

INFORME
IBMETRO-DMIC-INF-0714/2022
I/2022-05624

A: Mabel Delgado de Meave
DIRECTORA GENERAL EJECUTIVA

Vía: Henry Paco Mariño
DIRECTOR DE METROLOGÍA
INDUSTRIAL Y CIENTÍFICA

Vía: Juan José Mendoza Aguirre
SUPERVISOR UNIDAD DE FLUJO,
TERMOMETRÍA Y ELECTRICIDAD

Vía: Ana María Bernabe Mamani
RESPONSABLE LABORATORIO DE
TERMOMETRÍA Y ELECTRICIDAD

De: Luddy Pilar Huaracho Huarachi
TÉCNICO SUPERIOR DE LABORATORIO,
TERMOMETRÍA Y ELECTRICIDAD

Fecha: 05 de diciembre de 2022

REF: INFORME DE VIAJE - "CAPACITACIÓN TÉCNICA AL LABORATORIO DE HUMEDAD PARA ASEGURAR LA TRAZABILIDAD METROLÓGICA EN LAS MAGNITUDES DE TEMPERATURA AMBIENTE Y HUMEDAD RELATIVA"

Distinguida directora:

En atención al memorándum FCV/IBM/DGE/DAF N° 0045/2022 elevo a su autoridad el presente informe de viaje realizada a la ciudad de Bogotá, Colombia, desde el día domingo 2022-11-20 hasta el día sábado 2022-11-26, donde mi persona junto a la Ing. Ana María Bernabe participamos de la "CAPACITACIÓN TÉCNICA AL LABORATORIO DE HUMEDAD PARA ASEGURAR LA TRAZABILIDAD METROLÓGICA EN LAS MAGNITUDES DE TEMPERATURA AMBIENTE Y HUMEDAD RELATIVA", en el Instituto Nacional de Metrología de Colombia INM de Colombia, ubicado en Ak. 50 #26 – 55 Int. 2 de la ciudad de Bogotá, actividad que se desarrolló en el marco del proyecto "Fortalecimiento de la Infraestructura de la Calidad para la eficiencia energética y energías renovables en Bolivia", proyecto suscrito entre el PTB de Alemania y el IBMETRO de Bolivia (adjunto invitación hecha por el PTB).

1. ANTECEDENTES

El IBMETRO y el Instituto PTB de Alemania han suscrito el proyecto bilateral "Fortalecimiento de la Infraestructura de la Calidad para la eficiencia energética y energías renovables en Bolivia", el desarrollo de este proyecto está previsto a realizarse en las gestiones del 2021 al 2023.

El proyecto tiene como objetivo fortalecer la infraestructura de la calidad en temas relacionados a eficiencia energética para productos como refrigeradores y lámparas (luminarias), lo cual permitirá verificar la calidad y seguridad de los productos referente al cumplimiento de las normativas establecidas (Evaluación de la conformidad).

El grupo objetivo lo constituyen: consumidores de energía, usuarios de los servicios de la IC en el tema de energía (pequeñas y medianas empresas), productores nacionales de aparatos electrodomésticos y organismos de regulación estatal relacionados.

Los resultados esperados del proyecto son:

- Personal capacitado en la magnitud de Humedad del IBMETRO, para ofrecer un mejor servicio de calibración de sensores de temperatura y humedad.
- Servicios reconocidos necesarios para la evaluación de la conformidad de productos.
- Trazabilidad metrológica de los laboratorios de ensayo y calibración de patrones nacionales de humedad relativa con sensor capacitivo.
- Capacitación orientada a asegurar la trazabilidad metrológica de equipos e instrumentos de medición de temperatura ambiente y humedad relativa.

La consolidación de conocimientos adquiridos sobre los métodos de calibración de instrumentos inmersos en el área de Termometría, específicamente en medidores de humedad relativa y sensores de temperatura ambiente permitirá fortalecer la competencia técnica del Laboratorio y de esta manera garantizar la trazabilidad de las mediciones. En este contexto cabe resaltar que las mediciones del Laboratorio de Temperatura y Humedad son importantes para desarrollar ensayos de eficiencia energética en aparatos electrodomésticos como son refrigeradores.

