1,002 69.

Unidades	kg/cm ²	milim. mercurio	atm. físicas	bares	kcal-IT m ²	inches mercurio	lbs. av. sq. inch
1 kg/cm ² (at)	1	735,559	0,98784	0,98066 ²⁾	23,4198	28,9591	14,2233
1000 mm de mercurio ³⁾ .	1,35951	1000	1,31579	1,33322	31,8395	39,3701	19,3371
1 atmósf. física (atm) . .	1,03323	760,000	1	1,01325	24,1979	29,9213	14,6959
1 bar ⁴⁾	1,01972	750,062	0,98692	1	23,8815	29,5300	14,5035
1 kcal-IT/m ²	0,042699	31,4076	0,041326	0,041873	1	1,23652	0,60732
10 pulg. ingl. mercurio . .	0,34532	254,000	0,33421	0,33864	8,08719	10	4,91152
10 lbs./sq. inch	0,70307	517,151	0,68048	0,68948	16,4658	20,3603	10

¹⁾ Los valores asignados, a la unidad de presión "libra por pulgada cuadrada," en la 3.^a Conferencia internacional (septbr. 1934) para revisión de las tablas de vapor - deducidos del promedio 25,4000 mm entre ambas pulgadas, inglesa y norteamericana -, apenas difieren de los valores que da la tabla (referidos a la pulgada cuadrada inglesa, exacta). Véase también la tabla 2 - ²⁾ aceleración de la gravedad normal: $g = 980,665 \text{ cm/seg}^2$. - ³⁾ Peso específico del mercurio = $13,5951 \text{ kg/dm}^3$ (a 0° C); 1 mm de mercurio = 1 Torr. - ⁴⁾ Presión de 1 bar (b) = 10^6 dinas por centímetro cuadrado; 1 milibar (mb) = 10^{-3} b; 1 microbar (μ b) = 10^{-6} b. - ⁵⁾ La kilocaloría internacional = 1 kcal IT = vale 426,99 kgm. deducida de $3,6721 \cdot 10^7 / 860$ (1 kilovatio-hora internacional = $3,6721 \cdot 10^7 \text{ kgm} = 860 \text{ calorías IT}$).

TABLA 2

a) Conversión de kilogramos/cm² en milímetros de mercurio, a 0° C

1 kg/cm² = 10 000 mm de columna de agua = 735,5591 mm de mercurio

kg/cm ²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	735,559	1471,12	2206,68	2942,24	3677,80	4413,35	5148,91	5884,47	6620,03
10	7355,59	8091,15	8826,71	9562,27	10297,8	11033,4	11768,9	12504,5	13240,1	13975,6
20	14711,2	15446,7	16182,3	16917,9	17653,4	18389,0	19124,5	19860,1	20595,7	21331,2
30	22066,8	22802,3	23537,9	24273,5	25009,0	25744,6	26480,1	27215,7	27951,3	28686,8
40	29422,4	30157,9	30893,5	31629,0	32364,6	33100,2	33835,7	34571,3	35306,8	36042,4
50	36778,0	37513,5	38249,1	38984,6	39720,2	40455,8	41191,3	41926,9	42662,4	43398,0
60	44133,5	44869,1	45604,7	46340,2	47075,8	47811,3	48546,9	49282,5	50018,0	50753,6
70	51489,1	52224,7	52960,3	53695,8	54431,4	55166,9	55902,5	56638,1	57373,6	58109,2
80	58844,7	59580,3	60315,8	61051,4	61787,0	62522,5	63258,1	63993,6	64729,2	65464,8
90	66200,3	66935,9	67671,4	68407,0	69142,6	69878,1	70613,7	71349,3	72084,8	72820,4
100	73555,9	74291,5	75027,0	75762,6	76498,1	77233,7	77969,3	78704,8	79440,4	80175,9

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - APENDICE

TABLA 2 (conclusión)

b) Milímetros de mercurio (a 0°C) en mm de agua (a 4°C)

