

**PLANTEAMIENTO DE LA ESTRATEGIA PARA EL ASEGURAMIENTO
METROLÓGICO Y EL MANTENIMIENTO DE UN LABORATORIO MÓVIL DE
CALIDAD Y CANTIDAD DE GAS NATURAL**

HÉCTOR FABIÁN SALAZAR ORTIZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2014

**PLANTEAMIENTO DE LA ESTRATEGIA PARA EL ASEGURAMIENTO
METROLÓGICO Y EL MANTENIMIENTO DE UN LABORATORIO MÓVIL DE
CALIDAD Y CANTIDAD DE GAS NATURAL**

HÉCTOR FABIÁN SALAZAR ORTIZ

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar por el título de
Ingeniero Mecánico**

Director

JAVIER RÚGELES PÉREZ

Ingeniero Mecánico

Codirector

LUIS EDUARDO GARCÍA SÁNCHEZ

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

*A Gladys Elena y Arturo,
mis padres por siempre estar a mi lado siempre, aun en la distancia.*

*A Laura Victoria,
por su compañía y apoyo lejos de casa .*

*A todos mis amigos,
por hacer los momentos siempre más alegres.*

AGRADECIMIENTOS

A Javier Rúgeles Pérez, Ingeniero Mecánico, director del proyecto, por su apoyo y aportes para el desarrollo del proyecto.

A la Corporación CDT de Gas, por abrirme las puertas de su organización.

A Luis Eduardo García Sánchez, Ingeniero Mecánico, co-director, por su acompañamiento.

A todas las personas que aportaron en la realización de este proyecto.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
1 GENERALIDADES DEL LABORATORIO MÓVIL DE CALIDAD Y CANTIDAD DE GAS NATURAL	19
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL	19
1.2 IMPORTANCIA	19
1.3 IMPACTO DE OPERACIÓN	20
1.4 PORTAFOLIO DE SERVICIOS Y RANGO DE OPERACIÓN	21
1.5 INSTALACIONES DEL LABORATORIO MÓVIL	22
1.5.1 Facilidades	24
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL ASEGURAMIENTO METROLÓGICO Y EL MANTENIMIENTO	31
2.1 ASEGURAMIENTO METROLÓGICO	31
2.1.1 Definición.	31
2.1.2 Importancia	32
2.1.3 Sistema de Aseguramiento Metrológico	34
2.1.4 Requisitos de calidad.	37
2.1.5 Recursos.	38
2.1.6 Trazabilidad.	38
2.1.7 Incertidumbre de la medición.	40
2.1.8 Confirmación metrológica.	40
2.1.9 Intervalos de calibración.	40
2.1.10 Análisis y mejora.	42

2.1.11	Procesos de medición en transferencia de custodia.	42
2.1.12	Aseguramiento metrológico en los sistemas de gestión de calidad.	43
2.2	MANTENIMIENTO	43
2.2.1	Definición.	43
2.2.2	Importancia.	43
2.2.3	Tipos de mantenimiento.	44
3	DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN	45
3.1	INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO MÓVIL DE CALIDAD Y CANTIDAD DE GAS NATURAL	45
3.2	DIAGNOSTICO Y REGISTRO DE INFORMACIÓN	48
3.2.1	Listado de componentes.	48
3.2.2	Codificación.	55
3.2.3	Documentos técnicos.	56
3.3	GENERACIÓN DEL PROCESO DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO LABORATORIO MÓVIL DE CALIDAD Y CANTIDAD DE GAS NATURAL	57
3.2.4	Procedimientos	58
3.3.1	Instructivos.	60
3.3.2	Formatos.	60
3.3.3	Anexos.	62
3.4	PLANTEAMIENTO DE PROGRAMAS	65
3.4.1	Programa de calibraciones y verificaciones.	65
3.4.2	Programa de aseguramiento de la calidad de los resultados.	68
3.4.3	Programa de mantenimiento.	69
3.5	DESARROLLO DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL LABORATORIO MÓVIL DE CALIDAD Y CANTIDAD DE GAS NATURAL	69

3.5.1	Introducción.	70
3.5.2	Especificaciones técnicas.	70
3.5.3	Operación.	70
3.5.4	Mantenimiento y aseguramiento metrológico.	70
3.5.5	Sistemas de apoyo.	70
3.5.6	Recomendación y solución de problemas comunes.	71
3.5.7	Anexos.	71
4	ESPECIFICACIÓN DE UNA APLICACIÓN DE SOFTWARE PARA LA GESTIÓN DE LA ESTRATEGIA DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO Y MANTENIMIENTO	72
4.1	IMPORTANCIA	72
4.2	CONTEXTUALIZACIÓN DE LA NORMA IEEE Std 830-1998	73
4.2.1	Características de una buena ERS.	73
4.2.2	Estructura recomendada.	75
4.3	GENERACIÓN DE LOS REQUISITOS DE LA APLICACIÓN	76
4.3.1	Objetivos.	76
4.3.2	Componentes de la aplicación.	77
4.3.3	Requerimientos de la aplicación.	77
5	CONCLUSIONES	80
6	RECOMENDACIONES	82
	BIBLIOGRAFÍA	83
	ANEXOS	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Instalaciones del Laboratorio	23
Figura 2 Módulo multipropósito en el laboratorio	25
Figura 3 Módulo de calidad de gas en el laboratorio	26
Figura 4 Módulo de magnitudes secundarias en el laboratorio	27
Figura 5 Módulo de volumen en el laboratorio	28
Figura 6 Módulo de mantenimiento en el laboratorio	29
Figura 7 Compartimientos externos, costado lateral izquierdo	30
Figura 8 Compartimientos externos, costado lateral derecho	30
Figura 9. Optimización de la inversión en aseguramiento de las mediciones	33
Figura 10. Modelo de sistema de gestión de las mediciones.	35
Figura 11. Ciclo de aseguramiento metrológico.	36
Figura 12. Cadena de trazabilidad de las mediciones.	39
Figura 13. Instalaciones laboratorio móvil	46
Figura 14. Sistemas auxiliares o de apoyo	47
Figura 15. Bancos de trabajo y gavetas de almacenamiento	48
Figura 16. Análisis especificaciones norma ISO 14523-1:1998.	54
Figura 17. Estructura documental SGC	59
Figura 18. Método de ajuste automático	68
Figura 19. Gráficos de control	68
Figura 20. Estructura según la IEEE Std 830-1998	75
Figura 21. Diagrama de flujo para la aplicación de software de LM.	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Portafolio de servicios del laboratorio	21
Tabla 2. Listado de componentes	50
Tabla 3. Clasificación de los requerimientos metrológicos	52
Tabla 4. Nomenclatura instrumentos y equipos.	55
Tabla 5. Clasificación de documentos técnicos.	56
Tabla 6. Estructura documental manual de aseguramiento metrológico.	63
Tabla 7. Matriz de componentes críticos	66

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. ESTRATEGIA DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO Y MANTENIMIENTO SEGÚN METODOLOGÍA BPMN.	85
ANEXO B. PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE INSTALACIONES Y CONDICIONES AMBIENTALES (PA-10-00-00-01)	87
ANEXO C. INSTRUCTIVO DE DETERMINACIÓN INTERVALOS DE CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN (IPA-30-01-00-01)	100
ANEXO D. FORMATO DE PERFIL DE IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES INHABILITADOS (FPA-20-04-00-01)	107
ANEXO E. ANEXO CARTA DE TRAZABILIDAD DEVOLUMEN	109

GLOSARIO

CALIBRACIÓN: operación que establece una relación entre los valores con sus incertidumbres obtenidas a partir de patrones de medición, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas, para establecer una relación que permita obtener un resultado de medición a partir de una indicación.

ERROR DE MEDICIÓN: diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia.

EXACTITUD DE MEDICIÓN: proximidad entre un valor medido y el valor verdadero de un mensurando.

FACTOR DE COBERTURA: número mayor que uno por el que se multiplica una incertidumbre estándar combinada para obtener una incertidumbre expandida.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN: parámetro que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza.

MEDICIÓN: conjunto de operaciones que buscan obtener experimentalmente uno o varios valores que se pueden atribuir razonablemente a una magnitud.

METROLOGÍA: ciencia de las mediciones y sus aplicaciones.

PATRÓN DE MEDICIÓN: realización de la definición de una magnitud dada, con un valor determinado y su incertidumbre de medición asociada, que se toma como referencia.

PATRÓN DE TRABAJO: patrón utilizado comúnmente para calibrar o verificar instrumentos o sistemas de medición.

PRECISIÓN DE MEDICIÓN: proximidad entre los valores obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto u objetos similares, bajo ciertas condiciones especificadas.

TRAZABILIDAD METROLÓGICA: propiedad de un resultado de medición por la cual éste puede relacionarse con una referencia, mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medición.

Las anteriores definiciones fueron tomadas del Vocabulario Internacional de Metrología: Conceptos Fundamentales, Generales y Términos Asociados (VIM), del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC.

RESUMEN

TITULO:

PLANTEAMIENTO DE LA ESTRATEGIA PARA EL ASEGURAMIENTO METROLÓGICO Y EL MANTENIMIENTO DE UN LABORATORIO MÓVIL DE CALIDAD Y CANTIDAD DE GAS NATURAL.*

AUTOR:

Héctor Fabián Salazar Ortiz.**

PALABRAS CLAVE:

Aseguramiento metrológico, incertidumbre, precisión, patrón de trabajo.

DESCRIPCIÓN:

El objetivo principal de este proyecto es plantear una estrategia que permita a un laboratorio móvil de calidad y cantidad de gas natural proveer a la industria de resultados técnicamente válidos, que cumplan con la regulación aplicable sea nacional o internacional, durante las operaciones de calibración, verificación y ajuste *in-situ*, y además garantizar su disponibilidad para la prestación de servicios mediante la aplicación de rutinas programadas de mantenimiento preventivo.

El planteamiento de la estrategia se desarrolló teniendo en cuenta los requerimientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025:2005 en los aspectos relacionados con la parte técnica, ajustándolo a las necesidades particulares del desarrollo de un laboratorio de metrología para operación *in-situ*, esto con el fin de facilitar el proceso futuro de acreditación bajo la norma anteriormente mencionada. Esto permite dar confianza a los clientes en que los procesos de medición cumplen con los requisitos internacionales y que sus resultados son trazables a patrones internacionales.

Además, presenta los requerimientos de una aplicación de software que permita la gestión de la información relativa a la estrategia anteriormente mencionada, lo que permite facilitar el manejo de la información y evitar errores humanos durante los procesos de cálculos y generación de informes de calibración y verificación. Esta aplicación permite también el manejo de la información de equipos e instrumentos propios como son; manuales, datasheets y certificados de calibración de los mismos.

.

*Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica.
Director: Javier Rúgeles Pérez. Co-Director: Luis Eduardo García Sánchez.

SUMMARY

TITLE: APPROACH OF THE STRATEGY FOR THE METROLOGICAL ASSURANCE AND MAINTENANCE OF A MOBILE LABORATORY OF QUALITY AND QUANTITY OF NATURAL GAS.*

AUTHOR:

HéctorFabián Salazar Ortiz.**

KEY WORDS:

Metrological assurance, uncertainty, precision, master meter.

ABSTRACT:

The main aim about this project is present a strategy that allow a mobile laboratory of quality and quantity of natural gas, provide at the industry technically valid results to comply with applicable national or international regulation during calibrations, verificatios and adjustments operations *in-situ*, and also assuring availability for service delivery through the implementation of scheduled preventive maintenance routines, this in order to facilitate future accreditation process under above standard. This allow to give confidence to customers that the measurement processes meet international requirements and the results are traceable to international standards.

This strategy was developed under requirements of standard NTC-ISO/IEC 17025 in the numerals about technical aspects, adjusting it to the specific needs of development for a metrology laboratory to in-situ operation.

Moreover, this work presents the requirements for one application that permit the information management about the strategy above mentioned, allowing the easy handling of information and avoid human errors during calculations process and calibrations and verifications reports. This application also allow information management about owns devices and equipment such as manuals, datasheet and calibrations certificates thereof.

*Degree Work.

** Physics-Mechanics Engineering Faculty. School of Mechanical Engineering. Director: Javier Rúgeles Pérez. Co-director: Luis Eduardo García Sánchez.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la demanda de productos y servicios de alta calidad motiva a las empresas a desarrollar procesos de mejora continua para aumentar su competitividad y mantenerse vigentes en el mercado. Un claro ejemplo es el aumento del uso del gas natural como fuente de energía limpia, lo cual motiva al desarrollo de ciencias aplicadas como la metrología de fluidos para apoyar el manejo y aprovechamiento máximo del gas como recurso natural no renovable.

En vista de lo anterior, la Corporación CDT de GAS, con el acompañamiento de Colciencias¹, como apoyo a la innovación tecnológica del país y al sector del gas, desarrolló un laboratorio móvil integrando disciplinas como la metrología física (volumen, presión, temperatura y magnitudes eléctricas) y la metrología analítica (ensayos para determinar la calidad del gas). Con esto se busca proveer trazabilidad a las mediciones realizadas por los transportadores y distribuidores de gas natural en el país, lo que les permitirá obtener resultados correctos, con niveles de incertidumbre mínimos aceptables, mediante la calibración de los medidores principales (medidores de volumen y cromatógrafo en línea para análisis de calidad de gas), y teniendo en cuenta la influencia de otras magnitudes como temperatura, presión, entre otras, que contribuyen al aumento en la incertidumbre en la medición.

Con el objeto de garantizar la validez de los resultados emitidos por el laboratorio móvil, es indispensable ejecutar un conjunto de actividades tales como: calibraciones periódicas, verificación de procesos, programas de intercomparación, manejo adecuado de los equipos e instrumentos, entre otras, que permitan garantizar mediciones confiables, de forma continua. Estas actividades

¹ Departamento administrativo de ciencia, tecnología e innovación.

fueron agrupadas en la **Estrategia de Aseguramiento Metrológico y Mantenimiento de un Laboratorio Móvil de Calidad y Cantidad de Gas Natural** gracias a la sinergia entre Colciencias, la Universidad Industrial de Santander y la Corporación CDT de Gas, mediante la cual se brinda al cliente la confianza de que los resultados emitidos por el laboratorio están acorde con sus especificaciones o requerimientos.

Estas prácticas aportaran a la optimización del manejo de los recursos con los que cuenta el laboratorio y a la generación de resultados técnicamente válidos de acuerdo a los requerimientos del cliente y dentro de los estándares aplicables por normas nacionales y/o internacionales, ayudando a que el laboratorio sea una herramienta eficaz como apoyo de la industria del gas en el país.

1 GENERALIDADES DEL LABORATORIO MÓVIL DE CALIDAD Y CANTIDAD DE GAS NATURAL

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El laboratorio móvil (LM) es una herramienta para el aseguramiento integral de las mediciones de calidad y cantidad de gas, que provee soluciones a la industria del transporte de gas interviniendo sistemas de medición en transferencia de custodia, mediante el desarrollo de las siguientes actividades:

- Calibración de volumen.
- Calibración de magnitudes secundarias.
- Análisis de calidad de gas natural.
- Análisis de calidad de suministro eléctrico local.
- Mantenimiento de equipos.

1.2 IMPORTANCIA

LM se presenta como una solución innovadora de apoyo a la industria del gas natural en el país, mediante la integración de dos disciplinas: la metrología física y la analítica. En este sentido LM representa:

Innovación en producto: Desarrollo de un laboratorio móvil.

Innovación en proceso: Integración de las dos disciplinas más relevantes en materia de metrología en una sola facilidad móvil.

Innovación en servicio: Ofreciendo una atención integral en sitio, con facilidades diseñadas, construidas y validadas en el país.

1.3 IMPACTO DE OPERACIÓN

LM surge como la consolidación de la infraestructura metrológica del país, aplicando el conocimiento adquirido durante las dos últimas décadas en la mejora de los procesos de transporte y medición de gas, logrando un balance de los siguientes factores:

Costo. El costo de una calibración de un equipo o instrumento se ve afectado por muchos factores, entre ellos y uno de los que más contribuye al monto final es la logística necesaria para llevarlo a un laboratorio para su ejecución.

Tiempo: Desde que el medidor se desmonta para su envío a calibración, hasta que retorna para su montaje, normalmente puede haber tiempos muertos de hasta 2 a 4 semanas.

Logística: Los laboratorios existentes están ubicados en ciudades capitales (principalmente Bogotá, Barranquilla y Bucaramanga), lejos de los sistemas de medición. Por esta razón, los operadores deben encargarse del alistamiento para sacar de servicio los medidores, su desmontaje, embalaje y transporte, así como del montaje final y la correcta puesta en servicio, configurando los resultados obtenidos de las actividades de calibración ejecutadas.

Mantenimiento y ajustes: No todas las instituciones que poseen laboratorios ofrecen a su vez la posibilidad de realizar mantenimiento y ajuste a los equipos de medición.

1.4 PORTAFOLIO DE SERVICIOS Y RANGO DE OPERACIÓN

LM presta los siguientes servicios para los sistemas de medición de transferencia de custodia².

Tabla 1 Portafolio de servicios del laboratorio

Servicios Ofrecidos	Descripción
Calibración	Medidores de volumen tipo turbina, rotativo y ultrasónico
	Medidores de temperatura
	Medidores de presión
	USM con acople de onda a baja presión
Ensayo	Ensayo de composición de gas natural • Extendido hasta C10 • Corto hasta C6
	Ensayo de contaminantes en gas natural • Vapor de agua • Ácido sulfhídrico (H₂S)

Fuente: Archivos de la empresa

²La transferencia de custodia es el traspaso de propiedad de un producto basado en una medición. Esto puede ir de algo tan simple como comprar un Kg de pan hasta la transferencia de un buque de Gas Natural que suministrará de gas a todos los hogares de una ciudad. El punto clave es que en esta transferencia, recibimos exactamente por lo que pagamos. De esta forma y como los productos usualmente son sólidos, líquidos o gases, el principio de medición dependerá del estado de la materia. A nivel industrial se utiliza principalmente la medición de nivel, flujo y masa como valores de medición primarios para facturación.

LM tiene la capacidad de desplazarse a los sistemas de medición que cumplan las siguientes características.

