

**IMPLEMENTACION DE UN PROCEDIMIENTO PARA EL
MUESTREO, CALIBRACION, CONTROL DE CALIDAD DE LOTES
DE MEDIDORES DE GAS RESIDENCIALES**

JUAN DAVID GÓMEZ PATIÑO

**Universidad del Cauca
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación
Programa de Ingeniería Física
Popayán
2011**

**IMPLEMENTACION DE UN PROCEDIMIENTO PARA EL
MUESTREO, CALIBRACION, CONTROL DE CALIDAD DE LOTES
DE MEDIDORES DE GAS RESIDENCIALES**

JUAN DAVID GÓMEZ PATIÑO

**Trabajo de grado en modalidad pasantía para optar al título de Ingeniero
Físico**

**Director GERMAN ARTURO BACCA
Ingeniero Mecánico**

**Universidad del Cauca
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación
Programa de Ingeniería Física
Popayán
2011**

Nota de aceptación

Director _____
Ing. Germán Arturo Bacca

Jurado _____
Ing. Leonairo Pencue Fierro

Jurado _____
Mg. Jorge W. Coronel

Popayán, 11 de febrero de 2011

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	8
OBJETIVOS.....	9
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
1. PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS.....	10
1.1 MEDIDORES DE GAS RESIDENCIALES.....	10
1.2 BOQUILLAS SÓNICAS.....	16
1.3 BANCO DE BOQUILLAS SÓNICAS B-SONIC	24
2. REGLAMENTACIÓN Y NORMAS TECNICAS.....	29
2.1 DECRETO 2269 DE SEPTIEMBRE 16 DE 1993	29
2.2 NTC- ISO 2859-1 (2002) PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS. PARTE 1: PLANES DE MUESTREO DETERMINADOS POR EL NIVEL ACEPTABLE DE CALIDAD (NAC) PARA INSPECCIÓN LOTE A LOTE. (2).....	34
2.3 NTC-ISO/IEC 17025 (2005) REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO Y ACREDITACION.	43
3. MEDICION DEL GAS.....	45
3.1 MEDICION DEL GAS EN COLOMBIA	46
3.2 INFRAESTRUCTURA METRÓLOGICA DE GDO S.A E.S.P.....	47
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
4.1 APROBACIÓN DE LOTES DE MEDIDORES NUEVOS.	49
4.2 CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE GAS CON EL BANCO DE BOQUILLAS SÓNICAS B-SONIC	54

5. CONCLUSIONES.....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
ANEXO 1	76
Formato RC-61 para la solicitud de calibración de equipos	76
ANEXO 2	77
Especificaciones técnicas de la instrumentación y patrones del <i>B-SONIC</i>	77

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Medidor de Gas Residencial	10
Figura 2. Esquema Medidor de Gas Residencial	11
Figura 3. Funcionamiento Medidor de Gas tipo Diafragma.	13
Figura 4. Fotografía de Boquillas Diseñadas y construidas en Colombia por el CDT del Gas	16
Figura 5. Perfil de una boquilla Sónica	20
Figura 6. Cambios de propiedades del fluido en función del área	20
Figura 7. Esquema del sistema de alta presión para un banco de boquillas sónicas	23
Figura 8. Esquema del sistema a vacío en un banco de boquillas sónicas	24
Figura 9. Vista general Banco de Boquillas Sónicas B-SONIC	25
Figura 10. Subsistemas B-SONIC	26
Figura 11. Esquema del montaje diseñado para calibración de Medidores de Volumen tipo Diafragma con el banco de boquillas sónicas.	27
Figura 12. Estructura General de la Aplicación MDM	28
Figura 13. Descripción proceso de calibración en el Banco de Boquillas Sónicas B-SONIC	57
Figura 14. Modulo de Servicios	59
Figura 15. Crear Servicio	60
Figura 16. Datos Medidor	63
Figura 17. Alineación de los medidores y accionamiento de la palanca	65
Figura 18. Diagrama de Flujo de "Calibración de medidores"	68
Figura 19. Certificado de calibración medidor tipo diafragma (página 1)	70
Figura 20. Certificado de calibración medidor tipo diafragma (página 2)	70
Figura 21. Informe de resultados consolidados (Pagina 1)	71
Figura 22. Informe de resultados consolidados (Pagina 2)	72

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Lecturas obtenidas de un medidor residencial	15
Tabla 2. Caudales nominales de las Boquillas Sónicas	25
Tabla 3. Letra clave de tamaño de la muestra	37
Tabla 4. Tamaño de muestra	41
Tabla 5. Caudales nominales de las Boquillas Sónicas	56
Tabla 6. Caudales nominales de prueba para medidores de diafragmas	56
Tabla 7. Evaluación funcionamiento de medidor	58

INTRODUCCION

Este trabajo se desarrolló para la compañía Gases De Occidente S.A E.S.P (GDO) de la ciudad de Cali. GDO es una compañía distribuidora y comercializadora de gas natural que en su sistemas de gestión de la calidad cuenta con un Laboratorio Metrología. Las empresas prestadoras de servicios públicos están regidas por el decreto 2269 de 1993 donde se establece deben contar con laboratorios de metrología acreditados para comprobar por su cuenta el grado de precisión de los instrumentos en uso.

Un estudio realizado demostró que el Laboratorio de Metrología de GDO no contaba con la infraestructura necesaria para realizar una calibración adecuada a los instrumentos de medición de volumen. Como solución al problema GDO contrató a la Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas (CDT) del Gas e invirtió para el desarrollo de un banco de calibración para medidores de gas.

Este trabajo tuvo como objetivo principal implementar un procedimiento para el muestreo, calibración y control de calidad de lotes de medidores residenciales en la compañía Gases De Occidente. El procedimiento se compone de las siguientes partes: Normas técnicas que rigen procedimientos de muestreo y laboratorios de metrología, principio de operación de los instrumentos, procedimiento para la selección y aprobación de lotes y procedimiento para la calibración de medidores en el banco de boquillas sónicas.

Con la implementación final del procedimiento desarrollado en este trabajo, el Laboratorio de Metrología de Gases de Occidente S.A E.SP. cuenta ahora con la infraestructura metrología para la medición de flujo y de esta manera da cumplimiento a los requisitos legales y normas técnicas exigidas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Implementar un procedimiento para el muestreo, calibración, evaluación y aprobación o rechazo de lotes de medidores de gas residenciales nuevos adquiridos por Gases de Occidente S.A E.S.P en el banco de boquillas B-SONIC, teniendo en cuenta los decretos y normas estipuladas para la distribución del gas natural.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Clasificar los proveedores de medidores según el tipo de certificación de calidad bajo la norma ISO-9001.
- Establecer los parámetros de información y evaluación para un lote de medidores nuevos.
- Determinar el tipo de muestreo que se aplicara a un lote de medidores nuevos con base a la norma NTC 2859-1.
- Establecer las actividades y equipos pertinentes para realizar la calibración de medidores de gas tipo diafragma usando como patrón el banco de boquillas B-SONIC.

1. PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

Los medidores de gas residenciales son medidores de gas tipo diafragma, con la denominación comercial de G 1.6, este tipo de medidores serán comprobados y calibrados en un banco de boquillas sónicas. A continuación se presenta los principios teóricos y de operación que aplican para cada uno de los instrumentos mencionados.

1.1 MEDIDORES DE GAS RESIDENCIALES

Los medidores de gas que se encuentran instalados en las viviendas son medidores de diafragma del tipo de desplazamiento positivo los cuales son utilizados para medir el volumen que pasa a través de ellos. Esto se logra mediante el conocimiento de un volumen que es desplazado en cada movimiento del diafragma. El diafragma también provee el sello entre las cámaras de medición del dispositivo. Los medidores tipo diafragma han probado ser un instrumento confiable para la medición de gas por muchos años y son ampliamente usados en aplicaciones de hogar que requieran caudales de gas de media a baja presión como cocinas o calentadores de agua. (1)



Figura 1. Medidor de Gas Residencial¹

¹ Figura tomada de catalogo "Rangos de Productos y Servicios" ELSTER GROUP, 2006.

- **Principio de Operación**

La mayoría de los medidores de tipo diafragma utilizan un diseño que consiste de tres partes principales: válvulas, diafragmas, y el mecanismo de conexión como se muestra en la figura 2.

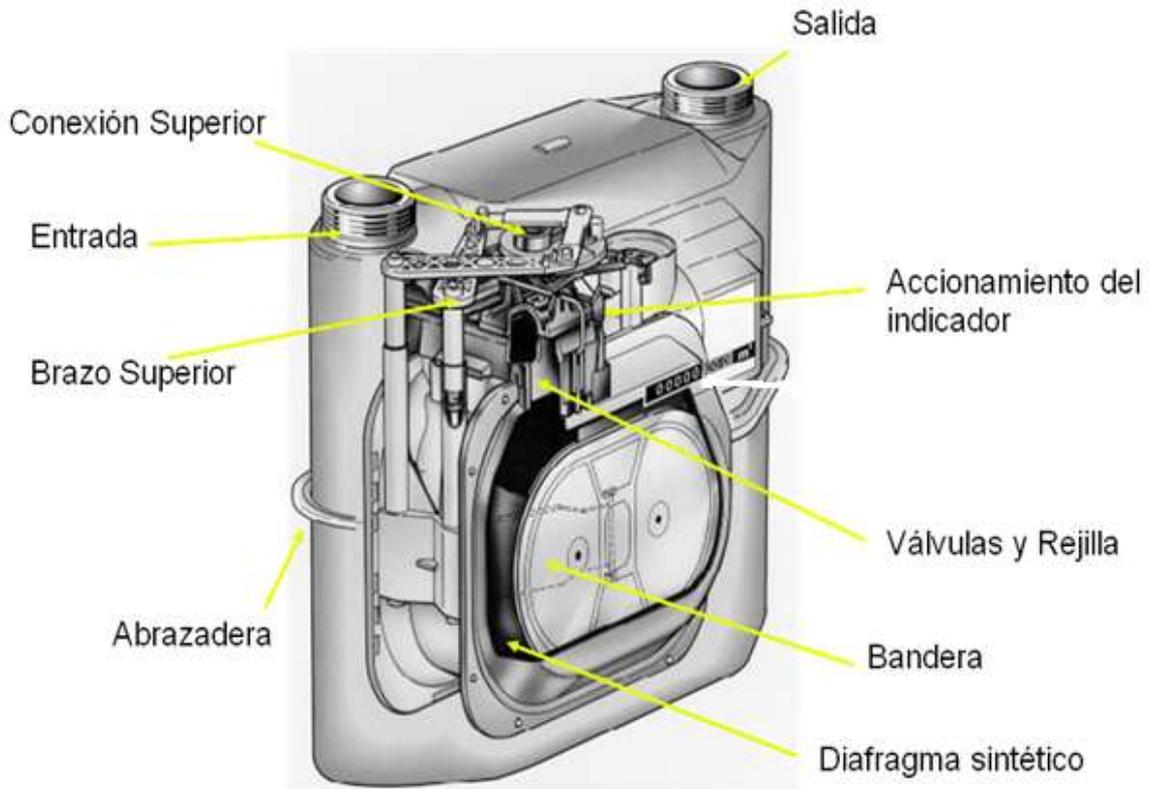


Figura 2. Esquema Medidor de Gas Residencial²

El funcionamiento del medidor de tipo diafragma puede ser comparado al funcionamiento de un motor que toma la energía del flujo del fluido y a través del mecanismo lo convierte en movimiento que lo registra el contador. La presión diferencial más pequeña a través del diafragma causara un movimiento que se registrará en el indicador. A través de conductos y válvulas esta presión diferencial es comunicada a un lado del diafragma, la cual crea una presión diferencial al otro

² Fuente modificada de MEDIDORES TIPO DIAFRAGMA. ELSTER GROUP 2006

lado del diafragma, de esta manera la presión genera el movimiento del mecanismo que registra la cantidad de fluido que paso a través de él. El medidor de tipo diafragma que es clasificado como un medidor de desplazamiento positivo algunas veces también es llamado como medidor tipo balde debido a que si tenemos un balde de volumen conocido y contamos el número de veces que fue llenado y vaciado el balde, podemos medir grandes volúmenes desconocidos con un volumen pequeño conocido. Los diafragmas y los volúmenes creados por los diafragmas y el cuerpo del medidor, son volúmenes pequeños conocidos. Cada vez el diafragma o la cámara se llenan, sabemos cuánto gas ha pasado. Por simple conteo del número de veces que cada cámara se lleno y se vació, podemos totalizar la cantidad de gas que ha pasado por el medidor. La figura 3 muestra el funcionamiento de un medidor residencial. (5)

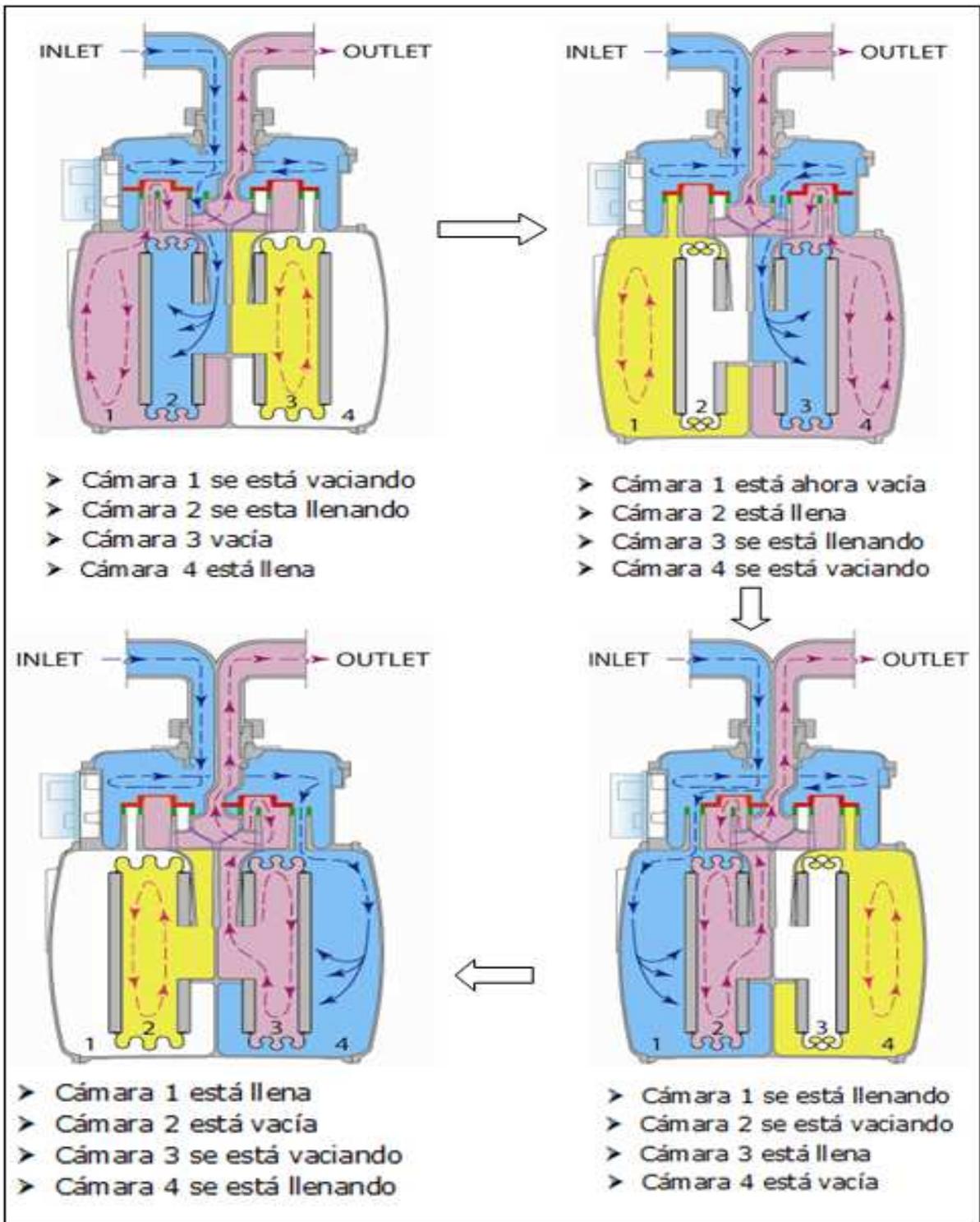


Figura 3. Funcionamiento Medidor de Gas tipo Diafragma.³

³ Fuente Modificada de: FUNCIONAMIENTO, PRESENTACION MEDIDORES TIPO DIAFRAGMA. ELSTER GROUP 2006.

