



METROLOGÍA: Aseguramiento Metrológico Industrial Tomo I

Jaime Restrepo Díaz

2a. Edición



METROLOGÍA

ASEGURAMIENTO METROLÓGICO INDUSTRIAL

TOMO I

Jaime Restrepo Díaz





Jaime Restrepo Díaz

METROLOGÍA: aseguramiento metrológico industrial

Tomo I / Jaime Restrepo Díaz; editora Silvia Inés Jiménez Gómez.-- 1ª. ed. – Medellín:

Instituto Tecnológico Metropolitano, 2011.

184 p.:il. -- (Colección Textos Académicos)

ISBN 978-958-8743-02-8

1. Metrología 2. Metrología. 3. Aseguramiento metrológico. I. Jaime Restrepo Díaz

II. Jiménez Gómez, Silvia Inés (Editora). III. Tit. (Serie)

621.4025 SCDD 21 ed.

Catalogación en la publicación - Biblioteca ITM

COLECCIÓN TEXTOS ACADÉMICOS

Fondo Editorial ITM

METROLOGÍA: Aseguramiento metrológico industrial. Tomo I

© Jaime Restrepo Díaz

© Instituto Tecnológico Metropolitano

2da. Edición corregida: diciembre de 2011

ISBN: 978-958-8743-02-8

Hechos todos los depósitos legales

Rectora

LUZ MARIELA SORZA ZAPATA

Editora

SILVIA INÉS JIMÉNEZ GÓMEZ

Comité Editorial

OLGA MARÍA RODRÍGUEZ BOLUFÉ, PH. D., BUENOS AIRES

JOSÉ R. GALO SÁNCHEZ, PH. D., CÓRDOBA

LILIANA SAIDON, PH. D., ESPAÑA

MONSERRAT VALLVERDÚ FERRER, PH. D., ESPAÑA

GIANNI PEZZOTI, PH. D. MÉXICO

JUAN GUILLERMO RIVERA BERRÍO, PH. D., COLOMBIA

RAÚL DOMÍNGUEZ RENDÓN, PH. D., COLOMBIA

PAULA ANDREA BOTERO BERMÚDEZ, MGC, COLOMBIA

SILVIA INÉS JIMÉNEZ GÓMEZ, MGC, COLOMBIA

VIVIANA DÍAZ DÍAZ. COLOMBIA

Corrección de textos

MARLENY ARISTIZÁBAL PÉREZ

Secretaría Técnica

GLADYS MARINA GÓMEZ ACEVEDO

Diagramación e impresión

CADENA S.A

Hecho en Medellín, Colombia

Instituto Tecnológico Metropolitano

Institución Universitaria

Calle 73 No. 76A 354

Tel.: (574) 440 51 97 • Fax: 440 52 52

www.itm.edu.co

Medellín – Colombia

Las opiniones, originales y citaciones del texto son de la responsabilidad de los autores. El Instituto salva cualquier obligación derivada del libro que se publica. Por lo tanto, ella recaerá única y exclusivamente sobre los autores.

CONTENIDO

Introducción.....	13
1. LA MEDIDA.....	15
2. LA METROLOGÍA	25
3. SERVICIO NACIONAL DE METROLOGÍA.....	41
3.1. Metrología científica	41
3.2. Metrología industrial	42
3.3. Metrología legal	43
3.4. Divulgación metrológica.....	45
4. SISTEMA DE UNIDADES “SI”.....	49
4.1. Sistema Imperial Anglosajón y Sistema Norteamericano	50
4.2. Sistema Métrico	51
4.3. Autoridades internacionales	58
4.4. Funciones de la Conferencia General de Pesas y Medidas.....	60
4.5. Sistema Internacional de Unidades.....	62
4.6. Origen del Sistema Internacional de Unidades	64
4.7. Aplicación del SI.....	65
4.8. Unidades derivadas sin dimensión	69
4.9. Unidades del SI derivadas	70
5. REGLAS GENERALES PARA EL USO DEL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES EN COLOMBIA.....	85
5.1. Reglas para usar los símbolos	85
5.2. Uso del nombre de las unidades	89
5.3. Escritura de números en documentos	90
5.4. Uso de los prefijos	92
5.5. Representación del tiempo	94
5.6. Representación de la fecha en forma numérica	95
5.7. La metrología legal en Colombia.....	98
5.8. Estructura general de la metrología legal	101
5.9. Desarrollo de la metrología legal en Colombia	102

6. GESTIÓN METROLÓGICA.....	105
6.1. Etapas básicas de la gestión metrológica:	107
6.2. Requerimientos según normas:	109
7. ETAPAS BÁSICAS DEL ASEGURAMIENTO METROLÓGICO.....	115
7.1. Determinación de las mediciones críticas e importantes	115
7.2. El proceso de medición:	120
7.3. Teoría de errores	121
7.4. Selección de los equipos de medición.....	123
7.5. Determinación del rango o escala máxima del equipo de medición	124
7.6. Determinación de la Resolución.....	124
7.7. Evaluación de la incertidumbre teórica del equipo	126
7.8. Evaluación de la capacidad de trabajo como criterio de selección de los equipos de medición nuevos	126
7.9. Evaluación de la capacidad de trabajo para equipos en uso	129
8. ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN.....	131
8.1. Expresión de la incertidumbre de una medición	133
8.2. Importancia de la incertidumbre de medición.....	134
8.3. Estadística básica en conjunto de números.....	134
8.4. Cálculo de estadística básica	135
8.5. Obtención del estimado óptimo – tomando el promedio de varias lecturas.....	135
8.6. Origen de los errores y las incertidumbres.....	137
8.7. Cálculo de la incertidumbre de medición	139
9. ANÁLISIS DE LA REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD (R &R)	143
9.1. Condiciones para el análisis de R&R	143
9.2. Procedimiento para el análisis de R&R.....	144

10. CONTROL METROLÓGICO	149
10.1. Calibración	154
10.2. Criterios de aceptación.....	160
10.3. Asignación de frecuencias de calibración y verificación.....	161
10.4. Equipos que no requieren calibración	163
10.5. Características de la calibración	163
10.6. Mejora continua en el Sistema de Gestión Metrológica	165
10.7. Mantenimiento del Sistema de Gestión Metrológica.....	166
11. DESIGNACIÓN DE PERSONAL COMPETENTE PARA LA GESTIÓN METROLÓGICA	171
11.1. Validación de resultados y acciones	172
11.2. Identificación de variables críticas	175
11.3. Frecuencias de calibración	176
11.4. Pasos importantes para la elaboración del Manual de Aseguramiento Metrológico	177
BIBLIOGRAFÍA.....	181

PRÓLOGO

La **metrología** (del griego *μετρον*, medida y *λογος*, tratado) es la ciencia e ingeniería de la medida, incluye el estudio, mantenimiento y aplicación del sistema de gestión de las mediciones. Actúa en los ámbitos científico, industrial y legal, como en cualquier otro campo demandado por la sociedad. Su objetivo fundamental es la obtención y expresión del valor de las magnitudes, garantizando la trazabilidad de los procesos y la consecución de la exactitud requerida en cada caso; empleando para ello instrumentos de medida, métodos y medios apropiados para realizar la medición.

