



Revista EIA
ISSN: 1794-1237
revista@eia.edu.co
Escuela de Ingeniería de Antioquia
Colombia

Metrología aplicada a la calibración de incubadora neonatal

López Quintero, Homar Alirio; García Sánchez, Lady Astrid; Camargo Casallas, Luz Helena

Metrología aplicada a la calibración de incubadora neonatal

Revista EIA, vol. 17, núm. 34, 2020

Escuela de Ingeniería de Antioquia, Colombia

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149264860013>

DOI: <https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1331>

Metrología aplicada a la calibración de incubadora neonatal

Metrology applied to the calibration of a neonatal incubator

Metrologia aplicada à calibração da incubadora neonatal

Homar Alirio López Quintero homarx8@gmail.com

Suministros Industriales de Colombia S.A.S., Colombia

Lady Astrid García Sánchez laagarciasa@unal.edu.co

Secretaria Educación, Colombia

Luz Helena Camargo Casallas lhcamargoc@udistrital.edu.co

universidad distrital francisco José de caldas, Colombia

Revista EIA, vol. 17, núm. 34, 2020

Escuela de Ingeniería de Antioquia,
Colombia

Recepción: 17 Junio 2019

Aprobación: 18 Junio 2020

DOI: <https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1331>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149264860013>

Resumen: La calibración establece la relación entre las indicaciones de un instrumento de medición y las indicaciones de un equipo patrón, que lleva un instrumento a un estado de funcionamiento conveniente para su uso, no debe entenderse como solo el tomar datos de indicación. Un proceso de calibración completo también lleva consigo la estimación de la incertidumbre de medición, nunca se tiene garantía de que una medición es 100 % correcta, siempre habrá algún grado de “duda”, conocida como incertidumbre de medición. En este trabajo se presenta el desarrollo de un procedimiento de calibración de incubadora neonatal en las variables de humedad relativa y temperatura del aire, siguiendo los lineamientos del Centro Español de Metrología. Se establecieron factores de corrección para cada variable, así los usuarios pueden aplicar las correcciones necesarias para garantizar unas condiciones ambientales óptimas para el recién nacido.

Palabras clave: - Calibración, Humedad relativa, Temperatura, Trazabilidad.

Abstract: The calibration establishes the relationship between the indications of a measurement instrument and the indications of a pattern computer, that takes an instrument to a convenient working statement for its usage, understood not only as the process of taking indication data. A complete process of calibration also implies the estimation of the measurement uncertainty, there is no guarantee that a measurement is 100% correct, and there is always some degree of “doubt”, known as uncertainty of measurement. This article presents the development of a calibration procedure of a neonatal incubator in the variables of relative dampness and air temperature, following the guidelines of Metrology's Spanish Center. Finally, correction factors were established for each variable, so that way the users can apply the necessary corrections to guarantee environmental ideal conditions for the newborn child.

Keywords: - Calibration, Relative humidity, Temperature, Traceability.

Resumo: A calibração estabelece a relação entre as indicações de um instrumento de medição e as indicações de um equipamento padrão, que traz um instrumento para um estado operacional conveniente para o seu uso, não deve ser entendido como apenas tomando dados de indicação. Um processo de calibração completo também envolve a estimativa da incerteza de medição, nunca há uma garantia de que uma medição é 100% correta, sempre haverá algum grau de “dúvida”, conhecido como incerteza de medição. Este artigo apresenta o desenvolvimento de um procedimento de calibração para uma incubadora neonatal nas variáveis umidade relativa do ar e temperatura do ar, seguindo as diretrizes do Centro de Metrologia da Espanha. Fatores de correção foram estabelecidos para cada variável, para que os usuários possam aplicar as correções necessárias para garantir condições ambientais ideais para o recém-nascido.

Palavras-chave: - Calibração, Umidade Relativa, Temperatura, Rastreabilidade.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial es importante la calidad en la prestación de servicios médicos, garantizando la calidad de vida de las personas. La organización Mundial de la Salud establece que todo país debe constituir metodologías de vigilancia a dispositivos médicos en uso, con el fin de garantizar la calidad, seguridad y eficiencia de los mismos, para lo cual se debe realizar controles post-mercado que aporte a estos propósitos Dirección de Medicamentos y Tecnologías en Salud. (2015).

En el año 2008 se creó el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC), y a finales del año 2011 mediante el decreto 4175, se creó el Instituto Nacional de Metrología (INM), organismos nacionales que regulan y vigilan la metrología y los laboratorios de calibración en Colombia, funciones que hasta esa fecha eran desempeñadas por la Superintendencia de Industria y Comercio SIC INM. (2014).