- **Condiciones normalizadas o de Referencia**

La compresibilidad en un gas, es el efecto causado por las variaciones de presión y temperatura en el volumen ocupado por un gas. Este comportamiento se describe con la ley de los gases ideales. La compresibilidad de los gases hace que un metro cúbico de gas tenga un volumen muy distinto en distintas condiciones de temperatura y presión. Por lo tanto, para poder comparar el volumen de un gas es necesario expresarlo a las mismas condiciones de flujo. Debido a que esta medición no se puede comparar con otro flujo, incluso en la misma aplicación, ya que frente a una variación de presión y/o temperatura el volumen variaría. Es por eso que típicamente las mediciones se expresan en condiciones de referencia.

Expresar el volumen de gas en condiciones de referencia nos sirve para poder comparar mediciones de caudal de gas. Una condición de referencia típica es 1 atmósfera absoluta (101 325 Pa) y 20 °C (293.15 K), y es conocida como condición normalizada o de referencia.

El cálculo del volumen a condiciones normalizadas o de referencia es de acuerdo a la ecuación 1.

$$V_n = V \frac{P}{101325} \frac{293.15}{T} \quad (1)$$

donde:

V_n = volumen de gas del medidor a condiciones normalizadas a 101325 Pa y 20°C.

V = volumen de gas del medidor a las condiciones al momento de la medición.

P = presión del medidor al momento de la medición.

T = temperatura termodinámica del medidor al momento de la medición.

Cabe señalar que la ecuación 1 es válida siempre y cuando no exista una presión diferencial grande entre la entrada y salida del medidor, de lo contrario habrá que aplicar un factor adicional debido al factor de compresibilidad del gas.

Correcciones en Lectura del Volumen:

Se realiza una medición de volumen a un caudal determinado con un medidor residencial y se registra las lecturas las cuales se muestran en la tabla 3.

Volumen (L)	Temperatura (°C)	Presión (Pa)
100	21.5	81345

Tabla 1. Lecturas obtenidas de un medidor residencial⁴

Para poder conocer el valor convencionalmente verdadero, primeramente se debe llevar la lectura registrada a condiciones normalizadas, las cuales se tomaran las condiciones que reporta el informe de calibración del medidor, Reemplazando en la ecuación 1 se obtiene:

$$V_n = 100 \frac{81220}{101325} \frac{293.15}{(21.2 + 273.15)}$$

$$V_n = 86.03 L$$

Finalmente, una vez conocido el valor a condiciones normalizadas o de referencia se puede conocer el valor convencionalmente verdadero multiplicando por el factor de corrección correspondiente al caudal presente en la medición, reportado en el informe de calibración. (5)

⁴ Tomada de “ Medición con Gasómetro Seco” Nota Técnica, Metrología Integral y Desarrollo S.A. de C.V. 2008

1.2 BOQUILLAS SÓNICAS

La tecnología de de boquillas sónicas (ver Figura 4) es ampliamente utilizada como patrón de calibración gracias a las excelentes bases teóricas que sustentan su funcionamiento



Figura 4. Fotografía de Boquillas Diseñadas y construidas en Colombia por el CDT del Gas.⁵

El método de prueba internacionalmente para calibrar medidores de gases, utilizando un patrón de boquillas sónico, el cual consiste en que un gas fluye a través de una boquilla con buen acabado superficial, incrementara su velocidad al mismo tiempo que su diferencial de presión a través de la boquilla, hasta llegar a la velocidad del sonido en la garganta. Esta es la velocidad máxima a la cual el gas puede viajar esperando un rango de presiones bajo el que muchos medidores son usados y probados. (6)

El flujo se considera como la cantidad de fluido, expresada en masa o en volumen, que pasa por una sección en un lapso de tiempo. Por lo tanto, el parámetro “caudal” Q , se expresa en unidades de volumen o masa por

⁵ Tomada de CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO DE GAS EMPLEANDO LA TECNOLOGÍA DE BOQUILLAS SÓNICAS. Jornada Técnica de Medición de Flujos de Gases. CDT de Gas. Diciembre 2004

unidad de tiempo (m^3/h ó Kg/h) y matemáticamente puede ser calculado a partir de caudal volumétrico (Ecuación 2) y caudal másico (Ecuación 3):

$$Q_v = V_m \times A_t \quad (2)$$

$$Q_m = Q_v \times \rho \quad (3)$$

Donde:

V_m = Velocidad media del Fluido

A_t = Área Transversal del Flujo

ρ = Densidad del Fluido

Existen tecnologías de medición que aprovechan los fenómenos que se presentan en los fluidos para determinar los valores de Q_v y Q_m , entre estos se destacan las boquillas sónicas, las cuales están basadas en el principio de flujo sónico o velocidad sónica y poseen, dada la naturaleza de su funcionamiento, entre otras las siguientes ventajas :

- Gran estabilidad a largo plazo, gracias a que no contienen partes móviles.
- Bajos valores de incertidumbre; la teoría del flujo sónico garantiza la nula influencia de los factores que producen disturbios e irregularidades difícilmente cuantificables.
- Facilidad de operación: No requieren procedimientos especiales ni rigurosos para la determinación de los valores de caudal.
- Recuperación de presión: El diseño de la boquilla permite que en la zona divergente, el fluido logre un aumento de presión después de haber alcanzado la velocidad sónica.

1.2.1 TEORIA DE FLUJO SÓNICO

La teoría de flujo sónico trata los fenómenos presentados en el flujo de fluidos a alta velocidad y plantea los modelos matemáticos, que basados en leyes de la mecánica de fluidos y en principios termodinámicos, permiten conocer y aplicar estos fenómenos en los diferentes campos de la ciencia.

Velocidad del sonido

El sonido se transmite a través de cualquier medio gracias al movimiento de pequeñas ondas de presión en el seno del medio de propagación.

Cuando el medio de propagación es un fluido, específicamente un gas al que podemos considerar perfecto, la velocidad a la que viaja el sonido se puede expresar como:

$$c = \sqrt{kRT} \quad (4)$$

k : coeficiente isotrópico del gas

R : constante del gas

T : temperatura del fluido

La relación entre la velocidad del fluido (V) y la velocidad que el sonido alcanza en este mismo fluido (c) se denomina número de Mach (M) y se calcula como:

$$M = \frac{c}{v} \quad (5)$$

Con base a este parámetro es posible subdividir el flujo en diferentes categorías:

1. *Flujo subsónico*: La velocidad del fluido es menor que la velocidad del sonido $M < 1$.

II. *Flujo sónico*: la velocidad del fluido y del sonido tienen la misma magnitud $M=1$.

III. *Flujo supersónico*: la velocidad del fluido es mayor que la velocidad del sonido $M>1$.

Flujo a través de boquillas sónicas

Las boquillas sónicas son conductos convergentes- divergentes como el mostrado en la figura 5, en estas es posible identificar 3 zonas de flujo:

(1) Zona Convergente: Es la entrada de la boquilla, la cual debe cumplir específicos requisitos de rugosidad y concentricidad, dado que es la encargada de recibir el flujo y de ella depende que se logren condiciones muy cercanas al flujo isentrópico.

(2) Garganta: Mínima área de sección transversal.

Es la zona donde el flujo alcanza la velocidad sónica. El valor de área de esta sección, determina, para unas condiciones de presión y temperatura dadas, el caudal máximo que alcanza el flujo a través de la boquilla.

(3) Zona divergente: Es la región de salida de la boquilla, la cual tiene como objetivo principal la recuperación de presión.

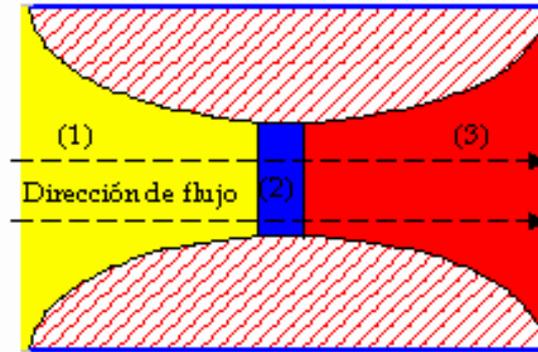


Figura 5. Perfil de una boquilla Sónica⁶

El flujo en boquillas no presenta efectos considerables de fricción debido a las cortas distancias recorridas por el fluido, y la transferencia de calor es mínima ya que los cambios que sufren las partículas son suficientemente pequeños, que no generan gradientes de velocidad y temperatura importantes. Este hecho permite que se realice un análisis de las propiedades del fluido bajo la consideración de un flujo isotrópico y unidimensional.

Teniendo en cuenta estas idealizaciones y los resultados obtenidos a través de innumerables experiencias de laboratorio, es posible describir el comportamiento del fluido a través de la boquilla, tal como se muestra en la figura 6.

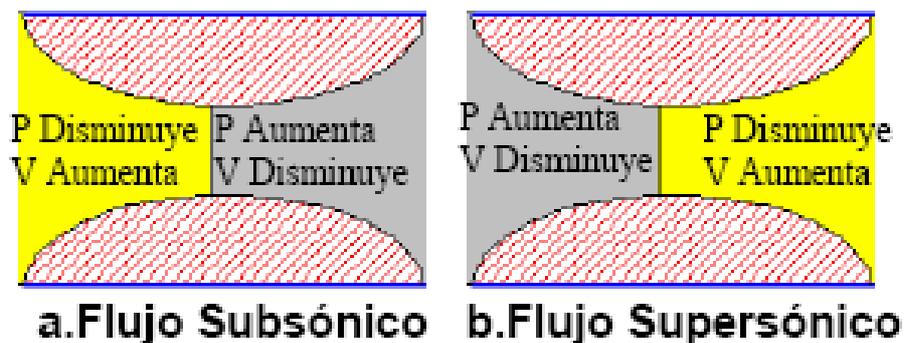


Figura 6. Cambios de propiedades del fluido en función del área⁶

⁶ Tomada de CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO DE GAS EMPLEANDO LA TECNOLOGÍA DE BOQUILLAS SÓNICAS. Jornada Técnica de Medición de Flujos de Gases. CDT del Gas. Diciembre 2004

Para un flujo subsónico, mientras el área disminuye la velocidad aumenta y viceversa. Esta es la razón por la cual para acelerar un fluido subsónico, como el que se presenta aguas arriba de la boquilla, se requiere un conducto convergente.

Por otro lado la máxima velocidad que se puede alcanzar en un conducto convergente es la velocidad sónica, la cual siempre se presenta en la mínima área de sección transversal del conducto. Extendiendo el conducto convergente, no se consigue acelerar el flujo, más allá de la velocidad sónica. La máxima velocidad seguirá siendo la correspondiente a el número de $M=1$, la diferencia radicará en que para un conducto más largo con una sección de salida más corta, el flujo másico disminuirá dada la menor área de paso.

En flujos supersónicos, por el contrario, la velocidad del fluido aumenta cuando el área aumenta. Por esto se emplea un conducto divergente a la salida de la boquilla con el cual es posible continuar acelerando el fluido más allá de la velocidad local del sonido. (6)

1.2.2 Normas internacionales

Las boquillas poseen geometrías de canal de flujo interiores especiales, su diseño e instalación está basado en el estándar internacional ISO 9300 "*Measurement of gas flow by means of critical Venturi Nozzles*" y ASME/ANSI MCF-7M "*Measurement of Gas Flow by Means of Critical Flow Venturi Nozzles*". Estas normas especifican la geometría y el método de utilización de una boquilla sónica; además ofrecen información sobre el cálculo de caudal y sobre la incertidumbre asociada a este valor.

Estas normas especifican la geometría y el método de utilización de una boquilla sónica; además ofrecen información sobre el cálculo de caudal y también sobre la determinación de la incertidumbre asociada a este valor.

Estos documentos de referencia aplican en flujos estables y monofásicos que se aceleran hasta la velocidad sónica. Sin embargo son validas entre unos límites establecidos para números de Reynolds ($1 \cdot 10^5 < Re < 1 \cdot 10^7$).

Cuando estos valores se encuentran fuera de los límites de la norma, se utiliza el método de calibración directa, con el cual se aseguran un número significativo de pruebas experimentales cuyos resultados ofrecen un respaldo suficiente a los coeficientes, garantizándose así que la boquilla operará bajo predecibles y aceptables niveles de incertidumbre.

La información que la norma ofrece está basada en las siguientes consideraciones:

“La tubería aguas arriba de la boquilla sónica es de sección transversal circular, ó es posible asumir que existe un largo espacio aguas arriba de la boquilla sónica”. (6)

Cálculos de Caudal y determinación de incertidumbre

El modelo de cálculo presentado por la norma corresponde a la teoría expuesta anteriormente, y en adición presenta los valores del coeficiente de flujo crítico (C_0) determinados experimentalmente, para gases como el aire, metano y oxígeno, entre otros. La norma incluye además la formulación matemática y los coeficientes requeridos para la determinación del coeficiente de descarga (C_d).

La incertidumbre en la medición de caudal definida por la norma, es equivalente al doble de la desviación estándar y se obtiene por combinación de las incertidumbres parciales de cada una de las magnitudes de influencia, que intervienen en el cálculo de caudal. (6)

1.2.3 Sistema de calibración

Para generar el flujo a través de una boquilla sónica y llevarlo a las condiciones críticas, es necesario cumplir con la relación de presión crítica. Esto se puede realizar de dos diferentes formas, a alta presión o a vacío.

