Introducción a la gestión metrológica

Introduction to metrology management

Recibido: 05-05-2011 Aprobado: 13-10-2011

ORLANDO CEDEÑO TAMAYO¹

Resumen

El nuevo milenio presentó retos y paradigmas para la metrología, escenarios como los de telecomunicaciones, informática y los computadores han demostrado que la velocidad de desarrollo tecnológico del hardware superó actualmente al software, las máquinas de cómputo modernas han ampliado sus velocidades y capacidades de almacenamiento, es común hablar de unidades de almacenamiento de Terabytes. El campo de la metrología científica está *ad portas* del descubrimiento del patrón electrónico para la masa, utilizando el número de Avogadro ($6,025 \cdot 10^{-24}$) o la balanza de watt, ampliará la exactitud de las mediciones. Próximamente se verá un lunar en el rostro de una jovencita y esto podrá ser un ipod, dado el alto desarrollo de la nanoelectrónica. El reciente cambio o actualización del Vocabulario Internacional de Términos básicos y generales en Metrología - VIM, hoy conocido como la Guía ISO/IEC 99:2008 ha marcado una nueva tendencia de la metrología, que debe ser comprendida por toda la comunidad científica, industrial y legal en el mundo, cada vez más globalizado.

Palabras clave: Metrología, gestión, calidad, competencia metrológica.

Abstract

The new millennium brought challenges and paradigms for metrology. Scenarios like telecommunications, information technology, and computers have demonstrated that the speed of technological development hardware currently exceeded software. Modern computer machines have broadened their velocity and storage capacity, it is now common to speak of storage in terabytes. The field of scientific metrology is close to discovering the electronic mass standard based on Avogadro's number ($6,025 \cdot 10^{-24}$) or watt balance, which will broaden measurement accuracy. Soon, when we see a young woman with a facial mole, it may be an ipod, given the high degree of nanoelectronic development. Recent review of International Basic and General terms in metrology - VIM, now ISO Guide 99:2008, shows a new metrology tendency, which must be understood by all the scientific, industrial, and legal community in an ever-more globalized world.

Keywords: Metrology, management, quality, metrology competence.

¹ Colombiano, MSc. Docente de cátedra de la Especialización en gestión integrada en calidad, ambiente y prevención de riesgos, Universidad Agraria de Colombia, Grupo de investigación INSIG en Colciencias; ocedenot@gmail.com .

Introducción

Marco histórico

Para entender por qué la metrología no es popular en Latinoamérica debemos remontarnos a la época de los imperios que atesoraban lo que prometiera dominio tecnológico y hacían hasta lo imposible para que no se dieran a conocer los inventos y descubrimientos científicos; este fue el pilar de la propiedad industrial tan impulsada por los Estados Unidos. Como la metrología se encuentra en la base científica y ningún país que logre avances en el campo de la ciencia desea que sus competidores lo conozcan, se ha establecido en el mundo el secreto industrial protegido por las leyes y que en Colombia cubre cincuenta años y en otros países desean aumentar a cien años para las patentes de las invenciones.

En la Figura 1 se presentan elementos que son adversos a la metrología, como las matemáticas, la geometría, la física y la estadística que contribuyen al coctel indeseable, dada nuestra débil formación académica, sin vocación a la investigación.

Figura 1. Elementos de la metrología

En la Figura 2 se demuestra que la metrología es un sistema, ilustrado por la ISO 10012:2003, que se aborda con el enfoque por procesos y mantiene la filosofía de la mejora continua con el esquema PHVA: Planificar–Hacer–Verificar y Actuar.

En la mayoría de organizaciones la gestión metroológica se reduce a lo puramente operacional; es decir, a las calibraciones de los equipos y simplificado a los certificados de calibración; esto se conoce como la “confirmación metroológica” y se descuida el “proceso de medición”; es decir la medición que realiza continuamente el personal de la empresa.

Resultados

Se exponen los resultados de las reflexiones del autor, con base en la experiencia práctica de más de veinte años en sector público y privado en el ámbito de la metrología.