En este marco el Instituto PTB en coordinación con el IBMETRO ha visto por conveniente invitar a mi persona a realizar una Estadía de Capacitación en el Instituto Nacional de Metrología de Colombia, el mismo posee amplia experiencia y la infraestructura necesaria para la calibración de instrumentos de medición de humedad relativa y temperatura ambiental.

Como actividad adicional se contempló la calibración de los patrones de referencia del Laboratorio de Humedad los cuales están conformados por dos termohigrómetros capacitivos. Entonces, las calibraciones de estos instrumentos fueron desarrolladas en el periodo de la estancia en los laboratorios del Instituto Nacional de Metrología de Colombia.

2. OBJETIVO DEL VIAJE

- Fortalecer los conocimientos en trazabilidad metrológica en magnitudes de temperatura ambiente y humedad relativa orientada a instrumentos patrones de medición e instrumento de la industria a nivel nacional.
- Generar capacidades en el personal técnico del Laboratorio de Humedad en Humedad Relativa, para la ampliación del alcance de prestación de servicios de calibración en el área de magnitudes Temperatura y Humedad relativa.
- Desarrollar e implementar planillas de cálculo de incertidumbre de patrones de medición de temperatura ambiente y humedad relativa del Laboratorio de Humedad de IBMETRO.
- Identificar las oportunidades de mejora en el Sistema de Gestión de Calidad implementado en el Laboratorio de Humedad.

3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

Domingo 2022-11-20

El viaje fue programado para las 03h20 desde la ciudad de La Paz, Bolivia a la ciudad de Bogotá, Colombia, arribando al Aeropuerto Internacional El Dorado de la ciudad de Bogotá al promediar las 06h05, posterior a realizar la revisión de aduanas nos dirigimos al Hotel TRYP EMABAJADA COLOMBIA, utilizando el transporte propio del hotel, hotel que fue reservado por el proyecto del PTB (adjunto pases abordó y reserva de hotel).

Lunes 2022-11-21

El Instituto Nacional de Metrología "INM de Colombia" se encontraba a una distancia corta del hotel; sin embargo, al encontrarnos con los patrones del laboratorio tomamos un taxi para trasladarnos al Instituto. Al promediar las 08h30 mi compañera la Ing. Ana María Bernabe y mi persona llegamos a las instalaciones del laboratorio y nos pusimos en contacto con el Físico Andrés Bohorquez, responsable del Laboratorio de Temperatura y Humedad.

Tras su colaboración para el ingreso iniciamos la capacitación en los ambientes del Laboratorio de Temperatura y Humedad.

Iniciamos la capacitación con una presentación inicial sobre conceptos básicos e iniciales sobre Humedad Relativa, para este efecto vimos los fenómenos físicos involucrados en la medición de humedad relativa y las ecuaciones que gobiernan su comportamiento, también cada uno de los componentes principales que son utilizados en los procesos de calibración dentro del Laboratorio de Humedad como son el sistema de medición en la cámara de dos presiones y el sistema de medición en la cámara climática.

Dentro de los conceptos principales estudiados en esta oportunidad fueron la presión de vapor, saturación, presión de vapor de saturación, presión de vapor de saturación y temperatura, además de la ecuación de Clausius Clapeyron y humedad relativa.

El INM de Colombia cuenta con un generador de dos presiones de la marca THUNDER SCIENTIFIC el mismo cuenta con un sistema independiente y autónomo de generación de

temperatura y presión sin embargo requiere de un sistema de filtros que permiten el ingreso de aire al generador de tal manera de generar las presiones necesarias de funcionamiento.