- Accesibilidad terrestre aceptable.
- Posibilidad de emplazamiento y permanencia durante el tiempo de duración de las actividades de medición.
- Altitud no superior a 3000 metros sobre el nivel del mar

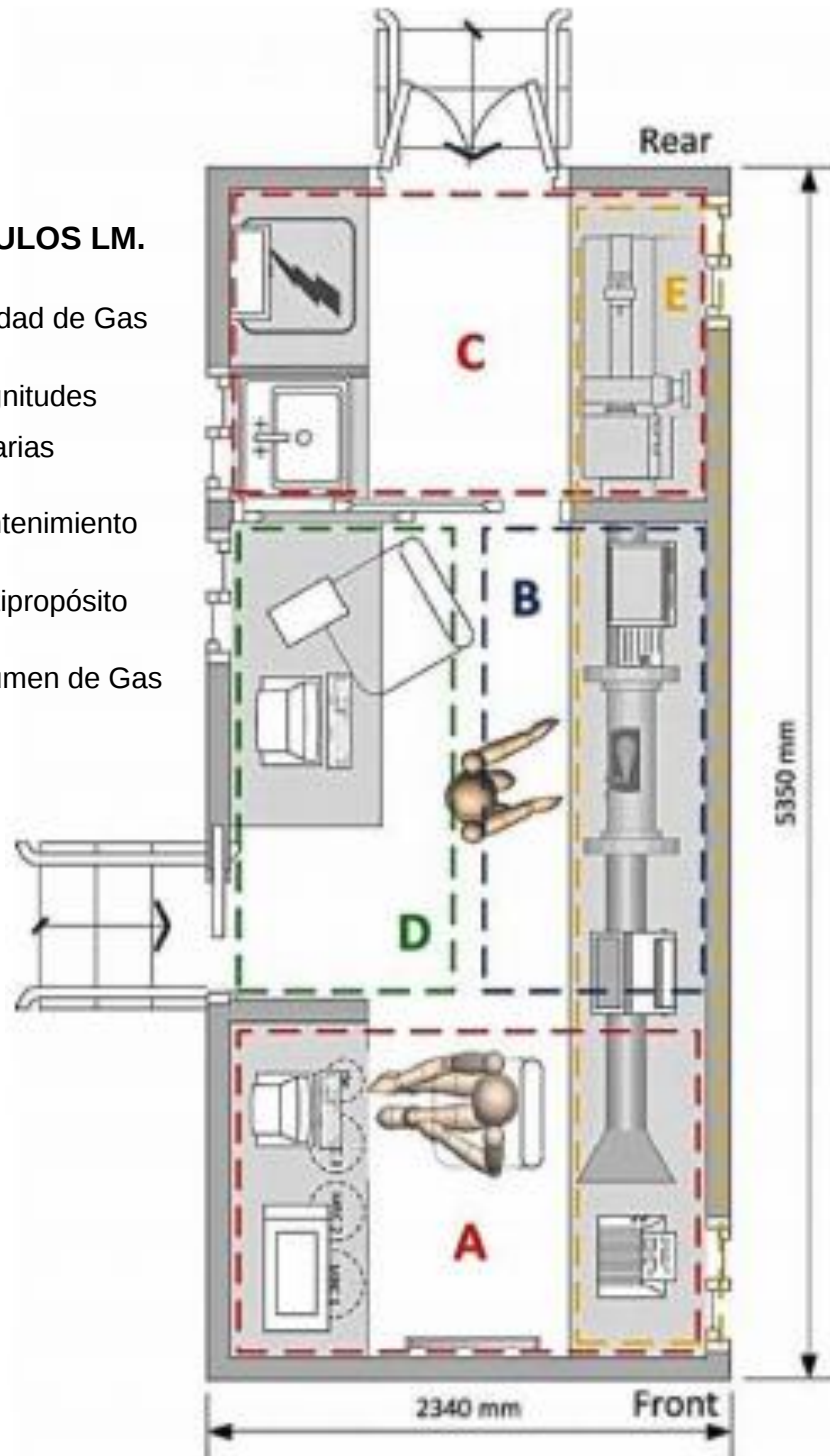
1.5 INSTALACIONES DEL LABORATORIO MÓVIL

Las instalaciones del laboratorio móvil fueron diseñadas y construidas con el objeto de proporcionar todos los medios necesarios para ser autosuficiente en la realización de sus actividades. En la Figura 1 se presenta una descripción general de las instalaciones del laboratorio, y seguidamente se describen sus facilidades, entendidas como los sistemas de apoyo a las operaciones, y los principales módulos con que cuenta.

Figura 1 Instalaciones del Laboratorio

MÓDULOS LM.

- A** – Calidad de Gas
- B** – Magnitudes Secundarias
- C** – Mantenimiento
- D** – Multipropósito
- E** – Volumen de Gas



Fuente. El autor.

1.5.1 Facilidades

Para el desarrollo de sus actividades, el laboratorio móvil de metrología está acondicionado para proveer todas las facilidades propias de un laboratorio estacionario, contando con las siguientes características:

- Sistema de protección y distribución eléctrica regulada y no regulada.
- Planta de generación eléctrica para total autonomía de operación.
- Aislamiento térmico y aire acondicionado para el control de condiciones ambientales.
- Sistema de suspensión del vehículo especialmente diseñado para mitigar el impacto del rodaje sobre los equipos.
- Sistemas de aire comprimido hasta 3000 PSI.
- Herramientas TIC's: Software MDM Mobile tipo LIMS para la gestión total de los procesos, Red de alta velocidad wireless, internet móvil 4G, GPS, Cámaras, DVR, acelerómetros, identificadores RFID, alertas SMS.
- Elementos HSE: Gestión de residuos, detección de gas combustible y humo.
- Módulo multipropósito: Oficina y exhibición metrológica didáctica.

1.5.1.1 Áreas principales

LM está dividido de acuerdo a su capacidad operativa en diferentes áreas, cada una de las cuales permite la realización de una o varias de las actividades relacionadas con la prestación de servicios, así como de las actividades de apoyo.

1.5.1.2 Módulo multipropósito

Este módulo permite la ubicación de un puesto de trabajo para las labores de oficina, así como de un área para la exposición didáctica de diferentes temáticas relacionadas con la operación del laboratorio. Ver Figura 2

Figura 2 Módulo multipropósito en el laboratorio



Fuente: El autor.

1.5.1.3 Módulo de calidad de gas

Este módulo se empleará para los ensayos de calidad de gas natural y contiene los equipos e instrumentos para realizar y apoyar estas actividades. El módulo está ubicado en la parte interna del laboratorio y cuenta con condiciones ambientales controladas. Ver Figura 3.

Figura 3 Módulo de calidad de gas en el laboratorio



Fuente: El autor.

1.5.1.4 Módulo de magnitudes secundarias

Este módulo permite la calibración y/o verificación de instrumentos asociados a la medición de magnitudes secundarias (presión, temperatura y magnitudes eléctricas). En él se encuentran almacenados los equipos e instrumentos que

permiten la realización de estas operaciones. Se encuentra en el interior del laboratorio y cuenta con condiciones ambientales controladas. Ver Figura 4.

Figura 4 Módulo de magnitudes secundarias en el laboratorio



Fuente: El autor.

1.5.1.5 Módulo de volumen

El módulo de volumen está compuesto por el equipo Prover GMP650 y las demás facilidades y equipos auxiliares necesarios para realizar la calibración y/o verificación de medidores de volumen de gas de acuerdo a los alcances establecidos para este equipo. Está ubicado en la parte externa del laboratorio, en el costado izquierdo. Se describe en la Figura 5.

Figura 5 Módulo de volumen en el laboratorio

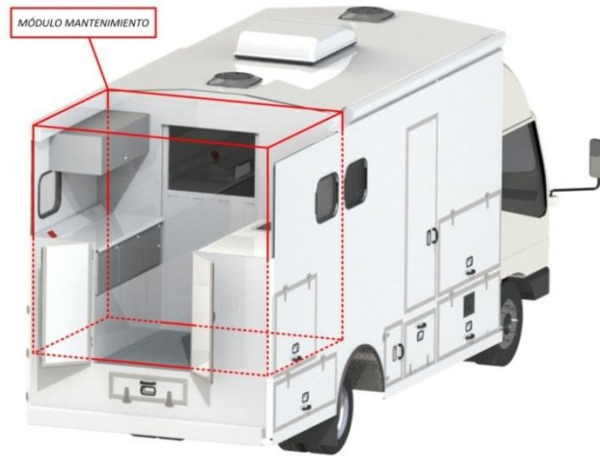


Fuente: El autor.

1.5.1.6 Módulo de mantenimiento

En él se tienen los espacios, repuestos, insumos y herramientas necesarias para el mantenimiento electromecánico y/o reparaciones básicas en los equipos e instrumentos del sistema de medición a intervenir, y la limpieza de los mismos. Se encuentra en la parte interna del laboratorio pero no tiene aire acondicionado. En la Figura 6 se puede observar su ubicación.

Figura 6 Módulo de mantenimiento en el laboratorio

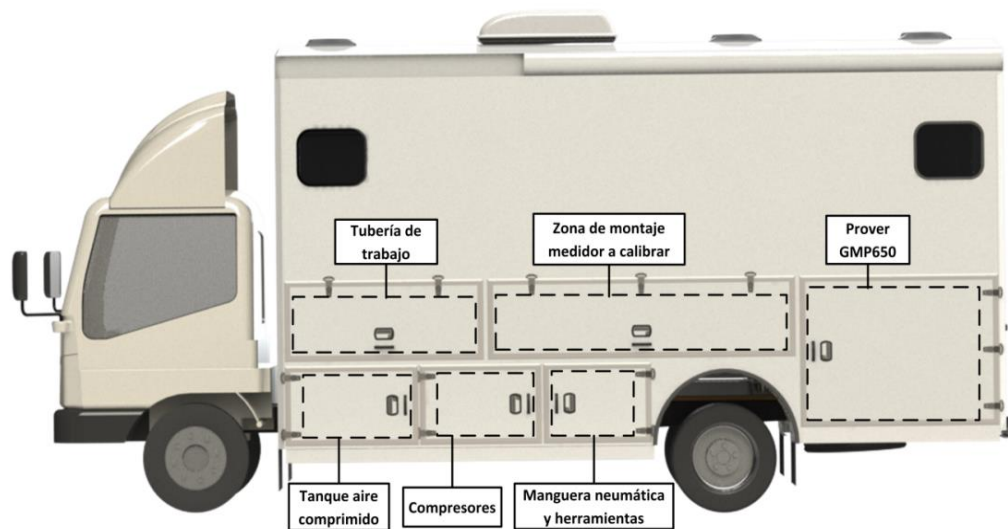


Fuente: El autor.

1.5.1.7 Compartimientos externos

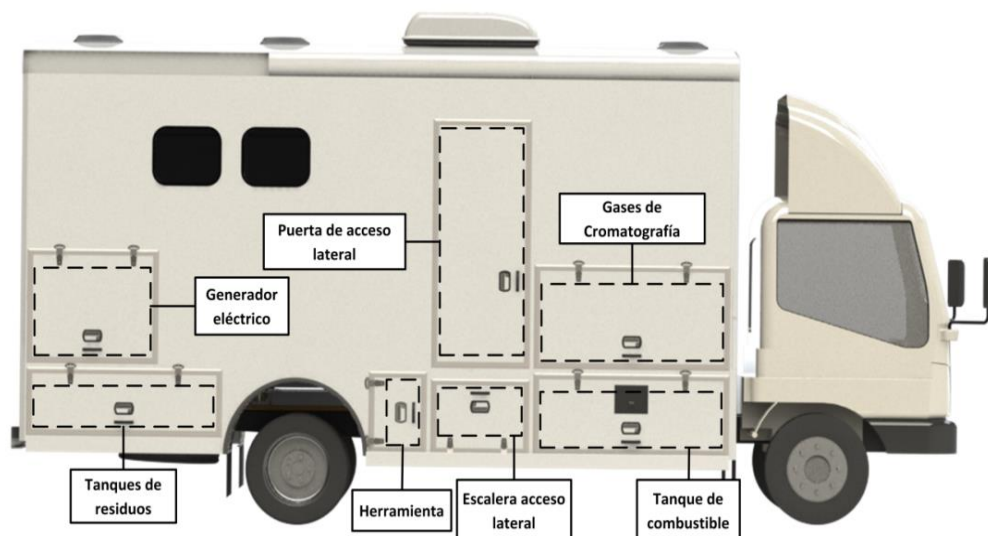
En los compartimientos externos del laboratorio se tienen algunas de las facilidades para la operación normal, así como los espacios destinados al almacenamiento de ciertas herramientas y equipos. Ver Figura7 y Figura8.

Figura7 Compartimientos externos, costado lateral izquierdo



Fuente: El autor.

Figura8 Compartimientos externos, costado lateral derecho



Fuente: El autor.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL ASEGURAMIENTO METROLÓGICO Y EL MANTENIMIENTO

Dentro de toda organización, es importante establecer políticas de calidad que permitan generar productos conforme a requerimientos previamente establecidos, buscando principalmente satisfacer las necesidades del cliente. Igualmente, es indispensable contar con procedimientos, actividades o métodos que estén enfocados a mantener la confiabilidad en el desempeño de las instalaciones, con el fin de evitar alteraciones en el normal desarrollo de la organización, siempre y cuando se establezca un equilibrio entre los resultados del proceso y la inversión que representa en términos económicos u operativos.

2.1 ASEGURAMIENTO METROLÓGICO

2.1.1 Definición.

Para establecer una definición clara y concisa de que es **aseguramiento metrológico**, debemos hacer referencia al concepto de **sistema de gestión de las mediciones** y **aseguramiento de la calidad**, dados por la Organización Internacional de Estandarización –ISO³- en sus normas NTC-ISO 10012:2003 “Sistema de gestión de la medición. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición” y NTC-ISO 9000:2005 “Sistemas de gestión de calidad. Fundamentos y vocabulario” respectivamente.

La norma ISO 10012:2003 define: *“Un sistema eficaz de gestión de las mediciones **asegura** que el equipo y los procesos de medición, son adecuados para su uso previsto y que es importante para alcanzar los objetivos de calidad del producto y gestionar el riesgo de obtener resultados de medición incorrectos”.*

³ International Organization for Standardization

A su vez establece **aseguramiento de la calidad** en la norma NTC-ISO 9000:2005 como: *“la parte de la gestión de calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos de calidad”*.

De acuerdo a estas definiciones se puede concluir que **Aseguramiento metrológico** son todas las actividades y recursos que hacen parte del sistema de gestión de las mediciones, encaminados a obtener resultados técnicamente válidos, cumpliendo con los requisitos establecidos en normas nacionales o internacionales, o incluso fijados por consenso entre cliente y proveedor.

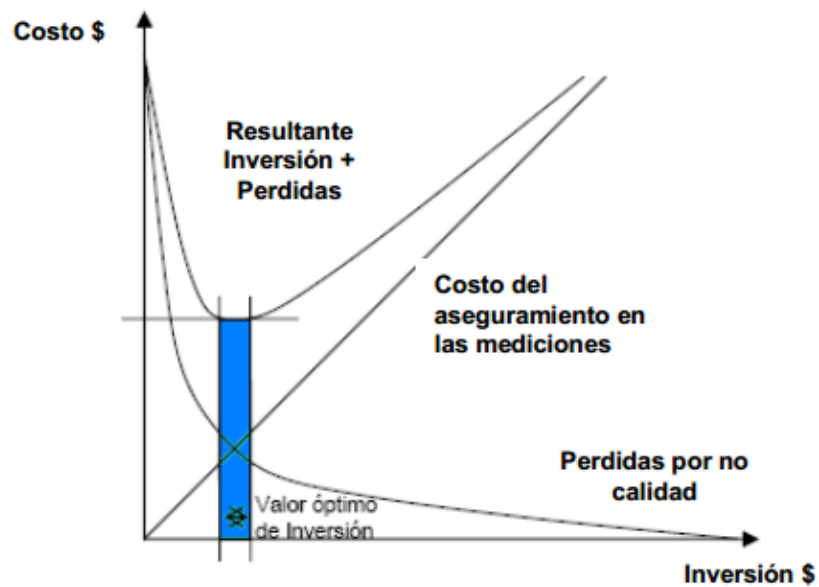
2.1.2 Importancia

La calidad en los procesos de medición se sustenta en sus datos históricos, con los cuales se validan, regulan o corrigen parámetros del proceso; luego, el uso de datos erróneos puede afectar el desempeño de los procesos productivos, rechazo de equipos en buenas condiciones, desajuste de procesos de producción, inconformidad del cliente, e incluso pérdidas económicas y de imagen corporativa. Además, no solo reduce pérdidas por falta de calidad en los procesos, sino que también es una herramienta de mejora continua, pues proporciona un conocimiento detallado de los procesos y un adecuado análisis de los resultados⁴.

Lo anterior debe ser consistente con las necesidades del proceso de medición y con los factores económicos relacionados, buscando proveer unos niveles de calidad adecuados sin incurrir en sobrestimaciones o procesos costosos. En la Figura 9 se realiza el anterior análisis de manera gráfica.

⁴ Calidad y control de las mediciones CDT

Figura 9. Optimización de la inversión en aseguramiento de las mediciones



Fuente: Calidad y control de las mediciones, Corporación CDT de Gas.

Algunos ejemplos donde el aseguramiento metrológico es aplicable a procesos de medición se relacionan a continuación:

- Actividades donde la precisión de los equipos o instrumentos son esenciales para la seguridad de las personas y del mismo componente.
- Pruebas de aceptación de nuevos equipos o instrumentos.
- Actividades de investigación y desarrollo, pruebas o aplicaciones especiales donde la especificación de productos de las actividades son sensiblemente precisas.⁵
- Transferencia de custodia de bienes de alto valor.