1 mm de mercurio = 13,5951 mm de agua = 0,001 359 51 kg/cm²

mm merc.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	13,5951	27,1902	40,7853	54,3804	67,9755	81,5706	95,1657	108,761	122,356
10	135,951	149,546	163,141	176,736	190,331	203,926	217,522	231,117	244,712	258,307
20	271,902	285,497	299,092	312,687	326,282	339,878	353,473	367,068	380,663	394,258
30	407,853	421,448	435,043	448,638	462,233	475,828	489,424	503,019	516,614	530,209
40	543,804	557,399	570,994	584,589	598,184	611,780	625,375	638,970	652,565	666,160
50	679,755	693,350	706,945	720,540	734,135	747,730	761,326	774,921	788,516	802,111
60	815,706	829,301	842,896	856,491	870,086	883,682	897,277	910,872	924,467	938,062
70	951,657	965,252	978,847	992,442	1006,04	1019,63	1033,23	1046,82	1060,42	1074,01
80	1087,61	1101,20	1114,80	1128,39	1141,99	1155,58	1169,18	1182,77	1196,37	1209,96
90	1223,56	1237,15	1250,75	1264,34	1277,94	1291,53	1305,13	1318,72	1332,32	1345,91
100	1359,51	1373,11	1386,70	1400,30	1413,89	1427,49	1441,08	1454,68	1468,27	1481,87

TABLA 3

Reducción de atmósferas físicas a métricas, y viceversa

a) 1 atmósfera física (atm) = 1,033 228 kg/cm² (at)

atm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1,033 23	2,066 46	3,099 68	4,132 91	5,166 14	6,199 37	7,232 60	8,265 82	9,299 05
10	10,332 3	11,365 5	12,398 7	13,432 0	14,465 2	15,498 4	16,531 6	17,564 9	18,598 1	19,631 3
20	20,664 6	21,697 8	22,731 0	23,764 2	24,797 5	25,830 7	26,863 9	27,897 2	28,930 4	29,963 6
30	30,996 8	32,030 1	33,063 3	34,096 5	35,129 8	36,163 0	37,196 2	38,229 4	39,262 7	40,295 9
40	41,329 1	42,362 3	43,395 6	44,428 8	45,462 0	46,495 3	47,528 5	48,561 7	49,594 9	50,628 2
50	51,661 4	52,694 6	53,727 9	54,761 1	55,794 3	56,827 5	57,860 8	58,894 0	59,927 2	60,960 5
60	61,993 7	63,026 9	64,060 1	65,093 4	66,126 6	67,159 8	68,193 0	69,226 3	70,259 5	71,292 7
70	72,326 0	73,359 2	74,392 4	75,425 6	76,458 9	77,492 1	78,525 3	79,558 6	80,591 8	81,625 0
80	82,658 2	83,691 5	84,724 7	85,757 9	86,791 2	87,824 4	88,857 6	89,890 8	90,924 1	91,957 3
90	92,985	94,023 7	95,057 0	96,090 2	97,123 4	98,156 7	99,189 9	100,223	101,256	102,290
100	103,323	104,356	105,389	106,422	107,456	108,489	109,522	110,555	111,589	112,622

b) 1 kg/cm² (at) = 0,967 841 atm (físicas)