Figura. Patrón generador de dos presiones

Por la tarde se vieron temas de referidos a DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD, para lo cual se consideró que de acuerdo a la norma ISO 17025 para realizar la declaración de conformidad se debe tener en cuenta una especificación o una norma sobre la cual basarse. Pero también puede existir la posibilidad de utilizar la tolerancia del proceso que tiene el usuario y en base a esta establecer el error permitido en el instrumento, no teniendo que realizarse el enfoque de declaración de conformidad solamente a una norma o especificación.

Paralelamente a las actividades enfocadas a Humedad Relativa, el Laboratorio de Temperatura se encontraba realizando la calibración de termómetros de resistencia de platino, por lo que a invitación de los compañeros del laboratorio se participó de las mediciones en temperatura, a fin de ver y aprender de los Métodos de calibración de Termómetros de Resistencia de Platino de acuerdo a la ITS-90.

Finalmente, se realizó un reconocimiento de los equipos con los que cuenta el laboratorio de temperatura y el laboratorio de humedad para el desarrollo de los servicios de calibración de estos laboratorios.

Martes 2022-11-22

Iniciamos las actividades al promediar las 08h00 de tal manera de aprovechar al máximo el tiempo en los laboratorios. Iniciamos realizando un reconocimiento específico para la calibración de termómetros ambientales en la cámara climática, en la cual se evidencia la utilización de un sistema de medición basado en la cámara climática, tres sensores externos de temperatura, siendo que el sensor principal que dará la temperatura de referencia es un Pt100. Adicionalmente, se cuenta con una estructura interna que delimita el volumen de trabajo, volumen que fue caracterizado específicamente para este servicio.

Adicionalmente cuenta con tres sensores de presión que definen la presión de vapor, presión de vapor de saturación y la presión de cámara.

Para poder realizar la selección de un equipo de estas características es importante definir los alcances de uso del equipo, la estabilidad y homogeneidad del equipo.

Se realizó un reconocimiento de las características y funcionamiento del generador de dos presiones, el patrón de espejo enfriado, los termohigrómetros capacitivos, las cámaras climáticas, siendo estos los equipos principales para realizar la calibración de termohigrómetros y los diferentes instrumentos medidores de humedad relativa.

EL GENERADOR DE HUMEDAD DE DOS PRESIONES

El principio del funcionamiento del generador de humedad de dos presiones se basa en la Ley de las Presiones Parciales de Dalton que establece que la presión ejercida por una mezcla de gases en un volumen dado es igual a la suma de las presiones ejercidas por cada uno de los gases componentes de la mezcla.

En el caso de la mezcla de aire seco y vapor de agua, la ley predice que la presión del vapor de agua permanece como una fracción de la presión total. El método de las dos presiones, contempla la saturación de una corriente de aire con vapor de agua a unas condiciones dadas de presión y temperatura. Esa corriente de aire saturada con vapor de agua se expande isotérmicamente hasta la presión de la cámara de prueba.

Así, mediante la medición de las condiciones de presión y temperatura, antes y después de la expansión del gas, se calcula el valor de la humedad relativa.

EL HIGRÓMETRO DE PUNTO DE ROCÍO DE ESPEJO ENFRIADO

Cuando una masa de aire húmedo se enfría hasta alcanzar el punto de rocío (temperatura a la cual la presión de vapor de agua es igual a la de saturación), el vapor se condensa, empañando las superficies aledañas, o formando pequeñas gotas en suspensión. Este es el fundamento del higrómetro de punto de rocío que a continuación se describe.