Sistema alta presión

Este el flujo se genera por las diferencias de presión que se originan cuando aguas arriba de la boquilla, se conecta un equipo de alta presión que provee una presión positiva a la entrada, mientras en la salida existe la presión atmosférica como se observa en la figura 7.

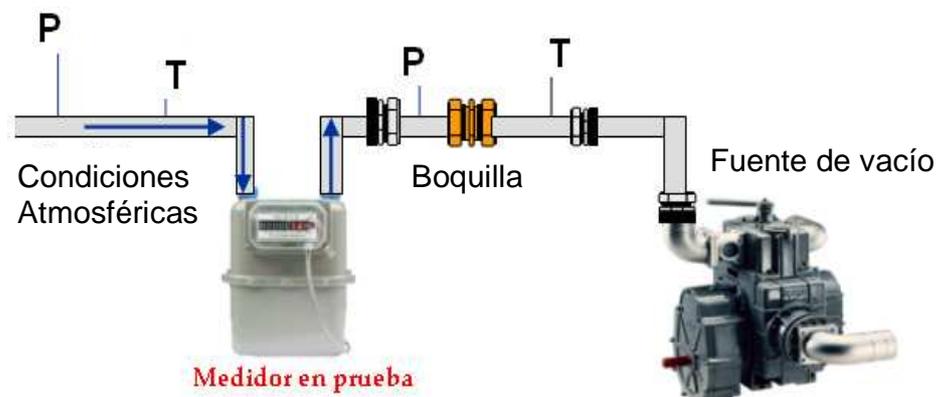


Figura 7. Esquema del sistema de alta presión para un banco de boquillas sónicas⁷.

Sistema a vacío

La diferencia de presión se origina entre la presión atmosférica a la entrada de la boquilla y la presión negativa creada por un equipo de vacío aguas abajo de la boquilla (figura 8).

⁷ IDEM

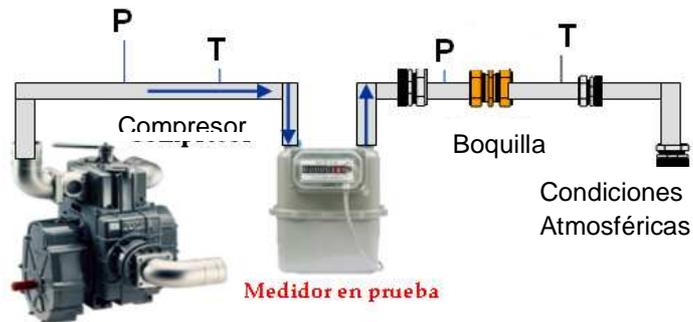


Figura 8. Esquema del sistema a vacío en un banco de boquillas sónicas . 7

Desde el punto de vista metrológico, este es el sistema más conveniente para el funcionamiento del banco, ya que ofrece las mejores condiciones de estabilidad en los valores de presión y temperatura a la entrada del sistema (esto gracias a que las variaciones de presión y temperaturas atmosféricas son prácticamente despreciables, especialmente en relación con los cortos tiempos de calibración).

Este sistema también evita el calentamiento del aire de entrar a la boquilla y al mismo tiempo garantiza que las discontinuidades o irregularidades en las que incurra el equipo de vacío, no tendrán ninguna incidencia en el flujo aguas arriba de la boquilla.

A pesar de todas estas ventajas el sistema a vacío posee una gran desventaja y es que este funcionamiento limita a cada boquilla a un valor de caudal, disminuyendo así las posibilidades de variación de caudal. (6)

1.3 BANCO DE BOQUILLAS SÓNICAS B-SONIC

El banco de boquillas B-SONIC está formado por 10 boquillas sónicas, con las cuales es posible abarcar, por combinación en paralelo (hasta 3 boquillas), un rango de caudales entre 0.016 m³/h y 10 m³/h, ver Tabla 2.

Accesorio	TAG	Caudal [m ³ /h]	Caudal [dm ³ /min]	Imagen
BOQUILLAS SONICAS	BS01	0.016	0.267	
	BS02	0.025	0.417	
	BS03	0.05	0.833	
	BS04	0.125	2.083	
	BS05	0.25	4.167	
	BS06	0.5	8.333	
	BS07	1	16.67	
	BS08	2	33.33	
	BS09	4	66.67	
	BS10	6	100	

Tabla 2. Caudales nominales de las Boquillas Sónicas⁸

Nota: Los caudales presentados en la tabla 4 corresponden a los caudales nominales.

Gracias a su novedoso diseño de dos zonas de calibración, B-SONIC permite calibrar desde uno hasta diez medidores de la misma denominación en forma simultánea, agilizando lotes de medidores. (Figura 9).



Figura 9. Vista general Banco de Boquillas Sónicas B-SONIC

⁸ Tomada del Manual de Usuario B-SONIC, Soluciones Tecnológicas Corporación CDT del Gas. Revisión 1.0

B-SONIC está conformado por 6 subsistemas (ver Figura 10) integrados sinérgicamente que hacen de él una herramienta adecuada para realizar el aseguramiento metrológico de sus medidores tipo diafragma. (7)

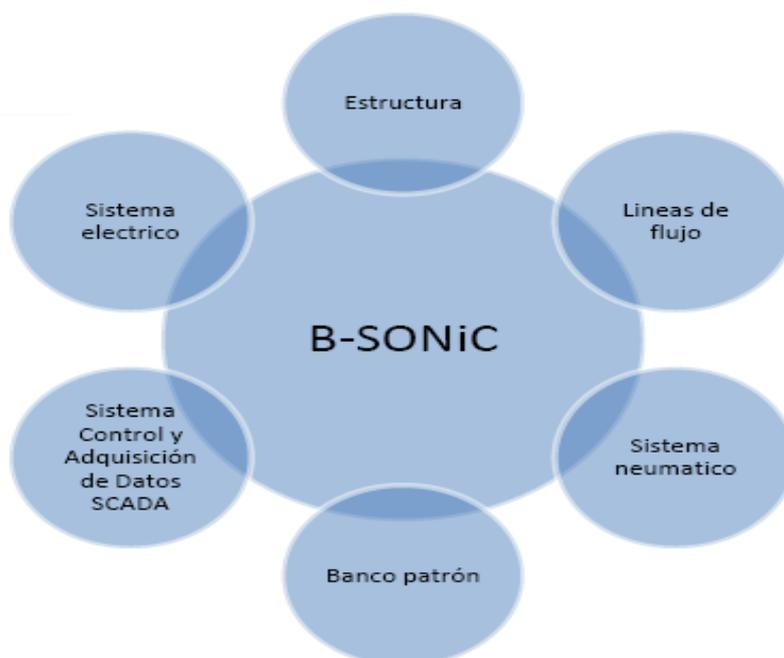


Figura 10. Subsistemas B-SONIC⁹

En la figura 11 se muestra la ubicación espacial de la instrumentación, medidores y patrones del banco de boquillas B-SONIC.

⁹ Figura tomada del Manual de Operación y Mantenimiento del B-SONIC, Soluciones Tecnológicas Corporación CDT de Gas, Pagina 6, V1 R210.

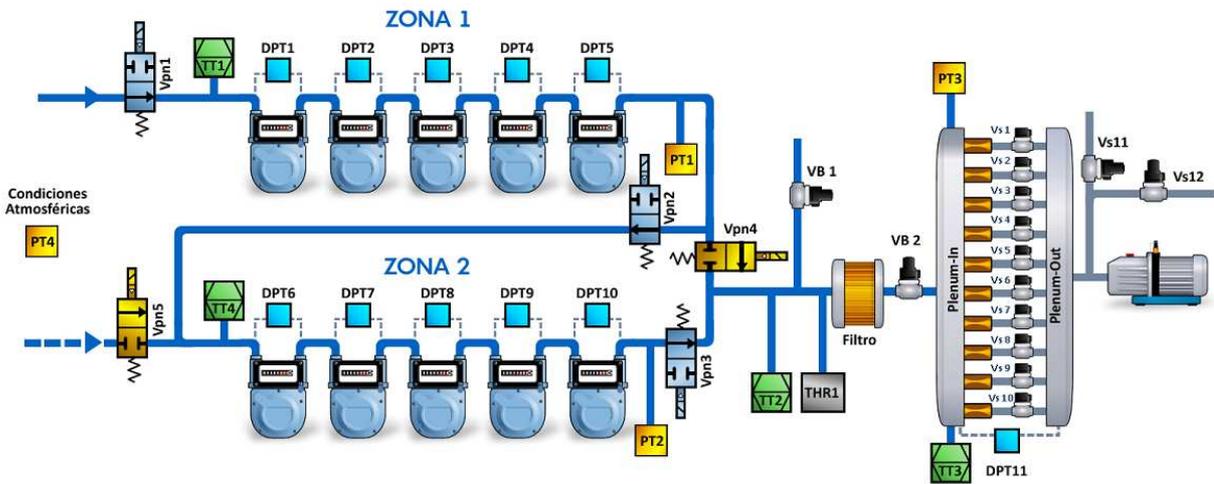


Figura 11. Esquema del montaje diseñado para calibración de Medidores de Volumen tipo Diafragma con el banco de boquillas sónicas.¹⁰

El banco de boquillas B-SONIC cuenta con un modulo diseñado para llevar a cabo el aseguramiento metrológico correspondiente, en el cual se encuentran almacenados los certificados de calibración de cada uno de los equipos componentes del banco. En dicho modulo se tiene acceso a las ecuaciones de corrección de las curvas de los instrumentos de presión y temperatura, de manera que si alguno de los instrumentos es calibrado y requiere ajuste su curva de corrección sea fácilmente actualizada. (8)

¹⁰ Figura tomada del Manual de Operación y Mantenimiento del B-SONIC, Soluciones Tecnológicas Corporación CDT de Gas, Pagina 71, V1 R210.

MDM (Metrological Data Management): Es una solución integral, robusta y de fácil operación, que permite gestionar los procesos de calibración y emitir resultados asegurados metrologicalmente, siguiendo los lineamientos establecidos en la norma ISO/IEC 17025. (Ver figura 12)

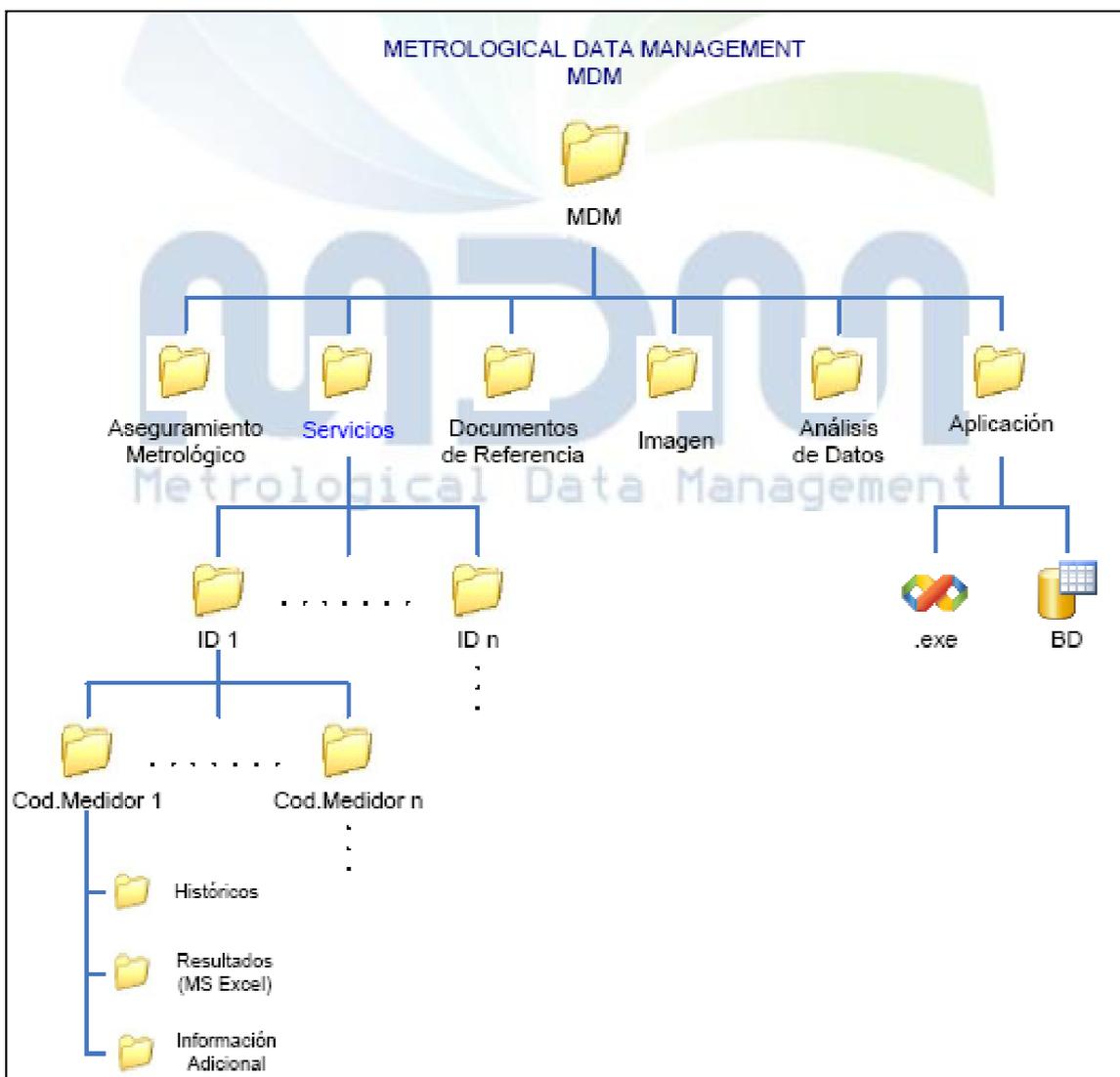


Figura 12. Estructura General de la Aplicación MDM¹¹

¹¹ Figura tomada de manual de Usuario Metrological Data Management, Pagina 5. Corporación CDT de GAS. Revisión 1.0.

2. REGLAMENTACIÓN Y NORMAS TECNICAS

A continuación se presentan los decretos y normas técnicas nacionales (ICONTEC), que reglamentan laboratorios de metrología y que sirven como guía para desarrollar trabajos relacionados con muestreo de lotes, niveles de aceptación de calidad, medidores de gas residencial y elaboración de certificados de calibración.

2.1 DECRETO 2269 DE SEPTIEMBRE 16 DE 1993

Esta sección se presenta los Capítulos y artículos del DECRETO 2269 de 1993 que aplican directamente al Laboratorio de Metrología, donde Gases de Occidente como empresa prestadora de servicios públicos debe dar cumplimiento. (1)

CAPITULO I.

DE LOS OBJETIVOS DEL SISTEMA.

ARTICULO 1o.- El Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología tiene como objetivos fundamentales promover en los mercados la seguridad, la calidad y la competitividad del sector productivo o importador de bienes y servicios y proteger los intereses de los consumidores.

CAPITULO II.