La metrología tiene dos características importantes que son: el **resultado de la medición** y la **incertidumbre de medida**.

En el mundo industrializado son numerosos los aspectos de la vida que dependen de las medidas. La complejidad creciente de las técnicas modernas va acompañada de continuas demandas de más exactitud, mayor rango, mayor diversidad de patrones en los dominios más variados y mejores competencias de los metrologos. El desarrollo y mejora de los patrones es de importancia, tanto a nivel internacional como nacional, para la ciencia, el comercio y la industria.

La importancia de la metrología y la universalidad de las unidades y los patrones de referencia es la causa de que sean varias las organizaciones internacionales dedicadas a la promoción de la investigación metrológica y de los acuerdos internacionales sobre unidades. Bureau International des Poids et Mesures (BIPM).

La metrología tiene hoy un impacto más determinante sobre las actividades científicas, industriales, comerciales y jurídicas en el mundo entero; asimismo debe responder a las exigencias crecientes de la salud y del medio ambiente. En todos los países industrializados se reconoce la necesidad de tener, a escala nacional, una estructura coherente en la cual se organicen los aspectos variados y complementarios de la metrología. La necesidad del comercio o de la cooperación entre naciones hace necesaria la existencia de

estructuras reconocidas mutuamente, capaces de efectuar y de controlar las medidas de todo tipo. Tal aceptación mutua requiere el asegurar la uniformidad de medidas.

El acuerdo internacional bajo el cual se asegura la uniformidad de las medidas es la Convención del Metro, firmada en París en 1875, de la cual resultó la creación del Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) en Sèvres Francia. El comercio internacional de productos de alta tecnología, las comunicaciones y la navegación, los intercambios de informaciones científicas o técnicas, teóricas o aplicadas, llevadas a cabo a nivel internacional, son altamente dependientes de las medidas de precisión. En efecto, todo proceso de fabricación de un producto depende estrechamente de la posibilidad de trazar la medida a los patrones nacionales y, en su caso, a los internacionales. Todo esto exige implícitamente mejorar sin cesar la uniformidad y la precisión de las medidas; este es el objetivo del BIPM, y aquél al que se consagra en estrecha relación con los laboratorios nacionales.

INTRODUCCIÓN

Desde la aparición del ser humano sobre la tierra, surgió la necesidad de contar y medir. No es posible saber cuándo surgen las unidades para contar y medir, pero la necesidad de hacerlo aporta ingredientes básicos que requiere la metrología, como mínimo, para desarrollar su actividad fundamental como ciencia que estudia los sistemas de unidades, los métodos, las normas y los instrumentos para medir.

Los efectos de la ciencia de las medidas se pueden evidenciar en todo, facilitando a las personas planear sus vidas y realizar intercambios comerciales confiables. La experiencia humana es muy variada; constantemente, oímos, olemos, probamos y tocamos objetos y productos; es decir, hay un constante flujo de sensaciones. El trabajo de la metrología es describir en forma ordenada esta experiencia; un trabajo que la curiosidad del hombre ha conducido por muchos siglos y que presumiblemente nunca terminará.

Es así como una empresa moderna demanda una operación centralizada en la calidad. Esto implica que la metrología cada vez esté más involucrada dentro de los sistemas de gestión de la calidad que emprendan las empresas. Esta ciencia siempre ha desempeñado un papel importante en los procesos productivos de bienes y servicios, y su función está enfocada principalmente en servir de apoyo y complemento en las actividades de prevención, detección, evaluación y control de la calidad.

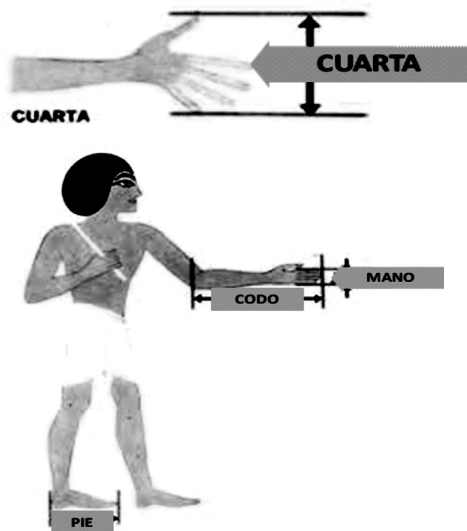
La metrología, conocida como ciencia de las mediciones, siempre ha desempeñado un papel importante en la historia de los grandes descubrimientos de la humanidad, pero adquiere importancia en la llamada Revolución Industrial, mediante lo que se denominó *la mecanización de los procesos de producción* a finales de 1800 y comienzos de 1900. Es así como se puede evidenciar que la metrología ha existido antes de que se hablara de los sistemas de gestión de la calidad –SGC–. En la actualidad es aún más evidente su importancia, bien sea que se trate de ISO 9000, ISO 14000 u OHSAS 18000, ya que se ha convertido en requisito indispensable para la evaluación de la conformidad de productos y procesos.

La metrología está íntimamente asociada a la calidad de procesos y productos. La calidad de un proceso o producto es el resultado de la metrología. Es importante reconocer que la buena calidad de un producto lleva implícita la condición de satisfacer al cliente y generar beneficios para el productor. Invertir en metrología es invertir en el mejoramiento de la calidad. Por esto es un error pensar que los sistemas de gestión de la calidad son un costo adicional en lugar de verlos como una inversión.

1. LA MEDIDA

El hombre ha sentido la necesidad de medir desde los tiempos más remotos. En los restos de las civilizaciones más antiguas (Mesopotamia, Egipto, Fenicia, Israel, Grecia, Cartago, Roma y otras) se han encontrado indicios que permiten suponer, con bastante certeza, que los hombres primitivos tenían en su mente la idea de medida¹. Claro está, se trataba de un primer esfuerzo casi intuitivo, y las medidas se tomaban de una manera muy elemental. Todos los testimonios parecen indicar que las primeras que se establecieron fueron relativas a la longitud y de origen antropométrico. Se utilizaron como medios de comparación el tamaño de los dedos, la longitud del pie, el ancho del pie, entre otros.

Figura: 1 La medida



Fuente: www.portalplanetasedna.com.ar/numero_medida1.htm

¹ Sistema Internacional de Unidades; ICONTEC VOLUNTAD; Capítulo 1, Breve historia de la metrología, 1976.

Otra variable de control fue la masa, y para ello se desarrolló un medio de referencia para comparar (medir) la cantidad con el uso de: conchas, granos, piedras etc., actuando el hombre como instrumento de medida con sus brazos extendidos. En una mano se tomaba el patrón de referencia y en la otra el producto a comparar. Era un sistema de medición por comparación y que de una u otra forma daba la garantía de tener un acercamiento confiable a la medición.

En “El Libro de los Muertos”², que data del segundo milenio a.C., aparece la balanza de platillos representada, en el antiguo Egipto, en numerosos bajorrelieves y papiros. Costaba de dos platillos colgados de los extremos del brazo, suspendida de un soporte central. Era usada para comparar el peso del corazón del difunto, como símbolo de sus actos, con el de la pluma de la diosa Maat; símbolo de la justicia y orden universal.

