



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

Máster en Ingeniería Industrial

MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LOS REQUERIMIENTOS METROLÓGICOS EN EL SECTOR COMERCIO EN CASTILLA Y LEÓN

Autor: D. Pablo Martínez del Pozo

Tutor: D. Manuel San Juan Blanco

Valladolid, Enero, 2016



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Máster en Ingeniería Industrial

MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LOS REQUERIMIENTOS METROLÓGICOS EN EL SECTOR COMERCIO EN CASTILLA Y LEÓN

Autor: D. Pablo Martínez del Pozo

Tutor: D. Manuel San Juan Blanco

Valladolid, Enero, 2016

RESUMEN

Con elaboración de este documento se quieren mostrar las fuertes implicaciones de la metrología en sus múltiples campos de aplicación.

Concretamente se profundiza en el campo de la metrología legal destacando la trascendencia de sus actuaciones y resaltando la importancia de un correcto control de los instrumentos de medición para asegurar la transparencia de todas las operaciones realizadas con ellos, desde actividades comerciales, a las que afectan al ámbito sanitario, de seguridad o medio ambiente.

En el marco de la metrología legal se analizan las responsabilidades de cada uno de los órganos de control con competencias en metrología, en todos los niveles: internacional (OIML), europeo (WELMEC) y español (Consejo Superior de Metrología), así como su estructura organizativa y funcional que garantizan el adecuado control sobre los equipos de medida.

De acuerdo a la normativa española, elaborada en consonancia con la reglamentación europea, se establecen los requisitos y pruebas que deben superar los instrumentos de pesaje, y los símbolos identificativos que se colocarán como indicación de que pueden ser puestos en servicio.

Centrándonos particularmente en los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático, se dan indicaciones acerca de los pasos que deben seguir tanto el fabricante como el dueño o usuario de estos instrumentos para asegurar que cumple las normativas establecidas para tales dispositivos.

ABSTRACT

The main aim of this document is to show the strong implications of metrology in its several applications fields.

A deeper research in legal metrology is made to point out the transcendence that a correct control of the measuring devices has in the different operations which are made with this instruments. Specially discussed are their utilities in areas such as health, security or environment.

Referring to legal metrology, the responsibilities of the different organizations are explained in order to indicate how they control the measurements devices. This organizations are involved at different levels which are mentioned: International Organization of Legal Metrology, European Legal Metrology (WELMEC) and Council for Metrology in Spain.

We establish the specifications which should meet the instruments according to Spanish regulations, developed along with the European regulations. Furthermore, the ID cards that certifies that the instruments meets all the tests are included.

Focusing on the non-automatic weighing instruments, the tests which should be passed by the manufacturer on one side, and the user on the other side, are developed so that there is no doubt of what kind of exams must be passed by this devices. Moreover, the responsibilities of both, user and manufacturer are analyzed, so that the reader is aware of the duties and rights of the stakeholders.

INDICE

1. Introducción.....	1
2. Justificación del trabajo fin de master.....	3
3. Objetivos del trabajo fin de master.....	5
4. Metrología: análisis de la situación actual.....	7
4. 1. Metrología científica.....	7
4. 2. Metrología industrial.....	8
4. 3. Metrología legal.....	8
4. 3.1. La metrología legal en la sociedad.....	9
4. 3.1.1. Comercio.....	10
4. 3.1.2. Salud.....	11
4. 3.1.3. Seguridad.....	11
4. 3.1.4. Medio ambiente.....	12
5. La metrología legal: organizaciones internacionales, europeas y nacionales.....	13
5. 1. Metrología a nivel mundial.....	13
5. 2. La metrología legal en Europa.....	15
5. 3. Metrología legal en España.....	16
5. 3.1. Consejo superior de metrología.....	17
5. 3.1.1. Pleno del consejo superior de metrología.....	18
5. 3.1.2. Comisión de metrología legal.....	19
5. 3.1.3. Comisión de laboratorios asociados.....	20
5. 3.1.4. Secretaría técnica.....	21
6. Instrumentos de medida. Obligaciones del fabricante.....	25
7. Metrología legal para los IPFNA en España.....	29
7.1. Control metrológico del estado. Fase comercialización y puesta en servicio.....	29
7.2. Verificaciones de un instrumento.....	31
7.2.1. Aprobación CE del modelo.....	32
7.2.2. Declaración CE de conformidad con el modelo.....	32
7.2.3. Control CE.....	33
7.2.4. Verificación CE.....	33

7.2.5. Verificación CE por unidad.....	33
8. Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático.....	35
8.1. Introducción histórica.....	35
8.2. Clasificaciones de los instrumentos de pesaje.....	37
8.3. Sistema de medida.....	44
8.4. Características de los IPFNA.....	44
8.5. Elementos que componen un IPFNA.....	45
8.5.1. Componentes de un instrumento de pesaje.....	45
8.6. Características metrológicas de los instrumentos de funcionamiento no automático.....	46
8.7. Propiedades metrológicas de un instrumento.....	50
9. Factores a tener en cuenta para realizar los ensayos.....	51
9.1. Efecto de empuje del aire.....	53
9.2. Efecto de la convección.....	55
10. Ensayos.....	57
10.1. Ensayo de la exactitud de los dispositivos de puesta a cero y de ajuste de tara.....	57
10.2. Ensayo de pesaje a temperatura ambiente.....	58
10.3. Ensayo de tara.....	59
10.4. Ensayo de repetibilidad.....	59
10.5. Ensayo de excentricidad.....	60
10.6. Ensayo de movilidad.....	62
10.7. Ensayo de sensibilidad.....	63
10.8. Ensayos especiales.....	63
11. Control metrológico del estado. Fase de instrumentos en servicio.....	65
12. Proceso de verificación tras una reparación o modificación.....	71
13. Requisitos de los organismos de control metrológico y verificación metrológica.....	73
14. Registro de organismos con competencias en actuación metrológica.....	75
14.1. Registro de fabricantes, comerciantes, importadores o importadores.....	75
14.2. Registro de laboratorios autorizados para verificación.....	75

14.3. Registro de reparadores de IPFNA.....	76
15. Conclusiones.....	79
16. Líneas futuras.....	81
17. Bibliografía.....	83

ANEXO I: Boletín de identificación del instrumento del pesaje.

ANEXO II: Certificado de verificación de instrumentos de pesaje.

ANEXO III: Libro-Registro de Verificaciones y Reparaciones

ANEXO IV: Guía sobre los requerimientos metroológicos
para el sector comercio en Castilla y León

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Trazabilidad.....	9
Figura 2: Metrología legal en España.....	17
Figura 3: Consejo Superior de Metrología.....	17
Figura 4: Pleno del CSM.....	18
Figura 5: Comisión de Metrología Legal.....	19
Figura 6: Comisión de laboratorios asociados.....	20
Figura 7: Secretaría técnica.....	21
Figura 8: Estructura del CEM.....	22
Figura 9: Estructura metrológica en España.....	23
Figura 10: Metrología esquema general - tipos.....	23
Figura 11: Marcado CE.....	31
Figura 12: Marcado adicional de conformidad metrológica.....	31
Figura 13: Número de identificación del organismo que verifica.....	31
Figura 14: Balanza romana.	35
Figura 15: Balanza de platos.....	36
Figura 16: Balanza con masas patrón.....	36
Figura 17: Balanza con indicador de aguja.....	36
Figura 18: Pesacartas de péndulo.....	38
Figura 19: Transductor de fuerza con resorte.....	39
Figura 20: Transductor de fuerza hidráulico.....	39
Figura 21: Transductor de fuerza neumático.	40
Figura 22: Transductor de fuerza capacitivo.....	40
Figura 23: Galgas extensiométricas.....	41
Figura 24: Transductor piezoeléctrico.	42
Figura 25: Transductor piezométrico.....	42
Figura 26: Transductor reluctivo.....	43
Figura 27: Transductor magneto-elástico.....	43
Figura 28: Transductor piezorresistivo.	43
Figura 29: Norma UNE EN 45501.....	47
Figura 30: Figura 5.3-1 de G-ENAC-13.....	61
Figura 31: Colocación de la carga en el ensayo de excentricidad.....	61

Figura 32: Colocación especial de excentricidad de la carga.....	61
Figura 33: Puesto fuera de servicio o inutilización de un IPFNA.....	66
Figura 34: Etiqueta que indica una verificación correcta.....	66
Figura 35: Marcado especial de la Comunidad Autónoma. Corresponde al del Principado de Asturias, para Castilla y León en lugar de 05 sería un 17.....	69

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clases de exactitud.....	48
Tabla 2: Alcance máximo de los IPFNA según la clase de exactitud.....	48
Tabla 3: Error máximo permitido.....	49
Tabla 4: Escalón – Graduación.....	49
Tabla 5: Escalón de verificación – número de escalón – alcance mínimo.....	49
Tabla 6: OIML R 111.....	54
Tabla 7: Comunidades Autónomas.....	69
Tabla 8: Identificación según el tipo de actividad.....	69

1. INTRODUCCIÓN

En una primera parte, se encabeza el documento situando al lector en la ciencia de la metrología, esclareciendo los objetivos que persigue y las ramas en que se divide.

Una vez distinguidas las áreas de conocimiento de cada tipo de metrología, se analiza en profundidad la que aquí nos ocupa: la metrología legal. Se detallan los diferentes ámbitos en los que influye, tales como la salud, comercio, seguridad y el medio ambiente.

En una segunda parte, se indican los organismos que se encargan de regular todas las actuaciones en el ámbito de la metrología.

En este apartado se desarrolla el funcionamiento de las entidades competentes en metrología a todos los niveles: internacional (OIML), europeo (WELMEC), nacionales (Consejo Superior de Metrología).

Se detalla en funcionamiento de los diferentes órganos del Consejo Superior de Metrología:

- El pleno.
- La comisión de laboratorios asociados.
- La comisión de metrología legal.
- La secretaría técnica y su órgano de actuación: el Centro Español de Metrología.

La última parte del trabajo corresponde íntegramente a los instrumentos de pesaje.

Aquí se hace una descripción de los controles a lo que se somete al fabricante a los dispositivos, los símbolos identificativos que llevan y lo que significan los símbolos.

Seguidamente se analizan los específicamente los dispositivos que son objeto de análisis en este documento: los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático (IPFNA por sus siglas). Se hará una explicación detallada de ellos incluyendo los siguientes puntos:

- Una reseña histórica.
- Clasificaciones de los instrumentos.
- Características y elementos de los instrumentos.
- Ensayos y exámenes que se realizan sobre los instrumentos.
- Qué símbolos se ponen en los instrumento para indicar si ha pasado o no los controles.
- Explicación de los procedimientos para la puesta en servicio tras la reparación del instrumento.

