

# Barómetro tipo Fortín

## Correcciones en la medición de Presión Atmosférica

En esta Guía MetAs se discutirá sobre la medición de presión atmosférica usando un barómetro de mercurio. Este instrumento es además conocido como barómetro Fortín. Usado por primera vez por Torricelli en 1643; él cual Fortín modificó ligeramente del diseño original en 1810.



Torricelli

### PRINCIPIO DE OPERACIÓN DEL BARÓMETRO DE MERCURIO TIPO FORTÍN

Un barómetro de mercurio tipo Fortín consiste de un tubo de vidrio largo. Cerrado de un extremo, evacuado, llenado con mercurio e invertido; el extremo abierto es sumergido en un recipiente de mercurio llamado cisterna. El nivel de mercurio en la cisterna del barómetro es ajustado a un cero de escala, cada vez que una lectura es tomada. El mercurio es soportado dentro del tubo de vidrio debido a la presión que ejerce la presión atmosférica sobre la superficie del mercurio de la cisterna. La altura del mercurio en la columna es entonces una lectura de presión contra la escala, usando un ajuste de vernier para una exactitud mayor.

### ECUACIÓN DE CORRECCIÓN DEL BARÓMETRO

La lectura de los barómetros de mercurio deben corregirse por: corrección por el informe de calibración, temperatura del mercurio, densidad del mercurio, temperatura de la escala y aceleración local de la gravedad. Dependiendo de la exactitud requerida en la medición de la presión atmosférica, algunas correcciones al valor obtenido deberán ser necesarias.

$$P = (P_o - E) \cdot \frac{gl}{g_o} \cdot \frac{\rho_{Hg}(t)}{\rho_{Hg}(t_f_o)} \cdot [1 + \alpha_{regla} \cdot (t_{regla} - t_{r_o})]$$

### *Somos su Relevo a la Calidad*

*La Guía MetAs*, es el boletín periódico del laboratorio de metrología MetAs, S.A. de C.V.

En *La Guía MetAs* se presentan noticias de la metrología, artículos e información técnica seleccionada por los colaboradores de MetAs, que deseamos compartir con nuestros colegas, usuarios, clientes, amigos, y en fin con todos aquellos interesados o relacionados con la metrología técnica e industrial.

Calle: Jalisco # 313. Colonia: Centro  
49 000. Cd. Guzmán, Jalisco, México  
Teléfono & Fax: 01 (341) 4 13 61 23 & 4 13 16 91  
E-mail: metas@metas.com.mx. Web: www.metas.com.mx

#### Laboratorio de Metrología:

Presión y Alto Vacío

Temperatura

Humedad

Eléctrica

Vibraciones

Instrumentación Industrial

Entrenamiento & Consultoría

**Fortín Modificó  
el Diseño  
Original en  
1810**

Donde:

- $P$  = presión corregida a condiciones locales  
 $P_o$  = lectura directa de presión a condiciones de referencia  
 $E$  = error del instrumento declarado en el Informe de Calibración  
 $gl$  = aceleración local de la gravedad, en  $m/s^2$   
 $g_o$  = aceleración normalizada de la gravedad, en  $m/s^2$  ( $9,806\ 65\ m/s^2$ )  
 $\rho_{Hg}(t)$  = densidad del fluido corregida por temperatura, en  $kg/m^3$   
 $t$  = temperatura del fluido durante la medición, en  $^{\circ}C$   
 $\rho_{Hg}(t_{fo})$  = densidad del fluido a la temperatura de referencia, en  $kg/m^3$   
 (Densidad del Mercurio =  $13\ 595,08\ kg/m^3 @ 0\ ^{\circ}C$ )  
 $t_{fo}$  = temperatura de referencia del fluido, en  $^{\circ}C$  ( $0,0\ ^{\circ}C$ )  
 $a_{regla}$  = coeficiente de expansión térmica de la regla, en  $^{\circ}C^{-1}$   
 (Bronce  $18,4E-6\ ^{\circ}C^{-1}$  ó  $10,2E-6\ ^{\circ}F^{-1}$ )  
 $t_{regla}$  = temperatura de la regla durante la medición, en  $^{\circ}C$   
 $tr_o$  = temperatura de referencia de la regla, en  $^{\circ}C$   
 (mmHg @  $0,0\ ^{\circ}C$  ó inHg @  $16,7\ ^{\circ}C$ )

## TOMA DE LECTURA

Tomar la lectura de la presión del barómetro con una resolución de 0,01 in Hg, 0,1 mmHg, ó 0,1 mbar, y de la temperatura en el mismo sistema de unidades indicado en el termómetro colocado en el barómetro con resolución de 0,1  $^{\circ}F$  ó 0,1  $^{\circ}C$ .