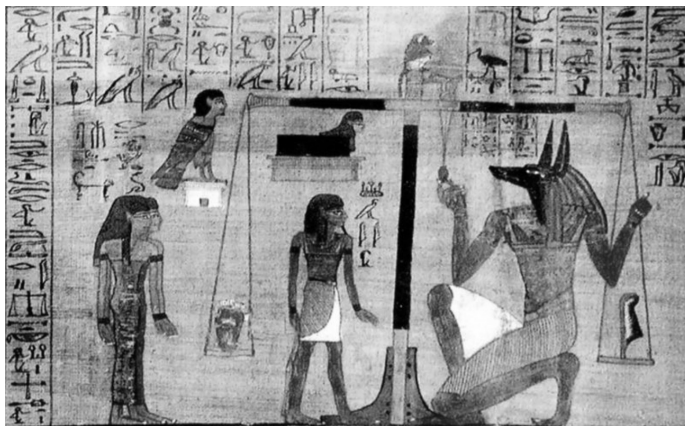
Desde la más remota antigüedad, el hombre comprendió en forma clara y diáfana la influencia, necesidad e importancia de la medida, ya que para efectuar las transacciones comerciales y aun los trueques de los frutos, cereales, telas, vinos, ganado, etc., con sus vecinos, estuvo obligado a disponer de algo con qué medir. Para ello, le fue necesario partir de una unidad de medida con la cual pudiese comparar la magnitud que se deseaba medir y así obtener el resultado de la medición, “la medida”.

En la siguiente imagen, tomada de Wikipedia, se aprecia una de las más antiguas representaciones de una balanza: Anubis pesando el corazón en el juicio de Osiris.

² Manuel Soto de la Vega

El Libro de los Muertos Egipcio es una colección de textos de innovaciones, hechizos, conjuros, oraciones, himnos, letanías y fórmulas mágicas, escritos generalmente en rollos de papiro con ilustraciones o viñetas. Fueron colocados en las tumbas de los egipcios que podían permitirse tal lujo a partir del Imperio Nuevo. No obstante, la colección más antigua que se conoce, está inscrita en las paredes de las cámaras y corredores de las pirámides de Unas, Teti, Pepi I, Nemty-En-Saf I y Pepi II, reyes de la V y VI dinastía en Sakkara. A estos textos se les conoce como “Textos de las Pirámides” y están escritos enteramente en jeroglíficos y muchos de sus “Capítulos” son copias de una colección más antigua, por lo que no se pudo precisar su origen, edad y autor. Pero podemos suponer que los Capítulos copiados en las paredes de las tumbas de los reyes mencionados, en esencia, representan las creencias de los egipcios de tales dinastías con respecto a los muertos y la continuidad del pensamiento religioso entre las clases más altas de Egipto.

Figura: 2 Anubis pesando el corazón en el juicio de Osiris



Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Balanza

La humanidad siempre ha tenido estrecha relación con las mediciones. La Ley era drástica, los que olvidaban su deber de calibrar el patrón de longitud en las noches de luna llena, se enfrentaban a la pena de muerte. Ése era el peligro que corría el grupo de arquitectos reales, responsables de la construcción de templos y pirámides en el antiguo Egipto de los Faraones, 3000 años a.C.

El primer codo real fue definido como la longitud del antebrazo del Faraón, desde el codo hasta el extremo del dedo medio, teniendo la mano extendida, más la anchura de su mano. La medida original fue transferida y materializada en granito negro. En los lugares de construcción, los trabajadores poseían copias en granito o madera, y era responsabilidad de los arquitectos su mantenimiento.

Las primeras unidades de medida que se utilizaron y de las cuales se tiene noticia fueron de origen antropométrico, ya que resultaba la forma más sencilla y fácil de llegar al entendimiento y comprensión entre las personas que estaban realizando trueques o intercambios comerciales.

Así fueron utilizadas las unidades de medida de longitud, denominadas “paso”, “pie”, “codo”, “palmo”, “dedo”, “pulgada”,

etc., en las civilizaciones caldeo, asiria, persa, griega, romana, etc., aunque sus valores reales, en la mayoría de los casos, difieran unos de otros. Posteriormente, en Grecia y Roma, aparecieron otras unidades itinerarias, múltiplos de las anteriores, como el “estadio”, la “milla”, el “acto”, etcétera.

También merecen citarse las medidas agrarias que relacionaban el trabajo promedio factible de realizar por el hombre o por una yunta de bueyes, el jornal, la yugada, etc. En cuanto a las unidades de peso y capacidad, reinó una anarquía aún mucho mayor; fueron muy diferentes unas de otras, según las civilizaciones que las impusieron. Merecen citarse, entre otras, la medida ponderal del imperio romano, el “as” en sus dos variedades, el “as latino” y el “as romano”, así como el “óbolo” como ponderal griego y posteriormente romano. Entre las medidas de capacidad, pueden indicarse el “kadah”, medida egipcia, la “urna”, medida romana, etc.

La historia nos enseña cómo todos aquellos pueblos comprendieron la trascendencia que la medida tenía en el desarrollo del comercio y así dedicaron especial atención dentro de cada ciudad, región o país a una cierta metodización de las mediciones. Se crearon entonces los patrones de medida, los cuales fueron conservados cuidadosamente como elementos de referencia para dilucidar cualquier diferencia. En algunos pueblos fueron considerados como joyas públicas que se guardaban incluso en los templos, junto a las joyas y ornamentos sagrados de los dioses. Con esta metodización, aún en la etapa embrionaria en que fue concebida, nacieron en verdad los primeros conceptos que fueron base inicial de la metrología.

Merece la pena indicar que la civilización china utilizó, hace más de 5000 años, las tres unidades de medida: longitud, volumen y peso, las cuales estaban relacionadas entre sí, a saber: la medida de longitud la constituía una caña de bambú y el patrón que representaba era la separación entre dos de sus nudos, cuando utilizada como flauta emitía una cierta nota, o sea que utilizaba la frecuencia del sonido. En la actualidad se utiliza la longitud de onda de una frecuencia mucho mayor. La de volumen era, asimismo, una caña de bambú que contuviese 1200 granos de arroz, cuyas longitudes debían ser una centésima parte de la

unidad de longitud. La de peso estaba representada por el peso de los 1.200 granos antes citados.

En varios “Libros Santos”, de diversas religiones, encontramos elevados pensamientos entremezclados con prescripciones y recomendaciones de uso terrenal. Ya sean sobre moral, dietética, higiene o de policía, muchos de los aspectos de pesas y medidas podrían servir de consejo para una reglamentación moderna a dictar por un Ministro de Industria y Comercio en el campo de pesas y medidas. Así pueden citarse:

Antiguo Testamento: “No tendrás en tu mano dos clases de pesas, una para comprar y otra para vender. Deberás tener un peso exacto y justo, a fin de que tus días se te prolonguen en la tierra que te ha dado tu Dios, ya que es abominable el que realizare estas cosas o el que cometiere estas iniquidades...”.

La Biblia: “La utilización de una falsa balanza es una acción abominable, el no poseer pesas justas constituye el gran delito...”.

El Corán: “En nombre de Alá, el muy misericordioso, desgraciados aquellos que defraudan en el peso o en la medida; cuando miden contra los otros utilizan una medida completa, pero cuando miden o pesan para ellos la disminuyen...”.

