

SISTEMA DE MONITOREO DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA EN EL CENAM

Zúñiga González S., Olvera Arana P., Torres Guzmán J.
Centro Nacional de Metrología
km 4,5 carretera a Los Cués, El Marqués, Querétaro, México
Tel. (52) 442 211 0500, fax (52) 442 211 0578, e-mail: szuniga@cenam.mx

Resumen: Las mediciones de la presión atmosférica se realizan en dos etapas, mediante un código computacional de instrumentación virtual y utilizando código html (Internet Explorer). Esto permite visualizar una lectura en particular y/o una gráfica de tendencia de presión atmosférica con respecto al tiempo. La consulta y visualización se puede llevar a cabo en una computadora desde cualquier laboratorio del CENAM que tenga acceso a la red interna.

Para determinar la presión de cada laboratorio, se mide la presión atmosférica en el laboratorio de presión (laboratorio de referencia) y para cada laboratorio en particular; se consideran, la diferencia de altura con respecto al laboratorio de referencia y la presión positiva que tenga ese laboratorio. Este proyecto otorga la facilidad de no tener un sensor de presión físicamente en cada laboratorio.

1. INTRODUCCIÓN

La presión atmosférica dentro de un laboratorio depende principalmente de la altitud sobre el nivel del mar y de su presión positiva. La presión atmosférica es una magnitud de influencia en varios laboratorios del CENAM por lo que se propuso su medición a través de la red interna de cómputo.

El proyecto para el desarrollo de un sistema de monitoreo de presión atmosférica en el CENAM surge a partir de la necesidad de los diferentes laboratorios de metrología Mecánica, Eléctrica, Física, Materiales y Servicios Tecnológicos por determinar el valor de presión atmosférica en sus laboratorios.

Hasta ahora, se han comprado gran cantidad de barómetros para cada uno de estos laboratorios, lo que ha originado un costo importante para CENAM; consecuentemente, esto ha generado una gran demanda de servicios internos de calibración de barómetros. La calibración de estos equipos representa más del 30 % de los servicios del laboratorio de presión del CENAM y la incertidumbre que requieren la mayoría de los laboratorios es mayor de 20 Pa.

En este artículo, se presenta la opción desarrollada para la estimación de presión barométrica en los diversos laboratorios de metrología del CENAM donde se necesita el valor de presión atmosférica. La solución propuesta es que en la red interna del CENAM se tenga acceso a la lectura de la presión

atmosférica del laboratorio de interés. Esta lectura se obtiene tomando como referencia la medición de alta exactitud de la presión barométrica en el laboratorio de presión, (F-001) [1], adicionando la corrección necesaria debida a la diferencia de altura con el laboratorio de interés y la corrección por presión positiva en el mismo laboratorio (si hubiera, y es debida al aire acondicionado o a la extracción de aire del laboratorio) [2].

Las lecturas obtenidas en el sistema de monitoreo de presión atmosférica, se pueden utilizar para verificar la deriva de los barómetros existentes y en su caso, realizar un ajuste de su indicador.

2. RECURSOS METROLÓGICOS

Para el desarrollo de este sistema se utilizan: un manómetro de presión absoluta como referencia y un manómetro de presión diferencial (que están instalados dentro del laboratorio de presión), dos manómetros de presión absoluta (patrones de trabajo) previamente calibrados y caracterizados.

Uno de los patrones de trabajo se usó para determinar la presión atmosférica dentro de los laboratorios del CENAM y el otro para determinar la diferencia de presiones entre la presión atmosférica medida dentro del laboratorio y fuera del laboratorio (presión positiva del laboratorio).

Los manómetros de presión absoluta usados se muestran en la *Tabla 1* [3, 4].

Manómetros de presión absoluta			
Marca	DH Instruments	Mensor	Mensor
Modelo	RPM1	14500	14500
Número de serie	51128	290168	290169
Alcance de medición	75 kPa a 115 kPa	75 kPa a 115 kPa	75 kPa a 115 kPa
Resolución	0,3 Pa	1 Pa	1 Pa
Clase de exactitud	0,01 % del I. M.	0,01 % del I. M.	0,01 % del I. M.

Tabla 1. Patrones de referencia del sistema de monitoreo de presión atmosférica.

% del I. M. = % del Intervalo de Medición.