Finalmente se obtienen unas conclusiones y se proponen futuras líneas de investigación.

2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO FIN DE MASTER

La idea de elaborar este documento surge ante la creciente necesidad de acercar a los usuarios de los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático, como por ejemplo: básculas, a la normativa que les concierne como dueños o usuarios de tales dispositivos.

Con frecuencia no somos conscientes de las diferentes etapas de diseño, concepción, fabricación, ensayos y controles de calidad etc... a las que son sometidos hasta que llegan a nuestras manos los diferentes objetos que nos resultan imprescindibles en la vida diaria. En el ámbito doméstico no es obligatorio realizar controles a los aparatos tales como electrodomésticos, al comprarlos, estos tienen incluida una etiqueta que indica que ese aparato ha superado todos los exámenes, de otro modo no estarían puestos a la venta. Además, los fabricantes incluyen un periodo de garantía, en que aseguran al comprador que todas las características del producto se mantendrán intactas durante ese tiempo y comprometiéndose a actuar en caso de que no sea así.

Sin embargo cuando se trata de actividades comerciales, en las que el cliente realiza un pago por un servicio o producto, la persona que ofrece el servicio sí que está obligada a que su instrumento sea puesto a prueba periódicamente. De este modo se evitan situaciones conflictivas y todas las partes interesadas tienen total certeza de que la transacción comercial se lleva a cabo con absoluta transparencia.

Un ejemplo claro es cuando un cliente compra alimentos a peso en un establecimiento comercial, el dispositivo de pesaje debe indicar exactamente el peso del producto en cuestión, ni favorecer al cliente (indicar menos peso del que realmente es), ni perjudicarlo (marcar más peso).

Es aquí donde el usuario/poseedor del aparato de pesaje debe conocer sus obligaciones, para ser consciente de las medidas regulatorias que se le pueden aplicar en caso de negligencia.

Así pues, este documento detalla de manera clara los derechos y las obligaciones correspondientes al usuario del instrumento de pesaje. Se describen las pruebas y ensayos a que va a ser sometido el equipo de medición, y las actuaciones a seguir en función del resultado de tales exámenes.

3. OBJETIVOS DEL TRABAJO FIN DE MASTER

El propósito del proyecto es mostrar el alcance de la metrología legal en todas sus áreas de influencia.

Se enfoca especialmente el sector comercio resaltando el amplio rango de operaciones comerciales (adquisición de un bien o servicio mediante un pago monetario) en las que intervienen los instrumentos de medida.

En el marco de los instrumentos de medida, se centra la atención en los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático. En concreto, se trata de presentar de una manera clara y sin ambigüedades las siguientes cuestiones:

- 1) Las obligaciones a que está sujeto todo dueño o usuario de un instrumento de pesaje de funcionamiento no automático.
- 2) Los exámenes periódicos que deben superar estos dispositivos para que se verifique que están en perfectas condiciones para su puesta en servicio.
- 3) Factores que afectan a la realización de estas pruebas.
- 4) Realizar un ensayo real, cualquiera de los requeridos por normativa para un instrumento en Castilla y León, y mostrar los resultados obtenidos.
- 5) La estructura de los organismos públicos que llevan a cabo estos controles.
- 6) Derechos y obligaciones a que están sujetas las entidades que realizan los ensayos.
- 7) Funcionamiento de los centros especializados a los que las administraciones públicas dan competencias para examinar estos equipos de pesaje.
- 8) Obligaciones que debe cumplir el fabricante y que garantizan que el producto que comercializa está en regla.

Se pretende con este trabajo servir de guía para que cualquier usuario o poseedor de un instrumento de pesaje de funcionamiento no automático conozca sus derechos y obligaciones. Concienciarle acerca de su posición y labor en el mundo de la metrología, y mostrarle la importancia que tiene, tanto para él como para cualquier otra persona, el adecuado control y seguimiento de las pautas que marca la metrología legal. Se puede ver una sencilla guía explicativa en el Anexo IV.

4. METROLOGÍA: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Se va a empezar este trabajo introduciendo al lector en la ciencia de la metrología, presentando los objetivos que persigue y explicando los conceptos más importantes para entender el mundo de la medición.

En primer lugar: ¿qué es la metrología? La metrología es la ciencia que se ocupa tanto a nivel teórico como a nivel práctico de los sistemas de pesos y medidas en todas las ramas científicas y tecnológicas.

La metrología trata concretamente las siguientes áreas:

- Unidades de medida: la definición de las unidades de medida internacionalmente aceptadas; p.e.: el metro.
- Realización física de las medidas por métodos científicos.
- Métodos y procedimientos de medición: determinando la trazabilidad de los mismos, así como el valor exacto de las mediciones.
- Características de los instrumentos de medición.
- Las personas y entidades involucradas en las mediciones.

Es posible que los conceptos de la ciencia de la metrología sean familiares para pocas personas, sin embargo, es tan amplio el número de campos que abarca la metrología, que los beneficios del buen hacer diario en las mediciones son disfrutados por todos y llegan a influir en aspectos no siempre conocidos. Podemos encontrar ejemplos claros en la vida diaria: el correcto pesaje de los paquetes del café o de los medicamentos que consumimos y que afecta a la economía diaria, los relojes que marcan el ritmo de vida de las personas, la temperatura de una sala, las tallas de las prendas de ropa. Las consecuencias del control de las medidas pueden llegar a influir en nuestro estado de ánimo como es el caso de las básculas de baño o los radares de la policía además de influir en nuestra seguridad como cuando medimos la presión de los neumáticos o la velocidad de un vehículo.

De este modo podemos hacernos a la idea de hasta qué punto el mercado, las transacciones comerciales así como las leyes dependen de la metrología.

El amplio abanico de disciplinas que cubre la metrología hace que sea necesario distinguir hasta tres categorías dentro de esta ciencia.

4. 1. METROLOGÍA CIENTÍFICA

Es la rama de la metrología que se encarga, por una parte de la conservación y trazabilidad de los patrones y por otra del avance en la investigación (I + D) para la renovación de las técnicas de medición. Se ocupa de todas las cuestiones metrológicas, teóricas y prácticas (conversión entre unidades, errores de medida...), de todas las disciplinas científicas (mecánica, electricidad, electrónica, química, salud...).

4. 2. METROLOGÍA INDUSTRIAL

Trata todos los aspectos a nivel industrial en los que está involucrada la metrología y donde la medición, trazabilidad, calibración, verificación o incertidumbre de resultados jueguen un papel clave. Tiene especial importancia en aquellas partes del proceso industrial en las que la fiabilidad de los resultados tenga una importancia crucial como pueden ser los controles de calidad, ya que de su resultado puede depender las acciones a llevar a cabo sobre un producto: aceptabilidad, reparación, rediseño o incluso desechar definitivamente el producto.

4. 3. METROLOGÍA LEGAL

La metrología es la parte de la metrología que, como su propio nombre indica se encarga de los aspectos legales y administrativos de la metrología tales como: asegurar que un dispositivo de medición está preparado para su uso (o comercialización) o garantizar el nivel de calidad de un producto. Al garantizar que un dispositivo está preparado para uso se evitan los posibles problemas que puedan aparecer al utilizar tales dispositivos.

Se encarga de garantizar la corrección de los instrumentos de medida así como de los métodos de medida para asegurar la transparencia de las relaciones comerciales y velar por la salud y bienestar de consumidores y usuarios, así como del medio ambiente.

Del mismo modo que garantiza que un producto puede dedicarse al uso para el que está en servicio, también se ocupa de que aquellos métodos empleados o instrumentos que no cumplan las especificaciones requeridas, sean apartados del funcionamiento y, establece las sanciones pertinentes en caso de que tal comportamiento se considere una infracción.

La metrología legal se puede estar definida de diferentes formas, todas ellas con la misma filosofía. Aquí se exponen algunas de ellas:

Según el Vocabulario Internacional de Metrología (VIM), la metrología legal es aquella parte de la metrología que se ocupa de las actividades que resultan de exigencias reglamentarias y que se aplican a las mediciones, a las unidades de medida, a los instrumentos de medición y a los métodos de medición y que son efectuadas por organismos competentes.

El Physikalisch – Technische Bundesanstalt (PTB) alemán define la metrología legal como: la metrología controlada y regulada por disposiciones del Estado y que abarca especialmente aquellos ámbitos en los que hay un especial interés público.

Para la Academia de las Ciencias de Francia la metrología legal es: el medio mediante el cual el Estado actúa sobre determinados tipos de instrumentos.

Según el Centro Español de Metrología CEM: “campo de la metrología que contempla las actividades por las que se establecen las exigencias legales sobre las medidas, unidades de medida, instrumentos de medida y métodos de medida, cuyos resultados puedan tener influencia sobre la transparencia de transacciones comerciales, la salud o la seguridad de consumidores y usuarios, así como sobre el medio ambiente”.

Antes de continuar, ya se han nombrado los conceptos: verificación, calibración y trazabilidad, que es necesario aclarar ya que, para el personal ajeno a ámbito de la metrología no siempre queda clara la diferencia entre ellos:

- **Verificación:** es una operación que realiza un organismo autorizado y constituye una prueba clara y libre de subjetividades de que el instrumento de medida cumple los requisitos exigidos. Es decir, la verificación sólo dice si un instrumento está, o no, dentro de la normativa, pero no indica en qué medida cumple la normativa. Este examen lleva consigo un marcado sobre el instrumento indicando el resultado de la prueba.
- **Calibración:** la hace un laboratorio de calibración y consiste en medir (en unas condiciones especificadas) un patrón con el instrumento a calibrar. Con esta operación se determinan las características metrológicas del instrumento y se establece la relación que dé, a partir de la indicación del instrumento (y para cualquier indicación), el resultado real de la medida. Es especialmente importante calibrar un instrumento pues gracias a ésta se da trazabilidad al instrumento. Ésta trazabilidad contribuye directamente a la fiabilidad del dispositivo, se sabe hasta qué punto es instrumento es exacto.
- **Trazabilidad:** es la característica del resultado de la medida que la confiere capacidad de comparar tal resultado en una cadena ininterrumpida de calibración con una incertidumbre asociada a cada comparación. Una posible cadena de trazabilidad se muestra a continuación.