El Talmud: “El tendero está obligado a limpiar sus medidas dos veces por semana, sus pesas una vez por semana y sus balanzas después de cada pesada...”.

Todas estas sabias recomendaciones, sirvieron de base inicial para establecer reglamentaciones que constituyeron los principios básicos de la metrología legal, pero, como se comprenderá, mediante procedimientos más expeditos que el de esperar los castigos divinos, tales como el levantamiento de actas en las cuales quedasen concretas las bases legales para sancionar a los defraudadores, incautación o decomiso de falsos instrumentos, etc.

Además en la Biblia, se describe el uso de unidades e instrumentos utilizados desde hace 6000 a 7000 años, tales como:

- Hazte un arca de maderas resinosas. Haces el arca de carrizo y la calafateas por dentro y por fuera con betún, así es como lo harás: longitud del arca, trescientos codos, su anchura cincuenta codos, y su altura treinta codos. Hacer al arca una cubierta y a un codo la rematarás por encima, pones la puerta del arca en su costado y haces un primer piso, un segundo y un tercero.

Génesis, 6-14; 16.

- Abraham se dirigió presuroso a la tienda, a donde Sara, y le dijo: “Apresta tres arrobas de harina de sémola, amasa y haz unas tortas”.

Génesis, 18-6.

- Respondió Efrón a Abraham: “Señor mío escúchame: Cuatrocientos siclos de plata por un terreno, ¿qué nos suponen a ti y a mí? Sepulta a tu muerta”. Abraham accedió y pesó a Efrón la plata que éste había pedido a oídos de los hijos de Het: cuatrocientos siclos de plata corriente de mercader.

Génesis, 23, 14-15.

- Compró a los hijos de Jamor, padre de Siquem por cien agnos la parcela de campo donde había desplegado su tienda.

Génesis, 33, 19.

- Y con el primer cordero, una décima de medida de flor de harina amasada con un cuarto de sextario de aceite de oliva molida, y como libación un cuarto de sextario de vino.

Éxodo, 29, 40.

- Esto es lo que ha de dar cada uno de los comprendidos en el censo: medio siclo, en siclos del Santuario. Este siclo de veinte óbolos. El tributo reservado a Yahveh es medio siclo.

- La plata de los incluidos en el censo de la comunidad, cien talentos y mil setecientos setenta y cinco siclos, en siclos de Santuario.

Éxodo, 38, 25.

En el Levítico viene la cita más antigua respecto a la metrología y su concepto de referencia a un patrón o trazabilidad y honestidad.

- No cometáis injusticia en los juicios, ni en las medidas de longitud, de peso o de capacidad: tened balanza justa, medida justa y sextario justo.

Levítico, 19, 35-36.

- Junto con su oblación de dos décimas de flor de harina amasada con aceite, como manjar abrasado de calmante aroma para Yahveh. Su libación de vino será un cuarto de sextario.

Levítico, 23c, 13.

- Toda tasación se hará en siclos del santuario, 20 óbolos equivalen a un siclo.

Levítico 19, 35-36.

- El pueblo se dedicó todo aquel día y toda la noche y todo el día siguiente a capturar las codornices. El que menos, reunió diez modios y los tendieron alrededor del campamento.

Números, 11, 32

- He aquí lo que manda Yahveh: Que cada uno recoja cuanto necesite para comer, un gomor por cabeza, según el número de los miembros de vuestra familia; cada uno recogerá para la gente de su tienda.

Éxodo, 16, 16-17.

Desde aquel entonces la humanidad ha recorrido un largo camino, pero se mantiene la gran importancia de la exactitud de las mediciones. Más cerca de nuestra época, en 1.799, en París, se estableció el Sistema Métrico, antecesor de nuestro actual Sistema Internacional de Unidades, mediante el depósito de dos patrones de platino iridiado que representaban al metro y al kilogramo.

En la Europa de hoy se mide y se pesa con un coste equivalente mayor de 1% del PIB, con un retorno económico equivalente entre el 2% y el 7% del PIB, por lo que la metrología supone una parte vital de la actividad diaria.

El café y las tablas de madera se compran al peso o a la medida; el agua, la electricidad o el calor se miden, y ello afecta nuestras economías privadas. La medición del contenido de sustancias activas en medicina, de muestras de sangre o de los efectos de la cirugía láser, tienen que tener la exactitud adecuada para evitar poner en peligro la salud de los pacientes. Es prácticamente imposible describir cualquier cosa sin referirse a la metrología: horas de sol, tallas de prendas de vestir, porcentaje de alcohol, peso de las cartas, temperatura de recintos, presión de los neumáticos, etc.

La producción industrial, el comercio, el mercado y las leyes que los regulan dependen de la metrología. El piloto observa cuidadosamente su altitud, trayectoria, consumo de combustible y velocidad; el inspector de alimentos mide el contenido de bacterias; las autoridades marítimas miden el desplazamiento de los buques; las empresas adquieren materiales pesándolos y midiéndolos, y especifican sus productos empleando unidades comunes. La regulación y las alarmas de los procesos también se basan en mediciones. Es así como la ciencia es totalmente dependiente de la medición.

Los geólogos miden la ondas de choque originadas por las fuerzas que dan lugar a los terremotos; los astrónomos miden pacientemente la distancia-luz desde las estrellas distantes para determinar su edad; los físicos dedicados a estudiar las partículas elementales hacen la ola cuando, tras realizar mediciones de millonésimas de segundo, son capaces de confirmar la presencia de una pequeña partícula casi infinitesimal. La existencia de equipos de medida y la capacidad de utilizarlos es algo esencial para que los científicos puedan documentar de forma objetiva los resultados que obtienen. La ciencia de la medida, la metrología, es probablemente la más antigua del mundo y el conocimiento sobre su aplicación es una necesidad fundamental en la práctica de todas las profesiones con sustrato científico.

La medición requiere un conocimiento común. La metrología presenta una superficie aparentemente en calma que cubre conocimientos profundos, familiares sólo para unos pocos, pero utilizados por muchos. La metrología da confianza de que ambos están compartiendo una percepción común de lo que se entiende por expresiones como metro, kilogramo, litro etc. La confianza es vital en metrología para poder conectar las actividades humanas por encima de las fronteras geográficas y profesionales. Esta confianza se ve reafirmada con el uso incremental de las redes de cooperación; con unidades y procedimientos de medida comunes; con la acreditación y los ensayos compartidos y el reconocimiento de patrones de medida y laboratorios en los diferentes países. La humanidad posee miles de años de experiencia que confirman que la vida se hace realmente más fácil cuando existe cooperación, lo cual es también aplicable a la metrología.

2. LA METROLOGÍA

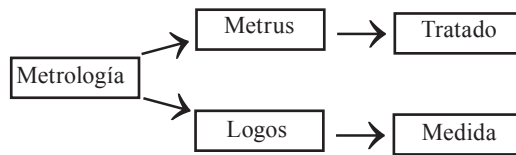
La Metrología es conocida como la ciencia que trata de las medidas, de los sistemas de unidades adoptados y de los instrumentos utilizados para actualizarlas e interpretarlas.

La Metrología es la ciencia y arte de medir. Considera tanto los aspectos teóricos como prácticos de las mediciones en todos los niveles de exactitud y campos de aplicación, ya sean estos: el científico, el industrial o el legal³.