DEFINICIONES

ARTICULO 2o.-Para los efectos de la aplicación e interpretación de este decreto se entiende por:

- **Norma Técnica:** Documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que suministra, para uso común y repetido, reglas, directrices y características para las actividades o sus resultados, encaminados al logro del grado óptimo de orden en un contexto dado. Las

normas técnicas se deben basar en los resultados consolidados de la ciencia, la tecnología y la experiencia y sus objetivos deben ser los beneficios óptimos para la comunidad.

- **Norma Técnica Colombiana:** Norma técnica aprobada o adoptada como tal por el organismo nacional de normalización.
- **Reglamento técnico:** Reglamento de carácter obligatorio, expedido por la autoridad competente, con fundamento en la ley, que suministra requisitos técnicos, bien sea directamente o mediante referencia o incorporación del contenido de una norma nacional, regional o internacional, una especificación técnica o un código de buen procedimiento.
- **Organismo Nacional de Normalización:** Entidad reconocida por el gobierno nacional cuya función principal es la elaboración, adopción y publicación de las normas técnicas nacionales y la adopción como tales de las normas elaboradas por otros entes.

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC continuará siendo el Organismo Nacional de Normalización.

- **Acreditación:** Procedimiento mediante el cual se reconoce la competencia técnica y la idoneidad de organismos de certificación e inspección, laboratorios de ensayos y de metrología para que lleven a cabo las actividades a que se refiere este decreto.
- **Reconocimiento:** Procedimiento mediante el cual se homologan y aceptan los métodos relativos a la implantación de uno o más elementos funcionales de un sistema de certificación de otro país, previo acuerdo o convenio, en condiciones no menos favorables que las exigidas a las partes de origen nacional, en una situación comparable.
- **Organismo de Acreditación:** Entidad gubernamental que acredita y supervisa los organismos de certificación, los laboratorios de pruebas y ensayo y de metrología que hagan parte del sistema nacional de normalización, certificación y metrología.
- **Certificación:** Procedimiento mediante el cual una tercera parte da constancia por escrito o por medio de un sello de conformidad de que un

producto, un proceso o un servicio cumple los requisitos especificados en el reglamento.

- **Certificado de Conformidad:** Documento emitido de acuerdo con las reglas de un sistema de certificación, en el cual se manifiesta adecuada confianza de que un producto, proceso o servicio debidamente identificado está conforme con una norma técnica u otro documento normativo específico;
- **Declaración del proveedor:** Procedimiento mediante el cual un proveedor da constancia por escrito de que un producto, un proceso o un servicio cumple determinados requisitos específicos;
- **Organismo de Certificación:** Entidad imparcial, pública o privada, nacional, extranjera o internacional, que posee la competencia y la confiabilidad necesarias para administrar un sistema de certificación, consultando los intereses generales.
- **Organismo de Certificación Acreditado:** Organismo de certificación que ha sido reconocido por el organismo de acreditación;
- **Organismo de Inspección:** Organismo que ejecuta servicios de inspección a nombre de un organismo de certificación.
- **Organismo de Inspección Acreditado:** Organismo de inspección que ha sido reconocido por el organismo de acreditación.
- **Patrón:** Medida materializada, aparato de medición o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o varios valores conocidos de una magnitud para transmitirlos por comparación a otros instrumentos de medición.
- **Patrón Nacional:** El patrón reconocido por decisión oficial nacional para obtener, fijar o contrastar el valor de otros patrones de la misma magnitud, que sirve de base para la fijación de los valores de todos los patrones de la magnitud dada.
- **Calibración:** El conjunto de operaciones que tiene por finalidad determinar los errores de un instrumento para medir y, de ser necesario, otras características metrológicas.

- **Verificación Metrológica:** Conjunto de operaciones efectuadas por un organismo legalmente autorizado con el fin de comprobar y afirmar que un instrumento de medición satisface enteramente las exigencias de los reglamentos de verificación.
- **Laboratorio de Pruebas y Ensayos:** Laboratorio nacional, extranjero o internacional, que posee la competencia e idoneidad necesarias para llevar a cabo en forma general la determinación de las características, aptitud o funcionamiento de materiales o productos.
- **Laboratorio de Pruebas y Ensayos Acreditado:** Laboratorio que ha sido acreditado o reconocido por el organismo de acreditación;
- **Laboratorio de Metrología:** Laboratorio que reúne la competencia e idoneidad necesarias para determinar la aptitud o funcionamiento de equipos de medición.
- **Laboratorio de Metrología acreditado:** Laboratorio de metrología que ha sido acreditado por el organismo de acreditación.
- **Control Metrológico:** Procedimiento utilizado para verificar si un método, un medio de medición o un producto preempacado cumple con las exigencias definidas en las reglamentaciones metrológicas.
- **Oficina de Control Metrológico:** Ente acreditado para realizar controles metrológicos y expedir certificación de ello.

***CAPITULO V. DE LA ACREDITACION DE ORGANISMOS DE CERTIFICACION
E INSPECCION Y LABORATORIOS DE PRUEBAS Y ENSAYOS Y
METROLOGIA***

ARTICULO 23o.- Son obligaciones de los organismos acreditados pertenecientes al sistema:

a) Someterse a la supervisión permanente de la entidad acreditadora y poner a su disposición toda la documentación e información que le sea requerida para tal fin;

- b) Declararse impedido para realizar actividades del proceso de certificación cuando se efectúen labores de asesoría o consultoría de calidad, o cuando se presenten conflictos de intereses entre el organismo acreditado y el solicitante del servicio;
- c) Utilizar para la realización del muestreo, ensayos y análisis necesarios para la certificación, sólo los laboratorios y agencias de inspección debidamente acreditados por el organismo de acreditación. En casos excepcionales, el organismo de acreditación podrá permitir la utilización de laboratorios no acreditados, cuando las necesidades así lo aconsejen.
- d) Garantizar permanentemente la idoneidad del personal involucrado en sus actividades.
- e) Ofrecer las garantías a que se refiere el presente decreto.

CAPITULO V. DE LA METROLOGIA

ARTICULO 33o.- Las autoridades, empresas o personas que prestan los servicios públicos domiciliarios de acueducto, energía eléctrica y gas natural deberán contar con laboratorios de metrología acreditados por la Superintendencia de Industria y Comercio.

La Superintendencia de Industria y Comercio podrá eximir a los suministradores de los servicios mencionados de contar con laboratorios de metrología acreditados cuando sean varias las empresas que proporcionen el mismo servicio o sufraguen el costo de dicho laboratorio o cuando un número superior al 10% de los usuarios del servicio no posean medidor.

ARTICULO 34o.- Los instrumentos para medir que se empleen en los servicios de suministro o abastecimiento de agua, gas, energía eléctrica, combustibles derivados del petróleo y telefonía, quedan sujetos a las siguientes reglas:

a) Las autoridades, empresas o personas que proporcionen directamente el servicio, estarán obligadas a contar con el número suficiente de instrumentos patrón, personal calificado, así como con el equipo de laboratorio necesario para comprobar por su cuenta, el grado de precisión de los instrumentos en uso.

b) Los suministradores podrán mover libremente todas las piezas de los instrumentos para medir que empleen para repararlos o ajustarlos, siempre que cuenten con patrones de medida y equipo de laboratorio. En tales casos, deberán colocar en dichos instrumentos los sellos necesarios para impedir que personas ajenas a ellas puedan modificar sus condiciones de ajuste;

c) Las autoridades, empresas o personas que proporcionen los servicios, asumirán la responsabilidad de las condiciones de ajuste de los instrumentos que empleen, siempre que el instrumento respectivo tenga los sellos impuestos por el propio suministrador.

2.2 NTC- ISO 2859-1 (2002) PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS. PARTE 1: PLANES DE MUESTREO DETERMINADOS POR EL NIVEL ACEPTABLE DE CALIDAD (NAC) PARA INSPECCIÓN LOTE A LOTE. (2)

Esta sección presenta la norma NTC-ISO 2859-1. La norma estipula el método de muestreo y se aplica para lotes de cualquier empresa. En el trabajo enfatiza en los numerales que están directamente relacionados con el desarrollo del mismo.

- **Objeto**

Esta parte de la NTC-ISO 2859-1 especifica un sistema de muestreo para aceptación de muestras para la inspección por atributos. Está determinado en términos del nivel aceptable de calidad (NAC). Su propósito es inducir al proveedor, mediante la presión económica y psicológica de la no aceptación de un lote, a mantener un proceso promedio cuando menos tan bueno como el nivel

aceptable de calidad especificado, al tiempo que proporciona un límite superior para el riesgo del consumidor al aceptar un lote deficiente ocasional.

Los programas de muestreo diseñados en esta parte de ISO 2859 se aplican, pero no se limitan a la inspección de:

- Ítems terminados
- Componentes y materias primas
- Operaciones
- Materiales en proceso
- Suministros en Existencia
- Operaciones de Mantenimiento
- Datos o Archivos
- Procedimientos Administrativos

- **Términos y definiciones**

- *Inspección:* Actividades tales como la medición, el examen, el ensayo o la estimación de una o más características de un producto, y la comparación de los resultados con los requisitos especificados, para establecer si se logra la conformidad de cada característica.
- *Inspección por atributos:* Inspección mediante la cual el ítem se clasifica simplemente como conforme o no conforme con respecto a un requisito especificado o a un conjunto de requisitos especificados, o se cuenta el número de no conformidades del ítem.
- *Ítem:* Aquello que se puede describir y considerar individualmente.

Ejemplo.

- *un ítem físico;*
- *una cantidad definida de material;*
- *un servicio, una actividad o un proceso;*
- *una organización o una persona; o*

- *No Conformidad*: Incumplimiento de un requisito especificado.
- *Ítem no conforme*: ítem que tiene uno o más no conformidades.
- *Lote*: Cantidad definida de algún producto, material o servicio, tomada en conjunto.
- *Muestra*: *Conjunto* de uno o varios ítems tomados de un lote, destinado para suministrar información sobre el lote.
- *Tamaño de la muestra*: Cantidad de ítems en la muestra.
- *Muestreo*: Técnica utilizada para la selección de una muestra a partir de una población conocida.
- *Plan de Muestreo*: Combinación del (los) tamaños(s) de muestra que se usan, y los criterios asociados de aceptabilidad del lote.

- **Nivel Aceptable de Calidad (NAC)**

Es el máximo porcentaje defectivo (unidades o defectos) que para propósitos de inspección, puede considerarse satisfactorio como una calidad promedio del proceso.

El NAC, junto con la letra código de tamaño de la muestra (ver tabla 3), se usa para determinar los planes y programas de muestreo que se describen en la norma. Cuando se designa un valor específico de NAC para una determinada no conformidad o grupo de no conformidades, esto indica que el programa de muestreo aceptará la gran mayoría de los lotes presentados, siempre y cuando el nivel de calidad (porcentaje de no conformes o no conformidades por cien ítems) de estos lotes no sea superior al valor NAC designado.

Los planes de muestreo previstos están dispuestos de manera que la probabilidad de aceptación con el valor NAC designado depende del tamaño de la muestra para un NAC dado, el cual es generalmente más alto para muestras grandes que para muestras pequeñas.

El NAC es un parámetro del programa de muestreo y no se debería confundir con el promedio del proceso que describe el nivel de operación del proceso de fabricación. Se espera que el promedio del proceso sea superior al NAC para evitar rechazos excesivos de acuerdo con este sistema

PRECAUCIÓN: La designación de un NAC no debe implicar que el proveedor tenga derecho de suministrar, conscientemente, cualquier ítem no conforme.

Tabla 3. Letra clave de tamaño de la muestra¹²

Tamaño del lote	Nivel de Inspección General		
	I	II	III
2 a 8	A	A	B
9 a 15	A	B	C
16 a 25	B	C	D
26 a 50	C	D	E
51 a 90	C	E	F
91 a 150	D	F	G
151 a 280	E	G	H
281 a 500	F	H	J
501 a 1200	G	J	K
1201 a 3200	H	K	L
3201 a 10000	J	L	M
10001 a 35000	K	M	N
35001 a 150000	L	N	P
150001 a 500000	M	P	Q
500001 a más	N	Q	R

¹² Tomada de la Norma NTC-ISO 2859-1 "Procedimientos de muestreo para inspección por atributos". parte 1. Marzo 2004.

- **Presentación del producto para el muestreo**

- **Formación de lotes**

El producto debe pertenecer a lotes o sublotos identificables, o dispuestos de cualquier otra manera que puede estar prescrita (ver presentación de lotes). Cada lote, hasta donde sea posible, consta de ítems de una sola clase, grado, tipo, tamaño y composición, fabricados en condiciones uniformes y esencialmente al mismo tiempo.

- **Presentación de lotes**

La formación de los lotes su tamaño y la manera como el proveedor debe presentar e identificar cada lote, debe estar designada o aprobada por la autoridad responsable o estar de acuerdo con sus pautas. Cuando sea necesario, el proveedor debe proporcionar el espacio o almacenamiento adecuado y suficiente para cada lote, el equipo necesario para la identificación y presentación adecuada y el personal para manejar el producto requerido para tomar las muestras.

- **Aceptación y No aceptación de lotes**

- **Aceptación de lotes**

La aceptación de un lote se debe determinar mediante el uso de un plan o planes de muestreo. El término “no aceptación” se usa en este contexto para “rechazo” cuando se refiere al resultado de aplicar el procedimiento. Las formas del término “rechazo” se conservan cuando se refieren a acciones del consumidor, como en “número de rechazo”.

- **Disposición de lotes No Aceptables**

La autoridad responsable debe decidir cómo se dispondrán los lotes no aceptados. Tales lotes se pueden desechar, clasificar (con o sin ítems no

conformes reemplazados), reprocesar o re-evaluar contra un criterio de uso más específico, o se guardan para información adicional, etc.

- **Lotes presentados nuevamente**

Se debe notificar inmediatamente a todas las partes si se encuentra que un lote no es aceptable. Dichos lotes no deben ser presentados nuevamente hasta tanto se vuelvan a examinar, o reensayar, todos los ítems y el proveedor quede satisfecho en el sentido que todos los ítems no conformes han sido retirados o reemplazados por ítems conformes, o se han corregido todas las no conformidades. La autoridad responsable debe determinar si en la nueva inspección se debe hacer inspección normal o estricta, y si la nueva inspección debe incluir todos los tipos o clases de no conformidades, o únicamente los tipos o clases particulares de no conformidades que fueron la causa del rechazo inicial.

- **Planes de muestreo**

- **Nivel de Inspección**

El nivel de inspección define la relación del tamaño del lote y el tamaño de la muestra. En la Tabla 1 se indican tres niveles de inspección: I, II, y III, para uso general. Salvo si se especifica otra cosa, se debe usar el nivel II. Se puede usar el nivel I cuando es necesaria una menor discriminación, o el nivel III cuando se requiere mayor discriminación

El nivel de inspección requerido para una aplicación en particular lo debe especificar la autoridad responsable. Esto permite a la autoridad exigir mayor discriminación para algunos propósitos y menos para otros.