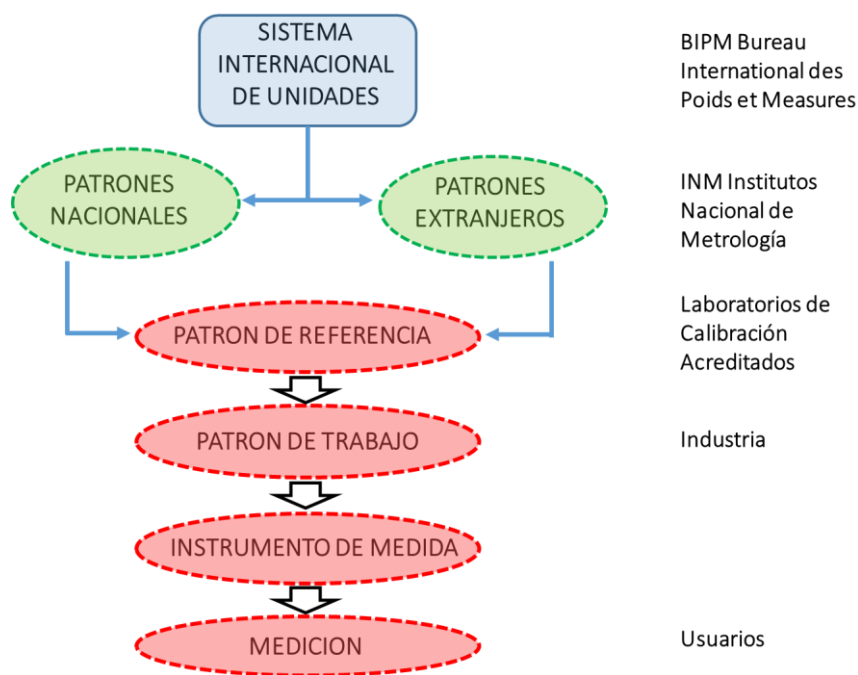


Figura 1: Trazabilidad

4. 3.1. LA METROLOGÍA LEGAL EN LA SOCIEDAD

El mundo globalizado en el que vivimos hoy en día y la creciente preocupación por la salud, la seguridad y la conservación del medio ambiente, exige la existencia de sistemas e instrumentos de medida que estén sometidos a los mismos patrones en todo el mundo. Es por ello que se

hace necesaria la existencia de organizaciones y sistemas de acreditación que, en la búsqueda de la citada transparencia en las transacciones comerciales, den acceso a patrones nacionales e internacionales.

Así pues, todos los integrantes de una sociedad, desde consumidores, empresarios hasta el gobierno se benefician del correcto funcionamiento de un sistema de metrología legal, ya que ésta está presente siempre que en una relación comercial entran en juego mediciones y sus resultados. La metrología se apoya en principios físicos y como tal es imparcial en su resultado sin importar quien resulte favorecido. Cuando empresario compra o vende a otro comerciante un producto, es habitual que ambos tengan sus propios medios para determinar las cantidades de mercadería que se están transfiriendo, debiendo obtener ambos un resultado idéntico fruto de estar todos los instrumentos bajo los mismos estándares en normativa técnica y legal. Sin embargo, cuando se trata de venta al por menor, no es común que el cliente final cuente con los instrumentos adecuados para comprobar la veracidad de las medidas, siendo aquí donde, a priori, puede haber mayor incertidumbre acerca de la exactitud de las medidas realizadas. Resulta por tanto de vital importancia que el gobierno asegure el buen funcionamiento de la metrología legal, protegiendo a aquellos que no pueden protegerse por sí mismos. De este modo, el consumidor tiene la total certeza y confianza de que la cantidad de bien o servicio que está recibiendo en una transacción es la correcta.

Son las leyes, reglamentos y normativas vigentes aprobadas por el gobierno las que constituyen el ámbito de actuación de la metrología legal, y es el gobierno el que actúa en aras del interés público garantizando la corrección de las mediciones.

Si no se esclarece a veces la utilidad de la metrología legal, puede ser porque no siempre está tan evidente el servicio directo que realiza, para ello se citan a continuación algunos beneficios que sobre la sociedad tiene su correcta aplicación.

- El comercio actual mide miles de toneladas de productos tanto tangibles (comida, ropa,...) como intangibles que también están bajo el ámbito de actuación de la metrología legal como puede ser la energía eléctrica.
- Al estar todos los usuarios sometidos a los mismos estándares, permite evitar prácticas desleales o abusivas, promoviendo un sentido de la ética y favoreciendo la competitividad, de la que sale beneficiada la sociedad.
- Se protegen los intereses y derechos de todas las personas en las relaciones comerciales entre si y con el gobierno, lo que ayuda evitar conflictos sociales.
- Obliga al empresario a fabricar según estándares y normativas.
- Favorece y fortalece la función judicial del gobierno.

4. 3.1.1. COMERCIO

Para el público general tal vez este sea el aspecto más visible de la metrología legal.

En el comercio, uno de los instrumentos más ampliamente utilizados es la balanza. Los supermercados actuales cuentan con balanzas electrónicas o incluso balanzas para el autoservicio del cliente. Estos aparatos de pesaje deben cumplir con los mismos requisitos que otros aparatos de medición del mismo tipo.

En el caso de los productos que envasados desde su fase de producción, como pueden ser los refrescos, la leche, sal o galletas, el usuario final no observa los procesos de medición a que han sido sometidos estos productos en la fase de embalaje. Las autoridades de verificación son las encargadas de asegurar el cumplimiento de la reglamentación que se aplica a los productos pre-empacados.

Hay otros casos que se dan en el ámbito doméstico que, si bien pueden no ser tan tangibles, afecta a la vida diaria de las personas en aspectos tales como su economía. Entre estas situaciones se pueden destacar: suministro de servicios tales como el agua, la electricidad o el gas y otros que, aunque no se suministren de manera tan directa, también se han de tener en consideración como el suministro de combustible en las estaciones de servicio.

4. 3.1.2. SALUD

La salud de las personas siempre es un tema delicado y al que hay que dedicarle especial consideración, de ahí que la frecuencia con que se llevan a cabo los controles sobre los instrumentos de medida depende de la importancia que una medición errónea pueda tener sobre un paciente.

Resulta evidente la importancia que la verificación de aparatos tales como los termómetros o los aparatos que miden el ritmo cardíaco.

Aún mayor importancia puede cobrar el control de otros instrumentos cuyas medidas pueden influir en el diagnóstico y posterior tratamiento clínico para el paciente. En estas situaciones, asegurar la correcta calibración de espirómetros, máquinas de rayos X o gafas graduadas entre otros.

Del mismo modo que se destacó la importancia de las balanzas en el ámbito del comercio, aquí cobra más importancia si cabe el correcto funcionamiento de los instrumentos de pesaje. Un ejemplo claro de ello es tener certeza de que los comprimidos de los medicamentos que se pueden adquirir en una farmacia tengan la dosis exacta del fármaco.

Las farmacias, centros de salud, hospitales y otras instalaciones sanitarias cuentan con balanzas en las que con frecuencia se realiza el pesaje de niños recién nacidos con el objeto de determinar el estado de salud de los mismos. Estas balanzas deben estar perfectamente calibradas ya que de su medición depende que se adopten unas medidas u otras sobre la salud de las personas.

4. 3.1.3. SEGURIDAD

Los elementos de protección y auxilio existentes en el entorno de trabajo tales como detectores de humo o alarma antiincendios están sujetos a normativas que exigen controles periódicos.

Del mismo modo, en la seguridad vial, los elementos que garantizan la correcta fluidez del tráfico están sometidos a mediciones estrictas para asegurar por ejemplo la perfecta sincronización de los semáforos. Los radares están calibrados al igual que los relojes que controlan el tiempo de los parquímetros de los estacionamientos. También requieren verificación periódica los equipos de pesaje de maletas en los aeropuertos que evitan el sobrepeso en los aviones.

Cuando estamos conduciendo también debemos asegurarnos de que la presión de los neumáticos es la adecuada y de que todos los sistemas que emplea el vehículo (equipamiento eléctrico, sistema de frenada, señalizaciones de emergencia) están ajustados a sus respectivas normativas.

4. 3.1.4. MEDIO AMBIENTE

La sociedad está cada vez más concienciada de los problemas que ocasiona para la salud los gases emitidos por los elementos de transporte antes mencionados y por las industrias. Para conseguir un aire lo más limpio posible y evitar posibles intoxicaciones y problemas respiratorios, las autoridades, tanto nacionales como internacionales, llevan un tiempo exigiendo a las industrias que tomen medidas para reducir la emisión de gases contaminantes, llegando a imponer sanciones cuando las mediciones superan los valores permitidos. Existen diferentes acuerdos internacionales al respecto tales como el Protocolo de Kioto y Protocolo de Montreal.

Además de la contaminación aérea, también cobra capital importancia la contaminación de las tierras y aguas por los vertidos tóxicos que ellas confluyen procedentes tanto de industrias como de viviendas domésticas. La mezcla del agua de los ríos y mares con detergentes y otros compuestos químicos, daña no sólo la salud de las personas, sino que también afecta al hábitat por el que fluye el agua (riberas de ríos, bosques...) sino también a los seres vivos que habitan en él (animales...).

También es motivo de preocupación la contaminación acústica emitida tanto por el tráfico rodado como el ferroviario o la existentes en los aeropuertos que puede afectar tanto a los usuarios de los mismos como a las viviendas colindantes.

En todos estos sectores, la metrología legal ayuda tanto al proveedor como al consumidor proporcionando herramientas legales y técnicas. Desde el punto de vista legal, se establecen bases teóricas y estándares que deben ser respetados. Desde el punto de vista técnico, la metrología provee a las diferentes industrias con materiales de referencia tales como patrones y otros instrumentos calibrados para realizar controles y mediciones. Proporciona instrumentos con la certificación y homologación requerida para que lleven a cabo ellos mismos la calibración de los equipos; y también hace estudios, pruebas y ensayos a petición de organismos gubernamentales como privados.

5. LA METROLOGÍA LEGAL: ORGANIZACIONES INTERNACIONALES, EUROPEAS Y NACIONALES.

5. 1. METROLOGÍA A NIVEL MUNDIAL

Hay varias entidades que tienen como fin realizar un cierto seguimiento y coordinación de las actividades en materia de metrología a legal entre países. Entre ellas destacan por su importancia: Organización Internacional de Metrología Legal (OIML), Sistema Interamericano de Metrología (SIM) o la Cooperación Europea en Metrología Legal.