La Real Academia Española⁴ la define como: la ciencia que tiene por objeto el estudio de los sistemas de pesas y medidas.

Palabra griega que significa: tratado de las mediciones

Figura: 3 Metrología



Fuente: Elaboración propia

La metrología cubre tres actividades principales:

- La definición de las unidades de medida internacionalmente aceptadas: ejemplo, el kilogramo.
- La realización de las unidades de medida por métodos científicos: ejemplo, la realización del metro mediante el empleo del láser estabilizado.

³ Enfrentando el Desafío Global de la Calidad: Una Infraestructura Nacional de la Calidad”. Clemens Sanetra y Rocío Marbain.

⁴ Real Academia Española – Vigésima Segunda Edición

- El establecimiento de las cadenas de trazabilidad, determinando y documentando el valor y exactitud de una medición y diseminando dicho conocimiento: ejemplo, la relación documentada existente entre un micrómetro de exteriores utilizado en un taller y el laboratorio primario correspondiente, en la metrología dimensional.

Algunos conceptos importantes son⁵:

- ***El aseguramiento metrológico:*** corresponde a toda acción emprendida para cumplir los requisitos estipulados en normas propias, nacionales o internacionales, dirigidas al desarrollo de la forma que genera más confianza para realizar una medición.
- ***Confirmación metrológica:*** es el conjunto de operaciones requeridas para asegurarse de que el equipo de medición es conforme a los requisitos correspondientes a su uso previsto. (NTC-ISO 10012).
- ***Característica metrológica:*** es aquella identificable que puede influir en los resultados de la medición. (NTC-ISO 10012).
- ***Función metrológica:*** función con responsabilidades administrativas y técnicas para definir e implementar el sistema de gestión de las mediciones. (NTC-ISO 10012).
- ***Sistema de gestión de las mediciones:*** conjunto de elementos interrelacionados, o que interactúan, necesarios para lograr la confirmación metrológica y el control continuo de los procesos de medición. (NTC-ISO 10012)

⁵ Conceptos tomados de la norma NTC ISO 10012: Sistemas de Gestión de la Medición. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición. Bogotá: ICONTEC, 2003. 22 p.

La metrología es la ciencia esencial en la investigación científica, ésta constituye a su vez la base del desarrollo de la propia metrología. La ciencia se mueve continuamente hacia los extremos de lo posible y la metrología fundamental se ocupa de los aspectos metrológicos de los nuevos descubrimientos. El contar con mejores herramientas metrológicas permite a los investigadores continuar con sus descubrimientos y sólo aquellos campos de la metrología que poseen mayor desarrollo, pueden seguir aportando soluciones a la investigación y la industria.

La metrología ha tenido una evolución que muchos desconocen; ha servido de apoyo y complemento a otras ciencias como: Ingeniería, Química, Física, Matemáticas y Astronomía. Además, grandes científicos como: Anderson Celsius, Albert Einstein, Alexander Graham Bell y Thomas Alva Edison se apoyaron en esta ciencia para llevar a cabo sus inventos, inventos que hoy en día han sido de gran ayuda para el desarrollo de la humanidad.

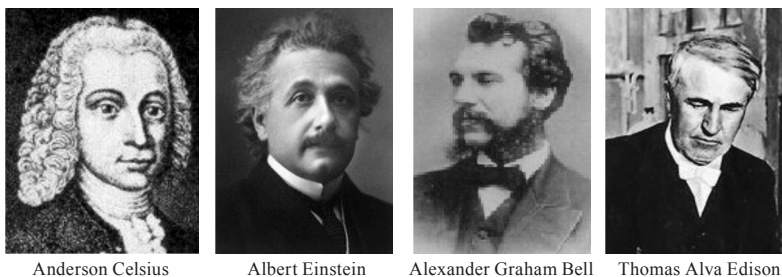
Grandes científicos⁶

Se define la tecnología como la intervención responsable del hombre sobre el entorno natural con el fin de aumentar su bienestar y satisfacer sus necesidades; esencialmente mediante la utilización de conocimientos teóricos y prácticos que le permiten comprender, utilizar, evaluar, transformar y producir artefactos, sistemas y procesos.

Grandes científicos de la historia han dejado un legado importante a la humanidad. Opinar sobre quién es el científico más grande de la historia puede ser una mezcla de hechos objetivos como descubrimientos y producción científica como tal; sin embargo, los factores subjetivos como afinidades emocionales, experiencias en común, etc., pesan mucho a la hora de elegir. Algunos de ellos son:

⁶ ProyectoSalónHogar.RioGrande,Puertowww.proyectosalónhogar.com/.../Grandes_cientificos.htm.

Foto: 1 Grandes científicos



Anderson Celsius

Albert Einstein

Alexander Graham Bell

Thomas Alva Edison

Fuente: listas. 20minutos.es/lista/grandes-cientificos

Anderson Celsius

(Uppsala, Suecia, 1701-id., 1744) Físico y astrónomo sueco. Profesor de astronomía en la Universidad de Uppsala (1730-1744), Anders Celsius supervisó la construcción del Observatorio de Uppsala, del que fue nombrado director en 1740. En 1733 publicó una colección de 316 observaciones de auroras boreales. En 1736 participó en una expedición a Laponia para medir un arco de meridiano terrestre, lo cual confirmó la teoría de Newton de que la Tierra se achataba en los polos.

Celsius es conocido como el inventor de la escala centesimal del termómetro. Aunque este instrumento es un invento muy antiguo, la historia de su gradación es de lo más caprichosa. Durante el siglo XVI era graduado como “frío” colocándolo en una cueva y “caliente” exponiéndolo a los rayos del sol estival o sobre la piel caliente de una persona. Más tarde el francés Réaumur y el alemán Fahrenheit en 1714, lo graduaron basándose en la temperatura del hielo en su punto de fusión y en la del vapor de agua al hervir, pero la escala alemana iba de 32 a 212 grados, mientras que la francesa lo hacía de 0 a 80 grados.

En 1742, Celsius propuso sustituir la escala del científico alemán por otra cuyo manejo era más sencillo. Para ello creó la escala centesimal que iba de cero (0) a 100 grados e inventó el termómetro de mercurio. El punto correspondiente a la temperatura

cero (0) coincidía con el punto de ebullición del agua mientras que la temperatura a 100°C equivalía a la temperatura de congelación del agua a nivel del mar. La escala, por tanto, indicaba un descenso de temperatura cuando el calor aumentaba, al contrario de como es conocida actualmente. Su compatriota el científico Karl von Linné (conocido como Linneo) invertiría esta escala tres años más tarde.

Esta escala centígrada de temperaturas fue propuesta en una memoria que presentó a la Academia de Ciencias Sueca. El termómetro de Celsius fue conocido durante años como “termómetro sueco” por la comunidad científica, y tan sólo se popularizó el nombre de “termómetro Celsius” a partir del S. XIX.

Albert Einstein

Albert Einstein nació en la ciudad bávara de Ulm el 14 de marzo de 1879. Fue el hijo primogénito de Hermann Einstein y de Pauline Koch, judíos ambos, cuyas familias procedían de Suabia. Al siguiente año se trasladaron a Munich, en donde el padre se estableció, junto con su hermano Jakob, como comerciante en las novedades electrotécnicas de la época.