Expresiones de exactitud en catálogos

Si se desea entender la metrología, se debe responder a la pregunta: ¿Qué debemos medir? Esto se puede atender con la metodología del AMEM (Cedeño, 2009), análisis de Modo y Efecto de las Mediciones. En la práctica, cuando se identifican las variables críticas de medición se debe establecer la tolerancia de la medición (del producto); por ejemplo si una nevera doméstica se quiere utilizar técnica y eficientemente en forma óptima se evalúa que la especificación de operación del fabricante es que la nevera puede conservar los productos al asegurar en condiciones normales una temperatura entre 2°C y 8°C; si la temperatura se mantiene por debajo de los 2°C puede ser que afecte al producto o el consumo de energía sea

Figura 2. ISO 10012:2003

demasiado elevado para el beneficio obtenido. Por otro lado, si la temperatura sube de los 8 °C es posible que la inocuidad o la vida útil de los productos almacenados se afecten drásticamente. Por lo tanto, esta variación permitida de la temperatura para la nevera convencional se puede transformar en una tolerancia simétrica, es decir, $5^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ y en esta forma es más fácil descubrir la exactitud que debe garantizar el termómetro con el cual se va a medir la temperatura para controlar que no se salga de lo especificado sin darnos cuenta. Si se enfatiza que la tolerancia es $\pm 3^{\circ}\text{C}$ y es lo que le permite a toda nevera cuando se abre y se cierra o cuando se mantiene con baja cantidad de productos o media cantidad o alta cantidad (carga termodinámica) garantizar que por todas las condiciones que hacen fluctuar la temperatura dentro de la nevera el sistema pueda oscilar alrededor de 5 °C hacia arriba o hacia abajo 3°C; hay quienes se atreven a decir que la tolerancia es de 6°C; eso es un enfoque muy deficiente del comportamiento físico de la temperatura en una nevera o en cualquier medio isotérmico; los 6 °C se deben denominar intervalo de tolerancia pero no tolerancia. Por otro lado sería una falta de honestidad técnica utilizar el doble de lo que va a ser necesario para garantizar la conformidad del producto almacenado en la nevera.

Una vez que se establece la tolerancia de la medición se puede estimar inmediatamente cual es la exactitud que debe tener el sistema de medición, en este caso de la temperatura dentro de la nevera. Si atendemos las recomendaciones de las normas (por ejemplo, de la ASTM), publicaciones y expertos de metrología se debe garantizar que la incertidumbre del equipo de medición sea menor a $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$; es decir, cinco (5) veces mejor que la tolerancia. Esto corresponde al concepto del TUR – Test Uncertainty Ratio – Prueba de la relación de incertidumbres; establecido en las normas ANSI (ANSI Z540); TUR = Tolerancia de la medición del producto (Máxima desviación permitida en el producto / incertidumbre del equipo de medición).

Guía ISO/IEC 99:2008. Vocabulario internacional de términos básicos y generales en metrología

Durante muchos años se discutieron en la ISO los términos del Vocabulario Internacional de Metrología – VIM y fueron actualizados en el 2008, ahora normalizados en la Guía ISO/IEC 99. En el mundo se aprobaron cambios en el léxico metrológico. Algunas palabras fundamentales cambiaron y parece que en nuestro medio no se ha tomado conciencia de su impacto. Si Colombia no está acorde con los cambios internacionales de los conceptos se pueden presentar dificultades en el reconocimiento mundial de nuestros resultados de laboratorio.

Calibración

Una de las palabras esenciales en metrología es “Calibración”, cuya nueva definición, se presenta en la Figura 3.

VIM: GUIA ISO/IEC 99:2008

2.39 (6.11)

Calibración, f

Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

Figura 3 Calibración

Nota 1. Una calibración puede expresarse mediante una declaración, una función de calibración, un **diagrama de calibración**, una **curva de calibración** o una **tabla de calibración**.

En algunos casos, puede consistir en una corrección aditiva o multiplicativa de la indicación con su incertidumbre correspondiente.

Nota 2. Conviene no confundir la calibración con el **ajuste de un sistema de medida**, a menudo llamado incorrectamente “autocalibración”, ni con una **verificación de la calibración**.

Nota 3. Frecuentemente se interpreta que sólo la primera etapa de esta definición corresponde a la calibración.

En la Figura 4 se presenta la nueva definición de calibración según el VIM. El cambio fundamental en esta definición, conceptualmente hablando, es la exigencia del reporte de la incertidumbre de la medición en el certificado de la calibración; sin este requisito el reporte no tiene validez técnica.

Las notas de la definición aclaran confusiones habituales en el lenguaje informal de los usuarios.

Trazabilidad (VIM)

Guía ISO/IEC 99:2008

2.41 (6.10)

Trazabilidad metrológica, f

Propiedad de un resultado de medida, por la cual el resultado puede relacionarse con una diferencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida.

Figura 4. Nueva definición de calibración según el VIM

Nota 1. En esta definición, la referencia puede ser la definición de una **unidad de medida**, mediante una realización práctica, un **procedimiento de medida que incluya la unidad de medida** cuando se trate de una **magnitud no ordinal, o un patrón**.

Nota 2. La trazabilidad metrológica requiere una **jerarquía de calibración establecida**.