⁵ Metrology — Calibration and Measurement Processes Guidelines NASA Metrology and Calibration Working Group

2.1.3 Sistema de Aseguramiento Metrológico

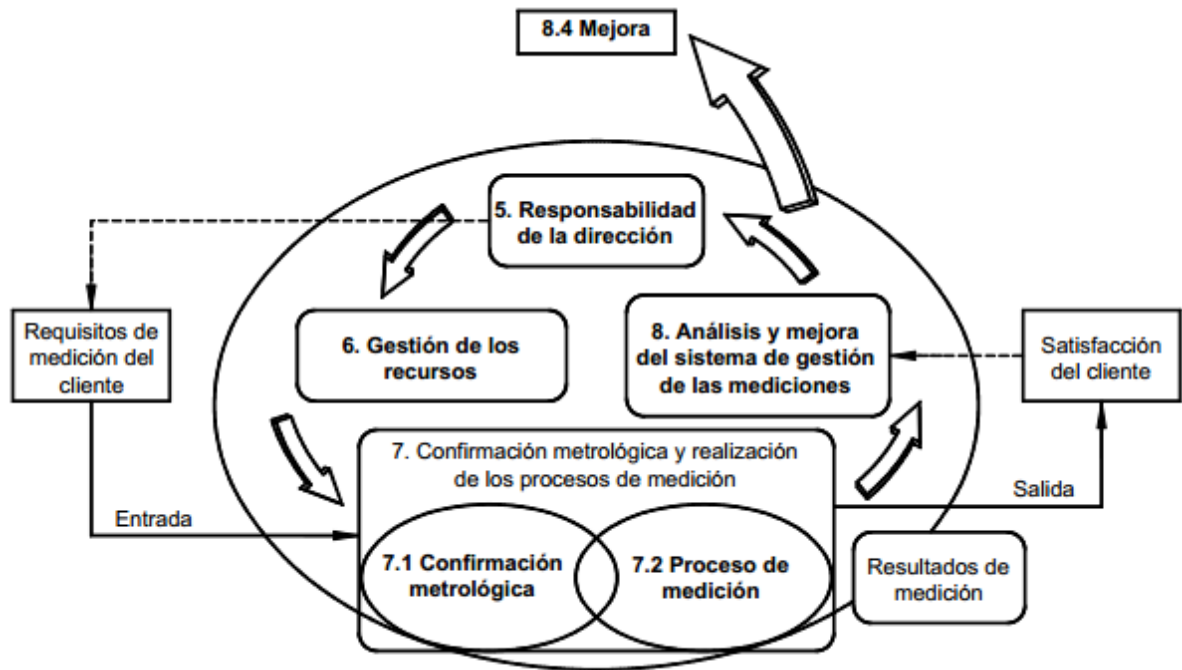
La metrología ha dejado de ser una simple actividad basada en el cumplimiento de ciertos requisitos para dispositivos o procesos de medición, instaurándose hoy como una importante herramienta en la toma de decisiones de una organización.

Por esto, en la industria actualmente se documentan gran cantidad de datos relacionados con los procesos de medición, para monitorear su comportamiento en el tiempo y de esta forma detectar y corregir posibles variaciones respecto a parámetros establecidos⁶.

Adicionalmente se han venido desarrollando normas o recomendaciones que faciliten a la industria el establecimiento de políticas de calidad en sus procesos de medición. En la Figura 10 se muestra el esquema que simplifica el modelo de sistema de gestión de las mediciones enfocado a los procesos, equipos e instrumentos de medición establecido en la norma ISO 10012:2003.

⁶Aseguramiento metrológico. Corporación CDT de Gas.

Figura 10. Modelo de sistema de gestión de las mediciones.



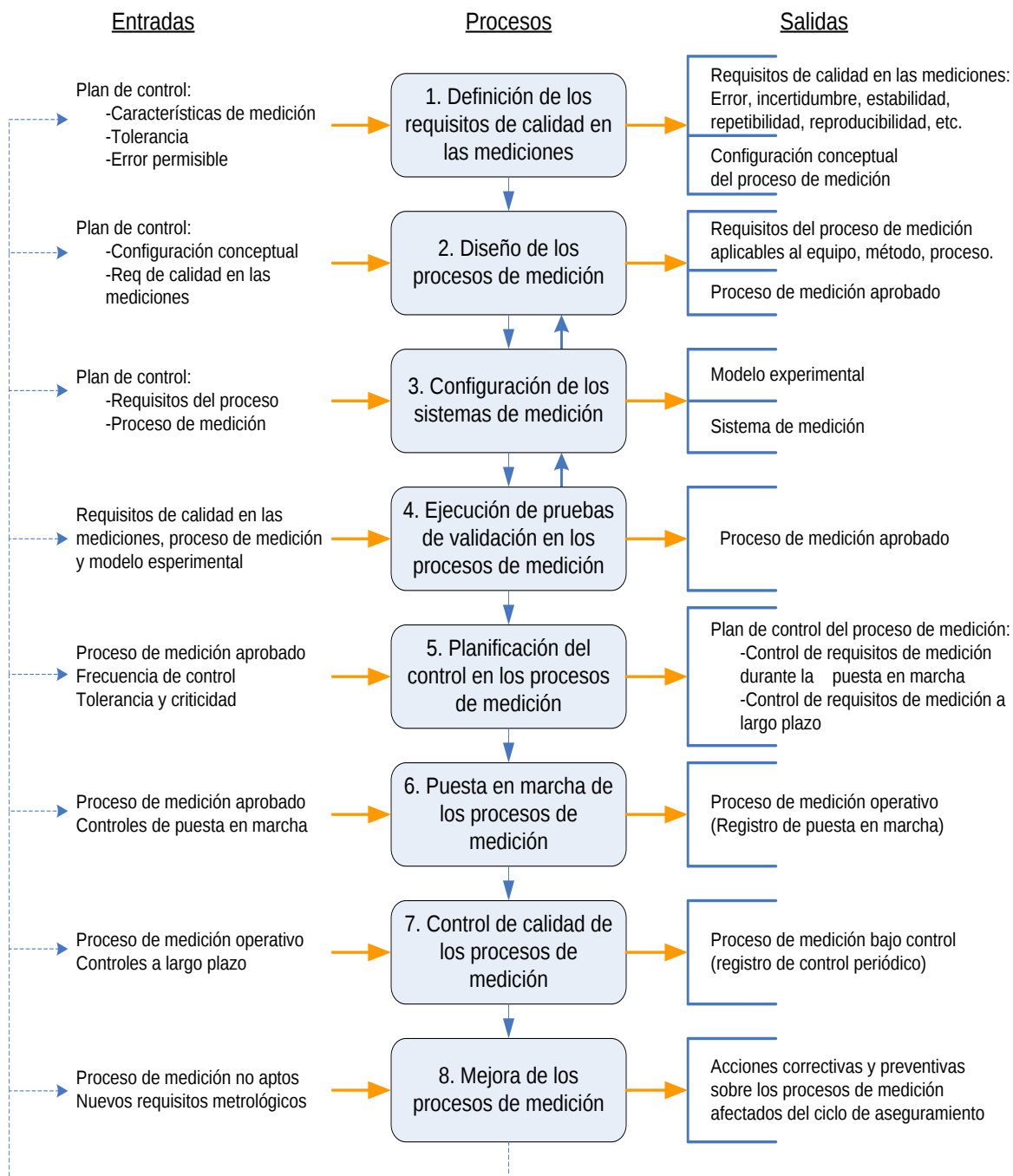
Fuente: NTC-ISO 10012:2003

Entonces, un sistema de aseguramiento metrológico abarca la organización (desde la dirección hasta la parte operativa), los recursos (equipos e instrumentos usados en el proceso de medición, instalaciones y personal) y los procedimientos para el alcance de los resultados.

También se encuentran normas como la ISO 5725 para evaluar la exactitud de los resultados y métodos de medida, la guía ISO/IEC 98-3 para la evaluación de la incertidumbre de medición, entre otros métodos de control estadístico.

El ciclo particular de aseguramiento metrológico se detalla en la Figura 11, desde la etapa de diseño, hasta el análisis de los datos obtenidos del proceso.

Figura 11. Ciclo de aseguramiento metrológico.



Fuente: Presentación aseguramiento metrológico, Corporación CDT de Gas.

2.1.4 Requisitos de calidad.

Son las especificaciones que determinan el nivel de calidad mínimo aceptable. Éstas se establecen de acuerdo a cada situación particular como: tolerancias, capacidad, criticidad, etc. Entre los requisitos más relevantes se encuentran:

2.1.4.1 Error máximo permisible (EMP).

Valor extremo del error de medición, con respecto al valor de referencia conocido, definido por especificaciones o reglamentaciones para una medición, instrumento o sistema de medición particular.

2.1.4.2 Incertidumbre admisible.

Incertidumbre de medición especificada como un límite superior y elegida con base en el uso previsto de los resultados de medición.

Este valor de incertidumbre se evalúa con las fuentes de error propias de un modelo aleatorio (evaluación tipo A de la incertidumbre de medición), en el cual se basa un proceso de medición y por tanto son muy difíciles de eliminar aun cuando se conocen, los criterios a tener en cuenta son:

- Falta de estabilidad

La estabilidad de un instrumento de medición es su aptitud para conservar constantes sus características metrológicas a lo largo del tiempo.

- Falta de repetibilidad

La repetibilidad es la cercanía entre los resultados de mediciones sucesivas de la misma magnitud por medir, efectuadas en las mismas condiciones de medición.

- Falta de reproducibilidad

Reproducibilidad es la cercanía entre los resultados de las mediciones de la misma magnitud por medir, efectuadas bajo condiciones de medición diferentes.

Conceptos tomados de GTC-ISO/IEC. Vocabulario internacional de metrología.

2.1.5 Recursos.

Los recursos son los componentes de un sistema de aseguramiento metrológico que permiten la materialización de los procesos. Los recursos pueden ser; humano, información, instalaciones y materiales. Estos se seleccionan basados en las necesidades o alcance del proceso de medición, con el fin de asegurar que sus características, capacidades o competencias son las adecuadas.

En el caso de la información (procedimientos, software), esta debe estar sustentada o validada antes de ser utilizada. En caso que se usen métodos normalizados o software comercial esto no es necesario, ya que se asume que han pasado por este proceso; sin embargo esta información debe estar claramente documentada para su consulta por parte del personal que la requiera.

Las instalaciones deben ofrecer las condiciones ambientales y operativas necesarias para la ejecución de las actividades, tales como, temperatura, limpieza, humedad, iluminación, vibraciones y otros factores que puedan llegar a afectar el desempeño de los procesos.

Los equipos, instrumentos o insumos utilizados y que puedan afectar la validez de los resultados, deben ser cuidadosamente seleccionados, y se debe verificar que al momento de ser usados se encuentren en buen estado y con calibración vigente.

2.1.6 Trazabilidad.

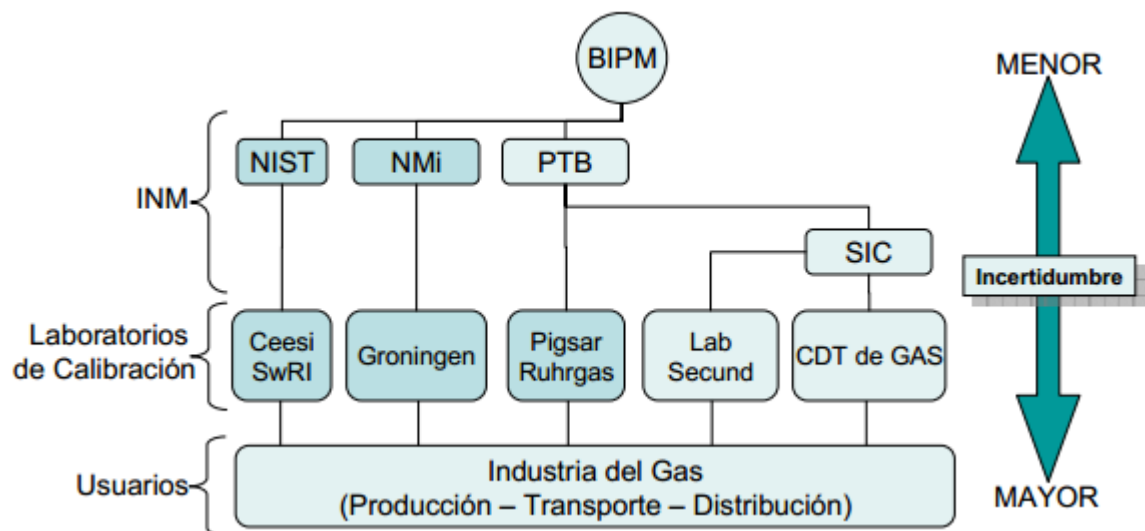
“Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón, en virtud de la cual ese resultado se puede relacionar con referencias estipuladas, generalmente patrones nacionales o internacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones que tengan todas incertidumbres determinadas”⁷

De acuerdo a la definición es importante en un proceso de medición que todos los actores que participan o que se ven afectados por el mismo no presenten

⁷GTC-ISO/IEC. Vocabulario internacional de metrología.

diferencias significativas en sus resultados, como el caso de la industria del gas natural donde los productores, transportadores y distribuidores no deben presentar variaciones en sus mediciones realizadas sobre el mismo producto, ya que estas se verían reflejadas en pérdidas económicas representativas para alguno de ellos. En la Figura 12 se puede observar la cadena de trazabilidad típica en la industria del gas natural en el país.

Figura 12. Cadena de trazabilidad de las mediciones.



Fuente: Calidad y control de las mediciones, Corporación CDT de Gas.

En conclusión, los procesos de medición ya sea industriales, comerciales, legales, etc., deben estar referidos a un patrón o constante natural conocido y fácil de

relacionar con laboratorios nacionales o internacionales en términos del SI⁸ y que tengan un valor de incertidumbre conocido.

2.1.7 Incertidumbre de la medición.

“Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza”⁹.

El valor de la incertidumbre debe ser estimado, documentado y registrado para cada proceso, teniendo en cuenta todas las posibles fuentes que puedan ocasionar dispersión en los resultados de la medición.

Un método reconocido y aceptado a nivel internacional es la *“Guía para la expresión de la incertidumbre” –GUM-*, aunque no es el único.

2.1.8 Confirmación metrológica.

La confirmación metrológica está enfocada principalmente al desempeño de los equipos, instrumentos e insumos usados en un proceso de medición, mediante la aplicación de actividades de ensayo, calibración y verificación, para asegurar que sus especificaciones se encuentran conforme a los requisitos del proceso.

Los métodos utilizados para la determinación de los tiempos para la ejecución de estas actividades deben estar correcta y claramente documentados para mantener un control estricto del estado de los componentes y de este modo realizar ajustes - de ser necesario - en los intervalos entre calibraciones, ensayos o verificaciones.

2.1.9 Intervalos de calibración.

Las características de un equipo, instrumento o insumo son susceptibles a cambios a medida que pasa el tiempo, sean o no utilizados. Por lo tanto es importante que se realicen actividades de confirmación destinadas a monitorear su estado a lo largo de su etapa operativa.

⁸ Sistema Internacional de Unidades

⁹ GTC-ISO/IEC. Vocabulario internacional de metrología.

Un aspecto fundamental es la determinación de los intervalos entre las actividades de confirmación metrológica, para evitar que los componentes sean utilizados en condiciones que puedan afectar la validez de los resultados.

Algunos de los factores más relevantes al momento de establecer tiempos entre calibraciones o verificaciones pueden ser:

- Tipo de instrumento
- Recomendaciones de los fabricantes
- Carga de trabajo
- Condiciones de operación
- El tipo de proceso en el que es utilizado
- Su historial¹⁰

Los intervalos pueden ser modificados durante el desarrollo de la confirmación metrológica en caso que se pueda establecer algún tipo de tendencia, ya sea disminuyendo o aumentando los tiempos previamente definidos.

Es importante también tener en cuenta los costos económicos y operativos, ya que puede ser un factor limitante, y en caso que aplique, las recomendaciones de normas o regulaciones.

Ya que es muy difícil definir cronogramas generalizados debido a los muchos factores que están involucrados en el proceso, es más coherente proponer unas definiciones iniciales e ir ajustándolas a medida que se tiene más información del proceso¹¹.

Existen normas que presentan métodos para el establecimiento de los intervalos de calibración como los son la ILAC¹²G24/OIML¹³D10“*Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments*”.

¹⁰Calidad y control de las mediciones. Corporación CDT de Gas.

¹¹ Determinación de intervalos de calibración. MetAs&Metrólogos Asociados.

¹² International Laboratory Accreditation Cooperation

2.1.10 Análisis y mejora.

En un sistema de aseguramiento metrológico se debe incluir metodologías que permitan localizar posibles desviaciones en los procesos de medición. Estas metodologías deben estar definidas en procedimientos y ejecutarse a intervalos establecidos, y pueden basarse en métodos estadísticos como análisis de gráficos de control, gráficos de tendencias, comparaciones interlaboratorios, auditorías internas o retroalimentación del cliente.

Es importante que si se detecta un proceso de medición NO CONFORME, éste se deshabilite de manera que no sea utilizado hasta que sea superado el impase. Igualmente, si el inconveniente es debido a un equipo o instrumento, este debe ser retirado y etiquetado hasta que se confirme metrológicamente su estado¹⁴.

Igualmente estos procedimientos deben ser utilizados también para implementar acciones de mejora de los procesos, basados en los mismos datos históricos obtenidos, sin confundirlas con acciones tomadas para mantener su estabilidad en el tiempo.

2.1.11 Procesos de medición en transferencia de custodia.

Los procesos de medición en transferencia de custodia son de gran importancia, especialmente en industrias como la de hidrocarburos, debido a los costos económicos que representan desviaciones en los resultados. Por lo tanto se han desarrollado documentos regulatorios como la Ley de Hidrocarburos o referencias técnicas que abordan este tema y que proporcionan un marco teórico para el diseño del proceso como los son: API MPMS, OIMLR117, y OIMLR115 para hidrocarburos líquidos y API MPMS - capítulo 14, yAGA 11 para gas natural.

Por lo anterior la incertidumbre asignada a un punto de transferencia de custodia debe ser la más baja en el proceso de transporte, debido a los volúmenes de

¹³ Organización Internacional de Metrología Legal

¹⁴ NTC-ISO 10012:2003

hidrocarburo que se manejan, ya que cualquier discrepancia en los resultados se ve reflejada en pérdidas económicas.