El ONAC dentro de sus funciones ha otorgado acreditación a diferentes laboratorios de calibración en magnitudes físicas medibles como temperatura, humedad, presión, longitud, entre muchas otras. Sin embargo, no se cuenta con el mismo desarrollo en laboratorios de calibración dedicados específicamente al campo médico, es decir una entidad que se dedique únicamente a la acreditación de metrología biomédica, de acuerdo con lo reportado en los listados de acreditación del directorio de ONAC ONAC. (2015).

La Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), como ente encargado de la protección al consumidor, vigila lo relacionado con equipos médicos, clasificándolos en tres grupos. El primero de ellos son los equipos biomédicos considerados instrumentos de medición cuya finalidad prevista es la de medir, pesar o contar. Un segundo grupo incluye aquellos que no son considerados instrumentos de medición y por lo tanto su finalidad prevista no es la de medir, pesar o contar, pero cuentan con sistemas o subsistemas que son instrumentos de medición, y finalmente se encuentran los equipos biomédicos que no pertenecen a ninguna de las anteriores categorías, (su finalidad no es medir pesar o contar y no contienen sistemas o subsistemas que sean instrumentos de medición) INM. (2014).

De acuerdo con el Ministerio de Salud y Protección Social los equipos biomédicos son instrumentos que cuentan con tecnologías a nivel operacional y funcional, que cumplen labores de tratamiento, prevención, diagnóstico y rehabilitación en los seres humanos Dirección de Medicamentos y Tecnologías en Salud. (2013). Ésta necesidad surge desde el mismo instante del nacimiento y se hace necesario la utilización de equipos médicos para la vigilancia del buen funcionamiento del cuerpo humano.

Uno de los instrumentos más utilizados en el cuidado del recién nacido es la incubadora neonatal, esencialmente para proporcionar cuidados intensivos a los recién nacidos con bajo peso. Se considera que un bebé ha nacido con bajo peso cuando éste es inferior a 2500 gramos, que es una

característica propia de los bebés prematuros, es decir, aquellos que nacen antes de la semana 37 de embarazo Ruza. (2003).

Una incubadora es un equipo médico, que posee la característica de ser un recinto cerrado que proporciona al paciente un ambiente óptimo para su formación y adaptación al medio ambiente, con regulación de la temperatura del aire que circula dentro del equipo Restrepo, Durango, Gómez, González y Rivera. (2007). La circulación de aire dentro de la incubadora requiere gran cuidado porque gracias a este aire se le proporciona al paciente las condiciones necesarias para su crecimiento y formación, pues las condiciones térmicas del recién nacido deben cumplir con mecanismos de control que proporcionen ayuda al desarrollo de las funciones térmicas corporales, en especial a aquellos pacientes que no cumplieron la edad gestacional Quiroga, Chatas, Gil, Ramírez, Montes, Iglesias, Plasencia, López y Carrera. (2010).

La homeostasis es el equilibrio del cuerpo humano entre todos los sistemas para evitar un consumo excesivo de energía Abel, Campanera y Núñez. (2005), y para este equilibrio se requiere que la temperatura se mantenga constante dentro de los límites característicos. Para que exista esta temperatura constante, es necesario que la pérdida de calor y producción del mismo sean equilibradas y su relación sea continua. Para un recién nacido la componente en la producción de calor, es la “termogénesis no termorreguladora”, que es el resultado del metabolismo basal, la actividad y la acción térmica de los alimentos. Al perder calor y no tener la suficiente producción para suplir estas pérdidas, el organismo activa los termorreguladores y aumentan la temperatura corporal, y se empieza a perder energía, este proceso también es llamado estrés térmico. Al perder la capacidad para mantener la temperatura corporal normal, él bebe cae en hipotermia y debe consumir más oxígeno y glucosa para producir calor teniendo un riesgo alto de caer en hipoxia e hipoglucemia Quiroga, Chatas, Gil, Ramírez, Montes, Iglesias, Plasencia, López y Carrera. (2010). Por lo tanto, el riesgo de mortalidad del bebe es alto si no existe buen control de la temperatura.

El objetivo del presente trabajo es realizar la calibración a una incubadora neonatal de un centro médico, en las variables de humedad y temperatura.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se desarrolló siguiendo los lineamientos del Centro Español de Metrología. (2008), procedimiento que permite establecer los pasos a seguir en la calibración de incubadoras neonatales. Se realizó una caracterización a dos datalogger de condiciones ambientales de la serie 2000 Vaisala-Veriteq de Fluke, que se utilizan como patrones para la calibración de medidores de condiciones ambientales de las variables de temperatura y humedad relativa en el aire dentro de la incubadora, finalmente se realizó la identificación de la incubadora, para efectuar la calibración CEM. (2009).