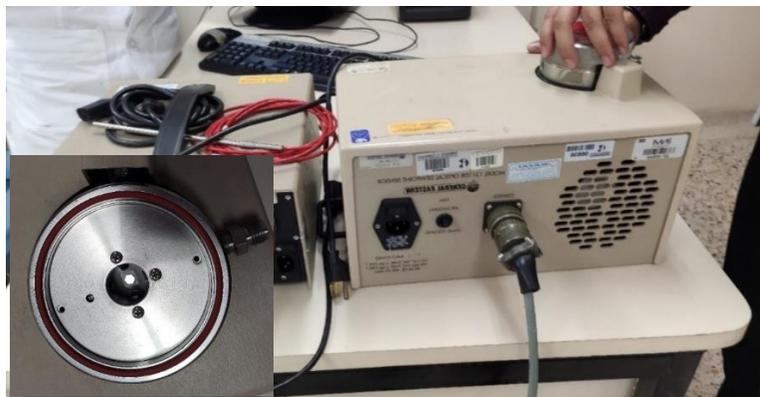


Figura. Patrón de espejo enfriado

El higrómetro de punto de rocío se utiliza dentro del sistema Patrón de Humedad ambiental como respaldo de las indicaciones mostradas en los ambientes reproducidos en el generador de humedad.

El patrón de espejo enfriado es un sensor muy sensible que debe ser cuidado adecuadamente, ya que la parte del sensor puede fácilmente dañarse, entonces es importante controlar los valores de dew point y la temperatura ambiental de tal manera de no producir sobre enfriamientos en los conductos del flujo de aire que pueden producir condensación en los mismos.

La mezcla de aire y agua desde el generador y parte del flujo del aire ingresa al espejo enfriado, el suficiente para controlar al espejo enfriado con un rotámetro se controla el flujo de aire. Ahora se requiere medir la presión en el saturador, para lo cual se cuenta con un sensor, la segunda medida de presión es en la cabeza del dew point. Cuando el generador funciona es importante realizar una modulación en el flujo de aire al patrón de espejo enfriado.

TERMOHIGROMETROS CAPACITIVOS

Polímeros higroscópicos, ubicados entre los electrodos de un condensador, que adsorben agua desde el ambiente produciendo una variación en la permitividad dieléctrica y un consecuente cambio en la capacitancia.

Una medición adecuada requiere entonces que el sensor esté completamente seco. Los sensores de alta calidad cuentan con sistemas que permiten volver a la curva característica inicial a través de elementos calentadores o sistemas infrarrojos.

Dentro de las actividades desarrolladas en el Laboratorio de Temperatura, se realizó la revisión de la celda del punto triple del agua, las mediciones que se realizan con este punto fijo, el sistema de medición que tiene el Laboratorio de Temperatura y los cuidados que deben tenerse en la manipulación de este punto fijo.



Figura. Celda del Punto Triple del Agua quebrada por el efecto del golpe de hielo interno

Miércoles 2022-11-23

Las actividades se iniciaron con la revisión del sistema de medición en la cámara climática, viendo entre algunas cosas el volumen de trabajo utilizado para calibración, los sensores de temperatura utilizados y las condiciones de operación del equipo. Por otro lado, con relación a la cámara de dos presiones se vio algunos requisitos necesarios para una adecuada operación del mismo.

CARACTERIZACIÓN DEL GENERADOR DE DOS PREISIONES Y LA CAMARA CLIMÁTICA

Para el proceso de caracterización de la cámara climática y el generador de humedad se busca establecer la estabilidad, homogeneidad el efecto de carga y el efecto de radiación (en temperatura). La razón de tener mas sensores de temperatura internamente es verificar que se mantengan esos valores de estabilidad y homogeneidad.

En el caso de humedad relativa, se considerará la temperatura y el valor de dew point que permitirá calcular la humedad relativa a partir del dew point.

ESTIMACIÓN DE INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

Se inició el estudio de la estimación de incertidumbre considerando cada uno de los componentes que influyen en la medición de humedad relativa. En este caso se considera cuantificar primeramente la incertidumbre de medición en el patrón, teniendo como componentes principales:

Deriva del patrón

Incertidumbre de calibración del patrón

Resolución del patrón

Variación por temperatura

Incertidumbre por interpolación

Estabilidad del medio

Uniformidad del medio

Efecto de carga



Figura. Estudio de estabilidad en la cámara climática

También se realizó la recepción de los termohigrómetros patrones propiedad del Laboratorio de temperatura de IBMETRO a fin de iniciar las actividades de calibración, posterior a la confirmación de pago de la cotización del servicio.