2.1.12 Aseguramiento metrológico en los sistemas de gestión de calidad.

En la actualidad existen normas que buscan garantizar la calidad de todas las organizaciones, sean de productos o servicios de manera general como la NTC-ISO 9001:2008 “Sistemas de gestión de calidad. Requisitos” o de manera particular con la NTC-ISO/IEC 17025:2005 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración” aplicado a laboratorios de ensayo y/o calibración. En estas instalaciones y procedimientos utilizados.

Luego, si se habla de un sistema de aseguramiento de la calidad, se deben siempre ejecutar acciones asociadas al aseguramiento metrológico o aseguramiento de los procesos de medición. Estas actividades comprenden la totalidad del proceso, desde la selección de los proveedores, hasta la entrega del producto o servicio al cliente.

2.2 MANTENIMIENTO

2.2.1 Definición.

El mantenimiento se define como todas las acciones preventivas o correctivas ejecutadas sobre equipos, instrumentos o instalaciones con el fin de mantenerlos en un estado que les permita desempeñar la función que se requiera.¹⁵

Es importante resaltar que las acciones de mantenimiento no están limitadas a acciones técnicas, sino que se incluyen aspectos administrativos.

2.2.2 Importancia.

En cualquier organización, el mantenimiento comprende dos aspectos relevantes, uno de ellos que es un beneficio directo y otro que viene implícito con la

¹⁵ European Federation of National Maintenance Societies

implementación de estas actividades: reducción de costos de operación y prevención de accidentes laborales.

Lo anterior se logra mediante el aumento de la disponibilidad y confiabilidad de todos los componentes que integran las instalaciones de la organización.

2.2.3 Tipos de mantenimiento¹⁶.

En la industria existen diversos tipos de mantenimiento que se aplican según las necesidades de la misma, entre los que se pueden encontrar:

- **Mantenimiento preventivo.** Se desarrolla con el fin de reducirla probabilidad que ocurra una falla en el sistema.
- **Mantenimiento correctivo.** Es el que se aplica luego de haberse producido un error en el proceso, para reparar fallas o averías del sistema.
- **Mantenimiento predictivo.** Se refiere a técnicas de detección precoz de síntomas para ordenar la intervención antes de la aparición de la falla.
- **Mantenimiento en uso.** Mantenimiento básico realizado sobre un componente por parte de su encargado. Consiste en tareas diarias como toma de datos, inspecciones visuales, limpieza, etc. De este concepto parte el TPM (Total Productive Maintenance – Mantenimiento Productivo Total).

¹⁶DIAZ NAVARRO, Juan. Técnicas de mantenimiento industrial, cap 1, ed 2

3 DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

3.1 INTEGRACIÓN DEL LABORATORIO MÓVIL DE CALIDAD Y CANTIDAD DE GAS NATURAL

La primera etapa en el desarrollo del proyecto consistió en la integración del vehículo acondicionado como laboratorio móvil, lo que permitió adquirir un conocimiento detallado de la infraestructura que lo compone (instalaciones equipos, instrumentos y facilidades). Lo anterior facilitó la identificación de los requisitos de calidad del laboratorio, tanto de la parte metrológica como de la conservación de los componentes (mantenimiento), para integrarlos dentro de una estrategia para el aseguramiento metrológico y mantenimiento, la cual garantiza que los equipos, procedimientos, personal e instalaciones son los apropiados para cumplir los objetivos de calidad.

A continuación se presenta una breve reseña de las actividades de integración del LM. Inicialmente se recibió el camión Hino Dutro Max Serie 300 al cual se le diseñó y construyó un furgón distribuido en cuatro (4) módulos principales y una serie de compartimentos para el almacenamiento de herramientas, insumos, repuestos y facilidades que sirven de apoyo a las actividades desempeñadas por el laboratorio. Ver Figura 13.

Figura 13. Instalaciones laboratorio móvil



Fuente: El autor.

Posteriormente y para facilitar los demás trabajos de integración, se instalaron los sistemas auxiliares o de apoyo, estos corresponden a:

- Energía eléctrica
- Red neumática
- Aire acondicionado
- Sistema de bloqueo central

Los cuales brindan autonomía para la prestación de servicios directamente en los sistemas medición. En la Figura 14 se pueden observar las imágenes que corresponden a los sistemas de apoyo.

Figura 14. Sistemas auxiliares o de apoyo



Fuente: El autor.

Luego se realizó la instalación de los bancos de trabajo, gavetas y compartimientos para el almacenamiento de los componentes tanto en la parte interna, como al exterior del furgón, tratando de optimizar el espacio disponible de manera que todos los componentes estuvieran seguros durante los desplazamientos del LM. Ver Figura 15.

Figura 15. Bancos de trabajo y gavetas de almacenamiento



Fuente: El autor.

Finalmente se realizó la instalación de los módulos principales con los que cuenta el laboratorio móvil. Estos son: módulo de calidad de gas, módulo de volumen, módulo de magnitudes secundarias, módulo de mantenimiento y reparación, y módulo multipropósito, los cuales fueron descritos en el capítulo 1.

3.2 DIAGNOSTICO Y REGISTRO DE INFORMACIÓN

3.2.1 Listado de componentes.

Para iniciar el diseño del proceso de aseguramiento metrológico, se realizó el listado general de los componentes con los que cuenta el laboratorio móvil de calidad y cantidad de gas natural, para evitar la subestimación o sobrestimación de proceso.

El listado se elaboró a medida que los equipos, instrumentos y facilidades iban siendo adquiridos por la Corporación CDT de Gas y se les realizaba la confirmación correspondiente para evaluar que sus características metrológicas cumplieran con los requerimientos establecidos a la hora de su selección, teniendo

en cuenta algunos aspectos importantes que debían ir consignados en el listado, como: intervalo de medición, de operación, módulo correspondiente, nivel de criticidad o requerimiento metrológico, entre otros, que se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Listado de componentes

CÓD.	Óp. Req	Req Met	COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	MODULO	INTERVALO DE MEDICIÓN			PRECISIÓN		INTERVALO DE CALIBRACIÓN			Ureq	
						Min	Max	Und	Vlr	Und	Min	Max	Und	Ucal	EMP/ Ucal
EQP-002	AsMet	1	PROVER	N/A	VOLUMEN										
VLM-001	AsMet	1	PROVER	MEDIDOR ROTATIVO	VOLUMEN	0,5	65	m ³ /h	1	%	1	65	m ³ /h	0,25	4
VLM-002	AsMet	1	PROVER	MEDIDOR ROTATIVO	VOLUMEN	1,6	250	m ³ /h	1	%	1	65	m ³ /h	0,25	4
VLM-003	AsMet	1	PROVER	MEDIDOR ROTATIVO	VOLUMEN	6,5	650	m ³ /h	1	%	1	65	m ³ /h	0,25	4
TMP-001	AsMet	1	PROVER	TT1/TRANSMISOR DE TEMPERATURA	VOLUMEN	-51	160	°C	0,1	°C	10	40	°C	0,05	2
TMP-002	AsMet	1	PROVER	TT2/TRANSMISOR DE TEMPERATURA	VOLUMEN	-51	160	°C	0,1	°C	10	40	°C	0,05	2
PRS-004	AsMet	1	PROVER	PT1/BARÓMETRO	VOLUMEN	500	1200	mbar	0,8	mbar	700	100	mbar	0,5	2
TMP-003	AsMet	1	PROVER	TT3/TRANSMISOR DE TEMPERATURA	VOLUMEN	-51	160	°C	0,1	°C	10	40	°C	0,05	2
TMP-004	AsMet	1	PROVER	TT4/TRANSMISOR DE TEMPERATURA	VOLUMEN	-51	160	°C	0,1	°C	10	40	°C	0,05	2
PRS-005	AsMet	1	PROVER	PT2/BARÓMETRO	VOLUMEN	500	1200	mbar	0,8	mbar	700	100	mbar	0,5	2
PRS-006	AsMet	1	PROVER	DPT1/TRANSMISOR PRESIÓN DIFERENCIAL	VOLUMEN	0	12,5	mbar	0,0312	mbar	1,25	12,5	mbar	0,4	0,08
ANZ-001	AsMet	1	CROMATÓGRAFO DE GASES	N/A	CAL. DE GAS	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
ISM-004	AsMet	1	CILINDRO DE HELIO 1	N/A	CAL. DE GAS	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
ISM-005	AsMet	1	CILINDRO DE HELIO 2	N/A	CAL. DE GAS	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
ISM-001	AsMet	1	MRC 83	N/A	CAL. DE GAS	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

CÓD.	Óp. Req	Req Met	COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	MODULO	INTERVALO DE MEDICIÓN			PRECISIÓN		INTERVALO DE CALIBRACIÓN			Ureq	
						Min	Max	Und	Vlr	Und	Min	Max	Und	Ucal	EMP/ Ucal
ISM-002	AsMet	1	MRC 92	N/A	CAL. DE GAS	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
ISM-003	AsMet	1	MRC 98	N/A	CAL. DE GAS	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
MVR-002	AsMet	1	HIGRÓMETRO	HIGRÓMETRO	CAL. DE GAS	-80	20	°C	0,5	°C	40	10	°C	0,25	2
ANZ-005.1	AsMet	1	HIGRÓMETRO	SONDA # 1 "PUNTO DE ROCÍO"	CAL. DE GAS	-80	20	°C	0,5	°C	40	10	°C	0,25	2
ANZ-004.1	AsMet	1	HIGRÓMETRO	SONDA # 2 "PUNTO DE ROCÍO"	CAL. DE GAS	-80	20	°C	0,5	°C	40	10	°C	0,25	2
ANZ-006	AsMet	1	DET. DE GASES COMBUSTIBLES PORTABLE	N/A	CAL. DE GAS	0	100	% LEL	10	%	0	100	% LEL		
PRS-001	AsMet	1	MODULO DE PRESIÓN	N/A	MAG_SECUN DARIAS	0	30	psi	0,05	%FS	0	30	psi	0,03	0,42
PRS-002	AsMet	1	MODULO DE PRESIÓN	N/A	MAG_SECUN DARIAS	0	300	psi	0,05	%FS	0	300	psi	0,18	0,80
PRS-003	AsMet	1	MODULO DE PRESIÓN	N/A	MAG_SECUN DARIAS	0	1500	psi	0,05	%FS	0	1500	psi	0,74	1,00
TMP-007	AsMet	1	TERMÓMETRO	N/A	MAG_SECUN DARIAS	-200	420	°C	0,02	°C	-10	120	°C	0,1	0,2
TMP-005	AsMet	1	RTD #1	N/A	MAG_SECUN DARIAS	-200	670	°C	0,02	°C	-10	120	°C	0,01	2
TMP-006	AsMet	1	RTD #2	N/A	MAG_SECUN DARIAS	-200	670	°C	0,02	°C	-10	120	°C	0,01	2
EQP-005	AsMet	1	BLOQUE SECO	N/A	MAG_SECUN DARIAS	-25	150	°C	0,21	°C	-10	120	°C	0,04	5
MVR-003.2	AsMet	1	MULTIMEDIDOR DE VARIABLES	MEDICIÓN DE TEMPERATURA	MAG_SECUN DARIAS	-45	125	°C	1	°C	-10	120	°C	0,04	5
MVR-003.3	AsMet	1	MULTIMEDIDOR DE VARIABLES	MEDICIÓN DE HUMEDAD RELATIVA	MAG_SECUN DARIAS	0	100	%rh	3	%rh	10	100	%rh		
MVR-003.4	AsMet	1	MULTIMEDIDOR DE VARIABLES	PRESIÓN ATMOSFÉRICA	MAG_SECUN DARIAS	0.14	24	psi	0.1	psi	4.35	15.95	psi	0.02	5

Fuente. El autor

En la Tabla 2 solamente se incluyen los equipos e instrumentos que tienen nivel de criticidad **1** y además no se ingresaron algunas columnas para facilitar la lectura.

Operación y requerimiento metrológico

Los componentes fueron clasificados en dos categorías de acuerdo a la operación a ejecutarse sobre ellos para garantizar, ya sea sus características metrológicas o su desempeño en términos operativos. Las dos categorías establecidas son:

- Aseguramiento metrológico
- Mantenimiento

El hecho de que los equipos, instrumentos o facilidades estén en una de las dos categorías no los limita a actividades de aseguramiento o mantenimiento, puede darse el caso que para realizar una calibración se deban realizar ajustes o algún tipo de corrección en el componente.

Los equipos que requieren aseguramiento metrológico fueron clasificados por su nivel de criticidad o el nivel de sus requerimientos metrológicos, que fue manejado mediante un código numérico. En la Tabla 3 se presenta la aclaración del código y su significado.

Tabla 3. Clasificación de los requerimientos metrológicos

CÓDIGO	CRITICIDAD O REQUERIMIENTO METROLÓGICO
0	No requiere aseguramiento metrológico
1	Su estado afecta directamente los resultados
2	Su estado afecta alguna variable del proceso
3	Su estado no afecta directamente los resultados

Fuente: El autor.

Incertidumbre requerida

Una forma fácil de establecer un valor de incertidumbre de calibración requerido es utilizando la relación entre el Error Máximo permisible (EMP) y la Incertidumbre de calibración (U_{Cal}) declarada por el laboratorio $\left(\frac{EMP}{U_{Cal}}\right)$.

Esta relación varía según las capacidades del laboratorio y generalmente se encuentra entre 1:3 hasta 1:10, esta última alcanzada por laboratorios que poseen una gran exactitud en el proceso de medición.

Este método proporciona una idea global de la conformidad o no conformidad de las especificaciones de un proceso de medición, pero si se quiere profundizar se puede remitir a la norma ISO 14523-1:1998 “*Geometrical Product Specifications (GPS) – Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment -- Part 1: Decision rules for proving conformance or non-conformance with specifications*”.

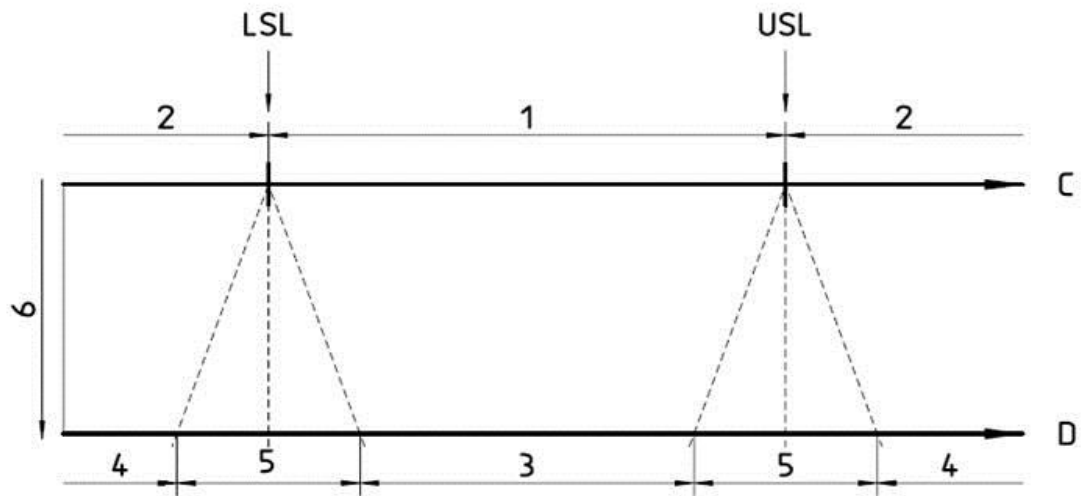
Esta norma establece las reglas para determinar si las características de un equipo de medición están conformes o no con los límites de EMP, teniendo en cuenta la incertidumbre de la medición¹⁷, mediante un análisis gráfico. Ver Figura 16.

Se puede observar en la Tabla 2 que en algunos casos la incertidumbre requerida está por debajo de los valores recomendados ($U_{req} < 3$), debido a que no se contaba con los equipos adecuados que permitieran incertidumbres de calibración menores, por lo cual fue necesario aumentar el intervalo de EMP en estos componentes con el fin de lograr satisfacer este criterio y principalmente no incurrir en subestimaciones de la incertidumbre reportada por LM.

¹⁷ ISO 14523-1:1998

Es de resaltar que la Corporación CDT de Gas dentro de sus políticas de mejoramiento continúa está en proceso de adquirir más equipos y con mejores características que permita dar trazabilidad a los componentes de LM.

Figura 16. Análisis especificaciones norma ISO 14523-1:1998.



Fuente: ISO 14253-1:1998

Dónde:

C: Fase de diseño

5: Rango de incertidumbre

D: Fase de verificación

6: Sentido creciente de la incertidumbre de la medición (U)

1: Zona de especificación

2: Fuera de especificación

3: Zona de conformidad

4: Zona de no conformidad

3.2.2 Codificación.

Para la identificación de los equipos, instrumentos o facilidades, se buscó un código alfanumérico que pudiera ser fácilmente relacionable con el componente. Este consta de dos términos que se detallan a continuación:

El primer término para los instrumentos se manejó de acuerdo a las magnitudes de operación, sin embargo se debieron tener cuenta algunas particularidades, como por ejemplo; los instrumentos que tuvieran la capacidad de operar dos o más magnitudes y los equipos, que fueron designados con un código que no necesariamente hace referencia a su condición de operación.

El segundo término es un consecutivo que inicia desde 001, cada factor maneja su propio consecutivo. A continuación, en la Tabla 4 se presenta la descripción.

Tabla 4. Nomenclatura instrumentos y equipos.

Factor	Código	Consecutivo
Volumen	VLM	001 - n
Presión	PRS	001 - n
Temperatura	TMP	001 - n
Magnitudes eléctricas	MEL	001 - n
Analizador	ANZ	001 - n
Multivariable	MVR	001 - n
Equipos	EQP	001 - n

Fuente: PA-20, Procedimiento para el manejo de equipos, SGC Laboratorio móvil de calidad y cantidad de gas natural.

En la Tabla 2 se pueden observar las denominaciones o la codificación asignada a algunos componentes de LM.

3.2.3 Documentos técnicos.

Con documentos técnicos se hace referencia a información facilitada por los proveedores, instituciones análogas o encontrada por el personal del laboratorio relacionada con sus activos como pueden ser: hojas de datos, fichas técnicas, manuales o catálogos y que puede ser útil al momento de intervenir o realizar el ajuste de un equipo, instrumento o facilidad.