3. RECURSOS ELECTRÓNICOS E INFORMÁTICOS

Debido a que los laboratorios del CENAM con interés en la medición de presión atmosférica están en diferentes edificios, a diferentes alturas y con diferentes presiones positivas, las mediciones de presión atmosférica y el análisis de datos compilados son elementos considerados para las correcciones en el programa de monitoreo. Esto se debe principalmente, a que se requiere conocer la diferencia entre la presión atmosférica de referencia (que además tiene una componente de presión positiva, generada por el sistema de aire acondicionado, contra la presión atmosférica) y la presión diferencial de cada uno de los laboratorios.

Como apoyo a esta actividad se utilizaron recursos informáticos y electrónicos para la medición, registro y monitoreo de la presión atmosférica.

Como recursos informáticos de equipo de cómputo ("hardware"), se requirió de dos computadoras portátiles con plataforma de Windows XP, programa de instrumentación virtual y conexión a red con una velocidad de conexión de 100 Mbps. Algunos de los dispositivos utilizados para la interconexión entre los manómetros de presión absoluta y las computadoras son: Tarjeta PCMCIA-GPIB, Interfase GPIB-232CV-A, Interfases GPIB-ENET/100. Todos estos de la marca National Instruments. [5, 6].

4. AJUSTE Y CALIBRACIÓN

Antes de iniciar las mediciones, se realizó un ajuste de los instrumentos que iban a servir como barómetros de referencia; con el objetivo de asegurar que los manómetros absolutos (barómetros) cumplieran con la clase de exactitud necesaria. Se ajustaron a la presión atmosférica histórica promedio en el CENAM (81 000 Pa).

Posterior al ajuste, se llevó a cabo la calibración de los manómetros de presión absoluta, bajo condiciones específicas y controladas, utilizando una balanza de presión de tipo simple con alcance de medición e incertidumbre que cumple con la clase de exactitud requerida. Con esto se obtiene trazabilidad a patrones nacionales de las mediciones efectuadas con estos instrumentos.

5. PROPUESTA DEL SISTEMA

Las interfaces GPIB-ENET/100 son reconocidas en la red de CNM2K mediante direcciones IP, mismas que se asignan dinámicamente por el servidor DHCP o estáticamente por medio de la configuración TCP/IP que el MAX (herramienta del programa virtual) permite configurar.

Las interfaces son configuradas y localizadas con la ayuda del MAX, el cual nos permite realizar una búsqueda de las interfases conectadas a la red y reconocer los instrumentos conectados a ellas, en este caso los manómetros, y estos a su vez son identificados con direcciones.

Cuando se realizaron muestras en diferentes laboratorios, los patrones de trabajo se configuraron con una dirección y un IP para determinar diferencias entre los laboratorios y el laboratorio de referencia de forma remota.

En la *Figura 1*, se muestra la representación gráfica del sistema de monitoreo.

En esta figura se presentan los patrones de referencia y la forma en que los usuarios de los laboratorios podrán acceder, vía remota, a la medición de presión atmosférica sin contar con un sensor en su laboratorio.