Dentro de las actividades del Laboratorio de Temperatura, se realizó la reformación de la celda del punto triple del agua, para lo cual se utilizó el procedimiento general para la reproducción del punto triple del agua, el laboratorio de Temperatura del INM de Colombia cuenta con bitácoras para cada uno de los puntos fijos de medición, los mismos sirven para evidenciar el comportamiento de cada punto fijo durante su realización y la correcta formación de cada una de sus etapas de reproducción hasta lograr el valor correcto de cada punto fijo asociado a una adecuada incertidumbre.

Jueves 2022-11-24

Se continuó con el estudio de la incertidumbre de medición para el método de calibración por comparación, en este caso se consideró la segunda parte de los componentes de incertidumbre, la incertidumbre de medición para el instrumento bajo calibración, considerando como los componentes principales:

Repetibilidad

Resolución

Variación por temperatura

Histéresis

Humedad del medio

Donde, de la combinación de estos componentes determinaremos la corrección.

ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE PARA LA CALIBRACIÓN EN EL GENERADOR DE DOS PRESIONES

FUENTE DE INCERTIDUMBRE

Presión de vapor de Saturación

- Repetibilidad

- Calibración del transductor de presión

- Resolución

- Deriva

Presión de vapor

Temperatura de vapor de saturación

Temperatura de vapor

Eficiencia de saturador

Uniformidad de la cámara

Presión de vapor en el saturador

Factor de mejoramiento del saturador

Presión de vapor en la cámara

Factor de mejoramiento en la cámara

Efecto de carga

Estabilidad del medio

Humedad del medio

Siendo estos los principales componentes para la estimación de la incertidumbre de medición considerando como patrón de medición un generador de dos presiones.

Viernes 2022-11-25

Se analizó la caracterización de los medios generadores de humedad y temperatura, para esto se consideraron las diferentes componentes que influyen en la estabilidad, la homogeneidad y los efectos de radiación que tienen estos equipos, de tal manera de

analizar la mejor manera de cuantificarlos, ya que estos parámetros son considerados como componentes importantes de la incertidumbre de medición.

Se vieron temas de validación de métodos de calibración, para esto se consideraron las comparaciones interlaboratorio principalmente, cálculo de la variabilidad y sesgo utilizando patrones de referencia. Para el análisis de variabilidad controlado a través de los controles de calidad del proceso y el sesgo es monitoreado a través de las calibraciones y verificaciones intermedias.

Se concluyó la calibración de los patrones del Laboratorio de Humedad, y se vio el análisis de los resultados de medición hasta la elaboración de los certificados de calibración por el servicio prestado.

Con este análisis se concluyó el curso de capacitación en el Instituto Nacional de Metrología. Personal del área de comunicación realizó una entrevista personal tanto a mi compañera Ana Bernabe y a mi persona para conocer de nuestras experiencias logradas dentro del INM, finalmente con esto se realizó la despedida del personal del INM de Colombia, dando el agradecimiento a todo el personal involucrado.



Figura. Equipo de trabajo del Laboratorio de Temperatura y Humedad

El personal del Laboratorio y Humedad está conformado por:

Andrés Bohorquez – Responsable del Laboratorio de Temperatura y Humedad

Diego Zamora – Técnico del Laboratorio de Temperatura

Jeyson Andrés Monroy Garzon – Técnico del Laboratorio de Humedad

Finalmente, se realizó el recojo de los patrones de referencia que se encontraban bajo calibración en el INM de Colombia.

Sábado 2022-11-26

El viaje de retorno fue programado para las horas 21h25, partiendo del aeropuerto internación de El Dorado en la ciudad de Bogotá – Colombia, llegando a la ciudad de La Paz el día domingo a horas 02h15 (adjunto pases a bordo de lo boletos de avión utilizados).