A nivel internacional el principal organismo es la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML). Tal y como aparece en el documento OIML B 15: “La misión de la OIML es permitir a las economías implantar infraestructuras efectivas de metrología legal, mutuamente compatibles y reconocidas internacionalmente, en todas las áreas de responsabilidad de los gobiernos, tales como aquellas que facilitan el comercio, establecen la confianza mutua y armonizan a nivel mundial el nivel de protección de los consumidores”.

Es importante destacar que la OIML no dicta normas, sino que sirve de nexo de unión para los países miembros de la organización y tales miembros, como participantes, colaboran en la elaboración de reglamentación en materia metrológica que contribuya a la desaparición de obstáculos en el comercio de los dispositivos que son objeto de las normas. Estas normas de metrología se consideran aplicadas en todos los países que forman la OIML a través de sus organismos nacionales de metrología. Además, en esta cooperación que se prestan los estados miembros entre ellos está también incluida la ayuda que presten, en forma de recursos o instalaciones, los países más desarrollados pertenecientes a la OIML a aquellos países menos avanzados en la materia. Los resultados de esta colaboración.

Los objetivos principales de la OIML se pueden resumir en:

- Puesta en común y elaboración de normativa lo más universal posible para eliminar las barreras del comercio de dispositivos de medida.
- Puesta en común de tecnología y procedimientos de metrología.
- Concienciar de la importancia de la metrología legal.
- Promover la metrología legal en países menos desarrollados.

En este último apartado, para los países no pertenecientes a la OIML que estén en crecimiento, la OIML cuenta con un Consejo de Desarrollo que atiende las siguientes actividades:

- Asuntos legales y administrativos de metrología.
- Como se forma una administración nacional de metrología: infraestructura y estructura operativa.
- Formación en metrología legal.
- Consejos, sugerencias y recomendaciones.

Además, para los países en desarrollo, la OIML facilita las posibilidades de comercio de sus productos mediante certificados: Sistema de Certificados OIML. Se trata de certificados que aseguran que un modelo de dispositivo cumple los requisitos mínimos exigidos por la OIML en sus Recomendaciones internacionales. Esta es una vía ágil y económica para que aquellos

países en crecimiento que no tienen medios para hacer exámenes puedan exportar sus productos. Este sistema de certificados es, por supuesto, voluntario.

La OIML trata de conseguir el consenso tanto entre sus países miembro como con otras administraciones internacionales (y regionales) de normalización (ISO, IEC, UNEC...). Y en este sentido hay que añadir que la OIML también trata de cooperar con organizaciones encargadas de la coordinación de otros ámbitos asociados a la metrología como son: el comercio y la Organización Mundial del Comercio, la salud y la Organización Mundial de la Salud.

Para dar respuesta a estas necesidades, a la posibilidad de homologar los certificados emitidos por distintos laboratorios o empresas privadas y a establecer un clima de confianza y seguridad entre todas las partes interesadas, la OIML planteó el “Nuevo Enfoque” y el “Enfoque Global”.

“Nuevo Enfoque”: tratar de eliminar las barreras entre países con la armonización de las reglamentaciones. Tiene por estándares: la calidad y la seguridad, principios que fomenta promoviendo la instalación, en las empresas, de sistemas de gestión de la calidad que aseguren que cada producto se fabrica de acuerdo con su modelo aprobado. No sólo se consigue poder exportar productos, sino también tener la total certeza de que tal ejemplar cumple con los requisitos de calidad exigidos y el fiable.

“Enfoque Global”: tiene como misión asentar las bases de una confianza mutua entre países. Para lograrlo, apoya la aplicación en materia de seguridad industrial, de las mismas herramientas empleadas para confirmación de la calidad industrial, con la diferencia de que mientras que para la calidad se hace de manera optativa, para la seguridad industrial, tiene la forma de acreditaciones y es obligatorio.

La OIML establece sus objetivos a través de:

- Recomendaciones Internacionales.
- Documentos Internacionales.
- Guías Internacionales.
- Publicaciones Internacionales Básicas.

Las Recomendaciones de la OIML tratan de aunar las pruebas realizadas a los diferentes dispositivos por los estados miembros de la organización. La correcta aplicación de estas Recomendaciones da unos resultados fiables y asegura el cumplimiento de las exigencias mínimas y la conformidad del instrumento con el modelo certificado por la norma. Así se evita la duplicidad de los ensayos (con la reducción de costes que conlleva).

Dentro de las Recomendaciones cabe destacar el hecho de que algunas de ellas están encaminadas a mostrar las propias pruebas que deben realizarse a los equipos, mientras que hay Recomendaciones más centradas en evaluar los resultados de tales pruebas.

Con sus Documentos Internacionales, que son meramente informativos, la OIML trata de guiar a las diferentes organizaciones nacionales de metrología en el desarrollo de sus funciones.

Las Guías Internacionales también son informativas y están enfocadas a explicar más concretamente algunas exigencias de la metrología legal.

Las Publicaciones Internacionales Básicas son las que describen el funcionamiento estructural de la OIML.

Para hacernos una idea de la presencia que tiene la OIML en el mundo, se enumeran a continuación los países pertenecientes a ella: Albania, Argelia, Australia, Austria, Bielorrusia, Bélgica, Brasil, Bulgaria, Camerún, Canadá, china, Croacia, cuba, Chipre, República Checa, Dinamarca, Egipto, Etiopía, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, india, indonesia, irán, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Kazajstán, Kenia, corea, macedonia, Mónaco, marruecos, Holanda, nueva Zelanda, noruega, Pakistán, Polonia, Portugal, Rumanía, Rusia, arabia saudí, serbia, Montenegro, Eslovaquia, Eslovenia, Sudáfrica, España, Sri Lanka, Suecia, suiza, Tanzania, Túnez, reino unido, estados unidos, Vietnam.

Las recomendaciones de la OIML son las que emplea la Unión Europea para escribir sus Directivas Europeas, por lo tanto, los acuerdos en metrología legal alcanzados por los componentes de la OIML son de obligado cumplimiento en los países miembros de la UE.

5. 2. LA METROLOGÍA LEGAL EN EUROPA

La Unión Europea en su Mercado Único siempre se ha caracterizado por buscar la libre circulación de personas, bienes y mercancías. En este marco también tiene su función la metrología legal que persigue dos objetivos fundamentales:

- Que un producto fabricado en cualquier estado miembro siguiendo las normativas de la UE pueda ser usado en cualquier otro estado miembro.
- Aunar los procedimientos de evaluación de la conformidad cuyo seguimiento asegura cumplir los requisitos esenciales que los organismos de evaluación de la calidad consideren oportunos.

Las funciones que a nivel internacional desarrolla la OIML son competencia, a nivel Europeo, de la “European Cooperation in Legal Metrology” también llamada WELMEC (Western European Legal Metrology) aunque a un nivel más operativo.

En su enfoque más práctico la WELMEC trata de dar una respuesta sólida a las necesidades en metrología de los países miembros. Los objetivos que se persiguen al crear la WELMEC son:

- Constituir enlaces de mutua confianza entre las organizaciones metrológicas de Europa.
- Definir el alcance de la metrología legal.
- Desarrollar y consolidar líneas comunes de metrología legal.
- Establecer un marco de referencia con características especiales.
- De acuerdo con lo anterior, eliminar las posibles ambigüedades en la interpretación de la normativa.
- Identificar problemas y promover el estudio de posibles soluciones.
- Facilitar el intercambio de información entre los países.
- Facilitar el comercio de los dispositivos de medida.

Para alcanzar los objetivos, la WELMEC cuenta actualmente con los siguientes grupos de trabajo:

- Dirección de implementación.
- Aspectos generales de metrología legal.
- Supervisión de actividades de metrología.

- Software.
- Directiva de instrumentos de medida.
- Equipos de medida para líquidos diferentes del agua.
- Medidores de servicios públicos.
- Embalajes.

El éxito de la WELMEC en su labor de soporte para la armonización y cooperación entre los estados miembros de la Unión Europea ha sido reconocido por la propia Comisión Europea que la consideró como un medio eficaz para la comunicación, operación y desarrollo en materia metrológica no sólo entre los países miembros, sino también con la OIML.

5. 3. METROLOGÍA LEGAL EN ESPAÑA

Al igual que otras disciplinas tienen organismos estatales que controlan su funcionamiento, la metrología, como no puede ser de otro modo, está sometida al control por parte del estado. Ahora aparecen en escena los que se pueden llamar: poder legislativo, ejecutivo y judicial dentro de la metrología.

Órgano legislativo: se encarga de elaborar la normativa siempre en consonancia con las normativas europeas (no las puede contradecir), y en caso de ser necesario, también las normativas específicas.

Órgano ejecutivo: el control metrológico lo realiza el estado y tiene por objetivo que sólo puedan ser fabricados, comercializados, importados o utilizados aquellos productos que hayan pasado con éxito los controles que se establecen en la Ley 18 Marzo 1985 de Metrología. Concretamente en España, el control metrológico consiste en:

- Aprobación del modelo.
- Verificación primitiva.
- Verificación periódica.
- Verificación después de reparación o modificación.
- Vigilancia e inspección.

Este control lo realizan las entidades de certificación, que ponen a prueba los productos para ver hasta qué punto el producto es fiel a la normativa. Esta operación sólo es obligatoria cuando se está sometido a los Reglamentos de Seguridad Industrial.

Órgano judicial: el incumplimiento de algunos de los requisitos establecidos por el estado va acompañado de las correspondientes sanciones administrativas además de las responsabilidades civiles o penales (y de otro si fuera el caso). En lo referido a sanciones administrativas, el procedimiento sancionatorio viene definidos en el Título VI del Capítulo II de la Ley de Procedimiento Administrativo.

En este marco de legalidad se establece como órgano superior de asesoramiento y coordinación e metrología histórica, legal, científica y técnica el Consejo Superior de Metrología, cuya estructura u composición se muestra en el siguiente esquema.