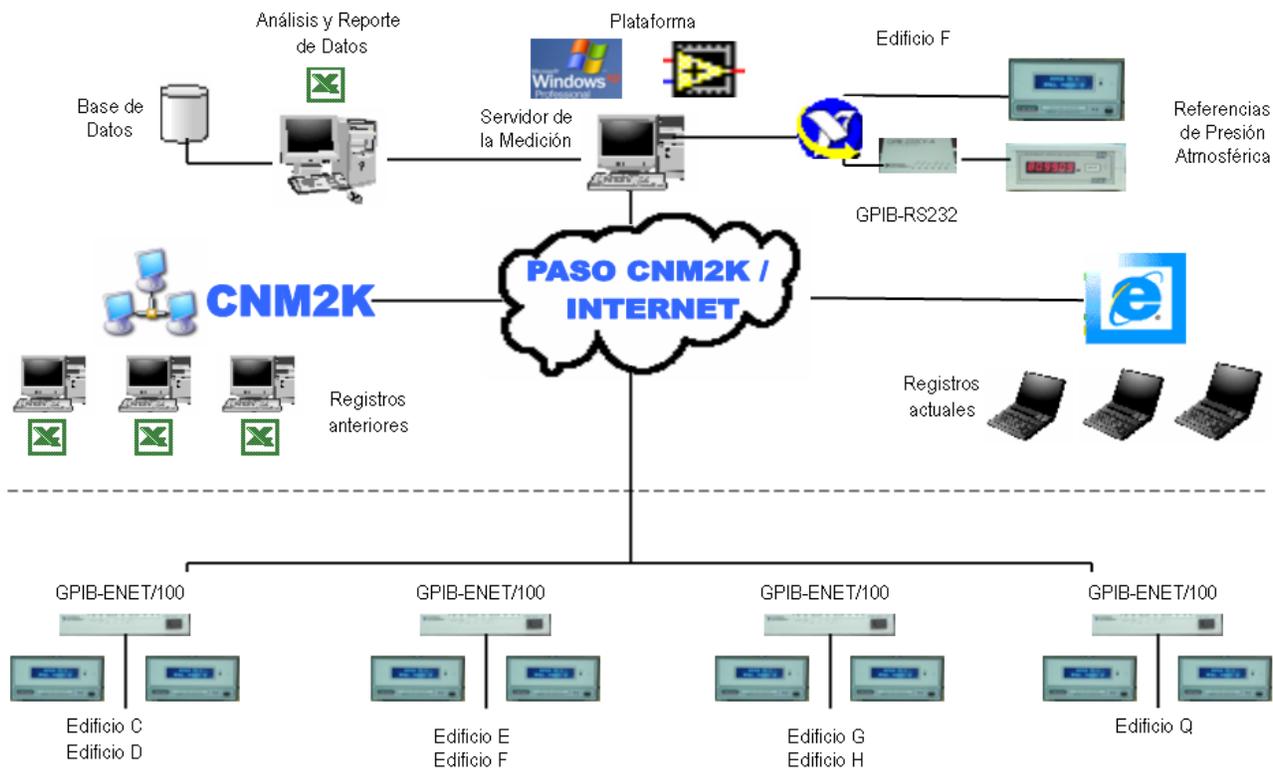


Figura 1. Ejemplo del diagrama del sistema de monitoreo.

6. CORRECCIONES

La lectura del manómetro absoluto de referencia se corrigió de acuerdo a la ecuación de ajuste declarada en el certificado de calibración y que sigue el modelo que se presenta a continuación:

$$\text{Lectura corregida} = \text{Lectura } (x) - \text{Error } (y)$$

$$\text{Error } (y) = D \cdot \text{Lectura}(x)^3 + C \cdot \text{Lectura } (x)^2 + B \cdot \text{Lectura } (x) + A$$

Se realizaron mediciones de presión atmosférica dentro del laboratorio y fuera del laboratorio para conocer la diferencia de presiones y determinar la presión positiva de acuerdo al siguiente modelo:

$$P_{\text{pos}} = P_{\text{labx}} - P_{\text{pasillo_labx}}$$

Además, se monitorearon las condiciones ambientales locales (temperatura ambiente, humedad relativa y presión atmosférica) para determinar la densidad del aire en los laboratorios sometidos a prueba.

Las mediciones del laboratorio fueron comparadas con el valor de referencia del laboratorio de presión del CENAM (F001), a través de Internet Explorer, lo que permite conocer la diferencia de presiones y así poder determinar la diferencia de alturas de acuerdo al siguiente modelo:

$$\Delta h = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g}$$

Donde:

$$\Delta P = P_{\text{ref}} - P_{\text{labx}}$$

ρ = densidad del aire local

g = aceleración de la gravedad local

Las mediciones se realizaron considerando periodos de 20 min, con un tiempo de estabilización térmica de 30 min. Los datos registrados permiten determinar las correcciones para cada laboratorio, quedando de la siguiente manera:

$$P_{\text{ref}} = P_{\text{pasilloF}} + P_{\text{positivaF001}}$$

7. FUENTES DE INCERTIDUMBRE

Para la determinación de la incertidumbre de la medición de la presión atmosférica se tomaron en cuenta las siguientes fuentes.

- Calibración del barómetro de referencia.
- Ecuación de ajuste.
- Deriva del barómetro de referencia.
- Desviación estándar de la presión positiva del laboratorio F001.
- Desviación estándar de la presión positiva del laboratorio de interés.
- Incertidumbre del modelo.
- Tiempo de estabilización.
- Altura.

8. DESARROLLO DEL SISTEMA

El sistema de adquisición y transferencia de datos fue desarrollado en el programa de instrumentación virtual LabVIEW en su versión 6.1, con ayuda de las herramientas VISA [7, 8].

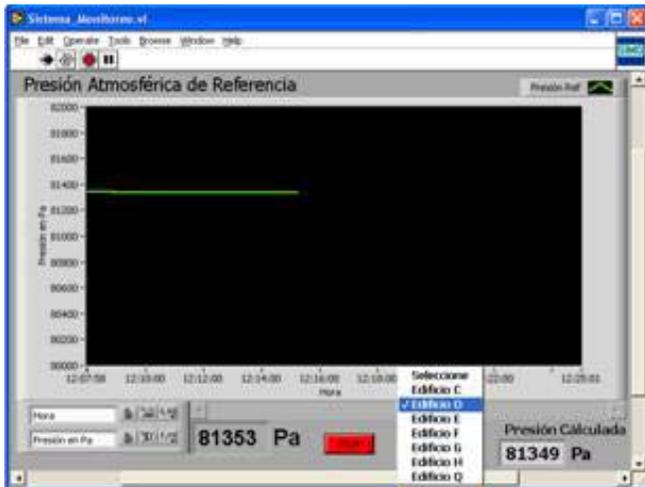


Figura 2. Panel del sistema de monitoreo.