Estos documentos fueron ubicados en un servidor al cual se puede acceder desde los tres (3) equipos de cómputo con los que cuenta el laboratorio, ya sea por medio del listado de componentes o directamente por las carpetas del equipo o instrumento particular, para su fácil y rápida identificación los documentos técnicos se organizaron de acuerdo a la siguiente clasificación. Ver Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de documentos técnicos.

PREFIJO	IDENTIFICADORES DEL DOCUMENTO
CAT_(catálogos)	FABRICANTE_COMPONENTE_MODELO_AÑO
DS_(datasheet)	FABRICANTE_COMPONENTE_MODELO_AÑO
MAN_(manuales)	FABRICANTE_COMPONENTE_MODELO_AÑO

Fuente. PA-20, Procedimiento para el manejo de equipos, SGC Laboratorio móvil de calidad y cantidad de gas natural.

3.3 GENERACIÓN DEL PROCESO DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO

LABORATORIO MÓVIL DE CALIDAD Y CANTIDAD DE GAS NATURAL

El proceso de aseguramiento metrológico de LM se ha diseñado de manera que abarque los lineamientos estipulados en la NTC-ISO/IEC 17025:2005 para facilitar su acreditación bajo esta norma, específicamente en el numeral 5 que está enfocado a la parte técnica, además de soportarse en los requerimientos establecidos en la NTC-ISO 10012:2003.

Este proceso hace parte del sistema de gestión de calidad, representado en el Manual de Calidad, el cual se ha dividido en tres diferentes sub manuales que abarcan todos los procesos necesarios para cumplir con los requerimientos descritos en la norma NTC-ISO/IEC 17025:2005.

Los sub manuales están compuestos por procedimientos, instructivos, formatos y anexos con los cuales se pretende facilitar el trabajo tanto de los Coordinadores para la documentación y registro de las actividades realizadas, como para los operadores del laboratorio en sus actividades diarias de calibración y ensayo.

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede observar el iagrama que representa el proceso de aseguramiento metrológico y mantenimiento mediante la metodología BPMN¹⁸ que es una notación gráfica que describe la lógica de los pasos de un proceso. Esta notación ha sido especialmente diseñada para coordinar la secuencia de los procesos y los mensajes que fluyen entre los participantes de las diferentes actividades¹⁹.

Para mayor claridad en la se puede observar la estructura documental del SGC²⁰ en la Figura 17.

¹⁸ Business Process Modeling Notation

¹⁹ BPMN 2.0, Bizagi Process Modeler

²⁰ Sistema de Gestión de Calidad

El formato de la documentación se elaboró de acuerdo a lo establecido en el “Procedimiento de Elaboración, Modificación Emisión y Control de Documentos” de los procedimientos generales del manual de calidad (PG-31-00-00-01).

3.2.4 Procedimientos

Los procedimientos son los documentos donde se presentan los requerimientos globales, en este caso de los numerales correspondientes en la norma NTC-ISO/IEC 17025:2005. En el ANEXO B se muestra uno de los procedimientos desarrollados.

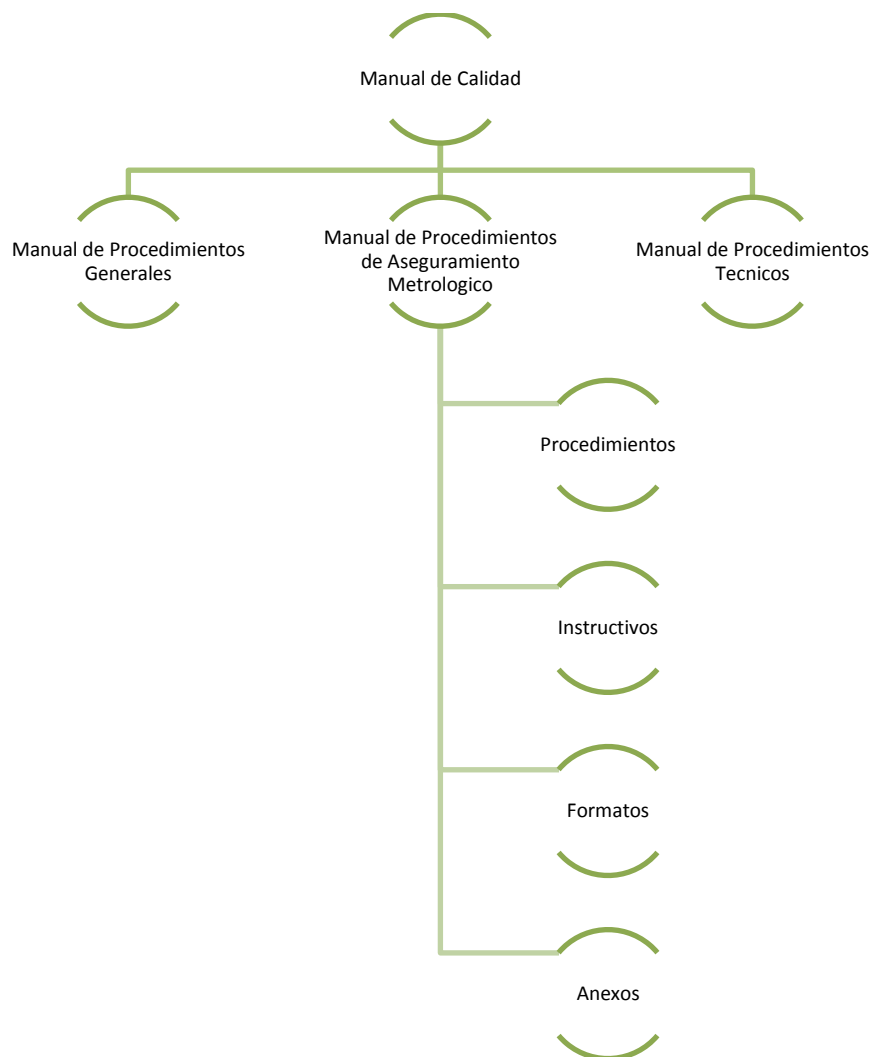
Procedimiento de control de instalaciones y condiciones ambientales. Este procedimiento describe y establece la metodología para mantener las instalaciones de manera que se puedan realizar actividades de calibración y ensayo (PA-10-00-00-01).

Procedimiento para el manejo de equipos. Este documento detalla los cuidados que se deben tener con instrumentos, equipos y facilidades desde la compra hasta el final de su vida operativa, para evitar que se utilicen cuando se encuentren fuera de las especificaciones establecidas o para procesos de medición fuera de su alcance, además de las acciones para mitigar sus consecuencias en caso que se presente alguno de los casos anteriores (PA-20-00-00-01).

Procedimiento de trazabilidad de las mediciones. Este procedimiento establece los parámetros a los que están sujetos los equipos e instrumentos de LM, con el fin de garantizar sus valores de incertidumbre, el manejo de calibraciones y verificaciones, y su relación con patrones primarios del SI (PA-30-00-00-01).

Procedimiento para el manejo de ítems de ensayo y/o calibración. Se establecen los cuidados a considerar durante la manipulación de componentes de los clientes, para evitar averías durante el tiempo que estén bajo responsabilidad de LM (PA-40-00-00-01).

Figura 17. Estructura documental SGC



Fuente: El autor.

Procedimiento para aseguramiento de la calidad de los resultados. Describe los métodos usados para la realización de un monitoreo y evaluación de los métodos de calibración y ensayo usados en el laboratorio, ya sea internamente o con la participación de una institución externa (PA-50-00-00-01).

3.3.1 Instructivos.

Documento donde se especifica una actividad que requiere más detalle para su ejecución. Ver **ANEXO C**.

Mantenimiento de componentes. Este instructivo presenta la metodología a usar en el LM para definir las actividades de mantenimiento preventivo que garanticen la disponibilidad y operatividad de equipos, instrumentos y facilidades que componen el laboratorio (IPA-20-01-00-01).

Determinación intervalos de calibración. En este documentos se detallan los procedimientos seleccionados para la determinación y ajuste de los intervalos de calibración y verificación de equipos e instrumentos de LM (IPA-30-01-00-01).

3.3.2 Formatos.

Documento utilizado para el registro de información relacionada con una actividad o procedimiento, además de ser útil para presentar resultados o proporcionar evidencias. Uno de los formatos utilizados se puede consultar en el **ANEXO D**.

Gestión de visitas. Formato que debe diligenciar el interesado en realizar una visita técnica a las instalaciones del laboratorio móvil y que posteriormente es tramitado por las directivas para emitir respuesta a la solicitud (IPA-10-01-00-01).

Control de visitas. Documento en el que se lleva el registro de las personas que ingresan al LM, con previa aprobación por parte de la dirección del laboratorio (IPA-10-02-00-01).

Observaciones de limpieza. Control y registro de las actividades ejecutadas para mantener el orden y la limpieza dentro de las instalaciones (IPA-10-03-00-01).

Especificaciones e historial de equipos e instrumentos. Formato donde se consigna la información de equipos, instrumentos y facilidades, las actividades de mantenimiento y aseguramiento metrológico ejecutadas sobre los mismos en el

tiempo y finalmente un análisis gráfico que permite monitorear y evaluar su desempeño (IPA-20-01-00-01).

Confirmación de componentes para incorporación a servicio. Formato que permite evaluar el estado de equipos e instrumentos antes de habilitarlos para la prestación de servicio luego de una compra, un mantenimiento o actividades de aseguramiento metrológico (IPA-20-02-00-01).

Etiqueta de inhabilitación. Formato que debe ubicarse en un lugar visible de un equipo o instrumento que no se puede utilizar para la prestación de servicios debido a su mal estado (IPA-20-03-00-01).

Perfil de identificación de componentes inhabilitados. Formato donde se hace una descripción del estado y las posibles causas que ocasionaron una avería sobre el componente, además de la inclusión de información que pueda ser útil para solucionarla (IPA-20-04-00-01).

Orden de asistencia técnica. Formato interno que describe una necesidad de acciones correctivas ya sea por mantenimiento o aseguramiento metrológico (calibración o verificación) (IPA-20-05-00-01).

Programa de mantenimiento. En este documento se precisa el cronograma de mantenimiento preventivo a realizar en los equipos, instrumentos y facilidades del laboratorio, así como sus actividades respectivas, este formato debe ser diligenciado anualmente (FIPA-20-01-01-01).

Gestión de ítems a calibrar o ensayar. Este formato es diligenciado por los operadores del laboratorio al recibir equipos o instrumentos del cliente para la prestación de un servicio, en él se consigna su estado y un balance preliminar de las actividades a ejecutar (IPA-40-01-00-01).

Programa de calibración y verificación. En este documento se encuentran los tiempos para la ejecución de calibraciones o verificaciones, este formato es

diligenciado anualmente por el encargado de aseguramiento metrológico (FIPA-40-01-01-01).

Programa de aseguramiento de la calidad. Cronograma de las actividades de monitoreo y evaluación de los procesos de medición utilizados en el laboratorio móvil de calidad y cantidad de gas natural, ya sea interna o externamente (FIPA-50-01-01-01).

3.3.3 Anexos.

En los anexos se pueden referir documentos de soporte o que se desprenden de los instructivos como complemento de los mismos. En el manual de calidad el anexo es un archivo que contiene las cartas de trazabilidad de LM. Una de ellas se puede ver en el

ANEXO E.

Cartas de trazabilidad. Este anexo es un archivo donde se adjuntan las cartas de trazabilidad para las magnitudes alcance del laboratorio móvil de calidad y cantidad de gas natural (APA-30-01-00-01).

La estructura documental desarrollada para el Manual de Aseguramiento del SGC, se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6. Estructura documental manual de aseguramiento metrológico.

MANUAL DE CALIDAD	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS GENERALES	MPG								
	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS	MPT								
	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO	MPA	Procedimiento de Control de Instalaciones y Condiciones Ambientales	PA-10			Gestión de Visitas	FPA-10-01		
							Control de Visitas	FPA-10-02		
							Observaciones de Limpieza	FPA-10-03		
			Procedimiento para el Manejo de Equipos	PA-20			Especificaciones e historia metrológica de equipos e instrumentos	FPA-20-01		
							Confirmación de Componentes para Incorporación a Servicio	FPA-20-02		
							Etiqueta de Inhabilitación	FPA-20-03		
							Perfil de Identificación de Componentes Inhabilitados	FPA-20-04		
							Orden de Asistencia Técnica	FPA-20-05		

					Mantenimiento de Componentes	IPA-20-01	Programa de Mantenimiento	FIPA-20-01-01		
			Procedimiento de Trazabilidad de la Mediciones	PA-30	Determinación Intervalos de Calibración	IPA-30-01	Programa de Calibración y Verificación	FIPA-30-01-01	Cartas de Trazabilidad	APA-30-01
			Procedimiento para el Manejo de Ítems de Ensayo y/o Calibración	PA-40			Recepción y Entrega de Ítems a Calibrar o Ensayar	FPA-40-01		
			Procedimiento de Aseguramiento de la Calidad de los Resultados	PA-50			Programa de Aseguramiento de la Calidad	FPA-50-01		

Fuente: El autor.

3.4 PLANTEAMIENTO DE PROGRAMAS

3.4.1 Programa de calibraciones y verificaciones.

Para la organización del programa de calibraciones y verificaciones, se utilizó la norma ILACG24/OIMLD10.

Teniendo en cuenta que la totalidad de equipos e instrumentos fueron adquiridos para el proyecto, el intervalo inicial de calibración se asignó teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- La condición de operación y la severidad de uso del instrumento
- Los conocimientos acerca de la tecnología
- Los requerimientos de incertidumbre y máximo error permisible (EMP)
- Estado del arte de la tecnología o similares

Como complemento se desarrolló una matriz de elementos críticos, que permite identificar factores adicionales que pueden afectar el desempeño de los equipos e instrumentos. Ver Tabla 7.

Desplazamiento. Debido a los recorridos que debe hacer para llegar a los lugares donde se encuentran ubicados los sistemas de medición y las condiciones de la malla vial, los componentes están sujetos a cargas de impacto que pueden afectar su desempeño.

Condiciones ambientales. Colombia es un país que por su geografía presenta todos los pisos térmicos y por lo tanto los sistemas de medición están distribuidos a diferentes alturas respecto al nivel del mar, lo que ocasiona una disparidad entre las condiciones ambientales para la operación del laboratorio.

Personal. Las personas encargadas del manejo de LM deben tener amplios conocimientos y capacidades en metrología tanto física, como analítica, además de desenvolverse en las diferentes condiciones de operación.

Carga o volumen de trabajo. Todos los dispositivos o equipos ven afectado su desempeño con el paso del tiempo, lo cual es acelerado por el volumen de trabajo al que es sometido.

Tecnología. Los resultados de una calibración, se ven afectados por la forma como los instrumentos responden a las diferentes condiciones de operación, esto está estrechamente relacionado al tipo de tecnología en que se basa el dispositivo para su funcionamiento.

Tabla 7. Matriz de componentes críticos

ACTIVIDAD	PONDERACIÓN	MÉTODOS DE CONTROL	INFLUENCIA
Desplazamiento	ALTO	La presencia de elementos que disminuyen los efectos del impacto sobre equipo e instrumentos	MEDIO
Cond. Ambientales	BAJO	Equipos e instrumentos con intervalos de operación del fabricante superior a los intervalos de operación reales.	BAJO
Personal	MEDIO	Profesionales capacitados en todas las tecnologías y magnitudes de operación del laboratorio.	BAJO
Carga de trabajo	BAJO	El volumen de trabajo para equipos e instrumentos es bajo por las distancias a cubrir entre SM.	BAJO
Tecnología	MEDIO	La adquisición de los equipos e instrumentos se realizó con un estudio previo y detallado de las diferentes tecnologías que ofrece el mercado para las necesidades de operación de M3Tlab.	MEDIO

Fuente. El autor

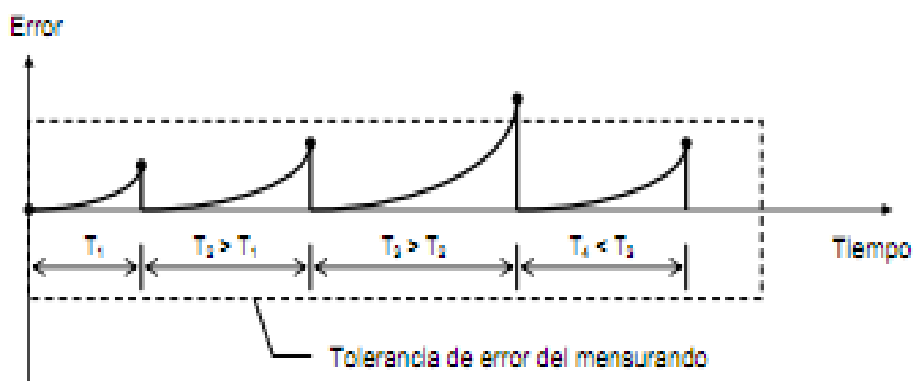
De acuerdo al resultado de la ponderación en la matriz y teniendo en cuenta los factores anteriormente descritos se le asigna el intervalo inicial de calibraciones.

Para el ajuste de los intervalos se parte de la información recopilada a cerca del equipo o instrumento, buscando un equilibrio entre la parte económica y los riesgos de operar un equipo o instrumento fuera de especificaciones.

El reajuste puede darse en dos sentidos, disminuyendo o aumentando el tiempo entre calibraciones de acuerdo al comportamiento de la gráfica de **Ajuste automático** o los **Gráficos de control** que se pueden ver en la Figura 18 y Figura 19 respectivamente que se presentan en la norma ILACG24/OIMLD10.