at	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0,967 84	1,935 68	2,903 52	3,871 36	4,839 20	5,807 05	6,774 89	7,742 73	8,710 57
10	9,678 41	10,646 3	11,614 1	12,581 9	13,549 8	14,517 6	15,485 5	16,453 3	17,421 1	18,389 0
20	19,356 8	20,324 7	21,292 5	22,260 3	23,228 2	24,196 0	25,163 9	26,131 7	27,099 5	28,067 4
30	29,035 2	30,003 1	30,970 9	31,938 8	32,906 6	33,874 4	34,842 3	35,810 1	36,778 0	37,745 8
40	38,713 6	39,681 5	40,649 3	41,617 2	42,585 0	43,552 8	44,520 7	45,488 5	46,456 4	47,424 2
50	48,392 0	49,359 9	50,327 7	51,295 6	52,263 4	53,231 3	54,199 1	55,166 9	56,134 8	57,102 6
60	58,070 5	59,038 3	60,006 1	60,974 0	61,941 8	62,909 7	63,877 5	64,845 3	65,813 2	66,781 0
70	67,748 9	68,716 7	69,684 6	70,652 4	71,620 2	72,588 1	73,555 9	74,523 8	75,491 6	76,459 4
80	77,427 3	78,395 1	79,363 0	80,330 8	81,298 6	82,266 5	83,234 3	84,202 2	85,170 0	86,137 8
90	87,105 7	88,073 5	89,041 4	90,009 2	90,977 1	91,944 9	92,912 7	93,880 6	94,848 4	95,816 3
100	96,784 1	97,751 9	98,719 8	99,687 6	100,655	101,623	102,591	103,559	104,527	105,495

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - APENDICE

TABLA 4

a) Conversión de bares en atmósferas físicas

1 bar (b) = 0,986 922 54 atmósferas físicas (atm)

bares	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0,98692	1,97385	2,96077	3,94769	4,93462	5,92154	6,90846	7,89538	8,88231
10	9,86923	10,8562	11,8431	12,8300	13,8169	14,8038	15,7908	16,7777	17,7646	18,7515
20	19,7385	20,7254	21,7123	22,6992	23,6862	24,6731	25,6600	26,6469	27,6338	28,6208
30	29,6077	30,5946	31,5815	32,5685	33,5554	34,5423	35,5292	36,5162	37,5031	38,4900
40	39,4769	40,4638	41,4508	42,4377	43,4246	44,4115	45,3985	46,3854	47,3723	48,3592
50	49,3462	50,3331	51,3200	52,3069	53,2938	54,2808	55,2677	56,2546	57,2415	58,2285
60	59,2154	60,2023	61,1892	62,1761	63,1631	64,1500	65,1369	66,1238	67,1108	68,0977
70	69,0846	70,0715	71,0585	72,0454	73,0323	74,0192	75,0061	75,9931	76,9800	77,9669
80	78,9538	79,9408	80,9277	81,9146	82,9015	83,8885	84,8754	85,8623	86,8492	87,8361
90	88,8231	89,8100	90,7969	91,7838	92,7708	93,7577	94,7446	95,7315	96,7185	97,7054
100	98,6923	99,6792	100,666	101,653	102,640	103,627	104,614	105,601	106,588	107,575

b) Conversión de atmósferas físicas en bares

1 atm = 1,013 250 75 bares

atm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1,01325	2,02650	3,03975	4,05300	5,06625	6,07950	7,09275	8,10601	9,11926
10	10,1325	11,1458	12,1590	13,1723	14,1855	15,1988	16,2120	17,2253	18,2385	19,2518
20	20,2650	21,2783	22,2915	23,3048	24,3180	25,3313	26,3445	27,3578	28,3710	29,3843
30	30,3975	31,4108	32,4240	33,4373	34,4505	35,4638	36,4770	37,4903	38,5035	39,5168
40	40,5300	41,5433	42,5565	43,5698	44,5830	45,5963	46,6095	47,6228	48,6360	49,6493
50	50,6625	51,6758	52,6890	53,7023	54,7155	55,7288	56,7420	57,7553	58,7685	59,7818
60	60,7950	61,8083	62,8215	63,8348	64,8480	65,8613	66,8745	67,8878	68,9010	69,9143
70	70,9275	71,9408	72,9541	73,9673	74,9806	75,9938	77,0071	78,0203	79,0336	80,0468
80	81,0601	82,0733	83,0866	84,0998	85,1131	86,1263	87,1396	88,1528	89,1661	90,1793
90	91,1926	92,2058	93,2191	94,2323	95,2456	96,2588	97,2721	98,2853	99,2986	100,312
100	101,325	102,338	103,352	104,365	105,378	106,391	107,405	108,418	109,431	110,444