Se tiene un programa servidor en donde se recopilan los datos del manómetro absoluto de referencia, haciendo una corrección por presión positiva (diferencia de presiones) y se realizan las correcciones de diferencia de alturas y la presión positiva de los laboratorios de interés.

Los datos compilados se transmiten de una interfase de propósito general (GPIB-ENET/100) con enlace a un nodo de red del dominio CNM2K del CENAM. Debido a que el dato es una indicación de texto en forma de cadena y es

necesario tener la indicación en forma de valor numérico, se filtra el dato que envía el manómetro absoluto que se usa como referencia, el cual se representa en el panel digitalmente y en forma de gráfica para permitir observar la tendencia que tiene el valor de referencia de presión atmosférica.

La gráfica se diseñó para ser representada en “tiempo real”, esto quiere decir que la gráfica, en el eje de las “x, muestra el formato relativo al tiempo actual, no al número de muestras ni al tiempo de muestreo.

El código de programación genera un registro (base de datos) en Microsoft Excel. Esto permite a los usuarios acceder a registros de días anteriores, meses anteriores y años anteriores. El formato se maneja en Microsoft Excel para que los usuarios utilicen los datos desde un programa de uso generalizado y común. En este se muestra también el registro de fecha, hora, las condiciones ambientales en el que se encuentra el manómetro absoluto y en las columnas siguientes cada uno de los edificios con el valor de presión corregida, como se muestra en la *Figura 3*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Fecha	Hora	Temperatura	Humedad	Presión Ref	Presión C	Presión D	Presión E	Presión F	Presión G	Presión H	Presión I
2	2004-04-20	10 h 00 min	20,0253	36,3	81221	81216	81211	81196	81186	81174	81155	81129
3	2004-04-20	10 h 01 min	20,0348	36,3	81221	81215	81210	81195	81184	81172	81152	81126
4	2004-04-20	10 h 02 min	20,0550	36,3	81221	81215	81210	81193	81182	81170	81153	81124
5	2004-04-20	10 h 03 min	20,0884	36,4	81223	81216	81210	81193	81181	81170	81150	81121
6	2004-04-20	10 h 04 min	20,1217	36,4	81223	81216	81209	81192	81186	81170	81148	81126
7	2004-04-20	10 h 05 min	20,1417	36,4	81230	81217	81210	81191	81187	81168	81146	81123
8	2004-04-20	10 h 06 min	20,1621	36,5	81224	81217	81211	81188	81185	81168	81142	81122
9	2004-04-20	10 h 07 min	20,1821	36,5	81224	81216	81211	81187	81179	81167	81143	81121
10	2004-04-20	10 h 08 min	20,2044	36,5	81224	81217	81210	81187	81180	81166	81142	81118
11	2004-04-20	10 h 09 min	20,2090	36,5	81224	81217	81207	81185	81179	81165	81141	81120
12	2004-04-20	10 h 10 min	20,2071	36,5	81224	81217	81203	81185	81178	81164	81139	81118
13	2004-04-20	10 h 11 min	20,2104	36,6	81222	81215	81201	81183	81178	81163	81139	81115
14	2004-04-20	10 h 12 min	20,2143	36,5	81220	81214	81199	81183	81176	81161	81137	81114
15	2004-04-20	10 h 13 min	20,2113	36,6	81218	81212	81199	81185	81175	81159	81133	81112
16	2004-04-20	10 h 14 min	20,2058	36,6	81218	81212	81199	81186	81174	81157	81132	81110
17	2004-04-20	10 h 15 min	20,1999	36,6	81217	81212	81198	81186	81174	81156	81132	81112

Figura 3. Ejemplo del registro de datos del sistema de monitoreo.

9. ACCESO REMOTO

Para acceder al monitoreo, el usuario lo puede hacer con ayuda de una computadora que tenga conexión a red, tenga acceso al Internet Explorer y una licencia de LabVIEW versión 6.1 (o superior) o con una licencia de paneles remotos.