2.1. Caracterización de patrones

Durante el proceso de calibración de la incubadora neonatal, se emplearon dos termohigrómetros digitales patrón, con incertidumbre de calibración del orden del 1,0 % hr o mejor en humedad y de 0,1 °C o mejor en temperatura, para un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

Se emplearon dos registradores de condiciones ambientales de la serie 2000 Vaisala-Veriteq de Fluke como patrones de referencia. Se empleó el Datalogger Veriteq SP-2000-20R 1, dispositivo electrónico que registra datos de humedad y temperatura en el tiempo, cuenta con memoria interna para el almacenamiento de datos e interfaz para comunicación con el computador utilizando el software Spectrum de Veriteq Superior Temperature and Humidity Monitoring. (2013); Superior Temperature and Humidity Monitoring. (2015). Cada uno de los patrones está calibrado y certificado por el laboratorio de VAISALA CANADA INC VAISALA. (2014a). En las Fig. 1 y Fig. 2 se muestran las curvas de error obtenidos de los certificados de calibración.

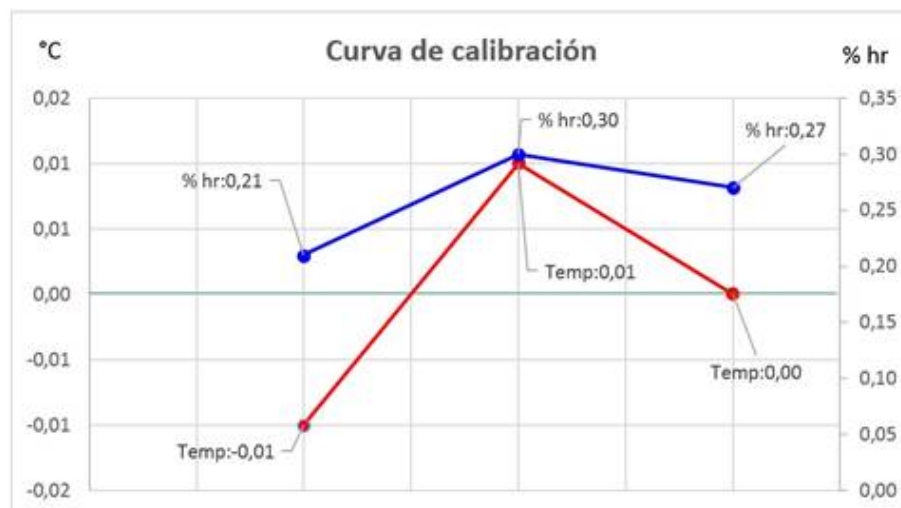


Fig. 1

Curva de calibración del patrón uno, donde Temp es la temperatura y hr es la humedad VAISALA. (2014a).



Fig. 2
Curva de calibración del patrón dos, donde temp es la temperatura y hr es la humedad VAISALA. (2014a).

2.2. Corrección de indicación

Los instrumentos patrón presentan errores de indicación que para efectos de cálculo podrían ser despreciables, sin embargo, para no adicionar más fuentes de incertidumbre, (contribución por corrección) se calculó el polinomio de corrección de tercer grado.

Las correcciones de los patrones se implementaron en las tomas de datos primarios durante el proceso de calibración.

En la Fig. 3 se observa el cálculo del polinomio para el patrón número uno, las líneas de tendencia tienen forma de parábola entre los extremos de la curva de error, esto aumentaría el error de indicación en vez de igualarlo al real para el caso de corrección en la variable temperatura.



Fig. 3
Curvas de tendencia para corrección del patrón uno, donde temp es la temperatura y hr es la humedad y las líneas de tendencia. Fuente: elaboración propia.

Temperatura

Para solucionar el error por corrección, se descomponen las curvas de error en dos, se tienen dos gráficos lineales para cada variable, a las cuales se les puede calcular nuevas líneas de tendencia como se muestra en la Fig.4 a). En la Fig.4 b) se muestra la línea de tendencia para el patrón número dos, la corrección en temperatura es cero entre 25 °C y 70 °C (ver Fig.3), se calculó la ecuación lineal para el intervalo entre -20 °C y 25 °C.

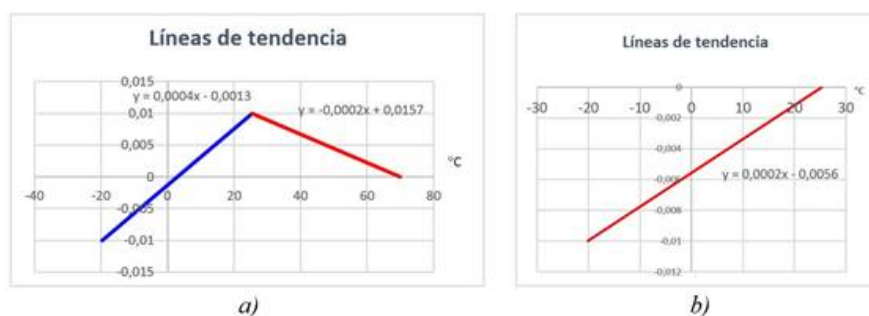


Fig. 4

Líneas de tendencia lineales en temperatura para el a) patrón uno b) patrón dos.