TABLA 5

a) Reducción de bares a kilogramos/centímetro cuadrado¹⁾

1 bar (b) = 1,019 716 kg/cm²

bares	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1,01972	2,03943	3,05915	4,07886	5,09858	6,11830	7,13801	8,15773	9,17744
10	10,1972	11,2169	12,2366	13,2563	14,2760	15,2957	16,3155	17,3352	18,3549	19,3746
20	20,3943	21,4140	22,4338	23,4535	24,4732	25,4929	26,5126	27,5323	28,5520	29,5718
30	30,5915	31,6112	32,6309	33,6506	34,6703	35,6901	36,7098	37,7295	38,7492	39,7689
40	40,7886	41,8084	42,8281	43,8478	44,8675	45,8872	46,9069	47,9267	48,9464	49,9661
50	50,9858	52,0055	53,0252	54,0449	55,0647	56,0844	57,1041	58,1238	59,1435	60,1632
60	61,1830	62,2027	63,2224	64,2421	65,2618	66,2815	67,3013	68,3210	69,3407	70,3604
70	71,3801	72,3998	73,4196	74,4393	75,4590	76,4787	77,4984	78,5181	79,5378	80,5576
80	81,5773	82,5970	83,6167	84,6364	85,6561	86,6759	87,6956	88,7153	89,7350	90,7547
90	91,7744	92,7942	93,8139	94,8336	95,8533	96,8730	97,8927	98,9125	99,9322	100,952
100	101,972	102,991	104,011	105,031	106,050	107,070	108,090	109,110	110,129	111,149

¹⁾ Esta tabla 5 es aplicable a la reducción de cantidades en las que figure la aceleración de la gravedad $g = 9,806 65 \text{ m/seg}^2$.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - APENDICE

TABLA 5 (conclusión)

b) Reducción de kilogramos/centímetro cuadrado a bares

$$1 \text{ kg/cm}^2 = 0,980 \text{ 665 bares}$$

kg/cm ²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0,98067	1,96133	2,94200	3,92266	4,90332	5,88399	6,86466	7,84532	8,82598
10	9,80665	10,7873	11,7680	12,7486	13,7293	14,7100	15,6906	16,6713	17,6520	18,6326
20	19,6133	20,5940	21,5746	22,5553	23,5360	24,5166	25,4973	26,4780	27,4586	28,4393
30	29,4200	30,4006	31,3813	32,3619	33,3426	34,3233	35,3039	36,2846	37,2653	38,2459
40	39,2266	40,2073	41,1879	42,1686	43,1493	44,1299	45,1106	46,0913	47,0719	48,0526
50	49,0333	50,0139	50,9946	51,9752	52,9559	53,9366	54,9172	55,8979	56,8786	57,8592
60	58,8399	59,8206	60,8012	61,7819	62,7626	63,7432	64,7239	65,7046	66,6852	67,6659
70	68,6466	69,6272	70,6079	71,5885	72,5692	73,5499	74,5305	75,5112	76,4919	77,4725
80	78,4532	79,4339	80,4145	81,3952	82,3759	83,3565	84,3372	85,3179	86,2985	87,2792
90	88,2598	89,2405	90,2212	91,2018	92,1825	93,1632	94,1438	95,1245	96,1052	97,0858
100	98,0665	99,0472	100,028	101,008	101,989	102,970	103,950	104,931	105,912	106,892