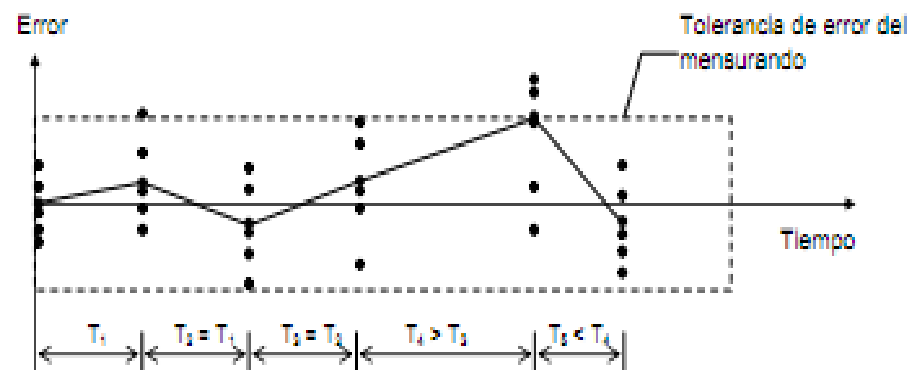
Hay algunos casos especiales como es el Cromatógrafo de Gases micro GC 490, que requiere calibraciones de acuerdo al volumen de análisis que realiza, es decir, este equipo se calibra cada vez que se vaya a intervenir un nuevo SM, debido a los cambios en las condiciones ambientales y de operación entre ellos. Para disminuir la cantidad de calibraciones a estos equipos se planteó realizar un estudio de los resultados en diferentes alturas, donde su comportamiento sea similar y sea posible validarlo con una verificación.

Figura 18. Método de ajuste automático



Fuente: Calidad y control de las mediciones, Corporación CDT de Gas.

Figura 19. Gráficos de control



Fuente: Calidad y control de las mediciones, Corporación CDT de Gas.

3.4.2 Programa de aseguramiento de la calidad de los resultados.

El aseguramiento de la calidad de los resultados se divide en dos partes: aseguramiento de la calidad interno y aseguramiento de la calidad externo.

El programa de aseguramiento de la calidad está enfocado a la parte interna, ya que la parte externa se encuentra sujeta a las programaciones y/o disponibilidad

de otras entidades para la ejecución de comparaciones interlaboratorios y ensayos de aptitud, en este caso el responsable de aseguramiento metrológico debe estar atento a la oferta de este tipo de servicios, además se deben cumplir con la documentación reglamentaria del Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) referentes al tema como la CEA-004 *“Políticas de participación en ensayos de aptitud/comparaciones interlaboratorios”*.

En el aseguramiento de la calidad interno se desarrollan ensayos de repetibilidad y reproducibilidad (r&R), y comparaciones interlaboratorios, los cuales se programan según los requisitos legales y/o necesidades del laboratorio, buscando abarcar las capacidades de medición y calibración CMC²¹ previamente declaradas.

3.4.3 Programa de mantenimiento.

El programa de mantenimiento se diseñó de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes de los componentes, sin embargo debido a las condiciones propias de operación, anualmente se planteó un receso en las actividades de prestación de servicios donde se realizaran las actividades necesarias para la puesta a punto de todos los sistemas, equipos, instrumentos, facilidades y la instalación en general, esto con el fin de en el transcurso del año desarrollar labores menores como: cambios de aceite, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, entre otros.

3.5 DESARROLLO DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL LABORATORIO MÓVIL DE CALIDAD Y CANTIDAD DE GAS NATURAL

Para LM, se implementó un manual donde se pudiera almacenar la información básica a cerca de su funcionamiento, las actividades de mantenimiento y algunas recomendaciones que se debieran tener en cuenta.

La idea principal era tomar el LM como un equipo integral para la prestación de servicios de calibración y ensayos de calidad de gas, y proveer a sus operadores una guía sencilla pero completa para la operación y la solución de situaciones que

²¹ Definición adoptada por BIPM e ILAC. *“Una CMC es la capacidad de medición y calibración disponible a los clientes bajo condiciones normales”*

puedan entorpecer las actividades misionales del laboratorio. El manual está compuesto por seis capítulos y una lista de anexos que se describen a continuación:

3.5.1 Introducción.

En este capítulo se realiza una contextualización general de lo que representa el desarrollo de LM para la industria del transporte del gas natural en el país, se incluye una presentación, y explicación del contenido y el lenguaje a utilizarse en el desarrollo del manual, finalmente se presentan y describen las áreas que lo componen.

3.5.2 Especificaciones técnicas.

Esta sección del manual se dedica a la presentación de las capacidades operativas de LM para la ejecución de los servicios de calibración y ensayo *in-situ* para los sistemas de medición de gas natural. Además, se presentan las condiciones bajo las que el laboratorio puede operar.

3.5.3 Operación.

En este capítulo se dan al operador las pautas para operar el LM, desde las labores de pre-alistamiento hasta la intervención del sistema de medición, culminando con las actividades de recogida y almacenamiento en el vehículo de sus equipos y facilidades.

3.5.4 Mantenimiento y aseguramiento metrológico.

En este capítulo se describen las actividades de aseguramiento metrológico y mantenimiento mínimas necesarias para mantener el LM en condiciones para la prestación de servicio.

3.5.5 Sistemas de apoyo.

El capítulo cinco del manual comprende una descripción de los sistemas de apoyo con los que cuenta el laboratorio y que brindan la capacidad y autonomía para la

prestación de servicios en sistemas de medición, una explicación básica de su funcionamiento y de su utilidad dentro del LM.

3.5.6 Recomendación y solución de problemas comunes.

Finalmente se dan ejemplos de posibles complicaciones en la operación del laboratorio, donde la solución es sencilla y no requiere la intervención de técnicos o personal especializado.

3.5.7 Anexos.

En los anexos se presentan las listas de chequeo para el alistamiento, los planos del LM y de la red eléctrica y las instrucciones para la operación de algunos componentes particulares.

4 ESPECIFICACIÓN DE UNA APLICACIÓN DE SOFTWARE PARA LA GESTIÓN DE LA ESTRATEGIA DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO Y MANTENIMIENTO

El requerimiento de la aplicación de software es una herramienta para establecer una comunicación clara y sencilla entre las partes involucradas en su desarrollo; el usuario del sistema y el proveedor del mismo.

Con este capítulo se pretende, facilitar las tareas en el desarrollo de una aplicación de software al departamento de TIC`s de la Corporación CDT de Gas, estableciendo las necesidades y requerimientos mínimos que la deben componer, sin limitar su crecimiento a largo plazo.

La aplicación servirá para proporcionar apoyo en la gestión de la información de la estrategia de aseguramiento metrológico y mantenimiento de un laboratorio móvil de calidad y cantidad de gas natural, anteriormente descrita.

4.1 IMPORTANCIA

Debido a que muchas veces no existe un mismo lenguaje entre usuario y desarrollador, esto implica la pérdida de tiempo y sus consecuencias en la gestión de proyectos debido a las diferencias entre las necesidades del usuario y lo plasmado por el desarrollador, desde correcciones hasta el fracaso del sistema.

Iniciar el desarrollo de una aplicación de software con un documento consensuado entre usuario y programador, donde se establezcan los elementos necesarios que deberían lograrse al final del proyecto, brinda una gran ventaja para los dos implicados. El usuario puede obtener un producto de acuerdo a las necesidades de su organización de una manera ágil y sin contratiempos, mientras que el

programador puede optimizar los tiempos y costos del desarrollo, reconocer los elementos necesarios y elaborar cronogramas de actividades.

Además establecer los componentes de la futura aplicación, permite verificar si se cumplieron o no los objetivos planteados al inicio del proyecto, ya que estos son un reflejo de las necesidades del usuario²².

Realizando una analogía sencilla se puede decir que, el análisis de requisitos son los “planos” necesarios para el desarrollo de la aplicación.

4.2 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA NORMA IEEE Std 830-1998²³

Las estrategias recomendadas para la especificación de los requisitos de un software están descritas en la IEEE Std 830-1998.

Esta recomendación práctica describe los criterios para la especificación de los requisitos de software, mediante el desarrollo de un documento sencillo pero que abarque todas las necesidades del sistema.

4.2.1 Características de una buena ERS²⁴.

Una ERS debería ser:

Correcta. Se dice que una ERS es correcta, si cada requisito declarado se encuentra en el software. Es trabajo del usuario evaluar si con la aplicación se refleja sus necesidades.

No ambigua. Cada necesidad plasmada debe tener solamente una interpretación. Si se presenta el caso donde un término tenga varios significados dentro de un mismo contexto, esto se debe especificar.

Completa. Una ERS es completa si cumple con los siguientes elementos:

²²La ingeniería de requerimientos y su importancia en el desarrollo de proyectos de software, Michael Arias Chávez

²³ Recommended Practice for Software Requirements Specifications

²⁴Especificación de requisitos de software

- Los requisitos están relacionados a la funcionalidad, el desarrollo, las restricciones del diseño, los atributos y las interfaces externas. En particular debe reconocerse cualquier requisito externo impuesto por una especificación del sistema y si lo requiere, debe tratarse.
- La definición de las respuestas del software a todos los posibles datos de la entrada del sistema y a toda clase de situaciones. Una nota que es importante especificar son las contestaciones a las entradas válidas e inválidas a ciertos valores.
- Tener todas las etiquetas llenas y referencias a todas las figuras, tablas, diagramas en el SRS y definición de todas las condiciones y unidades de medida.

Consistente. No se deben presentar conflictos con especificaciones o requisitos en el documento propio, como en uno que describa otros niveles de una misma aplicación, como una especificación de requisitos del sistema.

Modificable. Un ERS es modificable si y sólo si, su estructura y estilo son tales que puede hacerse cualquier cambio a los requisitos fácilmente, completamente y de forma consistente mientras conserva la estructura y estilo.

Verificable. Cada uno de los requisitos descritos en el documento debe ser comprobable. Un requisito es comprobable si y sólo si, allí existe algún proceso rentable finito con que una persona o la máquina puede verificar que el producto del software reúne el requisito.

Trazable. Es trazable si el origen de cada uno de sus requisitos está claro y si facilita las referencias de cada requisito en el desarrollo futuro o documentación del mismo.

Estas definiciones fueron tomadas de la Recomendación Práctica para la Especificación de los requerimientos de Software, del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, IEEE.

4.2.2 Estructura recomendada.

A continuación se presenta el cuerpo del documento que se recomienda en la IEEE Std 830-1998, este puede variar según las necesidades específicas que se identificaron para la aplicación de software que se requiere en el laboratorio móvil de calidad y cantidad de gas natural.

Figura 20. Estructura según la IEEE Std 830-1998

1	Introducción
1.1	Propósito
1.2	Ámbito del Sistema
1.3	Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas
1.4	Referencias
1.5	Visión general del documento
2	Descripción General
2.1	Perspectiva del Producto
2.2	Funciones del Producto
2.3	Características de los usuarios
2.4	Restricciones
2.5	Suposiciones y Dependencias
2.6	Requisitos Futuros
3	Requisitos Específicos
3.1	Interfaces Externas
3.2	Funciones
3.3	Requisitos de Rendimiento
3.4	Restricciones de Diseño
3.5	Atributos del Sistema
3.6	Otros Requisitos
4	Apéndices
5	Índice

Fuente: Especificación de requisitos software según el estándar de IEEE 830, Ingeniería de Software. Universitat Jaume I.

4.3 GENERACIÓN DE LOS REQUISITOS DE LA APLICACIÓN

Los avances tecnológicos en la ingeniería del software, han permitido crear más y mejores sistemas de información para la gestión de activos en una organización. Esto permite agilizar los procesos de documentación y la disminución de errores por la disponibilidad de información en tiempo real.

Podemos decir que un **Sistema de información** es un conjunto de componentes interrelacionados que permiten capturar, procesar, almacenar y distribuir la información necesaria para apoyar la toma de decisiones o cubrir una necesidad u objetivo.

4.3.1 Objetivos.

En general la aplicación de software surge por la necesidad de gestionar la información de aseguramiento metrológico y mantenimiento de LM de una manera ágil y eficiente. De esta manera los objetivos pretendidos para la aplicación al final de su desarrollo son:

- Proporcionar datos exactos y en tiempo real que posibiliten la toma de decisiones para la mejora de los procesos.
- Almacenar la información de la estrategia diseñada para el aseguramiento metrológico y el mantenimiento de componentes e instalaciones en general de LM.
- Apoyar a la dirección en la planeación, monitoreo, control y toma de decisiones.
- Respaldar la entrega al cliente de resultados confiables y técnicamente válidos, cumpliendo con los requisitos tanto normas, como los establecidos por el mismo usuario.
- Prolongar al máximo posible el tiempo de operación de componentes e instalaciones.

- Establecer un equilibrio entre los resultados de la estrategia y los costos económicos que implica.

4.3.2 Componentes de la aplicación.

Algunos de los elementos que deben considerarse para la integración de la aplicación son:

- La documentación de aseguramiento metrológico y mantenimiento descrita en el manual de aseguramiento metrológico, lo que se compone de procedimientos, instructivos, formatos y anexos.
- Manuales, hojas de datos, normas, catálogos y documentación en general que sirva de apoyo a las tareas de aseguramiento y mantenimiento.
- Operadores de LM.
- Listado general de componentes.
- Listado de insumos, consumibles y repuestos básicos.
- Listado de proveedores.

4.3.3 Requerimientos de la aplicación.

Para reconocer los requisitos de una aplicación que se ajuste a las necesidades particulares de LM, se partió del conocimiento que se adquirió durante la etapa de desarrollo de la estrategia de aseguramiento metrológico y mantenimiento con el objeto de comprender su funcionamiento y reconocer las oportunidades de mejora que se podrían lograr con la implementación de una herramienta para la gestión de la información.

Debido a la cantidad de información que se maneja y a la misma criticidad de sus procesos se vio la necesidad de implementar una aplicación de software que ofreciera rapidez, eficiencia y exactitud en la operación de la información, donde

se pudiera soportar la toma de decisiones o la planeación de estrategias para la mejora de los procesos.

Partiendo de los requerimientos básicos de un sistema información e incluyendo las necesidades particulares de la aplicación, se identificaron los requerimientos necesarios de LM, algunos de ellos se nombran a continuación:

- Un cronograma de actividades de mantenimiento preventivo, donde se puedan programar las tareas a ejecutar en cada componente.
- Un programa de aseguramiento metrológico donde se incluyan la fechas de calibración de equipos e instrumentos.
- Un calendario de actividades para el aseguramiento de la calidad de los resultados que permita validar los procesos y por ende los resultados obtenidos mediante su aplicación.

Los requisitos anteriores deben complementarse con: la emisión de alertas que permitan identificar la proximidad de una tarea incluida en alguno de los programas, información acerca del servicio requerido y la orden de trabajo para la ejecución del mismo.

- Información completa y verídica a cerca de los equipos, instrumentos o facilidades.
- Información de proveedores y fabricantes de los componentes.
- Registro de insumos, consumibles o repuestos.
- Indicadores que permitan monitorear y evaluar el comportamiento en el tiempo de los equipos o instrumentos.
- Generación de informes.
- Gestión de la información de los equipos e instrumentos del cliente.

Teniendo en cuenta lo anterior se puede componer un diagrama de flujo esperado para la aplicación. El diagrama se puede observar en la Figura 21.

Figura 21. Diagrama de flujo para la aplicación de software de LM.



Fuente: El autor.

5 CONCLUSIONES

- Además de la infraestructura actual y los nuevos desarrollos en el campo de la metrología en el país, es necesario implementar estrategias que permitan aprovechar al máximo sus capacidades de una manera eficiente.
- Se desarrolló de la documentación de aseguramiento metrológico y mantenimiento basado en los requerimientos de la NTC-ISO/IEC 17025:2005, facilita su integración en el Sistema de Gestión de Calidad del laboratorio móvil de calidad y cantidad de gas natural para su posterior solicitud de acreditación al Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC).
- Se realizó una clasificación de los equipos e instrumentos de acuerdo a su contribución en el desarrollo de los procesos de calibración y/o ensayos, y se implementaron indicadores de desempeño para reconocer aquellos componentes críticos dentro del laboratorio móvil de calidad y cantidad de gas natural, facilitando el enfoque de la planeación y la toma de decisiones por parte de la dirección.
- Se generaron los programas de calibración, mantenimiento y aseguramiento de la calidad de los resultados, garantizan la validez y confiabilidad de los servicios prestados, y la operación sin contratiempos del laboratorio móvil de calidad y cantidad de gas natural durante el primer año.
- Se desarrolló un manual de operación y mantenimiento con las características, capacidades, manejo y acciones correctivas básicas, facilita

a los operadores el conocimiento de las instalaciones, buscando el aprovechamiento y correcto uso de las instalaciones durante su operación.

- Se establecieron los requerimientos para el desarrollo de una aplicación de software para la gestión de la estrategia de aseguramiento metrológico y mantenimiento planteada, que optimice el manejo de la información de manera rápida, eficiente y exacta, facilitando la toma de decisiones por parte de las directivas basados en información actualizada.
- Se aportó a la industria el conocimiento adquirido en la Universidad Industrial de Santander para la mejora de los procesos de medición de hidrocarburos en transferencia de custodia, que se verá reflejado en el posicionamiento del laboratorio móvil de calidad y cantidad de gas natural en la industria nacional y consolidara a la Corporación CDT de Gas como pionera en la innovación y desarrollo de nuevas tecnologías.

6 RECOMENDACIONES

- Realizar a corto plazo el desarrollo de la aplicación de software especificada, que permita optimizar la gestión de la información relativa a la estrategia de aseguramiento metrológico y mantenimiento del laboratorio móvil de calidad y cantidad de gas natural.
- Estar atento a las disposiciones emitidas por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) u otros entes internacionales, que permita una actualización permanente de la documentación concerniente a la estrategia de aseguramiento metrológico y mantenimiento.
- Es importante estar en constante vigilancia a los avances tecnológicos en equipos e instrumentos que permitan mitigar los efectos de las diferentes variables a las que está expuesto el laboratorio como: vibraciones durante los desplazamientos, las condiciones ambientales inestables durante la prestación de servicios, entre otros, que permitan reducir los valores de incertidumbre asignados al resultado.

BIBLIOGRAFÍA

CORPORACIÓN CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL GAS. Aseguramiento Metrológico. Ventajas de su Aplicación. Bucaramanga, Colombia: CDT de GAS, 2008.