El pequeño Albert fue un niño quieto y ensimismado, que tuvo un desarrollo intelectual lento. El propio Einstein atribuyó a esa lentitud el hecho de haber sido la única persona que elaborase una teoría como la de la relatividad: «un adulto normal no se inquieta por los problemas que plantean el espacio y el tiempo, pues considera que todo lo que hay que saber al respecto lo conoce ya desde su primera infancia. Yo, por el contrario, he tenido un desarrollo tan lento que no he empezado a plantearme preguntas sobre el espacio y el tiempo hasta que he sido mayor».

Durante 1905, publicó cinco trabajos en los *Annalen der Physik*: el primero de ellos le valió el grado de doctor por la Universidad de Zurich, y los cuatro restantes acabaron por imponer un cambio radical en la imagen que la ciencia ofrece del universo. De éstos, el primero proporcionaba una explicación teórica, en términos estadísticos, del movimiento browniano, y el segundo daba una interpretación del efecto fotoeléctrico basada en la hipótesis de que la

luz está integrada por cuantos individuales, más tarde denominados fotones; los dos trabajos restantes sentaban las bases de la teoría restringida de la relatividad, estableciendo la equivalencia entre la energía E de una cierta cantidad de materia y su masa m , en términos de la famosa ecuación $E=mc^2$, donde c es la velocidad de la luz, que se supone constante.

El esfuerzo de Einstein lo situó inmediatamente entre los más eminentes de los físicos europeos, pero el reconocimiento público del verdadero alcance de sus teorías tardó en llegar; el Premio Nobel de Física, que se le concedió en 1921, lo fue exclusivamente «por sus trabajos sobre el movimiento browniano y su interpretación del efecto fotoeléctrico». En 1909, inició su carrera de docente universitario en Zurich, pasando luego a Praga y regresando de nuevo a Zurich en 1912 para ser profesor del Politécnico en donde había realizado sus estudios. En 1914 pasó a Berlín como miembro de la Academia de Ciencias prusiana. El estallido de la Primera Guerra Mundial le forzó a separarse de su familia, por entonces de vacaciones en Suiza, y que ya no volvió a reunirse con él.

A partir de 1933, con el acceso de Hitler al poder, su soledad se vio agravada por la necesidad de renunciar a la ciudadanía alemana y trasladarse a Estados Unidos, en donde pasó los últimos veinticinco años de su vida en el Instituto de Estudios Superiores de Princeton, ciudad en la que murió el 18 de abril de 1955.

Alexander Graham Bell

Alexander Graham Bell, (Edimburgo, Escocia, Reino Unido, 3 de marzo de 1847 – Beinn Bhreagh, Canadá, 2 de agosto de 1922) fue un científico, inventor y logopeda británico. Contribuyó al desarrollo de las telecomunicaciones y la tecnología de la aviación. Su padre, abuelo y hermano estuvieron asociados con el trabajo en locución y discurso (su madre y su esposa eran sordas), lo que influyó profundamente en el trabajo de Bell, su investigación en la escucha y el habla. Esto le movió a experimentar con aparatos para el oído. Sus investigaciones le llevaron a intentar conseguir la patente del teléfono en América, obteniéndola en 1876, aunque el aparato ya

había sido desarrollado anteriormente por Antonio Meucci, siendo éste reconocido como su inventor el 11 de junio de 2002.

Muchos otros inventos marcaron la vida de Bell; entre ellos, la construcción del hidroala y los estudios en aeronáutica. En 1888, Alexander Graham Bell fue uno de los fundadores de la National Geographic Society. Además, el 7 de enero de 1898 asumió la presidencia de dicha institución.

Thomas Alva Edison

(Milan, Estados Unidos, 11 de febrero de 1847 – West Orange, Estados Unidos, 18 de octubre de 1931) fue un empresario y un prolífico inventor estadounidense que patentó más de mil inventos (durante su vida adulta un invento cada quince días) y contribuyó a darle, tanto a Estados Unidos como a Europa, los perfiles tecnológicos del mundo contemporáneo: las industrias eléctricas, un sistema telefónico viable, el fonógrafo, las películas.

La metrología en el campo internacional

El espíritu universal y permanente que se le quiso dar al Sistema Métrico Decimal quedó plasmado en forma clara y concisa en su propio lema⁷:

*“A TOUS LES TEMPS A TODOS LOS TIEMPOS
A TOUS LES PEUPLES A TODOS LOS PUEBLOS”*

Este espíritu de universalidad fue el que impulsó la realización de una serie de reuniones internacionales entre los años 1867 y 1875, que culminaron con la Conferencia Diplomática, en la cual se firmó la Convención del Metro, el 20 de mayo de 1875, en París, entre

⁷ Publicación divulgativa; Dirección de Metrología ITINTEC; Fondo de desarrollo Metro-lógico, Servicio Nacional de Metrología Legal; Caracas 1978

17 de los países participantes. De ellos, cuatro eran del continente americano: Argentina, Brasil, Estados Unidos y Venezuela.

Esta importante convención es la más antigua del mundo, entre las que están en vigor.

La Convención del Metro instituyó para su funcionamiento los siguientes órganos jerárquicos y de composición:

1. Conferencia General de Pesas y Medidas “C.G.P.M.”, como autoridad suprema. Es de nivel diplomático mediante delegaciones de países miembros
2. Comité Internacional de Pesas y Medidas “C.I.P.M.”, compuesto por 18 miembros, hombres de ciencia y Metrologos eminentes pertenecientes a nacionalidades diferentes. El nivel es científico y técnico y no representan a sus países
3. Oficina Internacional de Pesas y Medidas “B.I.P.M.”, que constituye el órgano ejecutor de las decisiones de la C.G.P.M., bajo la supervisión del C.I.P.M.

Está compuesto por personal científico, técnico y administrativo, y su funcionamiento así como la dotación de sus laboratorios metrológicos, están asegurados por las contribuciones de los países miembros.

Al crear la Convención del Metro, el Bureau International des Poids et Mesures “B.I.P.M.”, (Oficina Internacional de Pesas y Medidas), se instaló en el Pabellón de Breteuil en los alrededores de París, constituyéndose en un enclave internacional en el territorio de Francia. El B.I.P.M. ha trabajado con un alto nivel científico y hoy en día se le considera como “La Meca” de los patrones métricos y de la metrología científica internacional.

Una vez creado el B.I.P.M.⁸, se inició la creación de los prototipos internacionales del metro y del kilogramo; se remitieron

copias de los mismos a los países firmantes de la Convención del Metro con los patrones de longitud y de masa que deberían ser declarados como nacionales por dichos países. Como base de comparación, fueron utilizados los patrones de los archivos. Tanto los metros como los kilogramos fueron construidos con una aleación de platino iridiado al 10%.

La primera Conferencia General de Pesas y Medidas (septiembre de 1889) sancionó todos los trabajos antes expuestos y declaró como prototipos internacionales del metro y del kilogramo a las piezas que resultaron con los valores más próximos a los patrones de los archivos.

A fines del pasado siglo y comienzos del actual, se celebraron diversas conferencias y reuniones técnico-científicas, acordándose la unificación de las unidades de los campos eléctricos y magnéticos, aplicándoles el sistema decimal. Con ello se dio otro paso importante en la unificación mundial de unidades.