TABLA 6

a) Conversión de bares en milímetros de mercurio

$$1 \text{ bar (b)} = 750,062 \text{ mm de columna mercurial}$$

bares	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	750,062	1500,12	2250,19	3000,25	3750,31	4500,37	5250,43	6000,50	6750,56
10	7500,62	8250,68	9000,74	9750,81	10500,9	11250,9	12001,0	12751,1	13501,1	14251,2
20	15001,2	15751,3	16501,4	17251,4	18001,5	18751,6	19501,6	20251,7	21001,7	21751,8
30	22501,9	23251,9	24002,0	24752,0	25502,1	26252,2	27002,2	27752,3	28502,4	29252,4
40	30002,5	30752,5	31502,6	32252,7	33002,7	33752,8	34502,9	35252,9	36003,0	36753,0
50	37503,1	38253,2	39003,2	39753,3	40503,3	41253,4	42003,5	42753,5	43503,6	44253,7
60	45003,7	45753,8	46503,8	47253,9	48004,0	48754,0	49504,1	50254,2	51004,2	51754,3
70	52504,3	53254,4	54004,5	54754,5	55504,6	56254,6	57004,7	57754,8	58504,8	59254,9
80	60005,0	60755,0	61505,1	62255,1	63005,2	63755,3	64505,3	65255,4	66005,5	66755,5
90	67505,6	68255,6	69005,7	69755,8	70505,8	71255,9	72006,0	72756,0	73506,1	74256,1
100	75006,2	75756,3	76506,3	77256,4	78006,4	78756,5	79506,6	80256,6	81006,7	81756,8

b) Conversión de milímetros de mercurio en bares

$$1 \text{ m de columna mercurial} = 1,333 \text{ 224 bares}$$

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1,33322	2,66645	3,99967	5,33290	6,66612	7,99934	9,33257	10,6658	11,9990
10	13,3322	14,6655	15,9987	17,3319	18,6651	19,9984	21,3316	22,6648	23,9980	25,3313
20	26,6645	27,9977	29,3309	30,6642	31,9974	33,3306	34,6638	35,9970	37,3303	38,6635
30	39,9967	41,3299	42,6632	43,9964	45,3296	46,6628	47,9961	49,3293	50,6625	51,9957
40	53,3290	54,6622	55,9954	57,3286	58,6619	59,9951	61,3283	62,6615	63,9948	65,3280
50	66,6612	67,9944	69,3276	70,6609	71,9941	73,3273	74,6605	75,9938	77,3270	78,6602
60	79,9934	81,3267	82,6599	83,9931	85,3263	86,6596	87,9928	89,3260	90,6592	91,9925
70	93,3257	94,6589	95,9921	97,3254	98,6586	99,9918	101,325	102,658	103,991	105,325
80	106,658	107,991	109,324	110,658	111,991	113,324	114,657	115,990	117,324	118,657
90	119,990	121,323	122,657	123,990	125,323	126,656	127,990	129,323	130,656	131,989
100	133,322	134,656	135,989	137,322	138,655	139,989	141,322	142,655	143,988	145,321

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4 - APENDICE

TABLA 7

a) Conversión de libras inglesas avoirdupois por pulgada cuadrada en milímetros de columna mercurial

1 lb. per square inch = 51,715 109 mm de columna mercurial

lbs./sq. in.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	51,7151	103,430	155,145	206,860	258,576	310,291	362,006	413,721	465,436
10	517,151	568,866	620,581	672,296	724,012	775,727	827,442	879,157	930,872	982,587
20	1034,30	1086,02	1137,73	1189,45	1241,16	1292,88	1344,59	1396,31	1448,02	1499,74
30	1551,45	1603,17	1654,88	1706,60	1758,31	1810,03	1861,74	1913,46	1965,17	2016,89
40	2068,60	2120,32	2172,03	2223,75	2275,46	2327,18	2378,90	2430,61	2482,33	2504,04
50	2585,76	2637,47	2689,19	2740,90	2792,62	2844,33	2896,05	2947,76	2999,48	3051,19
60	3102,91	3154,62	3206,34	3258,05	3309,77	3361,48	3413,20	3464,91	3516,63	3568,34
70	3620,06	3671,77	3723,49	3775,20	3826,92	3878,63	3930,35	3982,06	4033,78	4085,49
80	4137,21	4188,92	4240,64	4292,35	4344,07	4395,78	4447,50	4499,21	4550,93	4602,64
90	4654,36	4706,07	4757,79	4809,51	4861,22	4912,94	4964,65	5016,37	5068,08	5119,80
100	5171,51	5223,23	5274,94	5326,66	5378,37	5430,09	5481,80	5533,52	5585,23	5636,95