Para visualizar el monitoreo de presión atmosférica, tendrá que abrir el Internet Explorer y en la barra de dirección, la siguiente ruta: <http://F001/simo.htm>

Mediante esta ruta se realiza la transferencia de datos desde una computadora llamada F001 que se encuentra en el dominio CNM2K y en ella se accede al programa llamado SIMO. El SIMO se comunica de manera simultánea haciendo funcionar a la computadora como un servidor. Ver la *Figura 4*.

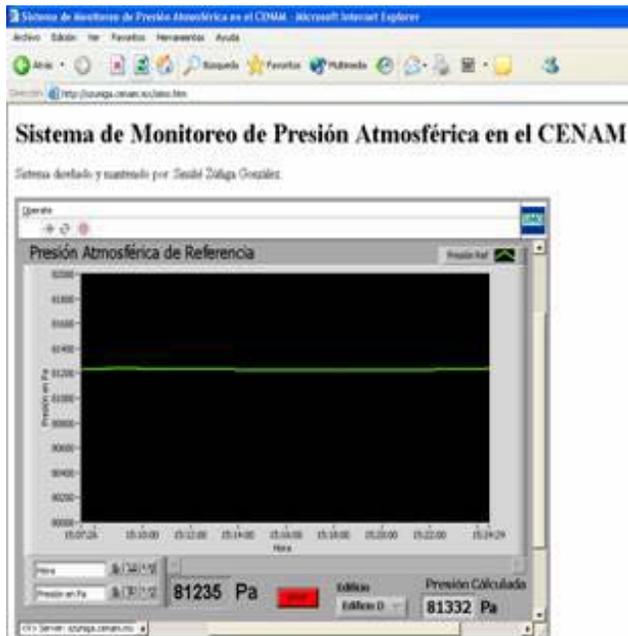


Figura 4. Vista del sistema monitoreo desde el Internet Explorer.

10. CONCLUSIONES

La medición de presión atmosférica o barométrica obtenida por este sistema es confiable. Para asegurar esto, los dos patrones de referencia utilizados por el SIMO se calibran periódicamente y se conoce su comportamiento en el tiempo.

El sistema es seguro. Se ha dotado al sistema con dos manómetros de referencia, uno de ellos funciona como respaldo para garantizar que el sistema siempre este en funcionamiento.

La incertidumbre obtenida, incluyendo las correcciones necesarias para cada laboratorio usuario, es adecuada para el uso en gran parte de los laboratorios interesados. La medición de la presión barométrica se logra con una incertidumbre absoluta expandida de ± 20 Pa (con $k = 2$).

En aquellos casos en que algún laboratorio requiera incertidumbres menores que las ofrecidas por el sistema SIMO, las lecturas en el SIMO le pueden servir para verificar sus mediciones y llevar el monitoreo de los barómetros de su laboratorio.

El sistema cuenta actualmente con una limitante, que el usuario tenga licencia de LabVIEW o de panel remoto para poder acceder a la información. Sin embargo, se han iniciado actividades para la construcción de un módulo de barómetro que se encuentre alojado en la nueva versión del sitio de la página de red de la División de Metrología de Fuerza y Presión:

<http://www.cenam.mx/fyp/simo.asp>

AGRADECIMIENTOS

A Manuel García Nieves y Jesús Alcacio Aguilar de la Universidad Tecnológica de Querétaro (UTQ), por colaborar en la edición del código en la página de red de la División de Metrología de Fuerza y Presión del CENAM.

A los integrantes de la especialidad de Metrología de Presión y Vacío del CENAM y a todos los que han contribuido de alguna manera en aportar ideas para este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Torres Guzmán J. C., Soriano Cardona B., Olvera Arana P., Medición Primaria de Presión Barométrica. Memorias del Segundo Congreso Internacional Metrocal. Chile. 2001.
- [2] Olvera Arana P., Santander Romero L. A., Torres Guzmán J. C., Notas del Curso de Metrología de Presión. CENAM. 2004.
- [3] RPM1 Reference Pressure Monitor, User's Manual. Document No. 550060, 1995 DH Instruments, Inc.
- [4] Precision Instruments & Systems, DPG II, 14500. Barometer, Mensor Corp. 1993.
- [5] GPIB-232CV-A User Manual. November 1999 Edition. Part Number 3200505C-01.
- [6] Getting started with your GPIB-ENET/100 and NI-488.2 for Windows Me/98/95. August 2000. Edition Part Number 322870A-01.
- [7] LabVIEW Measurements Manual. July 2000 Edition. Part Number 322661A-01.
- [8] LabVIEW User Manual. July 2000 Edition. Part Number 320999C-01.