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La capacitación programada fue abarcada en su totalidad, cumpliendo la programación inicialmente definida, el personal técnico del Laboratorio de Temperatura y Humedad del Instituto Nacional de Metrología impartió cada tema procurando abarcar y responder todas las consultas que se generaron durante nuestra capacitación.

Más allá de las actividades definidas dentro del Laboratorio de Humedad, también se participaron de diferentes ensayos dentro del Laboratorio de Temperatura, siendo que cada una de estas actividades fueron importantes para abarcar mayores áreas de estudio.

Cada una de las actividades desarrolladas durante la semana de capacitación fueron de suma importancia para nosotras pues permitirá la mejora de los servicios prestados como Laboratorio de Temperatura y Humedad tanto en las instalaciones, equipos y ensayos de calibración que actualmente prestamos como servicios dentro de nuestro Instituto.

También se pudo conocer parte del sistema de gestión de calidad con el que cuenta el Laboratorio de Temperatura y Humedad en temas relacionados a la validez de los resultados, validación de métodos y control interno de los resultados, estudios que serán aplicados para la mejora de las actividades de nuestros Laboratorios de Temperatura y Humedad en IBMETRO.

Con los conocimientos adquiridos en la capacitación realizada en el Laboratorio DE Temperatura y Humedad del INMM de Colombia, se prevé la realización de mejoras en el actual procedimiento para la calibración de termohigrómetros modo humedad y la calibración de termohigrómetros modo temperatura, además de la implementación a futuro de servicios de calibración considerando la utilización de otros medios generadores de humedad. Entre las actividades propuestas, a continuación, se detallan:

- Mejorar la caracterización de la cámara climática que es el generador de temperatura y humedad de nuestro laboratorio.
- Mejoras en las planillas de cálculo, procedimientos e instructivos para la calibración de termohigrómetros en modo temperatura y modo humedad.
- Identificación de los patrones primarios en humedad relativa a fin de que se proyecte adecuadamente la adquisición de los mismos.
- Mejora en la validación del método de calibración de termohigrómetros en modo temperatura y humedad

- Revisión de la planilla de cálculo para la estimación de incertidumbre de medición en termohigrómetros en modo temperatura y humedad, de tal manera de buscar la reducción en la incertidumbre de medición.
- Proponer la realización de nuevos servicios de calibración en base a la adquisición de nuevos patrones de calibración que permitan este nuevo servicio.
- Difusión de los conocimientos adquiridos mediante capacitaciones al resto del personal involucrado en las mediciones de humedad relativa y temperatura de ambiente.
- Realizar algunas modificaciones a los procedimientos de calibración, instructivos y hojas de registro para la calibración de termómetros de resistencia de platino.

Agradezco el apoyo brindado por parte del gobierno de la República Federal de Alemania a través del Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) hacia el Instituto Boliviano de Metrología en el marco del proyecto bilateral "Fomento de la Infraestructura de la Calidad que apoya a las mediciones y ensayos en agua potable y de aguas residuales II", esperamos seguir trabajando juntos para conseguir resultados positivos en los objetivos propuestos en el proyecto.

Esta experiencia me permite crecer de gran manera en mi área de trabajo, tenemos nuevos retos que permitirán llevar delante de mejor manera el servicio de calibración de termohigrómetros en modo temperatura y modo humedad, además con el conocimiento adquirido podremos no solo mejorar un servicio de calibración sino también mejorar las calibraciones en general del laboratorio.

Como resultado de la capacitación con nuestros homólogos de Colombia, se compartieron diversas experiencias y criterios que podrán ser aplicados y aprovechados en los ensayos de calibración que se desarrollan en nuestros laboratorios, lo cual permitirá también lograr un avance similar al de nuestros homólogos en los diferentes países.

Finalmente, la diseminación de la capacitación recibida a nuestros compañeros del Instituto está siendo programada para la semana del 12 de diciembre, la información recibida como parte de esta capacitación se encuentra adjunta en el CD y adjunto también el certificado de capacitación emitido por el INM de Colombia.

Es todo cuanto tengo a bien informar, para los fines consiguientes.