Nota 3. La especificación de la referencia debe incluir la fecha en la cual se utilizó dicha referencia, junto con cualquiera otra información metrológica relevante sobre la referencia, tal como la fecha en que se haya realizado la primera calibración en la jerarquía.

Nota 4. Para **mediciones con más de una magnitud de entrada en el modelo de medición, cada valor de entrada debiera ser metrológicamente trazable y la jerarquía de calibración** puede tener forma de estructura ramificada o de red. El esfuerzo realizado para establecer la trazabilidad metrológica de cada valor de entrada debería ser en proporción a su contribución relativa al **resultado de la medición**.

Nota 5. La trazabilidad metrológica de un resultado de medida no garantiza por sí misma la adecuación de la incertidumbre de medida a un fin dado, o la ausencia de errores humanos.

Nota 6. La comparación entre dos patrones de medida puede considerarse como una calibración si ésta se utiliza para comprobar, y si procede, corregir el **valor y la incertidumbre** atribuidos a uno de los patrones.

Nota 7. La ILAC considera que los elementos necesarios para confirmar la trazabilidad metrológica son: una cadena de trazabilidad metrológica ininterrumpida a un **patrón internacional o a un patrón nacional, una incertidumbre de medida documentada**, un procedimiento de medida documentado, una competencia técnica reconocida, la trazabilidad metrológica al SI y los intervalos entre calibraciones (véase ILAC P-10:2002).

Nota 8. Algunas veces el término abreviado “trazabilidad” se utiliza en lugar de “trazabilidad metrológica” así como para otros conceptos, como trazabilidad de una muestra, de un documento, de un instrumento, de un material, etc., cuando interviene el historial (“traza”) del elemento en cuestión. Por tanto, es preferible utilizar el término completo “trazabilidad metrológica” para evitar confusión.

En la Figura 5 se presenta la definición de trazabilidad metrológica según la Guía ISO/IEC 99:2008. Todos los sistemas de gestión reclaman la trazabilidad de las mediciones para garantizar la compatibilidad y la comparabilidad de sus resultados; por ello se reconoce la importancia suprema de la trazabilidad de la medición. Esta última se ha venido creyendo que se puede garantizar solo con la exhibición de los certificados de calibración de los patrones utilizados en

la calibración o verificación. En este punto tan esencial de la calidad de la medición deseamos llamar la atención sobre la nota 7 de la definición, en la Figura 4. ILAC – International Laboratory Accreditation Cooperation, es la máxima autoridad en el mundo para los laboratorios y puntualiza que la trazabilidad se demuestra con otros elementos, además de los certificados de los patrones; en Colombia deberíamos seguir el ejemplo de los Estados Unidos, donde en cada certificado de calibración se declara el TUR : Máximo Error Permitido del Equipo objeto de medición / Incertidumbre del sistema de calibración patrón. La trazabilidad metrológica se demuestra según la ISO/IEC 17025:2005, también, cuando el proveedor es un laboratorio acreditado o en su defecto entregando la siguiente información como parte de la evaluación de proveedores : Procedimiento de calibración a realizar, referencia si es documento público o copia del documento si es procedimiento interno; control de los patrones durante el periodo de re-calibración, para corroborar esto puede llegar a ser necesario una auditoría a las instalaciones del proveedor de calibración.

Incertidumbre de la medición

Incertidumbre (VIM)

Guía ISO/IEC 99:2008

2.27 (3.9) Incertidumbre, *f*.

Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurado, a partir de la información que se utiliza.

Figura 5. Nueva definición de incertidumbre de la medición en el VIM.

Otra de las definiciones del vocabulario metrológico que fue revisada es la del concepto de la incertidumbre de la medición, que ha causado tantas frustraciones entre los usuarios de la metrología. En la definición fue necesario resaltar la frase “no negativo”, no como sinónimo matemático sino para resaltar la importancia de la incertidumbre como valor intrínseco de la medición, por esto la frase graciosa del Gordo y el Flaco en la Figura 6.

Nada es más incierto que la incertidumbre de la medición

Figura 6. Concepción negativa del concepto de incertidumbre.

Una de las publicaciones de ASQ para seis sigma cinturón negro (Black Belt), introduce el diagrama de causa – efecto mostrado en la Figura 7, es para destacar el factor humano, hasta ahora no considerado en un entorno laboral sino solamente en su aporte individual, bajo el factor de gestión se involucran aspectos como amenaza y miedo que no se consideran habitualmente.