Esta organización científica ha funcionado con muy buenos resultados, en 1975 se celebró el centenario de la Convención del Metro coincidiendo con las reuniones de la XV Conferencia General de Pesas y Medidas.

El Comité Internacional C.I.P.M. está integrado por las más destacadas figuras de la metrología científica, generalmente pertenecientes a los grandes laboratorios metroológicos mundiales.

El B.I.P.M. ha estado en manos de grandes investigadores científicos, lo que permite que su labor en el campo de la metrología científica sea de relevancia mundial. Actualmente él mismo realiza trabajos en una amplia gama de campos como: longitud, masa, termometría, intensidad de la gravedad, volumen, interferometría, patrones eléctricos, fotométricos, radiaciones ionizantes, etc.

En el campo de la metrología técnica, práctica y legal, se hizo necesario disponer de una institución similar que coordinara esfuerzos y evitara seguir caminos divergentes. Es así como en

⁸ Bureau International des Poids et Mesures; La **Oficina Internacional de Pesas y Medidas** (francés: *Oficina Internacional de Pesos y Medidas*), es una organización internacional, una de las tres organizaciones establecidas para mantener el Sistema Internacional de Unidades (SI) en los términos de la Convención del Metro (*Convention du Metro*).

1937 tuvo lugar la primera Conferencia Internacional de Metrología Práctica, cuyas realizaciones y proyectos quedaron truncados a causa de la Segunda Guerra Mundial. Sin embargo, una vez terminada ésta, se reiniciaron los contactos con los diversos países interesados y, en 1950 se constituyó el “Comité Internacional Provisional de Metrología Legal”, cuyos trabajos culminaron con la instauración, en el año 1955, de la Organización Internacional de Metrología Legal⁹ O.I.M.L. A esta Organización se le dio una estructura similar a la convención del metro, es decir:

1. Conferencia Internacional de Metrología Legal a nivel diplomático
2. Comité Internacional de Metrología Legal C.I.M.L., de carácter técnico
3. Oficina Internacional de Metrología Legal B.I.M.L., de carácter técnico y administrativo

Sin embargo, hay que destacar una diferencia básica entre las dos organizaciones: en la primera, el B.I.P.M., dispone de laboratorios de investigación propios; en la segunda, el B.I.M.L., tan solo es un elemento coordinador técnico–administrativo, ya que si hay que realizar investigación aplicada, ésta es realizada por los laboratorios metrológicos de los países miembros de la O.I.M.L.

Los fines principales de la O.I.M.L. podrían resumirse así:

Unificación de métodos de medida, de las características de los instrumentos de medición, de los criterios legales de control y utilización, así como de la defensa del consumidor desde el punto de vista metrológico.

⁹ La OIML es una organización internacional intergubernamental establecida en 1955 para promover una armonización global de los procedimientos de metrología legal.

La Red Continental de Metrología en los cinco continentes está integrada por los siguientes países:

- Continente Europeo: Integrada por Alemania, Francia y España
 - Continente Asiático: por Japón, China, Corea del Norte y Corea del Sur
 - Continente Africano: por Túnez y Marruecos
 - Continente Americano: por Canadá y Estados Unidos de América
 - Oceanía: por Australia
-
- **De los servicios de pesas y medidas a los servicios nacionales de metrología**

El desarrollo del comercio, desde la antigüedad, tuvo que basarse en una mutua confianza entre las dos partes: vendedor y comprador. Se establecía el contrato de compraventa, aunque el vendedor, generalmente, es el que está en mejores condiciones. Puede recibir el valor acordado de la mercancía que vende en metálico o en documentos de compromiso bancarios, siempre de más fácil comprobación o ejecución. Pero no sucede así en cuanto al comprador.

En la mayor parte de los casos, el comprador no tiene en sus manos los elementos necesarios, ni los conocimientos adecuados y suficientes para comprobar la cantidad, y mucho menos, la calidad de lo que recibe; generalmente tampoco se le entrega con la mercancía, la certificación que le garantice la calidad y la cantidad entregada; de ahí que se aprecia que el comprador, en la mayor parte de los casos, queda prácticamente en manos del vendedor y, por tanto, expuesto a que éste, por falta de ética comercial, o por ser inescrupuloso en sus actos, aproveche la oportunidad para no dar la cantidad convenida, con lo cual el comprador resultará defraudado en la transacción realizada.

Esta situación que pareciera, a primera vista, fruto de nuestro tiempo, ha sucedido desde la antigüedad, lo cual originó

que, para evitar los fraudes comerciales, se organizaran ciertas inspecciones o vigilancias sobre los instrumentos de medida utilizados por los comerciantes y la manera de usar los mismos. Fue así como se fueron creando, desde hace muchos siglos, Oficinas de Pesas y Medidas, generalmente de carácter municipal o regional y muy esporádicamente con carácter nacional.

Estas oficinas o servicios tuvieron como finalidad el control de las medidas de longitud, de las pesas y balanzas y de las medidas de capacidad (para sólidos y líquidos). De ahí proviene el antiguo nombre de pesas y medidas. Las oficinas cobraban ciertos derechos o tasas por los servicios prestados, denominados derechos de contraste o de aferición).

Hasta principios del siglo pasado, los sistemas de control que se utilizaban permitían cierta garantía en las transacciones, pues entre pueblos vecinos había relativa facilidad de comparación de patrones, pero al irse ampliando cada vez más los mercados y estando éstos cada vez más lejanos, se originaron grandes dificultades por falta de correspondencia entre las medidas del vendedor y del comprador.

A todo esto vinieron a sumarse las consecuencias derivadas de la revolución industrial, ya que entraron en juego una serie de nuevos instrumentos de medida correspondientes a magnitudes tales como: Fuerza, trabajo, energía, potencia, temperatura, presión, eléctricas, etc., así como otros aspectos derivados del mejoramiento del nivel de vida como la aparición de servicios como gas para alumbrado y calefacción; energía eléctrica para iluminación y potencia fabril. Todo ello originó la necesidad de crear controles sobre estas magnitudes, cosa que supuso la utilización de instrumentos de medida cada vez más sofisticados. Esto conllevó a la investigación científica sobre estas magnitudes y su medición, dándole un impulso manifiesto a la ciencia de la medida, la Metrología y las técnicas de la medición.

Estas nuevas demandas de control, en los diversos campos de la medida, resultaron muy superiores a las posibilidades reales de los municipios y éstos, al verse desbordados e imposibilitados para hacer frente a la contingencia presentada, se limitaron a seguir con los controles antiguos ya rutinarios y en otros casos, de

manera audaz e irresponsable, se decidieron a controlar los nuevos campos de manera ficticia, convirtiendo el derecho de contraste por un servicio prestado, en un impuesto, ya que no disponían ni de equipos ni de personal capacitado. Este camino fácil seguido por la mayoría de municipalidades, se constituyó paulatinamente en una deformación del espíritu que una vez tuvieron los servicios de pesas y medidas municipales.