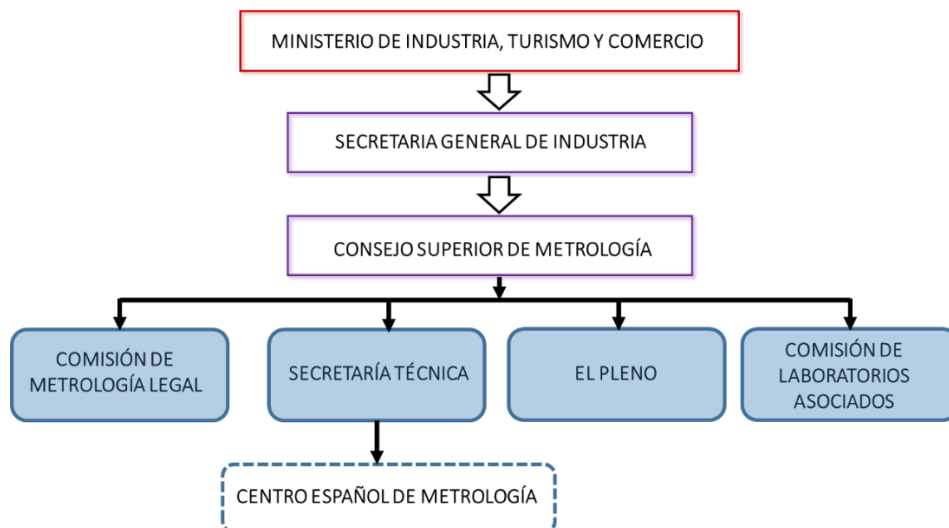


Figura 2: Metrología legal en España

5. 3.1. Consejo superior de metrología

Se estableció el 18 marzo de 1985 y es la entidad estatal que se ocupa del asesoramiento y coordinación en lo que se refiere a metrología histórica, legal, científica y técnica.

El consejo superior de metrología se adscribe al Ministerio de Industria Turismo y Comercio a través de la secretaría general de industria.

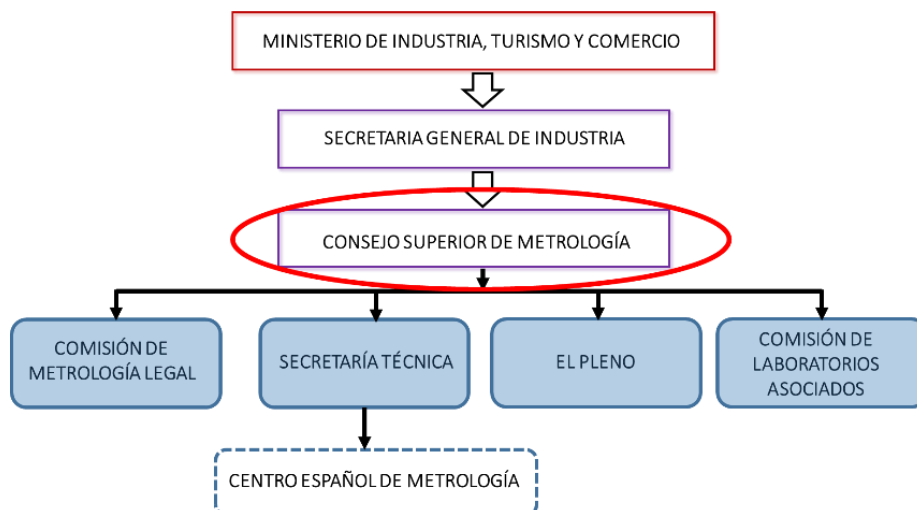


Figura 3: Consejo Superior de Metrología

Las competencias del Consejo Superior de Metrología son:

- Apoyar el impulso, desarrollo y aplicación de los acuerdos internacionales y europeos en los que España forme parte, asegurando, por ejemplo, la utilización del Sistema Internacional de Unidades SI.
- Analizar la normativa internacional y realizar los estudios que le puedan ser solicitados por las diferentes organizaciones con competencias en metrología.

- Coordinar todas las actividades metroológicas de los departamentos ministeriales dando los criterios básicos. En este sentido, los departamentos ministeriales que tengan atribuciones en materia metroológica tendrán que informar de las actividades que están realizando.
- Proponer el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y su vez al Gobierno las acciones necesarias para la difusión, mantenimiento y desarrollo por todo el territorio español de las unidades básicas así como la aplicación del régimen regulado de aplicación.
- Comunicar al Ministerio, al menos una vez al año, las prioridades en materia de metrología de acuerdo con el apartado anterior.
- Permanecer al corriente del nivel de cumplimiento con los objetivos establecidos por el Centro Español de Metrología y los Laboratorios asociados.
- Estar informado, a través de las Comisiones de Laboratorios Asociados y Metrología Legal, de los trabajos realizados por las entidades con competencias en metrología.

Los órganos que forman el Consejo superior de metrología:

- El pleno.
- Comisión de metrología legal.
- Comisión de laboratorios asociados.
- Secretaría técnica.

5. 3.1.1. PLENO DEL CONSEJO SUPERIOR DE METROLOGÍA

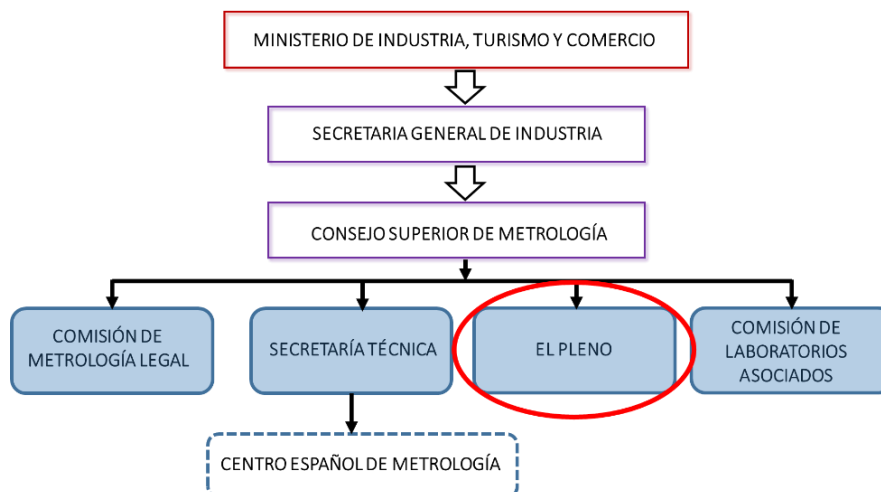


Figura 4: Pleno del CSM

El pleno se reunirá cuando se considere necesario (2 veces al año como mínimo) a petición de la presidencia del pleno o cuando el 15% de los miembros acuerden el orden del día a debatir.

El pleno del consejo superior de metrología lo conformarán: la presidencia, la vicepresidencia, representantes (3) de las comunidades autónomas, las vocalías (10), representantes (2) de los laboratorios asociados al CEM y representantes (1) de la Federación Española de Municipios y Provincias.

Presidencia: será ejercida por el titular de la Secretaría General de Industria.

Vicepresidencia: la ejercerá la dirección del CEM.

Las vocalías son representantes de los Ministerios y a tal efecto son nombrados por las Subsecretarías de los departamentos ministeriales. Los Ministerios con representación serán los siguientes:

- Ministerio de Interior.
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Ministerio de Sanidad y Consumo.
- Ministerio de Medio Ambiente.
- Ministerio de Defensa.
- Ministerio de Economía y Hacienda.
- Ministerio de Educación y Ciencia.
- Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación.
- Ministerio de Fomento.

Al igual que en otros ámbitos, el estado ha delegado funciones en materia de metrología a las Autonomías. Esto ha dado lugar a la necesidad de tener una entidad que sirva de enlace entre el Pleno del Consejo Superior de Metrología y las Autonomías para transmitir al primero las necesidades de las Comunidades Autónomas para el desarrollo de sus funciones. Esta entidad es la Comisión de Metrología Legal.

5. 3.1.2. Comisión de Metrología Legal.

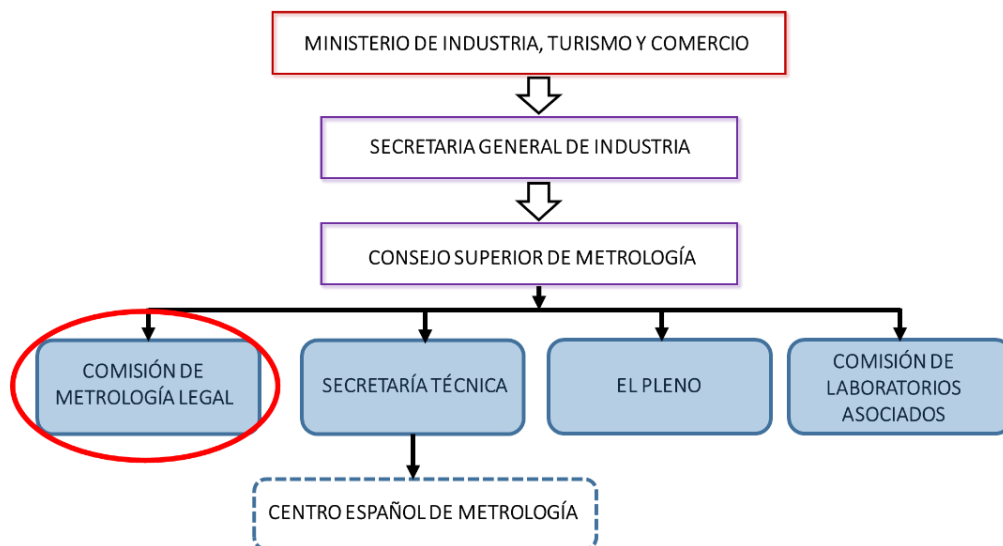


Figura 5: Comisión de Metrología Legal

La Comisión de Metrología Legal tiene atribuidas las competencias en:

- Control de instrumentos (y su regulación), laboratorios y organismos en general que tengan competencias en el control metrológico del Estado.
- Control del correcto funcionamiento del Registro de Control Metrológico.

- Mantener informada a la Secretaría Técnica de los medios de que disponen la Administraciones Públicas de las Autonomías para asegurar el seguimiento de la normativa.

La Comisión de Metrología Legal está formada por:

- Presidencia: la ejercerá quien dirija el CEM.
- Vocales: las vocalías serán los representantes de las comunidades autónomas que quieran tener presencia en la Comisión.

Las autonomías a su vez, en el desarrollo de sus funciones, tienen que mantener los patrones nacionales y desarrollar y expandir el control metrológico por todo el territorio nacional, y para ello, designan centros competentes que deben cumplir las normativas que el Consejo Superior de Metrología tiene por objetivo mantener.

Algunos de estos centros competentes funcionan en calidad de laboratorios (por ejemplo de verificación). El creciente número de estos laboratorios desde que se produjera la transferencia de competencias a las Comunidades Autónomas ha hecho necesaria la creación de un organismo que coordine un plan de acción para los mismos. Este organismo recibe el nombre de Comisión de Laboratorios Asociados.

5. 3.1.3. Comisión de Laboratorios Asociados.