Figura 7. Fuentes de incertidumbre que están presentes en la medición

Uso del nombre “certificado de calibración”

Es una excelente decisión la que tomó el Centro Nacional de México – CENAM, al establecer que se permite utilizar el título de “Certificado de Calibración” solo al CENAM y los laboratorios acreditados. Esto en Colombia, ahora que se está discutiendo la ley de metrología, le vendría muy bien al sector productivo para evitar tanto engaño que se presenta en las empresas por cuenta de proveedores de metrología inescrupulosos que hacen cualquier cosa y utilizan el certificado de calibración como título para encubrir la falta de competencia. Casos particulares que debería analizar la Superintendencia de Industria y Comercio, son los procedimientos de calibración y estimación de incertidumbre para las básculas y medidores domiciliarios de agua.

Certificados de calibración : Uso logo ISO 9001

Hace más de dos años que la ISO emitió su declaración en este sentido al aclarar que la certificación bajo ISO 9001 es de sistema de gestión y que de ninguna manera equivale a certificación de producto. Esto significa que como el producto de un laboratorio es su reporte de resultados, se puede ver claramente que no es permitido colocar el logo de ISO 9001 en un Reporte de resultados de un laboratorio, esto puede inducir a error o engaño al consumidor. En la Figura 8 se puede observar una pequeña síntesis de los principales requisitos obligatorios, opcionales y prohibidos en un certificado de calibración, si se atiende la Norma internacional ISO/IEC 17025:2005.

NTC ISO/IEC 17025: 2005

Cláusula 5.10 reportes de resultados

Obligatorio

Identificación del instrumento

Resultados de la calibración: errores e incertidumbres (tablas, gráficas o ecuaciones).

Condiciones relevantes (CA; trazabilidad)

Observaciones (limitaciones)

Opcional

Evaluación de conformidad (diferente a opiniones e interpretaciones): normas, especificaciones, **cliente**.

Imposible: utilizar el logo de la certificación de ISO 9001 (equivaldría a **certificación de producto**).

Figura 8. Requisitos para un Reporte de Resultados según la ISO/IEC 17025:2005

Metrología legal

En un caso particular de la metrología legal en Colombia se observa que se acreditan Centros de Diagnóstico Automotor – CDA, para desempeñar funciones oficiales de vigilancia sobre el desempeño de los automotores. Para éste y otros similares, la metrología legal exige que el gobierno establezca los periodos de calibración y verificación de los equipos de medición. Un buen ejemplo se encuentra en España para los ITV, equivalentes a los CDA de Colombia, y el gobierno español estableció los máximos periodos de calibración y verificación de los equipos de medición involucrados en la inspección vehicular. Esto mismo ocurrió en los Estados Unidos para los laboratorios de alimentos vigilados por la FDA.

En la Figura 9 se muestran las unidades aceptadas en el sistema métrico conocido modernamente como el Sistema Internacional de Unidades. A pesar que es la única legislación obligatoria en cuanto a metrología legal se refiere, muchos sectores la desconocen y siguen proliferando los malos ejemplos; para mencionar un solo caso, en todos los medios hablados de comunicación se sigue hablando de los “grados centígrados”, sin analizar que el sistema métrico es decimal y que la partícula “centi” implica un submúltiplo de una unidad, por ejemplo para el caso del centímetro, indica la centésima del metro, y no es coherente con el uso de la expresión centígrado, cuando deseamos hablar de grados y no de centésimas de grado; la palabra correcta es grados Celsius.

Figura 9. Sistema Internacional de Unidades SI.

Conclusión

Estamos en la era de reflexionar sobre la Metrología: Colombia se prepara para los tratados de libre comercio con las potencias del comercio y es necesario reenfocar la cultura metroológica a nivel científico, industrial y legal. Para evaluar los beneficios de la metrología se recomienda consultar los portales del Departamento Nacional de Planeación y del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

Referencias

- BIPM – Bureau Internacional de Pesas y Medidas [Fecha de consulta: 2011-09-06]. Disponible en http://www.bipm.org/en/scientific/elec/watt_balance/
- CEDENO, Orlando; Gestión Metroológica, un enfoque por procesos, 2009. www.cmcmetrologia.com
- CEDENO TAMAYO, Orlando "Un enfoque de procesos para la gestión metroológica" En: Colombia Espiral / Fundación Universitaria Agraria de Colombia Uniagraria ISSN: 0123-6628 Editorial v.014 fasc. p.17 - 20 ,2007.
- Guía ISO/IEC 99:2008 Vocabulario Internacional de Términos y conceptos fundamentales en Metrología
- ISO 10012:2003 Gestión Metroológica
- ISO/IEC 17025:2005 Requisitos para evaluar la competencia de los laboratorios de Calibración o Ensayo