Humedad

Se descompone la curva en dos curvas lineales para calcular las líneas de tendencia como lo muestra la figura 5.

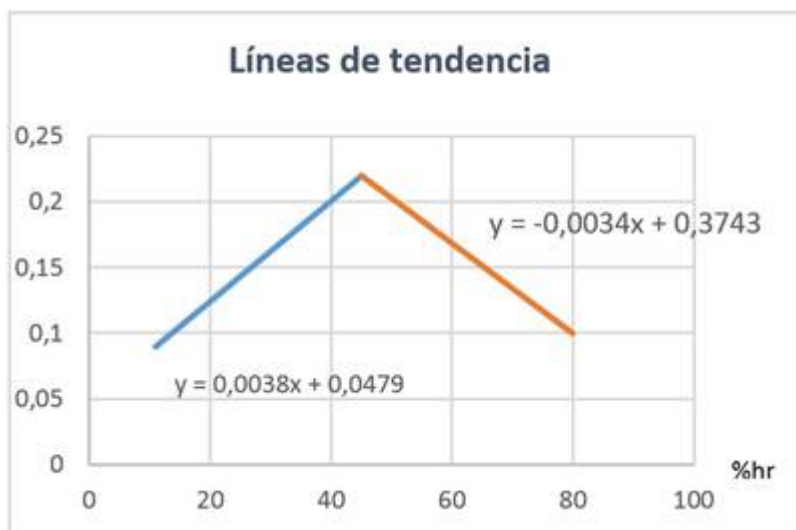


Fig. 5

Líneas de tendencia lineales en humedad para el patrón número dos.

2.3. Cálculo de deriva

El Vocabulario Internacional de Metrología (VIM) define la deriva como la variación continua o incremental de una indicación a lo largo del

tiempo, debida a variaciones de las características metrológicas de un instrumento de medida CEM. (2012).

El cálculo de la deriva de los patrones que posteriormente se utilizan como contribución a la incertidumbre, es la diferencia entre los errores obtenidos en dos calibraciones sucesivas, dos instantes de tiempo ($t_1 - t_0$), estas diferencias se muestran en la Fig.6 Soriano, Aranda, Gutiérrez. (2004).

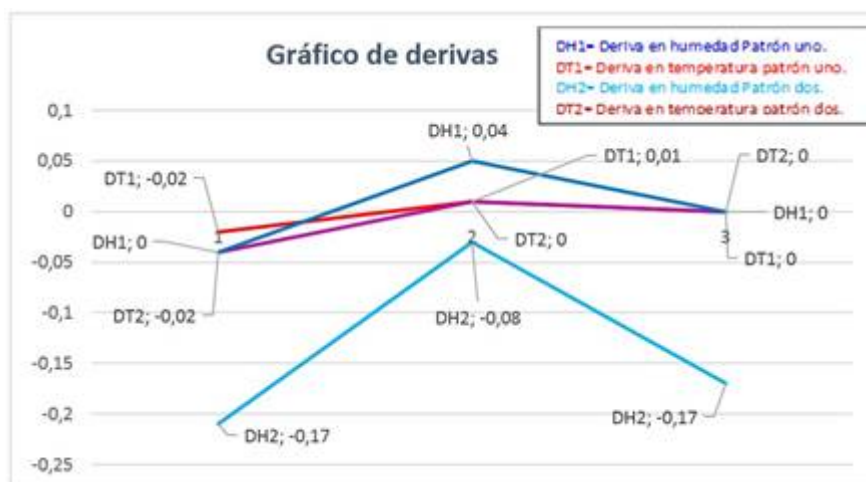


Fig. 6

Gráfico de derivas de los patrones. VAISALA. (2014a).

2.4. Calibración de la incubadora

Con la calibración por comparación directa de una incubadora neonatal en las variables de humedad y temperatura, se busca determinar la corrección del medidor, en humedad (Ch) y en temperatura (Ct). Es decir, la diferencia entre la temperatura y humedad del generador que indican los patrones t_{ref} y h_{ref} , y las indicadas por la incubadora a calibrar t_x y h_x , calculadas en el punto de calibración.