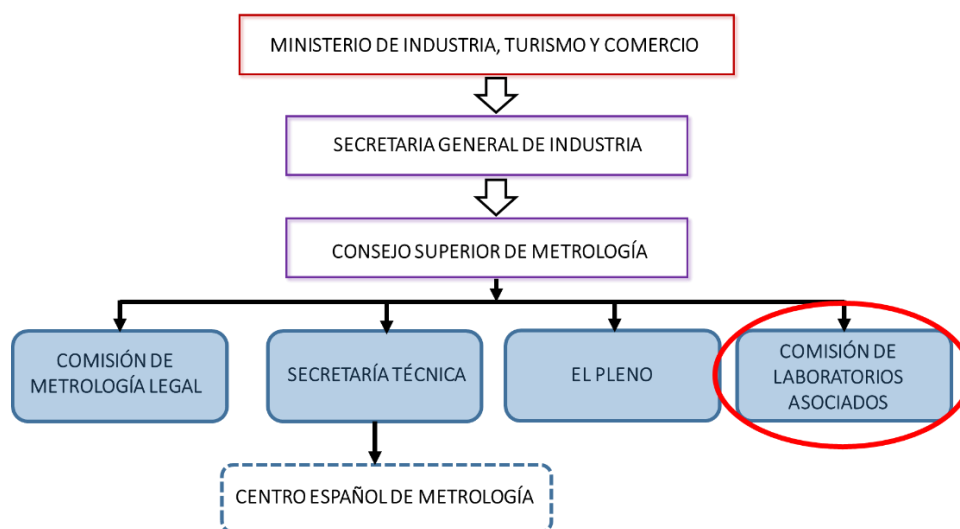


Figura 6: Comisión de laboratorios asociados

Su presidente/a será quien ostente la dirección del CEM.

Además de presidencia la comisión estará formada por vocales, que serán los representantes de los laboratorios asociados al CEM y un miembro del CEM designado por el presidente de la comisión.

En el caso de que en el orden del día se traten asuntos directamente relacionados con algún ministerio, los vocales de los ministerios afectados deberán asistir a la reunión.

Las funciones de la Comisión de Laboratorios Asociados son:

- Desarrollo de nuevos patrones nacionales y mantenimiento de los existentes.
- Designación de nuevos Laboratorios Asociados.
- Informa al pleno de actividades de metrología científica y fundamental.
- Todas la funciones que el pleno designe hacer a la Comisión.

5. 3.1.4. Secretaría Técnica

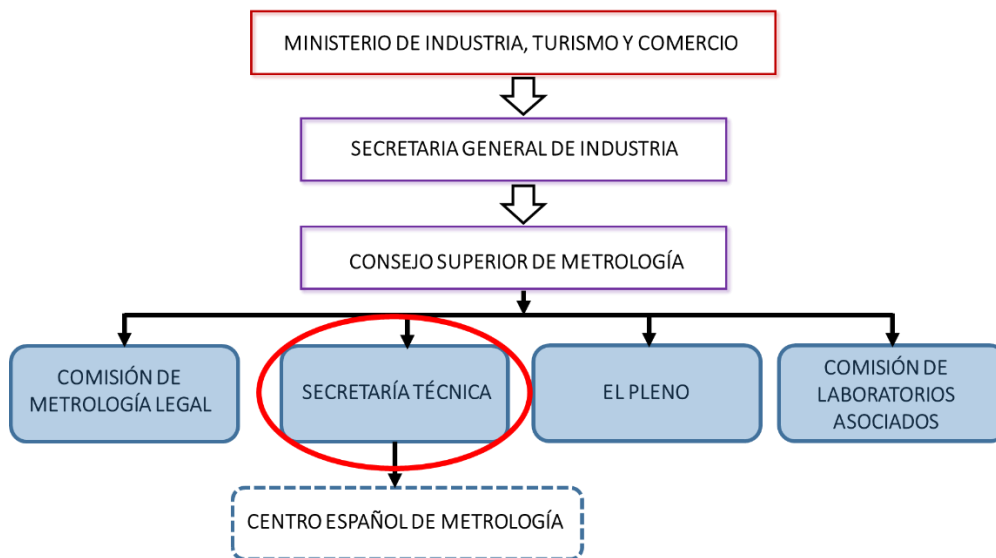


Figura 7: Secretaría técnica

La Secretaría Técnica del Consejo Superior de Metrología es el CEM.

El CEM pertenece a la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, tienen atribuciones a nivel orgánico de Subdirección General, y tal y como refleja el artículo 100 de la Ley 31/1990 de 27 Diciembre, sus funciones son: “ la custodia y conservación de los patrones nacionales de medida, el establecimiento desarrollo de las cadenas oficiales de calibración, el ejercicio de las funciones de la Administración del Estado en el control metrológico del Estado en el control metrológico CEE, la habilitación oficial de laboratorios de verificación metrológica, el mantenimiento del Registro de Control Metrológico, la ejecución de proyectos de investigación desarrollo en materia metrológica y a formación en especialistas en Metrología ”.

En lo que se refiere a proyecto de investigación en materia metrológica se puede destacar la proposición de normativas de metrología.

Una función que es de destacar es la coordinación de los representantes internacionales de metrología y la coordinación por otro lado de los laboratorios asociados al propio centro.

El CEM está compuesto por:

- Presidencia: establecida por Real Decreto.
- Dirección: nombrada por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Consejo Rector.

Tal y como aparece en la página web oficial del CEM, la estructura del CEM es:

Estructura del CEM

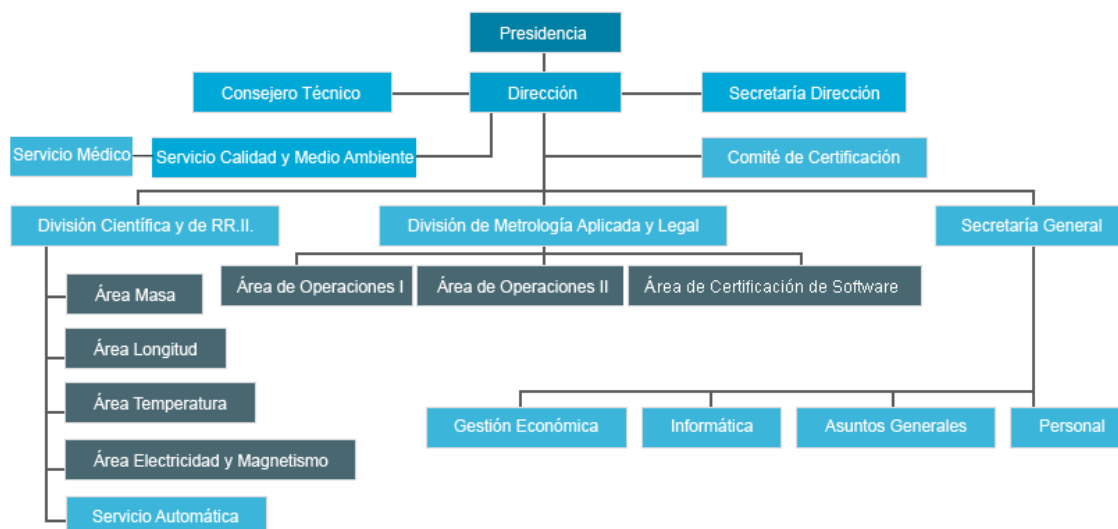


Figura 8: Estructura del CEM. Véase referencia en bibliografía

Además del Consejo Superior de Metrología, hay que destacar otras dos funciones aún no nombradas hasta ahora en la metrología a nivel nacional y que son de suma importancia: una es la elaboración de la normativa, y la otra es el aseguramiento de que la normativa se cumple.

En lo que se refiere a fijar la normativa técnica específica, España cuenta con el organismo AENOR (Asociación Nacional de Normalización y Certificación). Esta entidad se encarga de elaborar las normas UNE como herramienta básica que establece los parámetros a satisfacer por los dispositivos para mirar por la calidad y seguridad industrial.

Por otra parte, para velar por el cumplimiento de los requisitos puestos en vigor por la normas, es estado cuenta con los organismos evaluadores de la conformidad, que mediante ensayos, calibraciones, certificaciones e inspecciones, corroboran que el equipos de medida en cuestión está dentro de los límites. Aquí se puede dar lugar a una confusión entre los términos: ensayo y calibración que se procede a aclarar.

En un ensayo, se sigue un procedimiento especificado para comprobar una determinada propiedad del producto. Mientras que en la calibración, se determina la relación entre la indicación dada por el instrumento y el valor del patrón de referencia.

Todos los centros que se dedican a este tipo de evaluaciones tienen que estar acreditados por la ENAC (Entidad Nacional de Acreditación). Un ejemplo de este tipo de centros lo constituye el Laboratorio de Metrología y Calibración Dimensional (LCD) de la UVa, acreditado como Laboratorio de Calibración Industrial, cuyas obligaciones vienen fijadas por el “*Real Decreto 2200/1995 de 28 diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial*”. Este Real Decreto en su capítulo 3, sección 4, artículo 40 establece como obligaciones de tales laboratorios:

- Seguir en sus procesos de calibración, las pautas regidas por las normas españolas, europeas o internacionales que correspondan.

- Prestar asistencia en forma de medios o documentación a las Administraciones Públicas que los soliciten.
- Mantener las condiciones bajo las cuales fue acreditado. Si éstas se ven modificadas deberá comunicarlo al organismo que le acreditó.

En la siguiente figura se muestra un esquema jerárquico de estas organizaciones.