b) Metros de columna mercurial a libras/pulgada cuadrada

1 m de columna mercurial = 19,336 7088 lbs. per sq. inch

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	19,3367	38,6734	58,0101	77,3468	96,6835	116,020	135,357	154,694	174,030
10	193,367	212,704	232,041	251,377	270,714	290,051	309,387	328,724	348,061	367,397
20	386,734	406,071	425,408	444,744	464,081	483,418	502,754	522,091	541,428	560,765
30	580,101	599,438	618,775	638,111	657,448	676,785	696,122	715,458	734,795	754,132
40	773,468	792,805	812,142	831,478	850,815	870,152	889,489	908,825	928,162	947,499
50	966,835	986,172	1005,51	1024,85	1044,18	1063,52	1082,86	1102,19	1121,53	1140,87
60	1160,20	1179,54	1198,88	1218,21	1237,55	1256,89	1276,22	1295,56	1314,90	1334,23
70	1353,57	1372,91	1392,24	1411,58	1430,92	1450,25	1469,59	1488,93	1508,26	1527,60
80	1546,94	1566,27	1585,61	1604,95	1624,28	1643,62	1662,96	1682,29	1701,63	1720,97
90	1740,30	1759,64	1778,98	1798,31	1817,65	1836,99	1856,32	1875,66	1895,00	1914,33
100	1933,67	1953,01	1972,34	1991,68	2011,02	2030,35	2049,69	2069,03	2088,36	2107,70

TABLA 8

a) Conversión de pulgadas inglesas de columna mercurial en atmósferas físicas (atm)

1 pulgada de mercurio = 0,033 420 995 atm

inch	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0,03342	0,06684	0,10026	0,13368	0,16710	0,20053	0,23395	0,26737	0,30079
10	0,33421	0,36763	0,40105	0,43447	0,46789	0,50131	0,53474	0,56816	0,60158	0,63500
20	0,66842	0,70184	0,73526	0,76868	0,80210	0,83552	0,86895	0,90237	0,93579	0,96921
30	1,00263	1,03605	1,06947	1,10289	1,13631	1,16973	1,20316	1,23658	1,27000	1,30342
40	1,33684	1,37026	1,40368	1,43710	1,47052	1,50394	1,53737	1,57079	1,60421	1,63763
50	1,67105	1,70447	1,73789	1,77131	1,80473	1,83815	1,87158	1,90500	1,93842	1,97184
60	2,00526	2,03868	2,07210	2,10552	2,13894	2,17236	2,20579	2,23921	2,27263	2,30605
70	2,33947	2,37289	2,40631	2,43973	2,47315	2,50657	2,54000	2,57342	2,60684	2,64026
80	2,67368	2,70710	2,74052	2,77394	2,80736	2,84078	2,87421	2,90763	2,94105	2,97447
90	3,00789	3,04131	3,07473	3,10815	3,14157	3,17499	3,20842	3,24184	3,27526	3,30868
100	3,34210	3,37552	3,40894	3,44236	3,47578	3,50920	3,54263	3,57605	3,60947	3,64289