La cantidad de información sobre la calidad de un lote, obtenida al examinar las muestras tomadas del lote, depende del tamaño absoluto de las muestras y no del tamaño relativo de la muestra, con relación al

tamaño del lote, siempre que la muestra sea pequeña con relación al lote que se examina. A pesar de esto, hay tres razones para variar el tamaño de la muestra en función del tamaño del lote:

- a) Cuando la pérdida por una decisión equivocada es alta, es más importante tomar la decisión correcta.
- b) Con un lote grande, se puede permitir un tamaño de muestra que no sería económico para un lote pequeño.
- c) El verdadero muestreo aleatorio es relativamente más difícil si la muestra es demasiado pequeña en proporción al lote

- **Letras código del tamaño de la muestra**

Los tamaños de la muestra se designan mediante letras código. Se debe usar la Tabla 1 para encontrar la letra código aplicable al tamaño del lote en particular y el nivel de inspección prescrito.

- **Clases de planes de muestreo**

La norma NTC-ISO 2859 indican tres clases de planes de muestreo: simple, doble y múltiple, respectivamente. Cuando se dispone de varias clases de planes para un NAC dado y una letra código de tamaño de muestra (Ver Tabla 4), se puede usar cualquiera de ellos. La decisión con respecto de la clase de plan, bien sea simple, doble o múltiple, cuando esté disponible para un NAC dado y una letra código de tamaño de muestra, se debe basar, usualmente, en la comparación entre la dificultad administrativa y el tamaño promedio de las muestras de los planes disponibles. Para los planes de muestreo dados en esta parte de la norma NTC-ISO 2859, el tamaño promedio de la muestra para planes múltiples es inferior al de los dobles y ambos son inferiores al tamaño de la muestra del plan simple.

Usualmente, la dificultad administrativa para el muestreo simple y el costo por ítem de la muestra son inferiores que para el muestreo doble o múltiple.

Tabla 4. *Tamaño de muestra*¹³

Letra Clave	Tamaño de la muestra
A	2
B	3
C	5
D	8
E	13
F	20
G	32
H	50
J	80
K	125
L	200
M	315
N	500
P	800
Q	1250

¹³ Tomada de la Norma NTC-ISO 2859-1 "Procedimientos de muestreo para inspección por atributos". parte 1. Marzo 2004.

- **Determinación de la aceptabilidad**

- **Inspección de ítems No Conformes**

Para determinar la aceptabilidad de un lote en una inspección del porcentaje de no conformes, se debe usar el plan de muestreo aplicable, de acuerdo con los planes de muestreo simple, muestreo doble y muestreo múltiple.

- Planes de Muestreo Simple (número entero de aceptación)

El número de ítems de la muestra inspeccionada debe ser igual al tamaño de la muestra indicado en el plan. Si el número de ítems no conformes encontrados en la muestra es igual o inferior al número de aceptación, se debe considerar que el lote es aceptable. Si el número de ítems no conformes es igual o superior al número de rechazo, se debe considerar que el lote no es aceptable.

- Planes de Muestreo Doble

El número de ítems de la muestra inspeccionada inicialmente debe ser igual al tamaño de la primera muestra indicada en el plan. Si el número de ítems no conformes encontrados en la primera muestra es igual o inferior al primer número de aceptación, se debe considerar que el lote es aceptable. Si el número de ítems no conformes encontrados en la primera muestra es igual o superior al primer número de rechazo, se debe considerar que el lote no es aceptable.

Si el número de ítems no conformes encontrados en la primera muestra está entre los primeros números de aceptación y rechazo, se debe inspeccionar una segunda muestra del tamaño indicado en el plan. Se debe sumar el número de ítems no conformes encontrados en la primera y segunda muestra. Si el número

acumulativo de ítems no conformes es igual o inferior al segundo número de aceptación, se debe considerar que el lote es aceptable. Si el número acumulativo de ítems no conformes es igual o superior al segundo número de rechazo, se debe considerar que el lote no es aceptable

➤ Planes de Muestreo Múltiple

Cuando se hace muestreo múltiple, el procedimiento debe ser similar al especificado en el plan de muestreo doble. Esta parte de la norma NTC-ISO 2859 tiene cinco pasos, de tal manera que, a más tardar, se tomará una decisión en la quinta etapa.

2.3 NTC-ISO/IEC 17025 (2005) REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO Y ACREDITACION.

La norma Técnica NTC-ISO/IEC 17025 establece los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos y calibraciones en laboratorios y de este modo tener un sistema de gestión que les permite ser técnicamente competentes y con capacidad de producir resultados validos. (3)

Si los laboratorios cumplen con los requisitos de esta Norma, actuaran bajo un sistema de gestión de la calidad para sus actividades de ensayo y calibración que también cumplirá los principios de la Norma ISO 9001

Este trabajo se fundamenta en las secciones 4 y 5 de la norma, las cuales hacen referencia a los requisitos relativos a la gestión y a los requisitos técnicos de deben dar cumplimiento los laboratorios.

Sección 4: Requisitos relativos a la gestión

- Organización
- Sistema de gestión.

- Control de los documentos.
- Revisión de los pedidos, ofertas y contratos.
- Subcontratación de ensayos y de calibraciones.
- Compras de servicios y suministros.
- Servicio al cliente.
- Quejas
- Control de trabajos de ensayos y/o calibraciones no conformes.
- Mejora
- Acciones correctivas.
- Acción preventiva.
- Control de los Registros.
- Auditorías internas.
- Revisiones por la dirección.

Sección 5: Requerimientos técnicos

- Generalidades
- Personal
- Instalaciones y condiciones ambientales.
- Métodos de ensayo y de calibración y validación de los métodos.
- Equipos
- Trazabilidad de las mediciones.
- Muestreo
- Manipulación de los ítems de ensayo y de calibración.
- Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y calibración.
- Informe de los Resultados.

3. MEDICION DEL GAS

Para lograr mediciones confiables es preciso establecer acciones que permitan mitigar los errores de medición. De hecho las mediciones, son simplemente estimativos del valor real que está siendo medido y el valor real nunca puede ser conocido. Todas las mediciones de proceso son inevitablemente degradadas por errores que ocurren durante el proceso de medición que incluye la transmisión de la señal de medida. El error total en la medición es la diferencia entre el valor medido y su "valor real", normalmente este puede ser representado por la suma de las contribuciones de dos diferentes tipos de error: Error Aleatorio y Error Sistemático.

Este tipo de error es inherente a los aparatos de medición y tiene un signo algebraico definido; los errores sistemáticos normalmente ocurren con menos frecuencia que los errores aleatorios, pero sus magnitudes son más grandes.

Los errores en los datos de medición llevan a una reducción significativa del desempeño del sistema y en algunos casos, conducen a un proceso antieconómico o a un régimen de operación inseguro. Por lo tanto es importante reducir, si no completamente eliminar, el efecto de ambos errores sistemático y aleatorio.

Teniendo en cuenta que los altos volúmenes de gas manejados día por día, constituyen considerables volúmenes de dinero, la gestión metrológica en torno a los sistemas de medición y los resultados que estos arrojan, son de vital importancia para garantizar la transparencia en los procesos de transferencia del gas, manteniendo la confianza de los clientes del servicio.

3.1 MEDICION DEL GAS EN COLOMBIA

En Colombia aún se tiene un gran camino por recorrer en torno a las correctas mediciones de gas, sin embargo es necesario mencionar que empresas líderes han colocado en marcha planes serios, para optimizar (actualizar) sus sistemas de medición en torno al continuo avance de la tecnología aplicada a esta rama de la ciencia.

Tradicionalmente y hasta ahora, en muchos países, inclusive en Colombia, la metrología de gas estaba relacionada principalmente y casi de forma exclusiva, con los medidores de gas, sin embargo, el precio de la transacción de una cantidad de gas no depende solamente del volumen medido usando medidores de volumen sujetos a control metrológico, sino también sobre los parámetros de medición (instalación, medidor de gas, presión, temperatura) y sobre la naturaleza del gas. Por estas razones, expertos internacionales durante varios años estudiaron los temas y a finales del año 2007 emitieron el estándar internacional OIML R-140 de 2007 (9), recomendación que introdujo la noción de “sistema de medición”.

Se entiende entonces que un sistema de medición se compone de:

- Elemento Primario el cual asocia aquellos componentes imprescindibles para definir el principio de medición; es decir, la base científica que soporta las mediciones. Dependiendo de la tecnología, este elemento puede incluir: Medidor de flujo y/o volumen de gas, Tubos de Medición y Acondicionador de flujo.
- Elementos Secundarios que corresponde a instrumentos, equipos y/o sistemas de medición usados para la determinación de variables, diferentes al caudal/volumen, pero que tienen una influencia directa sobre el resultado de la medición y su calidad (es decir su incertidumbre). Estos elementos secundarios generalmente incluyen, pero no se limitan a, instrumentos para medir presión, temperatura y composición del fluido.

- Elemento Terciario que es aquel que recibe las señales provenientes del medidor y los diferentes elementos secundarios, asociándolas dentro de un algoritmo de cálculo para obtener el caudal instantáneo, totalizar el volumen fluido integrándolo con respecto al tiempo e incluso calcular la cantidad de energía que ha pasado a través del medidor. Comúnmente se les conoce como “computadores de flujo” o “computadores de caudal”; estos equipos cuentan adicionalmente con opciones para comunicación y control. En los casos de plantas de proceso, el elemento terciario hace referencia al sistema de control y adquisición de datos de la misma

3.2 INFRAESTRUCTURA METROLÓGICA DE GDO S.A E.S.P.

Dentro del proceso de mejora continua, GDO S.A. ESP viene consolidando su laboratorio de metrología el cual actualmente tiene capacidad para atender calibración de magnitudes asociadas como presión y temperatura.

En la variable “Presión”, GDO S.A. ESP posee patrones secundarios con trazabilidad nacional e internacional y posee competencia para atender instrumentación que opera en dos rangos: a baja presión desde 0 hasta 160 pulgadas de agua (”H₂O) y a media presión, entre 0 y 2000 psig, con lo cual atiende los sistemas de medición de influencia, excepto aquellos relacionados con la transferencia de custodia. Para la variable “Temperatura” posee igualmente patrones que permiten asegurar metrológicamente magnitudes, entre -30 y 670°C.

Con respecto a la magnitud “Flujo o Volumen” no poseen infraestructura constituyéndose ésta, en la primera y gran oportunidad de mejoramiento para asegurar sus mediciones.

Considerando lo anterior, es conveniente aclarar, que internacionalmente las infraestructuras proyectadas se diseñan, no solamente con el propósito de realizar calibraciones, si no que por el contrario, contienen propósitos de gran valor agregado como: mantener la trazabilidad de sus mediciones, garantizar la

confiabilidad en los usuarios, facilitar la comprensión de los fenómenos que afectan las mediciones, realizar transferencia del conocimiento apropiado, e implementar un banco de información tecnológica que les permite tomar decisiones en torno al análisis de las eventualidades encontradas. Para ilustrar esta afirmación, por ejemplo debe mencionarse que los medidores de gas residenciales deben calibrarse cada cinco (5) años para asegurar que el error de medición se encuentre dentro de los límites establecidos para medidores en uso, provistos por la referencia. (10)

Al respecto de esta exigencia normativa, cabe mencionar que de acuerdo al número de usuarios conectados, en el Valle del Cauca, GDO S.A. ESP debería contar con un laboratorio acreditado, que le permitiera evaluar cerca de 300 medidores de diafragma al día, aspecto que prácticamente es imposible, en razón al tiempo necesario para ejecutar dicha actividad.

Para brindar una solución a esta problemática que es nacional, en el Instituto colombiano de normas técnicas y certificación, desarrolló una metodología, basada en métodos de muestreo estadístico para la verificación posterior de medidores de gas residencial, la cual podría ser aplicable perfectamente en la finalidad de este trabajo, en razón a que actualmente tenemos cerca de cinco millones de usuarios en este sector.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta sección presenta la discusión y los resultados obtenidos en el desarrollo de este trabajo. En primer lugar se desarrolla y establecen las actividades a seguir para la aprobación de lotes de medidores nuevos, posteriormente se establecen las actividades y equipos pertinentes para realizar la calibración de medidores de gas con el banco de boquillas Sónicas B-SONIC.

4.1 APROBACIÓN DE LOTES DE MEDIDORES NUEVOS.

4.1.1 Generalidades

- Objetivo y Alcance

Esta sección tiene como objetivo establecer las directrices y actividades que se deben seguir para el muestreo, calibración, evaluación y aprobación o rechazo de lotes de medidores nuevos adquiridos a los diferentes proveedores de bienes seleccionados por la compañía.

El procedimiento aplica para lotes de medidores de diafragma nuevos de las designaciones G1.6 hasta G6, o sus equivalentes, que se reciban en bodega de materiales de la compañía y que se vayan a instalar a usuarios residenciales y comerciales. (9)

- Reglas Generales
 - Es responsabilidad de Gestión logística y Gestión Metrológica velar por el cumplimiento de este proceso.
 - El personal de la bodega de materiales debe reportar a Gestión Metrológica cualquier lote nuevo de medidores de diafragma, en las

designaciones establecidas, con el objetivo de que éste defina el tamaño de la muestra.

- La aplicación de la técnica estadística definida para el muestreo de medidores nuevos deberá ser aplicado por el personal de la bodega de materiales, la muestra resultante debe ser enviada al Laboratorio de Metrología de la compañía.
- Es responsabilidad del Laboratorio de Metrología entregar a Gestión Metrológica los resultados de las calibraciones realizadas a la muestra de medidores recibida de la bodega de materiales, con el objetivo de que se realice el análisis de los datos y se defina la aprobación o rechazo del lote de medidores nuevos.
- No se podrá dar entrada y/o despachar medidores nuevos de un lote específico hasta que Gestión Metrológica no entregue al responsable de Gestión Logística el diagnóstico de aceptación o rechazo correspondiente.

4.1.2 Descripción del proceso

4.1.2.1 Clasificación del Proveedor

Gestión Logística deberá clasificar los proveedores de medidores de diafragma en cada uno de los siguientes niveles como se estipula en la norma NTC-ISO 2859-1. Gestión Logística deberá clasificar los proveedores de medidores de diafragma en uno de los siguientes niveles:

- **NIVEL I o REDUCIDO:** Aplica para aquellos proveedores que ofrecen sello de calidad certificado bajo la norma ISO 9001 y a los cuales se les realizan compras desde un periodo mayor o igual a dos años.

- **NIVEL II o NORMAL:** Aplica para aquellos proveedores que ofrecen certificación de calidad bajo la norma ISO 9001 y a los cuales se les realizan compras desde un periodo mayor o igual a dos años.
- **NIVEL III o RIGUROSO:** Aplica para aquellos proveedores a los cuales se les realizan compras desde un periodo mayor o igual a un año y que no ofrecen ningún tipo de certificación, también se aplica a los proveedores nuevos.