Se realizó la calibración introduciendo los patrones dentro de la cámara de la incubadora (inmersión total), para minimizar los errores debidos a conducción térmica, ubicando los patrones de calibración a cada lado del sensor de la incubadora, lo más cercano posible a éste pero evitando tocarse entre sí como lo muestra la Fig.7.

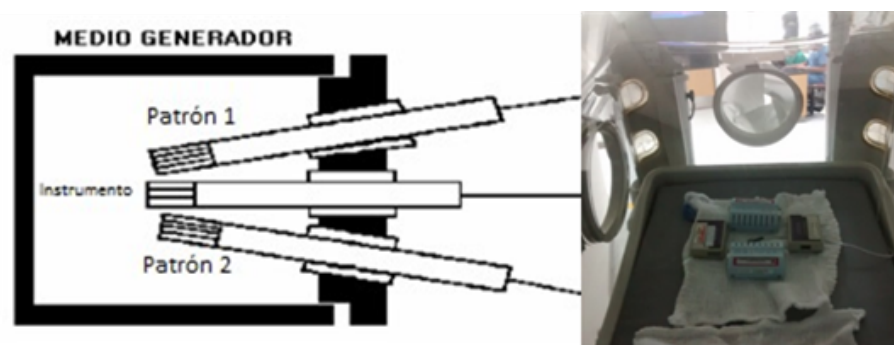


Fig. 7

Ubicación de patrones e instrumentos a calibrar CEM. (2008).

Es conveniente registrar las lecturas de temperatura y humedad del indicador de la incubadora durante un periodo como mínimo de 20 minutos tras alcanzar el régimen de control en el punto de consigna seleccionado.

En éste trabajo, se seleccionó la incubadora marca Natus Medical Incorporated, calibrada aplicando el procedimiento mencionado. Es un equipo con características de doble pared, que ayuda a mantener la estabilidad térmica del neonato, cuenta con un módulo de comando con pantalla LCD, que permite observar la temperatura y humedad Natus Medical Incorporated. (2015), de manera sistemática y continua según los cambios que se presentan dentro del equipo.

2.5. Adquisición de datos

Durante el proceso de calibración se toman manualmente los datos correspondientes a la indicación de la incubadora teniendo presente la hora exacta de la toma, registrando datos con intervalos de un minuto.

La corrección C_t será determinada por (1), la corrección C_h será determinada por (2). Con la incubadora encendida en un set definido, se introducen los dos sensores a previamente programados para toma de datos minuto a minuto al lado y lado del sensor de la incubadora como lo muestra la Fig.7, se cierran todas las compuertas para evitar errores por corrientes y/o condiciones externas.

$$C_t = \frac{[t_1 + t_2]}{2} - t_x \quad (1)$$

$$C_h = \frac{[h_1 + h_2]}{2} - h_x \quad (2)$$

Se espera un periodo no menor a 20 minutos para garantizar estabilidad dentro de la cámara de la incubadora y reducir al máximo los posibles datos atípicos que se podrían presentar.

2.6. Cálculo de incertidumbre

El cálculo de incertidumbres se realiza aplicando los criterios establecidos en la “Guía para la expresión de la Incertidumbre de Medida” editada por el Centro Español de Metrología y la guía EA-4/02 “Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration”.

Durante el proceso de calibración de la incubadora, existen factores que se pueden controlar y otros que no, a estos factores se les conoce como fuentes de incertidumbre asociadas al proceso, las de tipo A y B.

En este trabajo se estiman las fuentes más importantes de incertidumbre, las contribuciones por patrón, resolución, desviación, deriva y por corrección del patrón (cuando no se corrige el Patrón) Batista. (2009).

Incertidumbre del patrón

La contribución del patrón, corresponde la incertidumbre reportada en el certificado de calibración dividida en el facturo de cobertura también reportado en (3). Como se utilizan dos patrones, la contribución para cada patrón es la misma, así que, en la incertidumbre expandida se sumaran dos veces.

$$U_p = \frac{U_{\text{certificado}}}{k} \quad (3)$$

Incertidumbre por resolución

La contribución por resolución corresponde a una división de escala dividida en el coeficiente correspondiente, para indicación analógica $\sqrt{3}$ y para indicación Digital $2\sqrt{3}$, tanto para el instrumento a calibrar como para el patrón de referencia (4).

$$U_r = \frac{1 \text{ Div}}{2\sqrt{3}} \quad (4)$$

Incertidumbre por repetibilidad

La contribución por repetitividad corresponde a la desviación estándar de los datos leídos del instrumento dividida ente el número de datos tomados (5).

$$U_{rep} = \frac{\text{Desviación estándar}}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Incertidumbre por deriva de los patrones