Esta situación, como es lógico pensar, la padecieron primero, los países de mayor desarrollo técnico e industrial, los cuales se vieron obligados a buscar soluciones eficaces. Fueron planteadas dos alternativas básicas:

1. Modernizar y tecnificar los arcaicos servicios municipales de pesas y medidas, introduciéndolos de pleno en los conceptos modernos de Metrología y Metrotécnica
2. Crear uno o varios organismos de carácter nacional que controlasen todo el ámbito metrológico o determinadas facetas del mismo, pero con las ramificaciones y descentralizaciones debidamente analizadas bajo los aspectos técnicos y administrativos

Las circunstancias de cada momento, la idiosincrasia de cada pueblo, el desarrollo científico y técnico de cada país aconsejaron soluciones diversas en evolución permanente; sin embargo, la segunda alternativa es la que se fue generalizando en más países y fue a causa de dos razones:

- Por resultar de más fácil y sencillo funcionamiento, al poder cumplirse más fielmente las prescripciones y normas de trabajo, obtener el máximo rendimiento del personal técnico y lograr una perfecta unidad de criterios en todo el país.
- Como la de menor costo de creación y funcionamiento, ya que por amplia y compleja que fuere la regionalización, nunca podría llegar a ser tan numerosa como la que pudiese representar la municipal.

Consecuente con este orden de ideas, Alemania inició este movimiento, que estaba en gestación mundial, cuando en 1887 (doce años después de la Convención del Metro), creó el Instituto Físico – Técnico de Berlín (Physikalisch – Technische – P.T.R.), el cual actualmente se denomina Physikalisch – Technische – Bundesanstalt – P.T.B.¹⁰, con sede en la ciudad de Braunschweig, y se le dio la potestad a los estados federados del control sobre la metrología legal, reservándose el Instituto, la metrología científica e industrial, así como el dictado de las directrices técnicas de carácter metrológico.

En 1905, Estados Unidos creó una organización similar a la alemana, con el National of Standards – N.B.S., en Washington, dejando la parte de metrología legal bajo la autoridad de los estados de la unión. Caminos similares siguieron Inglaterra, Francia, Suiza, etc., y más recientemente Canadá, Australia, la India, etc. Gran número de estos países han podido mejorar y ampliar su laboratorio metrológico principal y, hoy en día, constituyen todos ellos una gran red de magníficos laboratorios en íntima conexión con el laboratorio internacional del Bureau International de Poids et Mesures – B.I.P.M. de Sèvres.

Todos estos organismos metrológicos nacionales, han podido desarrollarse y obtener grandes realizaciones técnico-científicas a causa del dinamismo, perseverancia y espíritu constructivo que les ha proporcionado el hecho de ser organizaciones de tipo funcional, bajo una dirección única, dotada de un sano criterio de economía de esfuerzos y de recursos. Ello hubiese sido prácticamente imposible si el conjunto hubiere estado en manos de un sin fin de municipios, generalmente carentes de claros conceptos técnicos –científicos pero si dotados de criterios individualistas y a la vez mezquinos en cuanto a los aspectos monetarios.

¹⁰ El PTB Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig und Berlin, ist das nationale Metrologie-Institut mit wissenschaftlich-technischen Dienstleistungsaufgaben. La Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig y Berlín, es el instituto nacional de metrología para la prestación de servicios científicos y técnicos. Sie misst mit höchster Genauigkeit und Zuverlässigkeit – Metrologie als Kernkompetenz. Mide con gran precisión y confiabilidad - la metrología como la competencia central.

Estos organismos metroológicos nacionales constituyen lo que se ha denominado servicio nacional de metrología, y su campo de acción debe extenderse a todo el ámbito nacional en el cual el público se mueve en su vida cotidiana. Es así como ejerce controles sobre balanzas, pesas, metros, medidores de agua, de gas, de energía eléctrica, de carburantes líquidos, etc., incluyendo los controles a los instrumentos de medida utilizados en diversos aspectos de la salud humana y animal, tales como termómetros médicos y veterinarios, tensiómetros para la tensión arterial, instrumentos electrónicos de aplicación médica, instrumentos para análisis clínicos, etc.

En el campo industrial controla instrumentos tales como: calibradores de cursor, micrómetros, relojes comparadores, galgas o bloques rectangulares, manómetros, termómetros industriales, pares termoelectrónicos, pirómetros, balanzas analíticas, etc., así como el instrumental de los laboratorios de pruebas y ensayos industriales, tales como máquinas de ensayo (dureza, flexión, tracción etc.), analizadores de elementos químicos, etc. Esta rápida enunciación de instrumentos no debe considerarse como limitativa sino tan sólo como indicativa y orientadora.

Esta parte de la metrología industrial permite hacer realidad aspectos tan importantes para la industria como con la Normalización y el Control de Calidad, vocablos muy en boga en el momento actual, pero carentes de resultados verdaderamente tangibles si no van acompañados con la metrología; en fin, sin ésta no son más que letra muerta y esfuerzos perdidos.

Finalmente, un servicio nacional de metrología debe entrarse de lleno en el campo científico como base y sustentación de todo lo anterior, así como del enlace con los patrones internacionales centralizados en el "Bureau International des Poids et Mesures B.I.P.M. de Sévres.

BIBLIOGRAFÍA

Elizondo Decanini, Alfredo. (1996) *Manual de Aseguramiento Metrológico Industrial*. México: Ediciones CASTILLO.

Giacomo, P. July 1984 *The new definition of the meter*. Am. J. Phys. 52 (núm 7), págs. 607-613

González González, Carlos y Zeleny Vásquez, Ramón (1998). *Metrología*. Segunda edición. México: McGRAW-HILL.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (2001). ISO-IEC 17025: *Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración*. Bogotá: ICONTEC, 36 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (2000). ISO 9001:2000: *Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos*. Bogotá: ICONTEC, 37 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICA Y CERTIFICACIÓN (2003). NTC ISO 10012: *Sistemas de Gestión de la Medición. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición*. Bogotá: ICONTEC, 22 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICA Y CERTIFICACIÓN (2003). Revista NORMAS Y CALIDAD: *La metrología y los costos de la calidad*. Bogotá: ICONTEC, núm. 59 - 68 p.

Marbán M., Rocío y pellecer, Julio A (2003). *Metrología Legal*. Guatemala: 40 p.

Marbán M., Rocío y pellecer, Julio A. *Metrología para no Metrólogos* (2002). Segunda edición. Guatemala: Sistema Interamericano de Metrología SIM, 129 p.

Mulero A., Suero M.A., Vielba A., Cuadros F. (2002) *El Sistema Internacional de Unidades en el supermercado*. Revista Española de Física, Vol. 16, núm. 5, págs. 41-45.

Real Decreto 1317/1989, de 27 de octubre, por el que se establecen las Unidades Legales de Medida.

Superintendencia de Industria y Comercio. *Decreto 2269 de 1993* (noviembre 16) Diario Oficial No. 41.110 Por el cual se organiza el sistema nacional de normalización, certificación y metrología



METROLOGÍA: Aseguramiento metrológico industrial Tomo I
Se terminó de imprimir en Cadena, en el mes de diciembre de 2011.

Para su elaboración se utilizó bond alta blancura 75 gramos
en páginas interiores, y propalcote 240 gramos en la carátula.

Fuente tipográfica: Times New Roman para texto corrido,
en 11 puntos, títulos 14 puntos.