Una vez se realice la clasificación y se inicien las pruebas sobre los medidores se podrá analizar la calidad de los productos a través del tiempo que ofrecen cada uno de los proveedores a partir de la base de datos que se genera en el sistema. La clasificación del proveedor podrá variar para aumentar o disminuir de categoría dependiendo de los resultados obtenidos en la inspección de los medidores entregados a la compañía, dicho cambio deberá ser aprobado conjuntamente por los responsables de Gestión Logística y Gestión Metrológica.

4.1.2.2 Definición del Tamaño de la Muestra

Para definir el tamaño de la muestra requerido para la inspección de un lote de medidores nuevos, el responsable de la bodega debe enviar un Magic¹⁴ a Gestión Metrológica detallando:

- Tipo de medidor
- Designación o modelo
- Marca
- Proveedor
- Categoría del proveedor
- Numero de orden de compra

¹⁴ Magic: Es una orden de trabajo o pedido que se realiza de un área a otra a través de la intranet de Gases de Occidente S.A. E.S.P. por medio de una base de datos llamada "MAGIC"

- Identificación del lote
- Tamaño del lote

Una vez recibida la orden de trabajo a través del Magic el área de Gestión Metrológica definirá el tamaño de la muestra así:

1. Con la información del tamaño del lote y la categoría asignada al proveedor se selecciona la letra clave del tamaño de la muestra, ver tabla 1 Letra clave de tamaño de la muestra.
2. Al definir la letra clave se consulta la tabla 2 para definir el tamaño de la muestra. Ver tabla 2 tamaño de muestra.
3. Una vez definido el tamaño de muestra el responsable de Gestión Metrológica cierra el Magic comunicando el tamaño de muestra que se debe seleccionar para enviar al Laboratorio de Metrología para su respectiva inspección (calibración).

Nota: La inspección a realizar para los lotes de medidores nuevos es de tipo normal (Inspección Normal).

4.1.2.3 Muestreo del Medidor

El tipo de muestreo a aplicar para la selección de la muestra definida es el *Muestreo Simple Aleatorio* con el cual la muestra posible, del mismo tamaño, tiene igual probabilidad de ser seleccionada de la población.

Para un lote de medidores nuevos se seleccionan de manera aleatoria la cantidad establecida por el tamaño de muestra, verificando que la totalidad de los medidores o cajas de medidores seleccionados no correspondan a una designación consecutiva del lote.

La muestra de medidores debe ser tomada directamente por el personal de la bodega de materiales, quien adicionalmente coordinará con el CID el transporte para el envío de la muestra al Laboratorio de Metrología que se encargará de la

inspección correspondiente. El monto del transporte de la bodega al Laboratorio y viceversa será cargado al área que solicita la compra.

Los medidores nuevos que componen la muestra quedaran a cargo del Laboratorio en el sistema financiero mediante un documento llamado TM – Traslado de Materiales hasta tanto se reintegren a la bodega de materiales con un documento igual. (2)

4.1.2.4 Inspección de Medidores

El técnico metrólogo encargado de la recepción de equipos en el Laboratorio recibe la muestra de medidores y la relaciona en el formato RC-61 (Anexo 1) “Solicitud de calibración de equipos” asignando el numero de orden de servicio interno correspondiente.

Adicionalmente, se programa la calibración de la totalidad de los medidores, de acuerdo con el tiempo de respuesta establecido en el nivel de servicio usando el patrón correspondiente de acuerdo con el alcance establecido por el Laboratorio y aplicando el procedimiento de calibración correspondiente.

Una vez Gestión metrológica determine el estado de conformidad del lote éste se libera para que sea entregado a los clientes, devuelto al proveedor o aceptado por derogación.

4.1.3 Acciones Contingentes

- En caso de que se tenga una contingencia para la instalación de redes nuevas y se requiera utilizar medidores nuevos sin realizar la debida inspección al lote, el Gerente del Área que requiere el uso de los medidores debe enviar a los responsables de Gestión Logística y Gestión Metrológica una autorización escrita del uso de tales medidores sin la respectiva inspección.
- En caso de que se requiera la aprobación de un lote por derogación, aceptación de las desviaciones de las tolerancias establecidas, será el Gerente del Área quien envíe por escrito su autorización a los responsables de Gestión Logística y Gestión Metrológica.

4.2 CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE GAS CON EL BANCO DE BOQUILLAS SÓNICAS B-SONIC

4.2.1 Generalidades

- Objetivo y Alcance

Esta sección tiene como objetivo establecer las actividades y equipos pertinentes para la realizar la calibración de medidores de gas tipo diafragma, utilizando como patrón el banco de boquillas sónicas B-SONIC.

Este procedimiento aplica a todos los medidores diafragma con intervalo de calibración desde 0.016 m³/h hasta 10 m³/h, que ingresen al Laboratorio de Metrología de Gases de Occidente S.A. ESP para calibración y que puedan ser acoplados al banco de boquillas sónicas B-SONIC. (7)

- Reglas generales

- El Jefe de Sección Aseguramiento Metrológico es el responsable de velar por el cumplimiento de este procedimiento en el Laboratorio.
- Es responsabilidad del Técnico Metrólogo cumplir con todos los requisitos definidos en este procedimiento.
- El método utilizado para la calibración de medidores de diafragma es por comparación directa del volumen indicado por un Banco Patrón de Boquillas Sónicas B-SONIC, referido a condiciones del medidor, y el volumen indicado por el medidor a calibrar.
- Para garantizar un adecuado proceso de calibración se debe tener cuidado de ubicar el banco de boquillas sónicas B-SONIC en un cuarto que presente condiciones ambientales controladas.

- Instrumentación

En el anexo 2 se presenta las especificaciones técnicas de la instrumentación y patrones del banco de boquillas B-SONIC.

- Caudales de prueba y número de mediciones

La Tabla 5 presenta los caudales nominales de calibración disponibles en el B-SONIC. El número de repeticiones para cada caudal puede variar de acuerdo a la repetibilidad obtenida durante la calibración.

Boquilla	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
Caudal [m ³ /h]	0,016	0,025	0,05	0,125	0,25	0,5	1	2	4	6

Tabla 5. Caudales nominales de las Boquillas Sónicas

La Tabla 6 presenta la los caudales nominales de calibración que estipula la norma NTC-ISO 2829 Medidores de Gas Tipo diafragma para las diferentes referencia de medidores.

Designación	G1,0	G1,6	G2,5	G4,0	G6,0
Qmin	0,016	0,016	0,025	0,04	0,06
3Qmin	0,048	0,048	0,075	0,12	0,18
0,1Qmax	0,16	0,25	0,40	0,60	1,00
0,2Qmax	0,32	0,50	0,80	1,20	2,00
0,4Qmax	0,64	1,00	1,60	2,40	4,00
0,7Qmax	1,12	1,75	2,80	4,20	7,00
Qmax	1,6	2,5	4,0	6,0	10,0

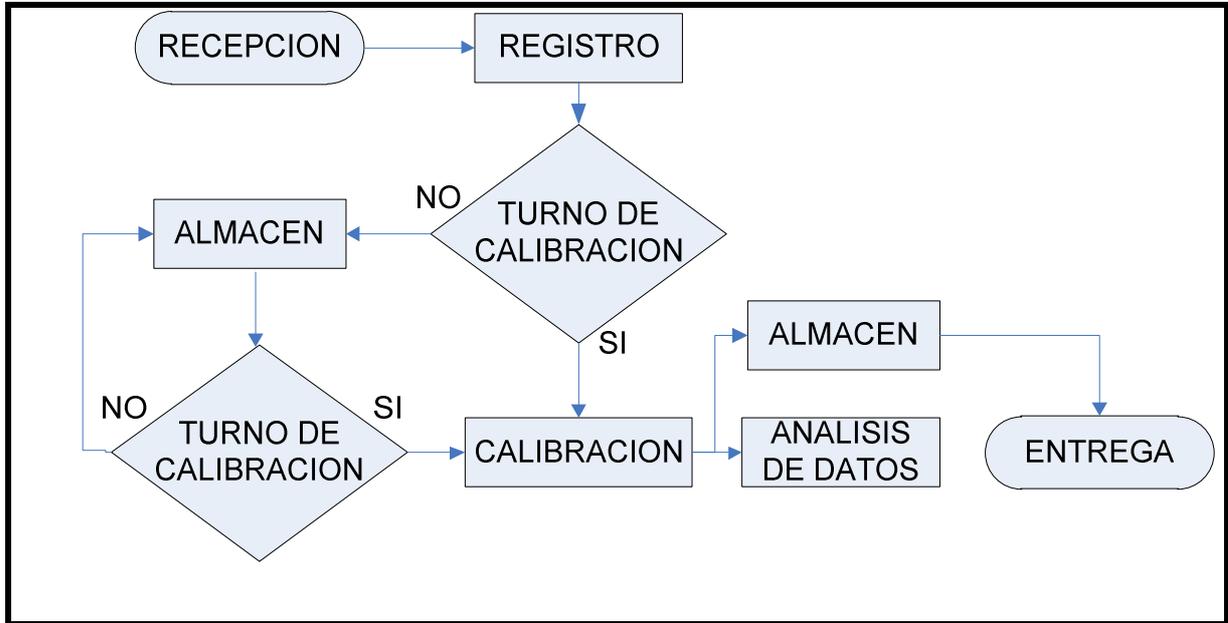
Tabla 6. Caudales nominales de prueba para medidores de diafragmas¹⁵

4.2.2 Proceso de Calibración

A continuación se describe el proceso de Calibración para medidores de gas tipo diafragma utilizando el Banco de Boquillas Sónicas B-SONIC.

¹⁵ Tomada de la norma NTC 2728: 2005 Medidores de Gas Tipo Diafragma

Figura 13. Descripción proceso de calibración en el Banco de Boquillas Sónicas B-SONIC



4.2.2.1 Recepción de medidores

El Técnico Metrólogo encargado de la recepción de equipos recibe e ingresa los medidores de diafragma a las instalaciones del Laboratorio, asignando en el formato RC-61 "Solicitud de Calibración de Equipos" el consecutivo interno de cuatro dígitos manejado en el Laboratorio. Se debe tener en cuenta que se asignará un consecutivo interno por cada 10 medidores recibidos (ej.: Un servicio que relacione 80 medidores, tendrá 8 consecutivos asignados; de igual manera, para un servicio de 86 medidores se asignaran 9 consecutivos internos).

Seguidamente se procede a evaluar el funcionamiento del medidor para determinar si puede ser calibrado con el banco de Boquillas Sónicas.

Prueba de Funcionamiento	Descripción	Criterio de Aceptación	Recomendaciones
Inducción de flujo	Pasar aire* a través del medidor, a un caudal comprendido dentro de su alcance de medición.	Movimiento continuo del odómetro.	No exceder el caudal máximo.

Tabla 7. Evaluación funcionamiento de medidor

*El volumen para la evaluación dependerá del tiempo que ha transcurrido desde que el medidor estuvo en funcionamiento por última vez, y será establecido a criterio del responsable del servicio.

Si durante la evaluación del funcionamiento se encuentra que el medidor no está en óptimas condiciones para calibración, se debe comunicar al cliente lo sucedido, para proceder a la devolución del mismo, esta situación debe quedar registrada en el formato RC-61. (3)

4.2.2.2 Registro e identificación de medidores.

Realizar el registro de cada medidor mediante el software MDM.

- Para crear un servicio se debe ingresar en “Crear Servicio” en el modulo de servicios como se muestra en la figura 15



Figura 14. Modulo de Servicios¹⁶

Para programar un servicio los siguientes datos son obligatorios:

- *Servicio*
Id Servicio

- *Cliente*
Nombre
Teléfono
Contacto

- *Parámetros de Calibración*
Banco de calibración

¹⁶ Tomada del Manual de Usuario Metrological Data Management (MDM), Corporación CDT de GAS, revisión 1.0, Pág. 12.

La figura 15 es un ejemplo de cómo se crea un servicio después de ingresar los datos.

Datos del Cliente

Nombre: ITG
Dirección: Cr 23 N° 15-34
Teléfono: 6252525
Contacto: Jose Cardona
E-mail: jc@itg.com

Datos del Servicio

Id del Servicio: 240610 Estado: Programado
Responsable: Ricardo Lopez

Parámetros de Calibración

Banco de Calibración: B-Sonic Sistema de Unidades: SI
Designación Medidores: G2.5 Número de Puntos de Caudal: 5
Número de Medidores: 3 Número de Repeticiones: 3

Q1 (Qmin) 0,417 dm³/min Q5 (0,4Qmax) 27,063 dm³/min
 Q2 (3Qmin) 1,250 dm³/min Q6 (0,7Qmax) 45,833 dm³/min
 Q3 (0,1Qmax) 0,067 dm³/min Q7 (Qmax) 66,667 dm³/min
 Q4 (0,2Qmax) 13,333 dm³/min

Resumen Medidores Registrados

	Designación	Sistema de Unidades	Número de Medidores	Número de Puntos de Caudal
*				

Figura 15. Crear Servicio ¹⁷

Iniciar el servicio y proceder con la identificación del medidor a través del respectivo código barras; con este código se realizara trazabilidad al instrumento durante su estadía en el laboratorio.

Para iniciar los servicios anteriormente creados, son necesarios los siguientes datos:

- *Servicio*
- Id Servicio

¹⁷ Tomada del Manual de Usuario Metrological Data Management (MDM), Corporación CDT de GAS, revisión 1.0, Pág. 15

Estado

Responsable

➤ *Cliente*

Nombre

Dirección

Teléfono

Contacto

➤ *Parámetros de Calibración*

Banco de Calibración

Designación Medidores

Número de Medidores

Sistema de Unidades

Número de Puntos de Caudal

Número de Repeticiones

Caudales de Prueba

➤ *Datos del Medidor*

Para el caso de la sección “Parámetros de Calibración”, es necesario, además de los datos registrados, incluir los datos referentes a la identificación y características técnicas de los medidores a calibrar, así:

Datos del Medidor: Opción disponible una vez se tengan los demás parámetros de calibración registrados, hace referencia a la información asociada a los medidores a calibrar (ver figura 17). Los datos a ingresar son:

- **Tipo:** Tipo de medidor.
- **Fabricante:** Nombre del fabricante del medidor.
- **K Factor:** K Factor del medidor.
- **Serial:** Serial marcado en el cuerpo del medidor.

- **Orientación del Flujo:** Dirección del flujo del medidor (Derecho o Izquierdo).
- **Ubicación:** Lugar de procedencia del medidor.
- **Código de la Instalación:** Número de suscripción correspondiente a la instalación residencial comercial o industrial donde opera el medidor.
- **Estado:** Condición del medidor (Nuevo, Usado o Reparado).
- **DN:** Diámetro Nominal del medidor (Depende del Banco de Calibración).
- **Clase ANSI:** Clase del medidor (Depende del Banco de Calibración).
- **Máxima Presión de Operación:** Máxima presión de operación del medidor.
- **Presión de Operación:** Presión de operación del medidor.
- **Fluido de Trabajo:** Fluido de trabajo del medidor.
- **Caudal Máximo:** Caudal máximo del medidor a condiciones de flujo, establecido por el fabricante.
- **Caudal de Transición:** Caudal de transición del medidor a condiciones de flujo, establecido por el fabricante o norma aplicable.
- **Caudal Mínimo:** Caudal mínimo del medidor a condiciones de flujo, establecido por el fabricante.
- **Señal de Salida:** Salida del medidor a ser utilizada en el proceso de calibración.
- **Fecha de Ingreso:** Fecha de ingreso del medidor al laboratorio de calibración.
- **Código de Barras:** Identificación del medidor durante su proceso dentro del laboratorio de calibración.