Cuando se toma una lectura, el nivel del mercurio en la cisterna, es primero ajustado a un cero de escala, y entonces la altura de la columna de mercurio es medida contra la escala. La exactitud en el ajuste de cada nivel es muy importante, porque cualquier error en el ajuste es directamente reflejado en la lectura resultante.

## CORRECCIÓN POR EL INFORME DE CALIBRACIÓN

Si el barómetro ha sido calibrado, aplicar a la lectura la corrección del Informe de Calibración (Certificado). Tomar el valor del error declarado en el Informe de Calibración emitido por MetAs, S.A de C.V. Aplicar la corrección, teniendo cuidado con el signo, a la lectura del barómetro, para obtener la lectura corregida del Informe de Calibración.

## CORRECCIÓN POR LA TEMPERATURA

La temperatura de referencia para la densidad del mercurio es  $32\ ^{\circ}F$  ó  $0\ ^{\circ}C$ . El mercurio al expandirse, viene a ser menos denso, con el incremento de temperatura. El efecto de la expansión del mercurio es cerca de 10 veces más grande que la expansión del bronce y de la escala. Puesto que el barómetro probablemente no estará cerca de  $32\ ^{\circ}F$  ó  $0\ ^{\circ}C$ , para una medición de alta exactitud es importante medir la temperatura del mercurio y aplicar la corrección por la temperatura para reducir la lectura a una temperatura normalizada del mercurio. La densidad del mercurio como fluido manométrico se puede determinar con la siguiente ecuación:

$$\rho_{Hg}(t) = \frac{13545,854}{1 + 1,812 \cdot 10^{-4} \cdot (t - 20) + 8 \cdot 10^{-9} \cdot (t - 20)^2}$$

La temperatura normalizada para una escala inglesa es  $62\ ^{\circ}F$  ( $16,7\ ^{\circ}C$ ) y para una escala métrica es  $0\ ^{\circ}C$ . Si se desea usar una lectura en mmHg o en inHg, siempre mida la temperatura de la regla; y aplique la corrección por la temperatura, de acuerdo a la temperatura referencia de la regla en el mismo sistema de unidades. La escala del barómetro tiene un coeficiente de expansión térmica esencialmente igual a la del bronce  $18,4E-6\ ^{\circ}C^{-1}$  ó  $10,2E-6\ ^{\circ}F^{-1}$ .

**Presión  
Atmosférica  
Vs. Presión  
Barométrica**

## CORRECCIÓN POR LA ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD

La lectura del barómetro es además afectada por la aceleración de la gravedad, la cual es afectada por el aplastamiento de la forma esférica de la Tierra y la fuerza centrífuga de la rotación de la tierra, y estas a su vez varían con la altitud. La corrección de la aceleración de la gravedad es generalmente más pequeña que la corrección de la temperatura. A una altitud dada, el multiplicador para la corrección de la aceleración de la gravedad deberá ser constante. Se debe conocer el multiplicador de la corrección de la aceleración de la gravedad para una latitud y altitud usando la ecuación descrita en La Guía MetAs del mes de mayo de 2002.

### PRESIÓN AL NIVEL DEL MAR

Al aplicar, las correcciones descritas anteriormente se obtiene el valor de la presión local en la superficie del nivel de mercurio de la cisterna. Un barómetro es primordialmente un altímetro, porque la presión decrece substancialmente con la altitud. Si necesita calcular la presión al nivel del mar, para comparaciones de pronósticos del tiempo o ajustar el altímetro, debe determinarse la altitud real de la superficie del nivel de la cisterna del barómetro. Los valores de altitud de las principales localidades habitadas en los Estados Unidos Mexicanos, pueden ser consultados de la lista publicada por el INEGI (2002), la cual se reproduce en La Guía MetAs del mes de mayo de 2002.