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
UNIDAD 4 - APENDICE

TABLA 8 (conclusión)

b) Conversión de atmósferas físicas en pulgadas de mercurio
 1 atm = 29,921 312 pulgadas de mercurio

atm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	29,9213	59,8426	89,7639	119,685	149,607	179,528	209,449	239,370	269,292
10	299,213	329,134	359,056	388,977	418,898	448,820	478,741	508,662	538,584	568,505
20	598,426	628,348	658,269	688,190	718,111	748,033	777,954	807,875	837,797	867,718
30	897,639	927,561	957,482	987,403	1017,32	1047,25	1077,17	1107,09	1137,01	1166,93
40	1196,85	1226,77	1256,70	1286,62	1316,54	1346,46	1376,38	1406,30	1436,22	1466,14
50	1496,07	1525,99	1555,91	1585,83	1615,75	1645,67	1675,59	1705,51	1735,44	1765,36
60	1795,28	1825,20	1855,12	1885,04	1914,96	1944,89	1974,81	2004,73	2034,65	2064,57
70	2094,49	2124,41	2154,33	2184,26	2214,18	2244,10	2274,02	2303,94	2333,86	2363,78
80	2393,70	2423,63	2453,55	2483,47	2513,39	2543,31	2573,23	2603,15	2633,08	2663,00
90	2692,92	2722,84	2752,76	2782,68	2812,60	2842,52	2872,45	2902,37	2932,29	2962,21
100	2992,13	3022,05	3051,97	3081,90	3111,82	3141,74	3171,66	3201,58	3231,50	3261,43

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4

GLOSARIO

Los siguientes términos se aplican al estudio de la presión y medición de la presión y se definen en ese contexto.

- Amortiguador** - Dispositivo o pieza que limita el tamaño de la entrada de presión en un manómetro con el fin de proteger el elemento de presión para que no se dañe a causa de las rápidas fluctuaciones.
- Calibración** - Acto de regular o determinar, por medición o por comparación, el valor correcto de las indicaciones sobre la escala graduada. Ajustar un instrumento a un valor determinado.
- Carga Estática** - Término que se emplea para describir la presión que ejerce la altura de un fluido en un recipiente, es decir, la presión que ejerce una columna de líquido de una altura determinada. Se expresa en unidades lineales.
- Cero teórico** - Es una condición hipotética en la que no hay ni aire ni presión; se emplea como referencia en la escala absoluta.
- Conmutador de presión** - Es un tipo de transductor que recibe información en términos de presión y la convierte en una señal eléctrica mediante la apertura o cierre de un circuito externo cuando se alcanza un valor de presión preestablecido.
- Diafragma** - Es un elemento de presión normalmente hecho de una o más cápsulas metálicas en forma de platillos, o de un material delgado como el cobre, el cuero, o caucho superflexible; los cambios de presión hacen que el diafragma se mueva o desvíe.
- Diafragma blando** - Véase el diafragma flácido.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4

GLOSARIO (continuación)

- Diafragma flácido** - Diafragma de material muy flexible que generalmente necesita un resorte antagonista para que lo fuerce a regresar a su posición original después que cesa la presión aplicada; también se le llama diafragma blando.
- Elemento de presión** - Es un dispositivo que percibe los cambios de presión y los convierte en movimientos mecánicos. Los elementos de presión están conectados generalmente a mecanismos indicadores que indican o marcan los cambios de presión.
- Escala absoluta** - Como su nombre lo indica, es la escala que se emplea para medir la presión absoluta; empieza en el cero teórico y se extiende indefinidamente.
- Escala manométrica** - Es la escala que se emplea para medir presiones manométricas que empiezan en la presión atmosférica y se extienden indefinidamente.
- Estándar** - Término que se emplea para describir la presión atmosférica por ser un factor que debe tenerse en cuenta siempre que se tomen medidas de presión.
- Fuelle** - Es un elemento de presión que consiste en un tubo de metal ondulado de paredes delgadas que se expande y se contrae según los cambios de presión.
- Fuerza** - Es el empuje o atracción de un cuerpo sobre una superficie.
- Manómetro** - Es un instrumento de precisión sencillo que mide la presión con respecto a la altura de una columna de líquido. Se distingue del barómetro en que éste solamente mide la presión atmosférica.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4

GLOSARIO (continuación)