Datos del Medidor

Ayuda Volver Salir

Datos del Medidor

Tipo: Medidor Tipo Diafragma
 Fabricante: METREX
 K Factor: 10 dm³/Puls
 Ubicación: 1
 Código de la Instalación: 05-10-1
 Estado: Nuevo
 DN:
 Fecha de Ingreso: 24/06/2010
 Código de Barras:
 Serial: 0772330
 Orientación del Flujo: Izquierdo
 Resolución: 1 dm³
 Clase ANSI:
 Máxima Presión de Operación: 40 kPa
 Presión de Operación: 0,02 kPa
 Fluido de Trabajo: Aire
 Caudal Máximo: 41,667 dm³/min
 Caudal de Transición: 0,2 dm³/min
 Caudal Mínimo: 0,267 dm³/min
 Señal de Salida:
 Imágenes

14

✓

Figura 16. Datos Medidor ¹⁸

4.2.2.3 Almacenamiento de Medidores

Una vez identificados los medidores estos serán almacenados en el sitio definido en el Laboratorio para tal fin, se debe tener la precaución de mantener los medidores agrupados por servicios o lotes de medidores a calibrar, para facilitar su posterior tratamiento e identificación.

¹⁸ Tomada del Manual de Usuario Metrological Data Management (MDM), Corporación CDT de GAS, revisión 1.0, Pág. 20

4.2.2.4 Calibración de Medidores

4.2.2.4.1 Actividades Preliminares (Preparación para la calibración)

- Verificar las condiciones del recinto según las siguientes especificaciones:
 - ✓ Variación en la temperatura ambiente $\leq 1^{\circ}\text{C} / \text{hora}$.
 - ✓ Variación en la humedad relativa $\leq 10\% / \text{hora}$.
- Verificar que todos los medidores dispuestos para el turno de calibración en el banco se encuentren a temperatura ambiente y debidamente registrados y posean el código de barras respectivo.
- Instalar los medidores en el banco de boquillas B-SONIC de acuerdo al siguiente procedimiento
 - a. Apoye el medidor sobre la base y proceda a alinear la indicación. La última cifra del odómetro se puede ubicar en cualquier número lo importante es que al final sea el mismo en todos los medidores. Si la última cifra del odómetro no se encuentra exactamente en un valor esto reportará una falla.
 - b. Ajuste la separación del acople formado de tal forma que los orificios del medidor se encuentren concéntricos a los orificios del acople.
 - c. Accione la palanca en dirección indicada para subir o bajar el medidor. Ver figura 18.



Figura 17. Alineación de los medidores y accionamiento de la palanca¹⁹

- d. Cuando el medidor este acoplado, sosténgalo con las manos y realice un pequeño movimiento del mismo, de este modo se comprobara el asentamiento del empaque.
- e. Ubique y centre el sensor óptico sobre la última cifra del odómetro a una distancia máxima de 5 mm y verifique que la indicación en el amplificador correspondiente sea la correcta.

Se debe tener en cuenta que el número de medidores para calibración debe ser de máximo diez (10), los cuales deben ser coincidentes en la designación y las características metrológicas.

- Si el medidor debe ser calibrado a partir de un indicador de volumen de aguja o de un odómetro sin reflectivo, se debe instalar un papel reflectivo para que el pulso pueda ser detectado por el sensor óptico. En caso de no ser posible la instalación del papel reflectivo se debe ubicar un contraste oscuro para trabajar detectando un no reflejo del odómetro, de la aguja o del engranaje según sea el caso.

¹⁹ Tomada del Manual de Operación y Mantenimiento del B-SONIC, Soluciones Tecnológicas Corporación CDT del Gas, Pagina 21, V1 R210.

4.2.2.4.2 Calibración

- El proceso de Calibración es ejecutado automáticamente mediante la aplicación del Software MDM y el banco de Boquillas Sónicas B-SONIC, ya que este último cuenta con una estrategia de calibración de medidores totalmente automatizada.
- Para ello se procede a configurar la calibración. El modulo de calibración permite ajustar los parámetros de calibración deseados, se compone de las secciones: *resumen y caudales de prueba para la calibración* que se describen a continuación.

Resumen: Tabla que muestra los puntos de caudal y el número de repeticiones registrados en la Orden de Servicio, para cada uno de los medidores.

Caudales de Prueba para la Calibración: Permite realizar una nueva configuración de los parámetros de calibración.

- Caudales: Valores de caudal correspondientes a la designación de los medidores que se encuentran ubicados en el Banco de Calibración.
- Repeticiones: Cantidad de repeticiones a realizar para cada punto de caudal.
- Pulsos: Número de pulsos que se pasará durante la calibración para cada repetición de cada punto de caudal.
- Volumen: Volumen equivalente en número de pulsos que se pasará durante la calibración (Ejemplo: en un medidor G1.6, si Pulsos = 1 entonces Volumen = 10 dm³).

- Tiempo: Tiempo estimado de duración, en minutos, para cada punto de caudal.
- Secuencia: Secuencia de Calibración (Ascendente o Descendente).
- Nombre Histórico: Identificación asignada, por la aplicación, al archivo generado por el Sistema de Control y Adquisición de Datos, como resultado de la calibración.
- Tiempo Total: Tiempo estimado de duración total, en minutos, para la calibración.

Nota: Para configurar la calibración dentro de la aplicación es necesario tener previamente los medidores montados en el banco de calibración

El sistema de control y adquisición de Datos del Banco de Calibración, permite ejecutar el proceso de calibración acorde a las condiciones configuradas en MDM, de esta forma, cada aplicación ejecuta de manera específica el proceso, para el cual fue desarrollada.

- Con los medidores instalados y los parámetros configurados, iniciar la calibración de los medidores en el modulo “Calibración de Medidores”. El proceso de calibración se describe en el diagrama de flujo de la figura 19.
- Si se detecta alguna anomalía durante la calibración se pulsa el botón “ABORTAR CALIBRACIÓN” para detener el proceso y realizar las respectivas correcciones, y así reiniciar la calibración. Si se aborta la calibración y desea reiniciarla debe regresar al modulo de configuración de calibración y configurarla de nuevo con los procedimientos descritos anteriormente.
- Una vez terminada la calibración con éxito se procede a retirar los medidores calibrados del banco de boquillas B-SONIC, para ubicarlos en la zona definida en el Laboratorio para el almacenamiento los mismos.

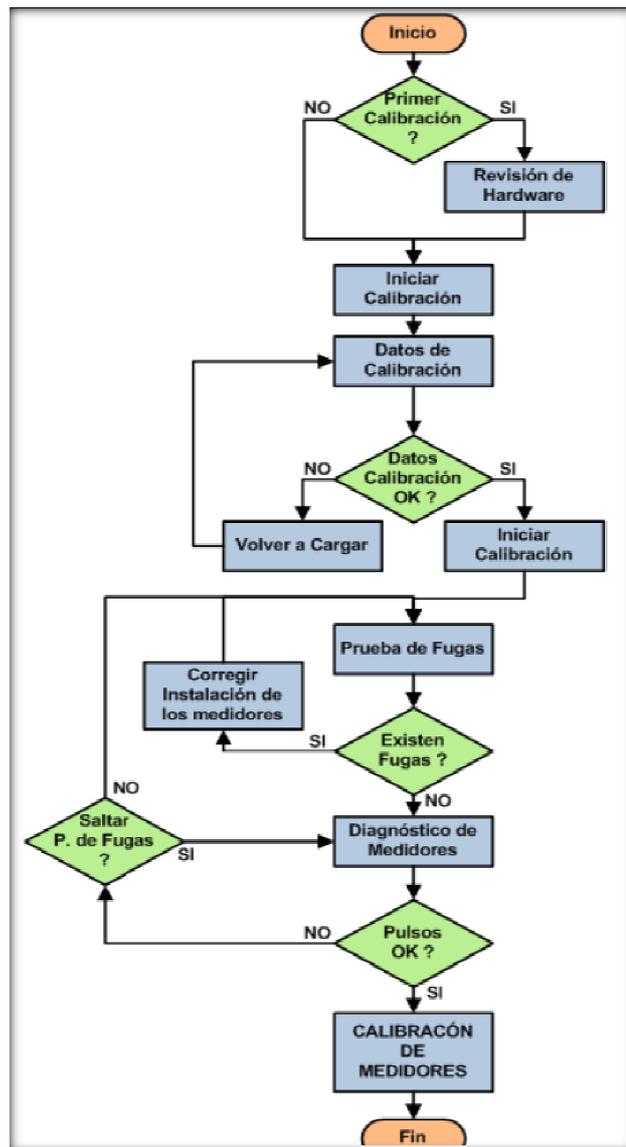


Figura 18. Diagrama de Flujo de “Calibración de medidores”²⁰

4.2.2.5 Análisis de datos y generación de certificados de calibración.

Para realizar el análisis de datos se debe ingresar al modulo de Herramientas de Análisis de Datos. Este módulo permite importar archivos históricos generados por el Sistema de Control y Adquisición de Datos (OPTO 22), como resultado de la

²⁰ Tomada del Manual de Operación y Mantenimiento del B-SONIC, Soluciones Tecnológicas Corporación CDT del Gas, Pagina 23, V1 R210.

calibración, a las carpetas de los medidores correspondientes y ejecutar la Herramienta de Análisis de Datos “HAD”, responsable del registro, organización y análisis de los datos y la generación automática de certificados de calibración. Permite, además, generar un informe de resultados consolidado para un servicio en particular y actualizar la información contenida en el formato para generación del informe de resultados individual incluido en la herramienta.

Como se mencionó anteriormente, la Herramienta de Análisis de Datos “HAD_BS” hace referencia al componente de la aplicación MDM que permite llevar a cabo el proceso de registro y análisis de los datos obtenidos durante la calibración de medidores, y obtener el informe de resultados incluyendo la estimación de incertidumbre.

Nota: La funcionalidad, estructura general, instrucciones de operación y recomendaciones generales, para la Herramienta de Análisis de Datos, se encuentran descritas en el manual “Metrological Data Management – Herramienta de Análisis de Datos”.

Del análisis de datos se produce como resultado el certificado calibración correspondiente al medidor. La figura 20 y 21 presentan el tipo de certificado emitido. (10)

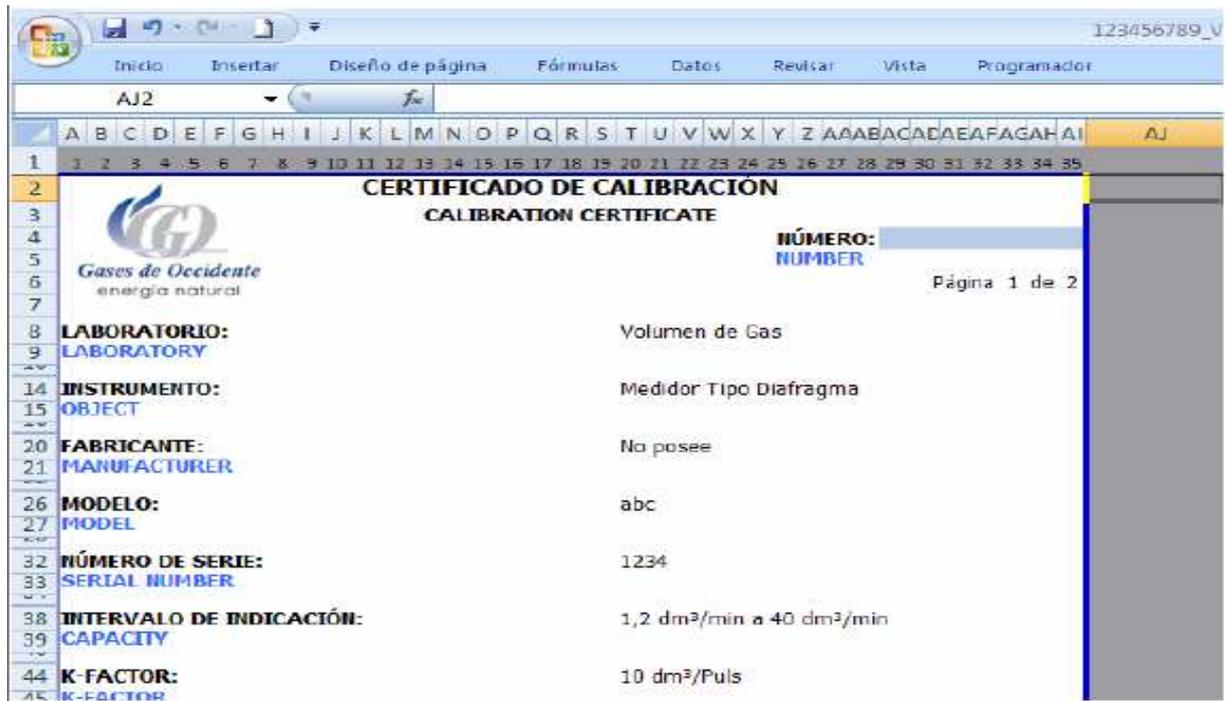


Figura 19. Certificado de calibración medidor tipo diafragma (página 1)



Figura 20. Certificado de calibración medidor tipo diafragma (página 2)

Esta herramienta adicionalmente provee la posibilidad de generar un Informe de Resultados Consolidado hasta para diez (10) medidores, ver figuras 22 y 23.