CORPORACIÓN CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL GAS. Calidad y control de las mediciones. Bucaramanga, Colombia: CDT de GAS, 2008.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Requisitos Generales Para La Competencia De Los Laboratorios De Ensayo Y Calibración. NTC-ISO/IEC 17025. Bogotá D.C.: El Instituto, 2005 p 13-25.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistema de gestión de la medición. Requisitos para los procesos y los equipos de medición. NTC-ISO 10012. Bogotá D.C.: El Instituto, 2003. p 6-14.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos Fundamentales, Generales y Términos Asociados (VIM). GTC-ISO/IEC 99. Bogotá D.C.: El Instituto, 2009.

INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION. Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments. OIML D 10. Paris, Francia: OIML, 2007. P 7-10.

ANEXOS

**ANEXO A. ESTRATEGIA DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO Y
MANTENIMIENTO SEGÚN METODOLOGÍA BPMN.**

**ANEXO B. PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE INSTALACIONES Y
CONDICIONES AMBIENTALES (PA-10-00-00-01)**

**PA-10 PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE INSTALACIONES Y CONDICIONES
AMBIENTALES**

CUADRO REVISIONES

REV No.	DESCRIPCIÓN	FECHA	Realizó	Aprobó
1	Creación del documento	13/02/08	X Héctor Fabián Salazar Ortiz Coordinador de Aseguramiento Metrológico	X Luis Eduardo García Sánchez Director

1 OBJETIVO

Especificar la distribución física y las condiciones operativas que debe presentar el laboratorio para la ejecución de los servicios, con el fin de obtener resultados técnicamente válidos.

2 ALCANCE

Este documento describe las instalaciones de M3Tlab y las facilidades con las que cuenta para brindar las condiciones adecuadas en la ejecución de los servicios.

3 RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD

- Director (DI)
- Coordinador de Calidad (CC)
- Coordinador de Aseguramiento Metrológico (CA)
- Metrólogos (MT)

4 INSTALACIONES

INTRODUCCIÓN

M3Tlab es un vehículo acondicionado como laboratorio de metrología que cuenta con facilidades, tales como suministro de energía eléctrica, aire comprimido, tanques de almacenamiento de agua potable y aire acondicionado, que permiten el desarrollo de actividades de calibración y ensayos directamente en el sitio donde se encuentren los sistemas de medición.

Cuenta con equipos e instrumentos para realizar actividades de metrología física (temperatura, volumen, presión y magnitudes eléctricas) y analítica (ensayos de calidad de gas), cumpliendo con los requerimientos del cliente y emitiendo resultados técnicamente válidos.

Las instalaciones constan de un chasis cabinado Hino Dutro Max Serie 300 y un furgón distribuido en cuatro (4) módulos principales, con características particulares que permiten ejecutar calibraciones y/o ensayos, garantizando las condiciones para la prestación de servicios. Posee también una serie de compartimentos para el almacenamiento de herramientas, insumos, repuestos y facilidades que sirven de apoyo a las actividades desempeñadas por el laboratorio.

Los planos de la distribución de M3Tlab se pueden consultar en el **"Manual de Operación y Mantenimiento de M3Tlab"**[1].

CAPACIDADES Y CARACTERÍSTICAS

Suministro eléctrico

M3Tlab cuenta con dos configuraciones para el suministro de energía eléctrica que permita el desarrollo de las actividades de calibración y/o ensayo, la conexión directa a una red ordinaria o la generación con el equipo Honda EU6500is (EQP-002).

- **Conexión Directa**

La conexión directa se logra a través de postes ubicados en las cercanías de los sistemas de medición (SM), que suministran energía eléctrica mediante una conexión rápida por medio de una extensión con acoples tipo NEMA L14-30, que se conectan a los receptáculos del poste y del laboratorio ubicado en el compartimiento de bodegaje, bajo el generador eléctrico procurando revisar toda la instalación (extensión, receptáculos y clavijas), en busca de daños que pudiesen causar cortocircuitos.

La extensión eléctrica tiene un alcance aproximado de 10 metros, distancia máxima a la cual se debe ubicar el laboratorio del poste de suministro, aunque pueden utilizarse extensiones de características similares para ampliar la distancia de conexión. La energía eléctrica tiene las siguientes características:

- 120/220 VAC
- 60 Hz
- 2F+N+G
- 30 A
- 6600W

- **Generación**

La generación de energía eléctrica se logra por medio del EQP-002 (Honda EU6500is), que transforma la energía mecánica obtenida de un motor de combustión en energía eléctrica, con la cual se alimentan todos los equipos, instrumentos y se iluminan las instalaciones del laboratorio, proporcionando la autonomía energética que le permite desempeñarse en sitios sin acceso a redes eléctricas.

Este generador entrega un máximo de 6500 Watts de potencia a 120/240 VAC y 60 Hz con una autonomía de aproximadamente 5 horas con el tanque totalmente lleno (4,7 galones), tiempo que se puede optimizar con la ayuda del "Eco-Throttle", opción que permite disminuir el consumo de combustible de acuerdo a los requerimientos de energía, logrando hasta 14 horas de funcionamiento.

El manejo del EQP-002 se puede tomar del manual de operación [MAN HONDA GENERADOR EU6500is 2012](#) ubicado en la base de datos.

- **Tratamiento y suministro**

M3Tlab cuenta con dos tipos de energía eléctrica (regulada y no regulada), distribuidas en los módulos y compartimientos por medio de cable encauchetado calibre 10 o 14 según los requerimientos de potencia de los equipos como por ejemplo, AA (EQP-009), compresor (EQP-004) y Blower (EQP-012) tienen un consumo de potencia más alto, luego su alimentación se realiza mediante cable encauchetado calibre 10; el resto de equipos y luminarias se alimenta con calibre 14.

Para preservar la integridad de los equipos, que por sus características requieren alimentación eléctrica de cierta calidad, se dispone de dispositivos eléctricos y electrónicos que regulan la energía a la magnitud y frecuencia deseada, estos son:

- Inversor (EQP-003), que recibe la energía de suministro del generador o de la línea común y la entrega regulada para el servicio.
- Baterías (EQP-049, EQP-050), almacenan energía y la libera en caso de no haber suministro de ninguna de las dos líneas principales para mantener en operación el EQP-003 y algunas facilidades del laboratorio como luminarias, toma corrientes, entre otros., que estén en la línea regulada.
- ATS "Automatic Transfer Switch" (EQP-006), evita interrupciones en la entrega de potencia transfiriendo la carga de la fuente ordinaria (SM) a la alterna (en este caso el generador) cuando el SM no esté disponible.

Suministro de aire a presión

El aire presurizado se obtiene del compresor (EQP-004), que toma el aire del ambiente y lo entrega con una presión máxima de 135 psi, esta presión se ve limitada en ciertos tramos por la capacidad máxima permisible de accesorios y unidades de mantenimiento, o por las necesidades de presión y calidad del suministro por parte de los metrologos. El aire presurizado se utiliza también para realizar la precarga del Compresor de Alta (EQP-004), que requiere un valor mínimo de presión a su entrada.

Del EQP-007 se suministra el aire a presión al acumulador/generador de presión (EQP-048) y a los cilindros de muestreo.

Furgón

El furgón es un espacio acondicionado como laboratorio de metrología, que dispone de áreas de trabajo para la ejecución de calibraciones, ensayos y mantenimientos, compartimientos externos e internos para el bodegaje de equipos, instrumentos, insumos, herramientas y facilidades cuya integridad se conserva mediante el uso de antivibratorios que reducen el impacto sobre ellos durante el desplazamiento e instrumentación instalada para monitoreo de ambientes peligrosos.

Los detalles de operación y la descripción de los equipos referenciados anteriormente se pueden encontrar en el "Manual de Operación y Mantenimiento de M3Tlab".

ÁREA DE INFLUENCIA

El área de influencia de las instalaciones está definida como el espacio que abarca M3Tlab y algún equipo, instrumento o facilidad desplegada a sus alrededores, varía dependiendo del escenario en que se encuentre. A continuación relacionan algunos escenarios posibles:

Almacenado (aparcamiento) de M3Tlab

En este caso, el área de influencia se limita a la cabina del vehículo y los módulos internos del laboratorio, área que está bajo la responsabilidad de los operadores y el coordinador de M3Tlab, quienes son los únicos autorizados para conservar las llaves de acceso.

Los encargados deben cerciorarse que las puertas de acceso y compuertas de bodegaje queden correctamente cerradas, también deben activar los dispositivos de monitoreo y control que aplique.

Despliegue de M3Tlab

En caso que se tenga una compuerta o puerta de acceso abierta, alguna facilidad o equipo desplegada fuera de las instalaciones, se debe establecer un perímetro alrededor donde en lo posible no puede haber alguna persona ajena al laboratorio, esta área debe ser señalizada por los operadores o metrólogos que estén a cargo, con la ayuda de conos reflectivos ubicados en los costados del laboratorio a una distancia previamente establecida según las actividades a realizar y según su criterio, además se debe contar en todo momento con la presencia del personal para velar por la integridad de las instalaciones.

En caso que el laboratorio se encuentre en las instalaciones de un SM, además de lo descrito en el párrafo anterior, se debe programar una pequeña inducción al personal encargado, en la que se debe orientar sobre las limitaciones de ellos para con el uso de las instalaciones, equipos e instrumentos pertenecientes al laboratorio.

5 CONDICIONES AMBIENTALES

M3Tlab dispone áreas donde es posible monitorear las condiciones ambientales del sitio (condiciones no controladas) y otras donde además tiene la facultad de controlar algunas de esas propiedades (condiciones controladas), esta información se recopila y analiza para determinar la posibilidad de ejecutar servicios sin afectar la calidad de los resultados obtenidos.

CONDICIONES CONTROLADAS

Módulo de magnitudes secundarias y calidad de gas

En este módulo se encuentra instalado el aire acondicionado (EQP-009), el cual controla la temperatura de su interior mediante información de su instrumentación y la que es suministrada por el operador a través del control "Confort Control Center" (EQP-010), logrando un cambio máximo en la temperatura respecto al ambiente de $5\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

Para la ejecución de la prueba se debe encender con anterioridad el aire acondicionado como lo refiera el "**Manual de Operación y Mantenimiento de M3Tlab**"[1], para alcanzar una temperatura estable y conforme a las necesidades.

Para evaluar condiciones de reproducibilidad y repetibilidad, los datos de las condiciones ambientales se miden y almacenan con un equipo Kestrel (MVR-003) (presión atmosférica, temperatura, humedad) durante el tiempo que dure la prueba, el funcionamiento y manipulación de este dispositivo se describe en su manual de fabricante [MAN KESTREL MULTIMEDIDOR 4500BT 2012.pdf](#). Los registros de las condiciones ambientales se descargan y se almacenan en la base de datos bajo el siguiente código:

Tabla 8. Registro Condiciones Ambientales

Actividad	Sub-Código	Consecutivo
Condiciones ambientales en la prestación de servicios	RCS	000 - n
Condiciones ambientales en actividades de aseguramiento metrológico	RCA	000 - n

Para el registro de las condiciones ambientales en la prestación de servicios se le asigna el consecutivo del mismo, es decir, si el consecutivo asignado para el servicio es XXX, el registro de las condiciones ambientales bajo las cuales se ejecuto seria RCS-XXX, mientras que para actividades ejecutadas en el marco del aseguramiento metrológico como verificaciones, comparaciones o calibraciones se registran con el consecutivo iniciando desde 000.

La información obtenida del equipo debe ser descargada y almacenada en la carpeta ubicada en la base de datos, para tener registro de las condiciones en las que se ejecutaron las actividades.

Es importante mantener cerradas las puertas de ingreso a este módulo durante el transcurso de la prueba, con la intención de mantener la estabilidad en la temperatura y lograr los mejores resultados.

En caso de que la temperatura ambiente se encuentre en 18 °C o menos, se puede contemplar la posibilidad de no usar el aire acondicionado, ya que bajo estas condiciones los cambios de temperatura mínimos, para este caso se debería programar el MVR-003 para que tome datos en lapsos de tiempo más cortos, para tener más información a la hora de evaluar los resultados obtenidos.

Para efectos de uniformidad en la temperatura se debe procurar mantener abierto ventilas, ventanas y claraboyas.

CONDICIONES NO CONTROLADAS

Modulo Volumen

A esta sección del laboratorio no se le controla ninguna variable, simplemente se monitorea el valor que indique la temperatura, presión y humedad relativa en la instrumentación que hace parte del equipo Prover GMP 650.

Los resultados de las mediciones de las condiciones ambientales son evaluados internamente por el mismo equipo cada vez que se corre un punto en una calibración, su desviación máxima permisible de la media es de ± 1 °C.

Si este requerimiento no se cumple el equipo pasara fluido durante tres minutos, tiempo en el cual se espera que la temperatura entre en el intervalo permisible para continuar con la calibración.

En caso que el valor de temperatura continúe fuera de los límites permisibles, igualmente se correrá el punto pero se deben realizar las correcciones en los resultados obtenidos.

Tanto el costado del módulo de volumen, como el costado donde se encuentra el compartimento de los gases utilizados para los ensayos de calidad de gas poseen una cubierta que los protege de la incidencia directa de la radiación solar, que en algunos casos puede afectar el correcto desempeño de las actividades.

Es importante que si está lloviendo se realice la calibración con las compuertas del módulo completamente cerradas, con el fin que se evite el daño de la automatización por el contacto con el agua. En caso de que llueva antes de haber montado el MUT, es mejor abortar la calibración.

La temperatura debe estar mínimo 4 °C por encima del punto de rocío para que la humedad presente en el aire no afecte los resultados obtenidos.

Módulo M&R

En M&R no es necesario llevar un control estricto de las condiciones ambientales, ya que en este módulo no se ejecuta ninguna actividad en la cual estas propiedades influyan en el desempeño de un equipo, un instrumento o en un proceso particular.

Fuera de las instalaciones

La primera opción para la ejecución de los servicios en magnitudes como presión, temperatura y magnitudes eléctricas es realizarlos directamente sobre la instrumentación del SM, para evitar desmontarlos, luego es muy importante que los metrólogos de M3Tlab evalúen las condiciones ambientales presentes en el sitio para determinar si se pueden realizar las pruebas o si es más conveniente trasladarlos a los módulos del laboratorio.

Estas condiciones se refieren a aspectos como las condiciones climáticas y a las variaciones de las mismas en el tiempo, la cual no debe superar $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ de la temperatura promedio durante la ejecución de las calibraciones, para la verificación de esos valores también se emplea el MVR-003 que da la facilidad de llevarlo al sitio de trabajo.

En la siguiente tabla se resumen las características principales para el manejo y control de las condiciones ambientales en el desarrollo de calibraciones o ensayos.

Tabla 9. Condiciones Ambientales

Condiciones	Propiedades a Controlar	C&E a Ejecutar	Medidor (Registrador)	Especificaciones
Controladas	Temperatura - % HR	Calidad de Gas	Kestrel (MVR-003)	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
		Temperatura		
		Presión		
		Magnitudes eléctricas		
No Controladas	No aplica	Volumen	Kestrel (MVR-003) - Instrumentación del Prover	$\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$
		Temperatura		$\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$
		Presión		
		Magnitudes eléctricas		

6 ACCESO

Se han establecido unos parámetros para controlar y monitorear el ingreso de personal a las instalaciones y a la área de influencia, esto con el fin de proteger la información y garantizar la calidad en la ejecución de los servicios.

INGRESO PERSONAL EXTERNO

Las personas, empresas o instituciones que deseen tener acceso a las instalaciones de M3Tlab, deben realizar previamente una solicitud formal, por escrito o verbalmente.

Al recibir la solicitud de la visita se debe dejar constancia de la comunicación, para lo que se debe seguir lo establecido por el documento **"Manejo General de Comunicaciones Enviadas y Recibidas" AMC-01-00-00-01**[2], dejando el registro en **"Gestión de Visitas" FPA-10-01-00-01**[3].

Las solicitudes deben ser comunicadas al Director o Coordinador de Calidad, quienes la evalúan y emiten una respuesta.

- En caso que la respuesta sea negativa por parte de las directivas, se envía una comunicación al solicitante para exponer los motivos para no acceder a la petición.

Si dicha solicitud es aprobada, se comunica al solicitante para acordar fecha y hora de la visita, de acuerdo a la disponibilidad del laboratorio.

La información de la fecha de la visita debe ser comunicada al personal de M3Tlab para, en lo posible no programar servicios.

La persona encargada por la dirección para realizar el acompañamiento a los visitantes debe permanecer con ellos durante el recorrido, para brindarles la información que requieran sin dar a conocer datos relevantes o confidenciales.

El día de la visita, antes de ingresar a las instalaciones las personas debe registrarse en **"Formulario de Control de Visitas" FPA-10-02-00-01** [4].

Los clientes o personal involucrado con los servicios tienen acceso durante la permanencia del laboratorio en las instalaciones del SM, con limitantes en el acceso a equipos, instrumentos e información.

Los Metrólogos son los responsables por el comportamiento de las personas, de su registro en el formato **"Formulario de Control de Visitas" FPA-10-02-00-01** [4] y de su acompañamiento en todo el recorrido.

PERSONAL DE M3TLAB

Los profesionales de M3Tlab, tienen la responsabilidad de acatar y cumplir las normas del laboratorio, además de darle un uso correcto a los equipos e instrumentos con los que se cuenta, utilizándolos única y exclusivamente para su fin previsto.

7 LIMPIEZA

Este aspecto requiere del compromiso por parte del personal del laboratorio, ya que ellos son los encargados de las instalaciones durante las salidas a los sistemas de medición, además de las áreas utilizadas para el despliegue de equipos, instrumentos o facilidades.

ÁREAS DE TRABAJO E INFLUENCIA

La limpieza de estas áreas se debe realizar diariamente durante el desarrollo de un servicio, debe ir paralelamente al bodegaje de equipos, instrumentos y facilidades.

Los equipos, instrumentos y facilidades deben ser limpiados cuando el metrólogo note acumulación de polvo o suciedad en la superficie con la ayuda de un paño o toalla suave o como lo refiera el **Manual de Operación y Mantenimiento del Equipo** [1].

Los profesionales encargados deben procurar no botar basura en el piso de las instalaciones o del área de trabajo, para ello se dispuso de tres canecas ubicadas en la gaveta inferior debajo del lavabo.