Visite nuestra página de Internet, en la lista de utilerías de metrología <http://www.metas.com.mx/utilerias/calculopresionatmosferica.html>, donde puede calcular la presión atmosférica local de su barómetro de mercurio usando la corrección por el Informe de Calibración, temperatura del mercurio, densidad del mercurio, temperatura de la escala y aceleración local de la gravedad de manera automática y de acuerdo a un Informe de Calibración emitido por MetAs, S.A. de C.V.

Tome el valor del error promedio ( $E$ ) declarado en la sección de resultados de calibración en la carátula de su Informe de Calibración emitido por MetAs. Después de haber aplicado las correcciones de acuerdo a la recomendaciones en esta Guía MetAs podrá considerar que su incertidumbre en la medición de presión atmosférica corresponde a la declarada en el informe de calibración de su barómetro. En el Informe de Calibración podrá encontrar los factores de conversión de unidades y las constantes físicas que corresponde a su modelo de barómetro. Use esta utilería de metrología en Internet para corregir sus lecturas de presión atmosférica y/o validar sus propias hojas de cálculo.

Nota: En esta Guía MetAs se ha considerado la medición de presión atmosférica mediante un barómetro de mercurio tipo Fortín de la marca Princo, modelo Nova.

### Referencias

- OIML R 97 (1990) Barometer.
- Aranda, Víctor (1998) Medición de presión barométrica de alta exactitud, XIV seminario nacional de metrología. México.
- Aranda, Víctor (1998) Manómetros de columna de líquido, CENAM, CNM-MMF-PT-001, 1998.
- Princo Instruments (2000) Instruction booklet for use with Princo Fortin type mercurial barometers.
- Aranda, Víctor (2001) Columna de líquido, manómetro "primario" en laboratorios "secundarios", simposio de metrología del CENAM, mayo 2001. México.
- Aranda, Víctor (2002) Aceleración de la Gravedad, La Guía MetAs de mayo del 2002, MetAs, Metrólogos Asociados.

En *La Guía MetAs* se presentan noticias de la metrología, artículos e información técnica seleccionada por los colaboradores de MetAs.

*La Guía MetAs* se envía en archivo PDF (Acrobat ®) y también puede obtenerse a través de Internet en [www.metas.com.mx](http://www.metas.com.mx)

Esperamos que la siguiente colección de documentos le sea de utilidad al momento de: desarrollar sus procedimientos de calibración, administrar sus equipos de monitoreo y medición, resolver dudas técnicas y conocer el vasto campo de la metrología técnica e industrial.

En *MetAs Somos su Relevo a la Calidad*

### **Metrología Técnica e Industrial**

2002 mayo Aceleración de la gravedad

### **Metrología y su Relación con Sistemas de Calidad**

2003 junio Criterios para declaración de conformidad

2003 abril Trazabilidad metrológica en sistemas de calidad

2002 octubre Evaluación de consistencia metrológica

2002 febrero Confirmación metrológica

2002 enero ¿Por qué calibrar?

### **Metrología de Presión y Vacío**

2002 agosto Correcciones para balanzas de pesos muertos

2002 junio Rotación del pistón en balanzas de presión

2002 marzo Tipos de presión y vacío

2001 noviembre Vacuómetro McLeod, el primer patrón de medio vacío

2001 octubre Diseño y fabricación de patrón basado en método primario en MetAs

### **Metrología de Temperatura**

2002 diciembre Escalas de temperatura

2002 noviembre Termómetro de resistencia de platino

2002 julio Termopares

### **Metrología de Humedad**

2003 febrero Humedad en maderas, contenido de humedad en equilibrio (EMC)

2001 diciembre Humedad relativa, glosario

### **Metrología Eléctrica**

2003 mayo Método pontenciométrico para la calibración de resistencia eléctrica

2003 marzo Teoría del medidor de energía

2003 enero Potencia eléctrica en corriente alterna

2002 septiembre Resistencia eléctrica en c.c.

2002 abril Efecto de la FEM térmica en medición de baja tensión

### **Análisis de Vibraciones**

2003 julio ¿Qué son las vibraciones mecánicas?