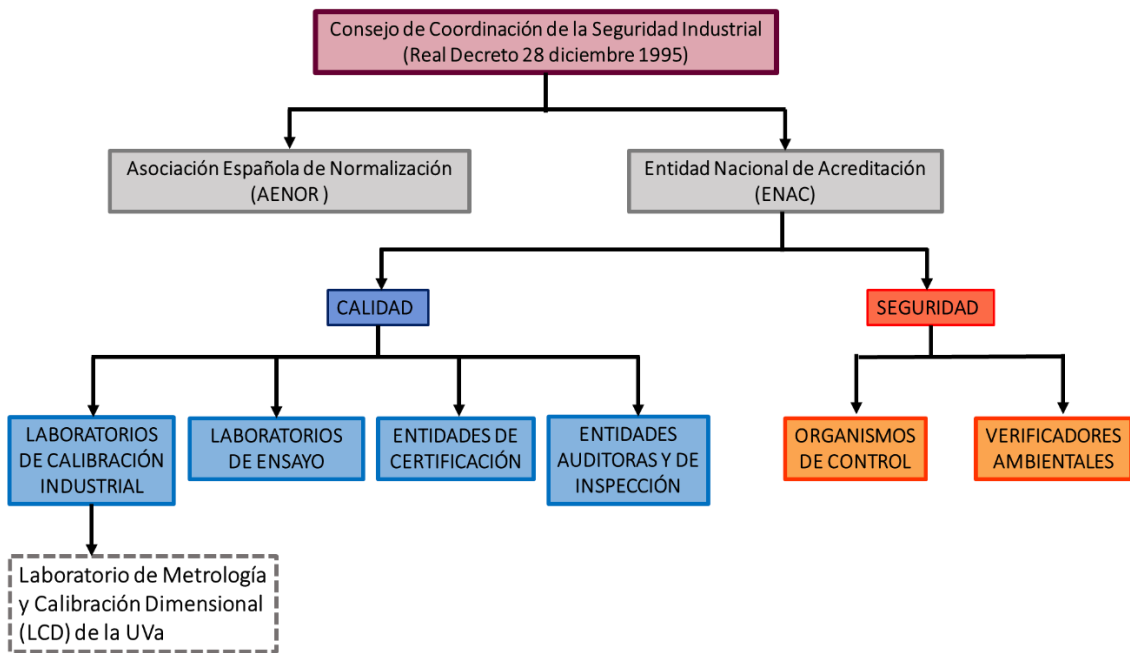


Figura 9: Estructura metrológica en España

Tras haber desarrollado todos los organigramas, vamos a recapitular para tratar de colocar a cada organización según sus competencias en metrología. Un esquema válido es el que se muestra a continuación.

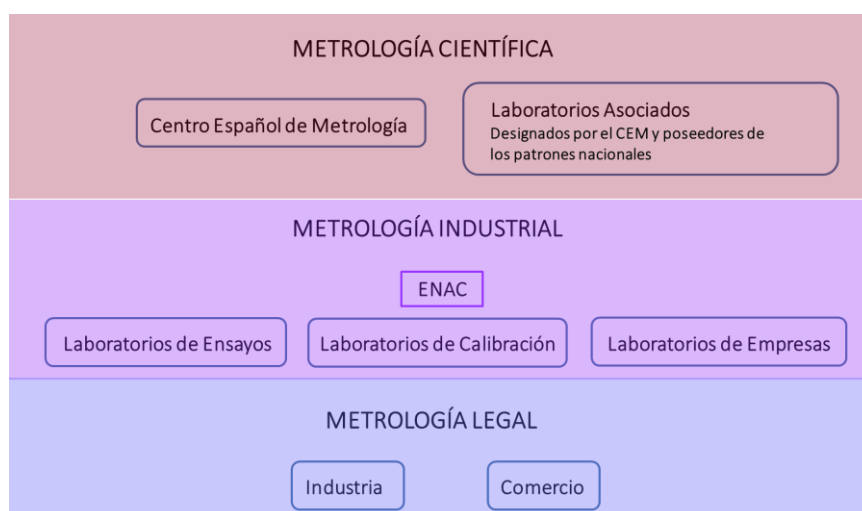


Figura 10: Metrología esquema general - tipos

6. INSTRUMENTOS DE MEDIDA. OBLIGACIONES DEL FABRICANTE

Cuando se comercializa un producto que tiene marcado CE se tiene la confianza de que este ha superado con éxito todos los exámenes establecidos por las normativas que regulan el mecanismo del mercado. Es más, un país de la UE no puede impedir o prohibir la comercialización en su territorio de un producto que lleve adherido la etiqueta CE, a menos que se pueda demostrar que no se han seguido las disposiciones establecidas.

En este sentido, es el estado el que realiza el control metrológico sobre los dispositivos fabricados antes de su puesta en servicio tanto como nuevo producto como después de reparación o modificación. Es decir, el estado controla que el producto final es correcto, pero es responsabilidad del fabricante asegurarse de que el proceso de fabricación que emplea así como los controles de calidad instalados conducen a la obtención de un aparato que cumple la normativa aprobada por la UE.

A tal efecto, cada estado redacta sus normas en consonancia con los requerimientos europeos y en ningún caso las directivas nacionales pueden contradecir las europeas en lo que se refiere a resultados a obtener. Sin embargo, y como suele ocurrir en otros ámbitos de la ingeniería, el estado sí puede elegir las medidas que se toman (el modo) para llegar a los resultados deseados.

Con la vista puesta en establecer procedimientos de evaluación de la conformidad que garantice que todos los dispositivos sujetos a tales procesos cuentan con los requisitos mínimos, se proponen una serie de módulos. Estos módulos constituyen las diferentes formas en que un fabricante puede conseguir un instrumento y un proceso de producción acorde con la normativa nacional e internacional y se asientan en los siguientes principios:

- Evaluación del modelo realizado por una tercera parte más el control de la producción del fabricante.
- Evaluación del modelo o de diseño por una tercera parte junto con la convalidación del producto o de los criterios de calidad o de la verificación del producto también por un tercero.
- Verificación unitaria del diseño o de la producción por parte de un tercero.
- Convalidación de los sistemas de control y gestión de la calidad.
- Evaluación del diseño y de las actividades internas de control de la producción.

Cuando el instrumento cumple los requisitos esenciales se le adhieren las etiquetas que de forma clara y visible muestran la conformidad del aparato con las normativas. Según qué normativas le sean aplicables el marcado será:

- Marcado CE: es único. Representa el cumplimiento con todas las Directivas que pueden aplicarse al instrumento.
- Marcado adicional de metrología en el ámbito legislativo europeo.
- Marcado del modelo, exclusivo de la legislación nacional.
- Marcado del diseño, exclusivo de la legislación nacional.

Importante: se utilizan uno o varios de los módulos a elección del responsable de la declaración de conformidad del instrumento y siempre y cuando estos procedimientos se contemplen en la regulación específica del tipo de instrumento

Los módulos relacionan las fases de diseño y producción. En la evaluación puede participar o no un organismo notificado. Los módulos son los siguientes.

6.1. Módulo A. Conformidad del control de fabricación interno.

El fabricante garantiza que el instrumento cumple los requisitos, lo etiqueta con el marcado CE correspondiente y redacta la documentación técnica del producto.

6.2. Módulo A1. Conformidad el control de fabricación interno basada en ensayos realizados por un organismo independiente.

La entidad que realizará los ensayos tomará un producto terminado que esté preparado para comercializarse y lo someterá a las pruebas que dicte la normativa. Si el resultado es positivo, el fabricante etiquetará el producto y se elaborará la declaración de conformidad.

6.3. Módulo B. Examen del modelo.

El fabricante presentará una, y sólo una, petición de examen ante el organismo competente proporcionándole toda la documentación técnica necesarias así como las muestras que el organismo requiera para su examen. La entidad examinadora podrá efectuar el examen de una o más muestras o de la documentación técnica según los estime oportuno, y emitirá el certificado de conformidad junto con posibles medidas necesarias para garantizar que se mantiene tal certificado.

6.4. Módulo C. Conformidad del modelo basado en el control de fabricación interno.

El fabricante asegura que toma las medidas necesarias para garantizar que cualquier ejemplar del modelo se fabrica cumple con las especificaciones indicadas para ese modelo en el certificado de examen del modelo. Se elaborará una declaración que establezca tal conformidad. Esta declaración irá incluida en cada modelo que se venda y estará a disposición de la Administración pública.

6.5. Módulo C1. Conformidad con el modelo basado en el control de fabricación interno y en ensayos practicados por un organismo.

Además de los controles realizados en el módulo C, incluye la práctica de ensayos realizados por el organismo independiente que el fabricante escoja y que comprobará que el modelo cumple con la normativa adscrita.

6.6. Módulo D. Conformidad del modelo según la garantía de calidad del proceso de fabricación.

En este caso la entidad a la que le fabricante solicita la supervisión se encargará de corroborar que se siguen todos los requerimientos de calidad del proceso de fabricación y que los instrumentos usados para medir la calidad se ajustan al modelo estipulado en el examen del modelo. Para ello el fabricante debe facilitar a la entidad toda la información acerca de los controles de calidad: que controles se realizan (sobre qué productos y en qué momento de la fabricación), con qué objetivo, quienes los realizan y los documentos que se elaboran para tanto para seguir el control de calidad como para dejar constancia de la realización y el resultados de los mismos.

6.7. Módulo D1. Conformidad según la garantía de calidad del proceso de fabricación.

Se realizan las mismas operaciones que en el módulo D, salvo que en este caso no se atiende a un modelo sino al instrumento de medida y su normativa aplicable, por tanto el fabricante debe elaborar la documentación técnica necesaria.

En los procedimientos tratados en los módulos D y D1, dado que se trata de aspecto relacionados con la calidad del producto y el proceso, la organización que emite la declaración de conformidad realizará periódicamente auditorías incluso sin avisar al fabricante, para asegurarse de que se cumple lo establecido en la declaración de conformidad.

6.8. Módulo E. Conformidad con el modelo basada en la calidad de la inspección y ensayo del producto terminado.

Se trata de garantizar que los instrumentos de medida cumplen con el modelo de examen de modelo y poner en cuestión la gestión de la calidad para garantizar que cumple la normativa.

6.9. Módulo E1. Conformidad basada en la calidad de la inspección y ensayos del producto terminado.

Procedimiento similar al módulo E que asegura que los instrumentos de medida cumplen los requisitos metrológicos correspondientes, el fabricante debe elaborar la documentación técnica requerida.

En los casos de los módulos E y E1, el organismo acreditado para emitir la declaración de conformidad y realizar o mandar realizar los ensayos seguirá las mismas pautas que las estipuladas para controlar la calidad del proceso de fabricación.

6.10. Módulo F. Conformidad con el modelo basada en la verificación del producto.

Dado que la confirmación de la calidad se basa en la verificación de ensayos para asegurar que el instrumento se ajusta a las especificaciones del modelo establecido en la reglamentación, en este caso deben ejecutarse ensayos sobre los instrumentos. Los ensayos se efectuarán a elección del fabricante:

- Sobre todos los instrumentos de medida.
- Eligiendo al azar un instrumento de cada bloque. En este caso el fabricante debe poder demostrar que el proceso de fabricación garantiza la homogeneidad de todos los instrumentos.

6.11. Módulo F1. Conformidad del modelo basada en la verificación del producto.

Asegura que los instrumentos de medida se ajustan a la legislación metrológica a partir de la documentación técnica elaborada por el fabricante. Al igual que en el modelo F, se verifica mediante ensayos.

6.12. Módulo G. Conformidad fundada en la verificación por unidad.

Caso del módulo F1, con la variación de que para la realización de los ensayos, se sigue lo estipulado en el apartado 10 del Real Decreto 889/2006 de 21 Julio.