Así mismo cuando los profesionales consideren necesario, se realice una limpieza sobre los mesones de trabajo, esto se debe hacer con un paño humedecido con alcohol teniendo precaución con los toma corriente, dejando luego la superficie totalmente seca.

Al barrer el piso del laboratorio procurar no levantar polvo, para ello se debe rociar un poco de agua antes con el cuidado de no derramar sobre los equipos o instrumentos.

Al trapear, el trapeero se debe escurrir fuera del laboratorio para no hacer depósitos de agua dentro de los módulos.

LIMPIEZA GENERAL

Esta limpieza se limita al exterior del furgón y la cabina del conductor. Se debe realizar en un lavadero de autos con el acompañamiento de un profesional del laboratorio.

El profesional debe verificar que ventanas, puertas, claraboyas y compuertas estén completamente cerradas, para evitar que se filtre el agua dentro de los módulos y cause daños. Además los dispositivos eléctricos y electrónicos deben ser desconectados para evitar cortocircuitos.

El tiempo de lavado es criterio de los profesionales, quienes de acuerdo a las condiciones del terreno donde van a realizar servicios o las mismas condiciones ambientales toman la decisión de cuando ejecutar el lavado.

8 SEGURIDAD

La seguridad del laboratorio móvil de metrología no se limita al cuidado físico de las instalaciones, sino que abarca situaciones como la seguridad operativa y de integridad de equipos, instrumentos y las mismas facilidades con las que cuenta. A continuación se presentan las principales consideraciones para cada situación.

SEGURIDAD OPERATIVA

La seguridad operativa indica con que precauciones se deben tomar para evitar cualquier tipo de inconveniente durante la ejecución de los servicios.

Emplazado

- **Presencia de Gases Combustibles**

- Si se advierte la presencia de gases combustibles por los dispositivos Detectores de Gases Combustibles (ANZ-010 -ANZ-011) se debe apagar y desconectar inmediatamente todos los dispositivos eléctricos que puedan generar chispas y producir un incendio. La indicación inicia cuando el porcentaje LEL (LowerExplosionLimit) alcanza el 2%, lo cual indica que hay 1000 ppm de metano (CH₄) en el ambiente, que representa un 0.05% en volumen del componente.
- Luego mediante el uso del equipo SensitHXG-3 (ANZ-012) se realiza una inspección del compartimiento afectado por la presencia del componente.

- Según el valor indicado por el equipo ANZ-012 se debe tomar una acción por parte del operador. En la siguiente tabla se indica el valor y la acción correspondiente.

Tabla 10. Presencia de Gases Combustibles

% LEL	Valor en ppm CH ₄	Acción a Ejecutar
2% LEL	1000	Monitorear el área de influencia para encontrar el origen de la fuga.
25% LEL	12500	Apagar y desconectar los equipos que puedan generar chispas. Con ayuda del MVR-003 encontrar la fuga.
50% LEL	25000	Parar las actividades y evacuar el área hasta que bajen los niveles de metano CH ₄ en el ambiente.

- En los casos anteriores se debe encontrar la fuga o el motivo por el cual hay presencia de gas en las instalaciones.
- Luego se toman las medidas correctivas que permitan eliminar la presencia de gases que puedan producir un incendio o explosión.

El ANZ-012 (detector de atmosferas peligrosas) es un equipo portátil para la detección de gases combustibles en el ambiente, con esto se puede identificar si el sitio es seguro para desarrollar las actividades o si se debe tomar medidas de protección para operadores e instalaciones.

Cada vez que se vaya a intervenir un sistema de medición, se debe verificar con el ANZ-012 el porcentaje en volumen de gases combustible en sus alrededores.

Dependiendo del porcentaje LEL o el contenido en ppm de gases combustibles se decide que tan confiable es la ejecución de actividades en el sitio. Ver tabla 1.

En el caso que haya notado la presencia de gases combustibles, se debe dar aviso al encargado del sistema para que tome las medidas necesarias para solucionar la situación.

• **Riesgo eléctrico**

Antes de iniciar cualquier actividad en los SM se debe comprobar la instalación de puesta a tierra de la red eléctrica, para lo cual se utiliza el Telurómetro 1623 (MVR-006).

El resultado de la medición no debe estar por encima de 10 Ohms, que es el valor normal.

El manejo del MVR-006 se explica en el manual del fabricante [MAN ANV DVR M7000 2012.PDF](#).

Es importante chequear las conexiones eléctricas de la instalación, para verificar el estado del aislamiento y de los acoples que no se encuentren sulfatados.

A la hora de hacer uso de las extensiones, procurar revisar receptáculos y conectores que se encuentren en buen estado, además del aislamiento del cable.

Las extensiones deben ubicarse en lugares secos y a la vista del personal. Esto aplica también para las mangueras neumáticas.

En movimiento

El DVR (Digital Video Recorder) es un dispositivo para grabación de video que está acompañado de un sistema de posicionamiento global (GPS) y un sensor de vibraciones. Con él se monitorean las instalaciones durante los desplazamientos para advertir algún tipo de contratiempo, da la posibilidad de ubicar el laboratorio y medir la magnitud de las vibraciones remotamente por medio del envío de información a través de internet.

En caso de un percance en carretera el DVR generara un informe, junto con el video de las dos cámaras (frontal y posterior) de 20 segundos antes y después, lo cual se enviara a una base de datos ubicada en el servidor para analizarlos y tomar correctivos.

Este dispositivo esta pre-configurado para que se encienda automáticamente con el arranque del vehículo, situación que los operadores deben verificar con la pantalla ubicada en la cabina, la cual debe encenderse con la proyectando la imagen de las cámaras del DVR.

SEGURIDAD FÍSICA

Presencia de Humo

- Una vez el ANZ-003 advierta la presencia de humo en M3Tlab, se deben desconectar y apagar los aparatos eléctricos, además se debe cerrar la válvula de los cilindros de los gases de referencia y de Helio ISM-001, ISM-002, ISM-003, ISM-004 e ISM-005
- El personal debe ubicar inmediatamente el origen del mismo.
- Dependiendo de la causa que origina el humo, se toman las acciones correctivas.
- En caso de que ya se haya generado un conato de incendio, M3Tlab cuenta con extintores ubicados en el módulo multipropósito y en el compartimiento del tanque de ACPM del vehículo, con los cuales sofocar las llamas.
- Además de brindar la alerta auditiva, el detector de humo con la ayuda del DVR envía el informe a la base de datos.

Sistema de Bloqueo Central (e-fob)

Dispositivo electrónico que permite el bloqueo remoto de las compuertas de M3Tlab y una alarma de apertura de las mismas.

- Al momento de iniciar un desplazamiento o guardar el laboratorio, a través del control remoto del Sistema de Bloqueo Central, se bloquean los compartimentos del furgón y se activa la alarma.
- Luego se realiza un chequeo manual para confirmar que todos los compartimentos estén cerrados y asegurados.
- Al momento de emplazar el laboratorio en un sistema de medición se desbloquean los compartimentos y se desactiva la alarma.
- Cuando estén desplegadas todas las facilidades de M3Tlab, es necesario que el personal esté atento de la seguridad del laboratorio, en ningún momento se puede dejar solo si se tiene alguna puerta abierta o un equipo por fuera de las instalaciones.
- En caso de que se fuerce un compartimiento el e-fob genera una señal visual y auditiva para alertar al personal y además envía una alerta al DVR para que genere un informe que sube a la base de datos para verificar la situación.

9 DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS

- [1] «MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO M3TLAB.docx». .
- [2] AMC-01-00-00-01, «Manejo general de comunicaciones enviadas y recibidas». .
- [3] FPA-10-01-00-01, «Gestión de Visitas». .
- [4] FPA-10-02-00-01, «Control de Visitas». .

10 REFERENCIAS TÉCNICAS

N/A

**ANEXO C. INSTRUCTIVO DE DETERMINACIÓN INTERVALOS DE
CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN (IPA-30-01-00-01)**

IPA-30-01 DETERMINACIÓN INTERVALOS CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN

CUADRO REVISIONES

REV No.	DESCRIPCIÓN	FECHA	Realizó	Aprobó
1	Creación del documento	13/03/12	X Héctor Fabián Salazar Ortiz Coordinador de Aseguramiento Metrológico	X Luis Eduardo Garcia Sánchez Director

1 OBJETIVO

Presentar la metodología utilizada en el laboratorio móvil de metrología M3Tlab para la adjudicación de los intervalos de calibración y verificación a equipos e instrumento.

2 ALCANCE

Este documento tiene en cuenta los elementos –equipos, instrumentos y facilidades- que constituyen el laboratorio móvil de metrología M3Tlab y que su desempeño puede afectar la calidad de los resultados emitidos.

3 RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD

- Coordinador de aseguramiento metrológico (CA)
- Coordinador de calidad (CC)
- Metrólogos (MT)

4 INTRODUCCIÓN

La determinación de los periodos entre calibraciones y verificaciones de patrones, equipos e instrumentos abarca un aspecto importante en la operación de un laboratorio de metrología, por tanto se debe prestar especial atención a los métodos o procedimientos que permitan obtener un programa eficiente económica y operativamente, sin afectar la calidad de los resultados reportados.

El laboratorio móvil de metrología M3Tlab, al ser un desarrollo sin precedente para la industria del gas natural a nivel internacional implica establecer nuevas políticas que permitan asegurar su operatividad y la validez de sus resultados, ajustándolas a las condiciones operativas y de prestación de servicios propias de la organización –M3Tlab-.

5 DESARROLLO

Existen metodologías estándar para la determinación o establecimiento de los intervalos de calibración y verificación, como la norma NTC 4057 “Lineamientos para la Determinación de Intervalos de Re calibración de Equipo de Medición Usado en Laboratorio de Ensayo”, equivalente a la ILACG24/OIMLD10, que brinda un punto de partida para laboratorios de metrología estacionarios y que en muchos casos puede satisfacer sus requerimientos. En el caso del laboratorio móvil de metrología M3Tlab, es necesario aplicar o tener en cuenta consideraciones adicionales, a continuación se presentan los elementos críticos que pueden influenciar la determinación de los intervalos de calibración y verificación de los equipos o instrumentos de M3Tlab:

- Desplazamientos
- Condiciones ambientales cambiantes
- Carga de trabajo
- Robustez de la tecnología
- Personal

6 METODOLOGÍA

Los elementos anteriores son evaluados y dependiendo de su importancia para la determinación de los tiempos entre calibraciones y verificaciones, y su método de control, se les asigna una ponderación que influirá en el establecimiento de los intervalos.

Tabla 11. Influencia de condiciones de operación

ACTIVIDAD	PONDERACIÓN	MÉTODOS DE CONTROL	INFLUENCIA
Desplazamiento	ALTO	La presencia de elementos que disminuyen los efectos del impacto sobre equipo e instrumentos	MEDIO
Cond. Ambientales	BAJO	Equipos e instrumentos con intervalos de operación del fabricante superior a los intervalos de operación reales.	BAJO
Personal	MEDIO	Profesionales capacitados en todas las tecnologías y magnitudes de operación del laboratorio.	BAJO
Carga de trabajo	BAJO	El volumen de trabajo para equipos e instrumentos es bajo por las distancias a cubrir entre SM.	BAJO
Tecnología	MEDIO	La adquisición de los equipos e instrumentos se realiza con un estudio previo y detallado de las diferentes tecnologías que ofrece el mercado para las necesidades de operación de M3Tlab.	MEDIO

Luego se complementa con los métodos referenciados en la norma NTC 4057 para el restablecimiento de los intervalos de calibración y verificación.

INTERVALO INICIAL

Para el establecimiento del primer intervalo de un equipo o instrumento se establece tomar bajo la experiencia de los profesionales, pero basados en la información disponibles tanto de las tecnologías, como de las magnitudes, esa información puede ser artículos científicos, recomendaciones del proveedor o experiencias análogas. Este intervalo implica también la consideración de los elementos nombrados anteriormente.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores se establecen los intervalos iniciales de calibración y verificación consignados en el **"Programa de Calibración y Verificación" FIPA-40-01-01-01** [1].

RESTABLECIMIENTO DEL INTERVALO

Para el ajuste de los intervalos se parte de la rutina inicial seleccionada, buscando un equilibrio entre la parte económica y los riesgos de operar un equipo o instrumento fuera de

especificaciones, ya que es factible encontrar elementos que por sus condiciones de operación, características o carga de trabajo deba ser ajustada su selección inicial.

El reajuste puede darse en dos sentidos, disminuyendo o aumentando el tiempo entre calibraciones o verificaciones, lo cual se da conociendo los comportamientos en el tiempo de cada equipo, instrumento o grupos de los mismos.

Descripción

El método para realizar el seguimiento y posterior ajuste a los intervalos de calibración es el de **Ajuste automático** consignado en la norma **NTC 4057 "Lineamientos para la Determinación de Intervalos de Re calibración de Equipo de Medición Usado en Laboratorio de Ensayo"** [2], el cual se relaciona a continuación.

- Luego de realizada la calibración, se evalúan los resultados del **Error e incertidumbre**.
- Este **Error** con su **incertidumbre** debe ser menor al **Error Máximo Permisible -EMP-**.
- Si los valores de **Error** se mantienen dentro del rango aceptado, el CA puede tomar la decisión de aumentar los tiempos.
- El caso contrario, si el resultado esta por fuera de los valores permisibles, el CA se encarga de reducir los intervalos a un rango más aceptable.

Todo instrumento o equipo debe ser ajustado luego de la calibración, ya sea que se encuentre dentro o fuera del intervalo de aceptación.

CROMATÓGRAFO DE GASES (ANZ-001)

Calibración

El manejo de los intervalos de calibración para el ANZ-001 difiere de los otros elementos del laboratorio móvil de metrología M3Tlab, ya que los factores de respuesta son muy susceptibles a cambios que pueden afectar el análisis cromatográfico.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, la calibración del ANZ-001 se realiza cada vez que se emplace en un SM y se vaya a analizar una muestra de gas natural.

Las calibraciones se realizan bajo los lineamientos del procedimiento de **"Calibración Cromatógrafo 490 Micro GC" APT-50-04-00-01** [3].

Verificación

Las verificaciones del ANZ-001 se realizan cuando en un mismo SM se piensa analizar dos o más muestras de gas natural, con el fin de comprobar los factores de respuesta respecto a la calibración ejecutada en el sitio. Es decir para analizar la primera muestra en un SM se realiza la calibración del equipo ANZ-001, pero si se piensa analizar mas muestras se debe ejecutar una verificación por cada análisis de mas que se realice.

Los pasos para ejecutar las verificaciones se encuentran en el **"Procedimiento Técnico de Ensayos de Calidad de Gas Natural" PT-50-00-00-01** en el numeral **5.4** [4, Sec. 5.4.].

En caso que el profesional considere necesario el ANZ-001 esta sujeto a una nueva calibración.

7 MANEJO DEL PROGRAMA

Para la manejo del “**Programa de Calibración y Verificación**” FIPA-40-01-01-01 [1], se presentan el siguiente código de colores a emplear para lograr una rápida identificación de las actividades referenciadas en el mismo.

- Inicialmente el programa en la celda de “**fecha límite**” no presenta ningún color de fondo en su formato, lo cual indica que esta no ha llegado. Ver **Tabla 12**

Tabla 12. Actividad programada

FECHA LIMITE (aa/mm/dd)
13/06/15

- Al momento que se ha cumplido la fecha límite de calibración o verificación, si esta se realizó la casilla “**fecha límite**” se le aplica un fondo de color verde. Ver **Tabla 13**.

Tabla 13. Actividad vencida y ejecutada

FECHA LIMITE (aa/mm/dd)
13/06/15

- En caso que la fecha de calibración o verificación haya caducado y esta no se haya ejecutado la celda se debe aparecer en color rojo. Ver **Tabla 14**. En observaciones se debe sustentar el motivo por el cual no se realizó la actividad programada y su nueva fecha.

Tabla 14. Actividad vencida y no ejecutada

FECHA LIMITE (aa/mm/dd)
13/06/15

8 CONSIDERACIONES ADICIONALES

Es de resaltar que según las investigaciones hechas por los desarrolladores del laboratorio móvil de metrología M3Tlab, no se encontró en la industria un precedente que pudiera dar un punto de partida para el establecimiento de una política de aseguramiento de la operatividad y validez de los resultados de equipos e instrumentos y por ende en la organización de un programa de calibraciones y verificaciones, luego en M3Tlab se ha presentado un proceso que permita mantener las condiciones y características metrológicas de equipos, instrumentos y de toda la instalación en general, para ofrecer a los clientes resultados de calidad y validos técnicamente, sin incurrir en actividades logística y económicamente inviables para el fortalecimiento de la organización como apoyo al sector del gas natural.

9 DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS

- [1] FIPA-40-01-01-01, «Programa de Calibración y Verificación». .
- [3] APT-50-04-00-01, «Calibración del Cromatógrafo 490 Micro GC». .
- [4] PT-50-00-00-01, «Procedimiento Técnico de Ensayos de Calidad de Gas Natural». .

10 REFERENCIAS TÉCNICAS

- [2] NTC 4057, «Lineamientos para la Determinación de Intervalos de Re calibración de Equipo de Medición Usado en Laboratorio de Ensayo». .

**ANEXO D. FORMATO DE PERFIL DE IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES
INHABILITADOS (FPA-20-04-00-01)**

		FORMATO DE PROCEDIMIENTO DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO
		PPA-20-04-00-01
		REVISIÓN N°

PERFIL DE IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES INHABILITADOS N°		FECHA (AA/MM/DD)	
---	--	------------------	--

TIPO DE COMPONENTE		NOMBRE	
N° HOJA DE ESPECIFICACIÓN		CODIGO	

DESCRIPCIÓN DE LA AVERIA

POSIBLES CAUSAS

GESTIÓN DE LA SOLICITUD			
ACCIÓN CORRECTIVA		SUMINISTRO	
PROFESIONAL ENCARGADO			

DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD
RESPUESTA DE LA SOLICITUD

DIJUNGO		APROBÓ	
---------	--	--------	--

ANEXO E. ANEXO CARTA DE TRAZABILIDAD DEVOLUMEN
(APA-30-01-00-01)