La contribución por deriva de los patrones corresponde al valor absoluto de la deriva de cada patrón dividida en el factor correspondiente (6). Para la variable temperatura, los dos patrones presentan la misma deriva, así que en la incertidumbre combinada se sumara dos veces.

$$U_{deriv} = \frac{Deriva}{\sqrt{3}} \quad (6)$$

Incertidumbre combinada

La incertidumbre combinada, es el resultado de la sumatoria cuadrática de todas las contribuciones, extrayendo la raíz cuadrada a este resultado para no alterar el resultado (7).

$$U_c = \sqrt{(\sum(u^2))} \quad (7)$$

Incertidumbre expandida

La incertidumbre expandida es el resultado final de la estimación, correspondiente al producto de la incertidumbre combinada y el factor de cobertura para un nivel de confianza de mínimo 95% (8).

$$U_{exp} = U_c * k \quad (8)$$

III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Corrección de indicación

Se obtuvieron las ecuaciones de corrección para temperatura para el patrón uno, en temperatura entre -20 °C y 25 °C se halló en (9), y entre 25 °C y 70 °C en (10). Y para el patrón dos para temperatura entre -20 °C y 25 °C en (11) y para temperatura entre 25 °C y 70 °C en (12).

$$C_t = 0,0004x - 0,0013 \quad (9)$$

$$C_t = -0,0002x + 0,0157 \quad (10)$$

$$C_t = 0,0002x - 0,0056$$

$$Ct = 0^{\circ}\text{C} \quad (12)$$

Para la humedad en el patrón uno se utilizó la ecuación polinómica de tercer grado, en la corrección en humedad 11 %hr y 80 %hr, se encontró la (13). De este modo para el patrón dos la corrección de humedad entre 11 %hr y 45 %hr se encontró la (14). La corrección en humedad entre 45 %hr y 80 %hr en el patrón dos es la (15)

$$Ch = -5E - 05x^2 + 0,0055x + 0.1557 \quad (13)$$

$$Ch = 0,0038x + 0,0479 \quad (14)$$

$$Ch = -0,0034x + 0,3743 \quad (15)$$

3.2. Cálculo de deriva

Las derivas de los patrones tienden a formar una línea recta en cero, lo cual garantiza su calidad metrológica, con dos calibraciones se están estabilizando, salvo el patrón dos en la variable humedad que presenta una deriva cerrada que con el tiempo tenderá a estabilizarse también.

3.3. Calibración de la incubadora

En los sistemas de control de una incubadora neonatal, las condiciones ambientales de humedad relativa y temperatura desempeñan un papel sumamente importante en el buen desarrollo del neonato, un termohigrómetro digital está constituido por una o dos sondas, en las que están integrados los sensores de humedad y temperatura que permiten obtener directamente las lecturas para ser presentadas en un indicador o display digital.

La calibración contemplo el método de comparación directa utilizando los generadores de humedad y temperatura de la incubadora, que en conjunto componen el medio isoterma donde se crea un volumen útil con una uniformidad y estabilidad adecuada para el proceso, con tiempo de exposición no menor a 20 minutos.

3.4. Incertidumbre

Aplicando las técnicas estadísticas que se utilizan para establecer correcciones de indicación y estimación de incertidumbres, se

obtuvieron las ecuaciones de corrección para cada instrumento patrón, disminuyendo el número de contribuciones a la incertidumbre y siguiendo la trazabilidad adecuada al corregir las indicaciones.

Se estimaron las diferentes fuentes de incertidumbre de tipo A y B para cada variable calibrada, para llegar a la incertidumbre expandida, ésta última de gran importancia al momento de aplicar los resultados obtenidos como se observa en las tablas 1 y 2.

Tabla 1
Estimación de la incertidumbre en temperatura

ESTIMACIÓN DE INCERTIDUMBRE CALIBRACIÓN INCUBADORA NEONATAL TEMPERATURA						
SIMBOLO	COMPONENTE DE INCERTIDUMBRE	ESTIMADA	UNIDAD	K/DIV	COEFICIENTE	CONTRIBUCIÓN
Up	Sistema de medición patrón uno	0,070	°C	2,00	1	0,035
Up	Sistema de medición patrón dos	0,070	°C	2,00	1	0,035
Ur	Resolución del patrón	0,010	°C	3,46	1	0,003
Ur	Resolución del instrumento	0,100	°C	3,46	1	0,029
Urep	Repetibilidad	0,757	°C	4,47	1	0,169
Uderv	Deriva del patrón uno	0,020	°C	1,73	1	0,012
Uderv	Deriva del patrón dos	0,020	°C	1,73	1	0,012
INCERTIDUMBRE COMBINADA						0,179
K						2
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA						0,36

Tabla 2
Resumen estimación de incertidumbre en humedad.