B-SONIC		REPORTE DE CALIBRACIÓN								<i>Hoja 1/2</i>	
No Reporte	001	Caudales de Calibración	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7		
Fecha	05/01/2010	[dm ³ /min]	0,267	0,800	4,167	8,333	16,667	29,167	41,667		
RESULTADOS CALIBRACION											
1	ID Medidor	51311000001	%E	0,09	0,13	0,11	0,08	0,07	0,05	0,02	
	INFORMACIÓN CALIBRACION		U [%]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
	Certificado	INFC-10-INS-001-001	k	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	
	Fecha	01/01/2010	ΔP [mbar]	0,10	0,40	0,60	0,80	1,20	1,40	1,60	
2	ID Medidor	51311000002	%E	0,19	0,135	0,13	0,08	0,07	0,06	0,02	
	INFORMACIÓN CALIBRACION		U [%]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
	Certificado	INFC-10-INS-001-002	k	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	
	Fecha	01/01/2010	ΔP [mbar]	0,10	0,40	0,60	0,80	1,20	1,40	1,60	
3	ID Medidor	51311000003	%E	0,29	0,23	0,21	0,18	0,17	0,15	0,12	
	INFORMACIÓN CALIBRACION		U [%]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
	Certificado	INFC-10-INS-001-003	k	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	
	Fecha	02/01/2010	ΔP [mbar]	0,10	0,40	0,60	0,80	1,20	1,30	1,40	
4	ID Medidor	51311000004	%E	0,09	0,13	0,11	0,11	0,12	0,05	0,02	
	INFORMACIÓN CALIBRACION		U [%]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
	Certificado	INFC-10-INS-001-004	k	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	
	Fecha	02/01/2010	ΔP [mbar]	0,11	0,41	0,61	0,81	1,21	1,41	1,61	
5	ID Medidor	51311000005	%E	0,09	0,13	0,16	0,18	0,127	0,085	0,02	
	INFORMACIÓN CALIBRACION		U [%]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
	Certificado	INFC-10-INS-001-005	k	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	
	Fecha	02/01/2010	ΔP [mbar]	0,10	0,40	0,60	0,80	1,00	1,10	1,20	
6	ID Medidor	51311000006	%E	0,129	0,139	0,119	0,18	0,17	0,05	0,12	
	INFORMACIÓN CALIBRACION		U [%]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
	Certificado	INFC-10-INS-001-006	k	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	
	Fecha	03/01/2010	ΔP [mbar]	0,10	0,40	0,60	0,80	1,20	1,40	1,60	
7	ID Medidor	51311000007	%E	0,09	0,13	0,18	0,18	0,07	0,05	0,02	
	INFORMACIÓN CALIBRACION		U [%]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
	Certificado	INFC-10-INS-001-007	k	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	
	Fecha	03/01/2010	ΔP [mbar]	0,12	0,42	0,62	0,82	1,2	1,4	1,6	
8	ID Medidor	51311000008	%E	-0,09	-0,13	0,11	0,08	-0,07	0,05	0,02	
	INFORMACIÓN CALIBRACION		U [%]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
	Certificado	INFC-10-INS-001-008	k	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	
	Fecha	03/01/2010	ΔP [mbar]	0,10	0,40	0,60	0,80	1,20	1,40	1,60	
9	ID Medidor	51311000009	%E	0,09	0,13	0,11	0,08	-0,07	-0,05	-0,02	
	INFORMACIÓN CALIBRACION		U [%]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
	Certificado	INFC-10-INS-001-009	k	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	
	Fecha	04/01/2010	ΔP [mbar]	0,10	0,40	0,60	0,80	1,20	1,40	1,60	
10	ID Medidor	51311000010	%E	-0,1	0,13	-0,1	0,08	0,07	0,05	0,02	
	INFORMACIÓN CALIBRACION		U [%]	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
	Certificado	INFC-10-INS-001-010	k	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	
	Fecha	04/01/2010	ΔP [mbar]	0,1	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	

Figura 21. Informe de resultados consolidados (Pagina 1)²¹

²¹ Tomada de Herramienta de Análisis de Datos Metrological Data Management, Corporación CDT de GAS, revisión 1.0, Pág. 31.

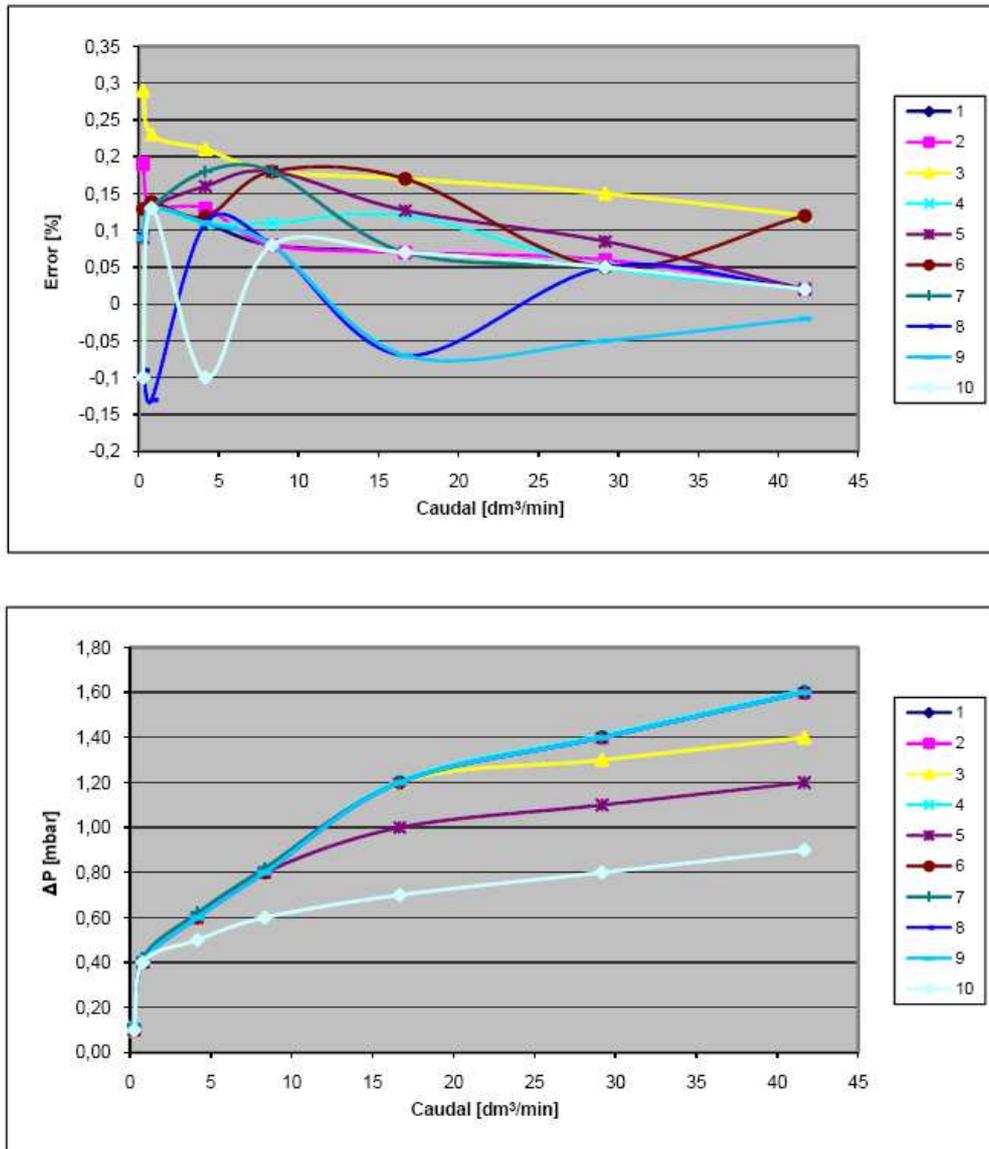


Figura 22. Informe de resultados consolidados (Pagina 2)²²

Al generar los certificados de calibración para varios medidores que componen una orden de servicio, se debe asignar como número de identificación del

²² Tomada de Herramienta de Análisis de Datos Metrological Data Management, Corporación CDT de GAS, revisión 1.0, Pág. 31.

documento con la siguiente estructura: el consecutivo interno seguido de la posición del medidor en la orden y del año en curso (Ej: consecutivo interno en la orden XXXX-2010, entonces, el número de identificación de los certificados asociados a dicho consecutivo será XXXX-1-2010, XXXX-2-2010....XXXX-10-2010).

4.2.3 Aseguramiento Metrológico

El banco de boquillas B-SONIC cuenta con un modulo diseñado para llevar a cabo el aseguramiento metrológico correspondiente, en el cual se encuentran almacenados los certificados de calibración de cada uno de los equipos componentes del banco. En dicho modulo se tiene acceso a las ecuaciones de corrección de las curvas de los instrumentos de presión y temperatura, de manera que si alguno de los instrumentos es calibrado y requiere ajuste su curva de corrección sea fácilmente actualizada.

4.2.4 Acciones Contingentes

- En caso de presentarse alguna anomalía por archivos históricos incompletos, pruebas abortadas, o cuando se requiera eliminar una repetición, un punto de calibración o un punto de caudal completo, se debe remitir al manual de la herramienta análisis de datos de Metrological Data Management (MDM).
- Cuando el Laboratorio de Metrología de Gases de Occidente no cuente con los patrones para cumplir con el aseguramiento metrológico de los instrumentos que componen el banco, se contratará un proveedor externo para que realice las calibraciones in-situ, siempre que sea posible.
- En caso de presentarse alguna falla en el proceso de calibración o en algunos de los pasos del tratamiento de un servicio, consultar los diferentes manuales que acompañan el banco de boquillas B-SONIC para identificar el procedimiento a seguir, y en caso de no lograr identificar una posible solución comunicarse con el proveedor del equipo.

5. CONCLUSIONES

Se implementó un procedimiento para el muestreo, calibración y control de calidad para lotes de medidores de gas residenciales de la compañía Gases De Occidente S.A E.S.P. como apoyo a la gestión de calidad de sus mediciones y procesos.

Se implementó un plan para el muestreo de lote de medidores adquiridos por Gases De Occidente S.A E.S.P. con base a la norma NTC-ISO 2859-1.

Se establecen los parámetros de información y evaluación de los medidores por parte de los técnicos metrólogos para determinar si el medidor puede ser calibrado con el Banco de Boquillas Sónicas B-SONIC

Se implementó una clasificación para los proveedores de medidores de diafragma con base a la certificación de calidad ISO 9001 donde Gestión Logística y Gestión metrológica podrán variar o aumentar las categorías según los resultados obtenidos por el laboratorio.

Con la implementación del procedimiento para la calibración de medidores en el B-SONIC, el laboratorio de metrología de Gases de Occidente cuenta ahora con la infraestructura metrológica para las mediciones de flujo y amplía su portafolio de servicios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ELSTER GROUP. MEDIDORES TIPO DIAFRAGMA. *Fundamentos Medidores de Diafragma*. 2006.
2. Velasco Blanco, María Guadalupe y Santander Romero, Luis Antonio. *Medición con gasómetro seco*. Santiago de Querétaro : Metrología Integral y Desarrollo, 2008.
3. *CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE FLUJO DE GAS EMPLEANDO LA TECNOLOGÍA DE BOQUILLAS SONICAS*. Peña, Ilba, y otros. Piedecuesta - Santander : Jornada Técnica de Medición de Flujos de Gases, 2004.
4. Corporación CDT de GAS. Manual de operacion y mantenimiento B-SONIC. 2010. V1R2010.
5. Corporacion CDT de GAS. Manual de Usuario Metrological Data Management MDM. 2010. Revisión 1.0 .
6. SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. DECRETO 2269 DE SEPTIEMBRE 16 DE 1993. 10 de JUNIO de 2003.
7. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Procedimiento de muestreo para inspección por atributos. parte 1: planes de muestreo determinados por el Nivel Aceptable de Calidad -NAC- para inspección de lote a lote. BOGOTA : ICONTEC, 2002. (NTC-ISO 2859-1).
8. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y ACREDITACION. Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración. BOGOTA : ICONTEC, 2005. (NTC-ISO/IEC 17025).
9. Metrology, International Organization of Legal. International Recommendation R140. Paris : 2007.
10. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Medidores de Gas Tipo Diafragma. BOGOTA : ICONTEC, 2005. (NTC 2728).
11. Corporación CDT de GAS. Herramienta de Analisis de Datos Metrological Data Management MDM. 2010.

ANEXO 2

Especificaciones técnicas de la instrumentación y patrones del *B-SONIC*

INSTRUMENTO	DESCRIPCIÓN	ALCANCE DE MEDICIÓN	MÍNIMA DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN	CLASE REQUERIDA
Boquilla 0,016 m ³ /h	Caudal de prueba en Boquilla 0,016	Según certificado	-----	-----
Boquilla 0,025 m ³ /h	Caudal de prueba en Boquilla 0,025	Según certificado	-----	-----
Boquilla 0,05 m ³ /h	Caudal de prueba en Boquilla 0,05	Según certificado	-----	-----
Boquilla 0,125 m ³ /h	Caudal de prueba en Boquilla 0,125	Según certificado	-----	-----
Boquilla 0,25 m ³ /h	Caudal de prueba en Boquilla 0,25	Según certificado	-----	-----
Boquilla 0,5 m ³ /h	Caudal de prueba en Boquilla 0,5	Según certificado	-----	-----
Boquilla 1 m ³ /h	Caudal de prueba en Boquilla 1	Según certificado	-----	-----
Boquilla 2 m ³ /h	Caudal de prueba en Boquilla 2	Según certificado	-----	-----
Boquilla 4 m ³ /h	Caudal de prueba en Boquilla 4	Según certificado	-----	-----
Boquilla 6 m ³ /h	Caudal de prueba en Boquilla 6	Según certificado	-----	-----

TT1 RTD Pt-100	Temperatura TT1	15 a 25°C	0,01°C	0,1°C
TT2 RTD Pt-100	Temperatura TT2	15 a 25°C	0,01°C	0,1°C
TT3 RTD Pt-100	Temperatura TT3	15 a 25°C	0,01°C	0,1°C
TT4 RTD Pt-100	Temperatura Plenum TT4	15 a 25°C	0,01°C	0,1°C
DPT1 Transductor de presión diferencial	Presión diferencial	0 – 5 mbar	0,01 mbar	0,05 mbar
DPT2 Transductor de presión diferencial	Presión diferencial	0 – 5 mbar	0,01 mbar	0,05 mbar
DPT3 Transductor de presión diferencial	Presión diferencial	0 – 5 mbar	0,01 mbar	0,05 mbar
DPT4 Transductor de presión diferencial	Presión diferencial	0 – 5 mbar	0,01 mbar	0,05 mbar
DPT5 Transductor de presión diferencial	Presión diferencial	0 – 5 mbar	0,01 mbar	0,05 mbar
DPT6 Transductor de presión diferencial	Presión diferencial	0 – 5 mbar	0,01 mbar	0,05 mbar
DPT7 Transductor de presión diferencial	Presión diferencial	0 – 5 mbar	0,01 mbar	0,05 mbar
DPT8 Transductor de presión diferencial	Presión diferencial	0 – 5 mbar	0,01 mbar	0,05 mbar

DPT9 Transductor de presión diferencial	Presión diferencial	0 – 5 mbar	0,01 mbar	0,05 mbar
DPT10 Transductor de presión diferencial	Presión diferencial	0 – 5 mbar	0,01 mbar	0,05 mbar
DPT11 Transductor de presión diferencial	Presión diferencial	0 – 700 mbar	0,01 mbar	0,05 mbar
PT1 Barómetro	Presión absoluta	500 – 1200 mbar	0,07 mbar	0,8 mbar
PT2 Barómetro	Presión absoluta	500 – 1200 mbar	0,07 mbar	0,8 mbar
PT3 Barómetro	Presión absoluta	500 – 1200 mbar	0,07 mbar	0,8 mbar
PT4 Barómetro	Presión absoluta	500 – 1200 mbar	0,07 mbar	0,8 mbar
HR Humedad	Humedad relativa	0 a 100 %HR	0,01% HR	5% HR
t OPTO 22	Tiempo de Prueba	1ms a 99999999ms	0,001s	0,015%