- Manómetro de pozo - Manómetro que consiste en un pozo conectado a un tubo abierto o de ventilación.
- Manómetro de tubo en U - Manómetro que consiste en dos ramales en forma de U.
- Manómetro de tubo inclinado - Llamado también micromanómetro, es un manómetro parecido al manómetro de pozo en cuanto a su estructura o diseño, con la diferencia de que el manómetro de tubo inclinado tiene un ramal que está en declive formando un ángulo con su pozo.
- Menisco - Forma cóncava o convexa de la superficie libre de un líquido en un tubo estrecho (o columna).
- Menisco cóncavo - Superficie líquida en un tubo en la cual el centro es más bajo que los bordes.
- Menisco convexo - Superficie líquida en un tubo en la cual el centro es más alto que los bordes.
- PIT - Abreviatura de Transmisor Indicador de Presión, del inglés pressure indicating transmitter.
- Placa con orificio - Pieza que limita el flujo de un líquido dentro de una tubería.
- Presión - Es la cantidad de fuerza que se aplica sobre una unidad de área o superficie.
- Presión atmosférica - Es la presión que ejerce la atmósfera sobre la superficie de la tierra.
- Presión diferencial - Es la diferencia entre dos presiones relacionadas.
- Presión hidráulica - Presión ejercida por los líquidos en movimiento.
- Presión hidrostática - Presión ejercida por los líquidos en reposo (estáticos) o que no están en movimiento. Se determina por la altura de un fluido, no por su volumen.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4

GLOSARIO (continuación)

Proceso	-	Término que se emplea para describir una operación o sistema en la industria.
Psi (libras por pulgada cuadrada)	-	Una unidad común para medir la presión.
Psia (libras por pulgada cuadrada absoluta)	-	Una unidad común de la medición de presión absoluta; unidades de presión que se miden con la escala absoluta.
Psid (libras por pulgada cuadrada, presión diferencial)	-	Unidad que expresa la presión diferencial. La letra "d" representa el valor diferencial.
Psig (libras por pulgada cuadrada manométrica)	-	Una unidad de medición de presión manométrica; unidades de presión que se miden con la escala manométrica. La letra "g" representa el manómetro del inglés "gauge."
Pulgadas de agua	-	Es una unidad común para medir la presión; una pulgada de agua pura es igual a 0.0361 psi.
Pulgadas de mercurio	-	Es una unidad común para medir la presión; una pulgada de mercurio es igual a 0.491 psi.
Sobrepresión	-	Es el aumento repentino de presión en un manómetro que excede su capacidad de funcionamiento o alcance normal, y que por lo general daña el elemento de presión.
Transductor	-	Dispositivo que recibe información sobre una variable determinada en términos de una cantidad física y que la convierte a otra información, en la misma cantidad o en una cantidad diferente.
Transductor Piezoeléctrico	-	Es un tipo de transductor que usa cristales especiales que generan un voltaje cuando se les aplica presión.
Transmisor indicador de presión (PIT)	-	Es un tipo de transductor que mide e indica los cambios de presión, y los convierte a una señal neumática o electrónica proporcional.

FUNDAMENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

UNIDAD 4

GLOSARIO (conclusión)

- | | |
|-----------------------|---|
| Tubo de Bourdon | - Es un elemento de presión que consiste principalmente en un tubo de metal ovalado de paredes delgadas, cerrado en un extremo y que recibe la presión por el otro. El tubo se endereza o se enrolla según los cambios de presión, según la estructura o diseño del elemento y el tipo de presión que va a medir. |
| Vacío | - Es cualquier presión inferior a la presión atmosférica. |
| Variable | - Término que se usa para describir la presión atmosférica cuando cambia bajo ciertas condiciones. |
| Variables del proceso | - Término que se emplea para describir las condiciones que cambian en un proceso, tales como, temperatura, nivel, grado de vacío, presión, flujo, etc. |
| Vibración | - Condición que afecta el funcionamiento de un instrumento de medir presiones. |