ESTIMACIÓN DE INCERTIDUMBRE CALIBRACIÓN INCUBADORA NEONATAL HUMEDAD						
SIMBOLO	COMPONENTE DE INCERTIDUMBRE	ESTIMADA	UNIDAD	K/DIV	COEFICIENTE	CONTRIBUCIÓN
Up	Sistema de medición patrón uno	0,600	%hr	2,00	1	0,300
Up	Sistema de medición patrón dos	0,600	%hr	2,00	1	0,300
Ur	Resolución del patrón	0,100	%hr	3,46	1	0,029
Ur	Resolución del instrumento	1,000	%hr	3,46	1	0,289
Urep	Repetibilidad	2,080	%hr	4,47	1	0,465
Uderv	Deriva del patrón uno	0,040	%hr	1,73	1	0,023
Uderv	Deriva del patrón dos	0,170	%hr	1,73	1	0,098
INCERTIDUMBRE COMBINADA						0,700
K						2
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA						1,4

Utilizando los resultados de la calibración se obtienen las correcciones de indicación, que sumadas a la incertidumbre de medición, constituyen el resultado final del proceso, corregir la indicación de la incubadora en uso.

En las Fig.8 se muestran los gráficos de corrección aplicados en temperatura y humedad respectivamente.

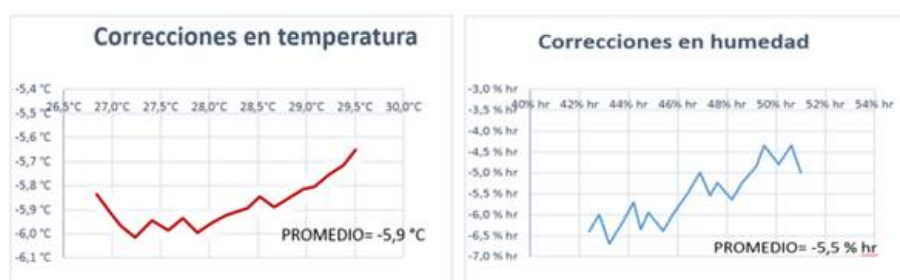


Fig. 8
Correcciones en temperatura y humedad.

La presente investigación tuvo como propósito establecer una metodología y pasos a seguir para realizar la calibración de una incubadora neonatal, con base en procedimientos internacionales empleados en calibraciones de equipos industriales que por sus características metrológicas se asemejan en gran parte a los equipos indicadores de una incubadora, es el caso de los indicadores de humedad y temperatura.

A nivel mundial, existen diferentes organizaciones públicas y privadas que son reconocidas como entes de referencia metrológica, entre ellas se

pueden encontrar a el NIST, la PTB, el INM, el CENAM, la OIML, la BIPM, el CEM, el INMETRO, el ILAC, las cuales además desarrollan procedimientos e instructivos que ayuden a estandarizar los procesos de calibración, de este modo, se aplicaron los lineamientos que brinda el CEM para la calibración de medidores de condiciones ambientales.

El procedimiento desarrollado constituye una base para la redacción de procedimientos futuros a nivel de calibraciones en equipos médicos, que contengan la misma estructura documental y permitan fortalecer las actividades de calibración e interpretación de resultados para que sean aplicados de una manera adecuada a los procesos y así tener un nivel de confianza adecuado en un reporte médico apoyado en las lecturas o indicaciones de una instrumento de medición.

El objetivo de un proceso de calibración es determinar los errores y factores de corrección para la indicación de un instrumento de medición, que al ser aplicados permiten conocer el valor real muy aproximado de la indicación.

Un proceso de calibración es único y sus resultados no pueden ser comparados con otros a menos que estos correspondan a calibraciones de un mismo instrumento de medición y en las mismas condiciones, así, los resultados de la calibración a la incubadora neonatal del Hospital de Suba, corresponden al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones, el usuario es responsable de calibrar los instrumentos a intervalos adecuados que permitan mantener un nivel de confianza en las correcciones aplicadas.

IV. CONCLUSIONES

Para llevar a cabo actividades de calibración en equipos de medición, es importante seguir procedimientos o guías de referencia para no cometer errores o malas interpretaciones, el Centro Español de Metrología CEM es uno de los máximos entes en Metrología a nivel mundial, y seguir sus publicaciones permite desarrollar procedimientos técnicos para la calibración de equipos médicos cuyos principios de medición sean semejantes a los utilizados en equipos de nivel industrial, durante este trabajo se logró la calibración de una incubadoras neonatal útil en futuras investigaciones a nivel metrológico.

Las actividades de calibración permiten conocer el estado real de las indicaciones de los instrumento bajo prueba, un instrumento calibrado no necesariamente está ajustado con error cero, los resultados de calibración permiten conocer el error de indicación y las correcciones que tengan lugar, y con la estimación de la incertidumbre asociada, se garantiza un nivel de confianza del 95 % en estos resultados.

Durante la ejecución de la calibración, se obtuvieron factores de corrección de $-5,9\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,36\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-5,5\text{ \%hr} \pm 1,4\text{ \%hr}$, lo cual sugiere un sesgo elevado en el indicador de la incubadora, que puede ser corregido por el usuario con estos factores.

Agradecimientos

A la empresa Validaciones y Metrología L&M SAS por compartir sus conocimientos, procedimientos y patrones de referencia que permitieron llevar a cabo el proceso de calibración de la incubadora neonatal. Al Hospital de Suba por su colaboración en el acceso al equipo al cual se realizaron las mediciones.

VI. REFERENCIAS

- Abel, M.; Campanera, A.; Núñez, E. (2005). *La importancia de la estimulación en el desarrollo del bebé*. Magister en Optometría y entrenamiento Visual. Centro de Optometría Internacional de Madrid.
- Centro Español de Metrología (CEM). (2012). Vocabulario internacional de metrología conceptos fundamentales y generales, y términos asociados.
- Centro Español de Metrología (CEM). (2012). *Vocabulario internacional de metrología conceptos fundamentales y generales, y términos asociados*. [pdf] Disponible en: <http://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web.pdf>.
- Dirección de Medicamentos y Tecnologías en Salud, Grupo de Trabajo para la política de dispositivos Médicos- Ministerio de Salud Y Protección Social. (2013). *Taller de política de dispositivos médicos, Capítulo de Evaluación y Gestión de Equipos Biomédicos, Bogotá*. [pdf] Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/TALLER%20EQUIPAMIENTO%20BIOMEDICO.pdf>.
- Dirección de Medicamentos y Tecnologías en Salud, Grupo de Trabajo para la política de dispositivos Médicos- Ministerio de Salud Y Protección Social (SIC). (2015). *Guía rápida para las mediciones en equipos biomédicos*. [pdf] Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/MET/guia-rapida-para-las-mediciones-en-equipos-biomedicos-v05282015.pdf>; [Consultado el 20 de mayo de 2016].
- Instituto Nacional de Metrología de Colombia (INM). (2014). *Creación, objetivo y funciones del INM*. [online] Disponible en: <http://www.inm.gov.co/index.php/el-inm/creacion-objetivos-y-funciones>.
- Natus Medical Incorporated. (2015). *Natal Care LX- Incubadora neonatal con ruedas*. [en línea] Disponible en: <http://www.medicaexpo.es/prod/natus-medical-incorporated/product-76900-513020.html>.
- Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC). (2015). *Listado de Laboratorios de calibración acreditados. Bogotá: Organismo Nacional de Acreditación de Colombia*. [en línea] Disponible en: <https://onac.org.co/directorio-de-acreditacion-buscador>; [Consultado el 20 de mayo de 2016].
- Quiroga, A.; Chattas, G.; Gil, A.; Ramírez, M.; Montes, M.; Iglesias, A.; Plasencia, J.; López, I.; Carrera, B. (2010). *Sociedad iberoamericana de neonatología, Clínica de termorregulación en el recién nacido*. [pdf] Disponible en: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/williamsoler/consenso_termoreg.pdf.

- Restrepo, L.; Durango, N.; Gómez, N.; González, F.; Rivera, N. (2007). *Prototipo De Incubadora Neonatal*, *Revista ingeniería biomédica* [en línea], vol.1, núm.1. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622007000100012>.
- Ruza, F. (2003). *Cuidados intensivos pediátricos*. 3ra. Ed. Vol. II. Madrid: Capitel Editores.
- Soriano, B.; Aranda, V.; Gutiérrez, N. (2004). *Simposio de Metrología, Determinación de intervalos de calibración*. [pdf] Disponible en: <<https://www.cenam.mx/simposio2004/memorias/TA-011.pdf>>.
- Superior Temperature & humidity Monitoring (Veriteq). (2013). *The Veriteq 2000 Series Temperature & RH Data Recorders*. [pdf] Disponible en: <<https://www.cik-solutions.com/pdf/Veriteq-2000-Series-Datasheet.pdf>>.
- Superior Temperature & humidity Monitoring (Veriteq). (2015). *Vaisala Temperature and RH Data Logger Series 2000*. [en línea] Disponible en: .
- VAISALA. (2014a). *Calibration Certificate - 0214118 of 2014-05-21*. Canadá: Vaisala Inc.
- VAISALA. (2014b). *Calibration Certificate - 0214119 of 2014-05-21*. Canadá: Vaisala Inc.