6.13. Módulo H. Conformidad con la garantía total de calidad: el fabricante realiza una solicitud de control de calidad global.

Solicitud de control de: diseño, fabricación, producto terminado, ensayos,... ante el organismo de su elección, proporcionándole toda la documentación relativa a todos los elementos anteriormente mencionados que sean necesarios para la evaluación de la gestión de la calidad.

6.14. Módulo H1. Conformidad a través de la garantía total de calidad y examen del diseño.

A lo aplicado en el módulo H se suma el examen del diseño del instrumento que llevará a cabo un organismo, y sólo uno, a elección del fabricante. En el examen del diseño se pretende comprobar que todo el instrumento, tanto el conjunto integrado como los posibles subconjuntos cumplen lo establecido para el instrumento en cuestión en la reglamentación tecnológica. Así pues, se debe proporcionar toda la información del instrumento relativa: al diseño, funcionalidad, partes o subcomponentes y su conexión entre ellos.

En todos los casos se redactará una declaración escrita de conformidad para cada modelo que se mantendrá siempre a disposición de las Administraciones públicas y que tendrá una vigencia de 10 años.

7. METROLOGÍA LEGAL PARA LOS IPFNA EN ESPAÑA

Con la entrada de España en la Comunidad Económica Europea, se incorporaron al sistema jurídico español las directivas comunitarias. En primer lugar la Directiva de 26 Julio 71/316/CEE y por estar tratando aquí de los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático, hay que destacar la Directiva 73/360/CEE de 19 Noviembre.

Tras sucesivas modificaciones y adaptaciones del derecho español a la legislación europea, se elaboró una reglamentación específica para los IPFNA que recoge los requisitos de la Directiva Comunitaria 93/68/CEE, esta es la Orden de 22 Diciembre 1994 por la que se determinan las condiciones que deben cumplir los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático, IPFNA, para poder ser comercializados y/o puestos en servicio en cualquier país miembro (de la UE y por tanto de la OIML).

Esta orden sólo se aplica a los dispositivos que vayan a ser usados para:

- Determinación de la masa de un cuerpo con las siguientes finalidades:
 - Realización de transacciones comerciales.
 - Cálculo de tasas, aranceles, impuestos, primas, multas, remuneraciones, indemnizaciones...
 - Aplicación de normas o reglamentaciones, así como realización de peritajes judiciales.
 - Pesaje de pacientes para control y diagnóstico médicos.
 - Preparación de fármacos para tratamientos.
 - Análisis médicos y/o farmacéuticos realizados en un laboratorio.
 - Cálculo del precio o importe total en la venta directa al público y la preparación de pre envasados.

- Determinación de la masa de un cuerpo con cualquier otra finalidad diferente de las mencionadas.

7.1. CONTROL METROLÓGICO DEL ESTADO. FASE COMERCIALIZACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO

Para que un fabricante, usuario o vendedor pueda comercializar y/o poner en servicio un instrumento, este debe estar sometido a control metrológico por parte de las autoridades del estado asignadas para la materia con el fin de poder asegurar una actividad comercial leal y justa. Este hecho cobra capital importancia cuando la aplicación a que va a ser sometido el instrumento está relacionada con:

- La salud.
- Seguridad y orden público.
- Protección del medio ambiente.
- Protección de los consumidores y usuarios.
- Recaudación de impuestos, tasas.
- Cálculo de aranceles, cánones.
- Imposición de sanciones administrativas.
- Peritajes judiciales.

Para llevar a cabo este control metrológico se debe presentar una documentación técnica que describa sin ninguna ambigüedad el diseño del instrumento, el proceso de fabricación seguido y su el correcto funcionamiento. Dado que el equipo va a ser sometido a estrictos controles metrológicos, dicha documentación debe incluir todo lo relacionado con las características metrológicas del aparato. Cuando se trate de un equipo compuesto por varios módulos o subconjuntos conectados entre sí, hay que indicar tal conexión.

La documentación a presentar será, tal y como se especifica en el Artículo 9, apartado 3 del Real Decreto 889/2006 de 21 Julio:

- Descripción general del instrumento.
- Los esquemas del diseño conceptual y de fabricación y planos de componentes.
- Procedimientos de fabricación que garantizan la coherencia de la producción.
- Cuando sea aplicable, una descripción de los dispositivos electrónicos con planos, diagramas (de flujo, de lógica...) e información del software general que expliquen sus características y funcionamiento.
- Las descripciones y explicaciones necesarias para la comprensión de la documentación.
- Una lista de las normas o de los documentos normativos o de ambas cosas a que se refiere el artículo 10.
- Los resultados de los cálculos de diseño, exámenes, etc...
- Cuando sea necesario, los resultados de los ensayos pertinentes que demuestren que el modelo o los instrumentos se ajustan a los requisitos que se determinen en la reglamentación específica que le sea de aplicación en las condiciones nominales de funcionamiento declaradas y con las perturbaciones ambientales especificadas, así como las especificaciones de durabilidad en el caso de los contadores de gas, agua y energía térmica, así como para los sistemas para la medición continua y dinámica de cantidades de líquidos distintos del agua;

Los organismos notificados por las comunidades autónomas son los que deberán llevar a cabo los procedimientos de evaluación (ensayos) de la conformidad establecidos por el estado para la ejecución del control metrológico sobre los equipos.

Las comunidades autónomas son, por otra parte, las responsables de garantizar el cumplimiento de los requisitos esenciales establecidos por las normativas estatales. Cuando no se garantice el cumplimiento de la normativa, las administraciones públicas tienen que prohibir el uso de ese instrumento, comunicando tanto al Organismo de Cooperación Administrativa como a la entidad responsable del mercado CE, los argumentos justificativos por los que ese aparato no cumple los requisitos.

Cuando un instrumento cumple los requisitos esenciales del Real Decreto 889/2006 de 21 Julio, se indicará mediante el marcado CE y las normativas específicas exigirán el marcado adicional correspondiente de metrología. Estas etiquetas las colocará en el instrumento el fabricante o importador u otra persona de su responsabilidad. Si se trata de normativas específicas que incluyen marcado CE y trasponen normativas estatales, se deberá incluir la documentación específica a tal marcado. Un instrumento no puede incluir etiquetas que estén mal colocadas, porque no se vean claramente o impidan la correcta visibilidad de otras etiquetas, o que lleven a la confusión en su contenido con otras etiquetas porque den lugar a lecturas contradictorias.

Comercialización y puesta en servicio: cuando se garantice que un instrumento cumple con todos los requerimientos esenciales, metrológicos y técnicos establecidos en el Real Decreto 889/2006 de 21 Julio, así como en las normativas que les sean de aplicación para su ámbito de uso, esto se deberá certificar con la etiqueta identificativa correspondiente, y podrá ser puesto al servicio de cualquiera de las actividades listadas anteriormente.

La normativa no prohíbe la comercialización y puesta en servicio de instrumentos para aplicaciones diferentes de las mencionadas anteriormente y que no hayan pasado los requisitos exigidos en el Real Decreto 889/2006 de 21 Julio. Pero, exige que se haga constar de forma clara en el instrumento el hecho de que el aparato “No ha sido sometido a control metrológico” junto con las características técnicas más relevantes del instrumento.

7.2. VERIFICACIONES DE UN INSTRUMENTO

Para poder comercializar un equipo de medida, el fabricante tiene que someter a su producto a alguno de los procedimientos que se especifican a continuación.

- Aprobación CE del modelo más declaración CE de conformidad con el modelo o verificación CE.
- Verificación CE por unidad.

Destacar, que es suficiente con uno de los procedimientos y que es el fabricante quien elige el procedimiento que quiere seguir. Las etiquetas que indicarán que se han seguido tales pautas y que por ello el instrumento está listo para venderse son:



Figura 11: Marcado CE. Véase referencia en bibliografía



Figura 12: Marcado adicional de conformidad metrológica

Nº identificación del
organismo que verifica.

Figura 13: Número de identificación del organismo que verifica

A continuación se desarrollan los pasos a seguir para la obtención de los diferentes certificados y/o verificaciones CE.

7.2.1. APROBACIÓN CE DEL MODELO

Cuando un instrumento cualquiera pero que sea representativo de la producción supera los exámenes a que es sometido por la entidad autorizada, esta entidad emite un certificado de aprobación CE del modelo. En el caso de que se produzca cualquier modificación en el modelo que influya en los requisitos con los que se certificó el modelo por primera vez, se debe solicitar otro examen para que la entidad confirme, en su caso, que la nueva situación cumple con la normativa correspondiente.

Cada vez que un organismo reciba una solicitud de aprobación, la apruebe y emita el correspondiente certificado, retire certificados o realice modificaciones en ellos, debe registrarlo y comunicarlo periódicamente a la Administración.

En la solicitud de aprobación del modelo han de incluirse los siguientes puntos:

- Datos del fabricante y de su representante en tal caso:
 - Nombre
 - Dirección
- Garantía de que solo se presenta la solicitud ante una organización: se puede elegir cuál se prefiere, pero sólo una.
- Descripción del modelo en cuestión: diseño de concepción, componentes, subcomponentes, diagramas y toda la información necesaria para entender el funcionamiento completo del equipo.
- Normas que el instrumento debe cumplir.
- Soluciones adoptadas para cumplir las normas: pruebas necesarias para ello y sus resultados.

7.2.2. DECLARACIÓN CE DE CONFORMIDAD CON EL MODELO

Cuando se obtiene una declaración CE de conformidad con el modelo se garantiza el sistema de control de calidad establecido por el fabricante asegura que todas las piezas que pasan el control cumplen con el modelo establecido en la normativa.

Un sistema de control de calidad puede consistir en controles, pruebas o exámenes en diferentes partes del proceso de fabricación. Sea cual sea la misión del sistema de calidad, las herramientas que utilice y quien lleve a cabo cada parte, toda la información relativa a los aspectos antes mencionados debe estar documentada. .

El fabricante que solicita esta comprobación se compromete a:

- Cumplir los dictados el sistema de control de calidad.
- Mantener el sistema de calidad en el tiempo.

Ambos compromisos deben quedar plasmados en la solicitud pertinente junto con cualquier información relativa al sistema de gestión de la calidad y al diseño del instrumento que la entidad que emite la declaración de conformidad requiera.

El organismo encargado de analizar la gestión de la calidad comunicará y notificará la decisión tanto al fabricante como a otros organismos con sus competencias.

Cualquier cambio producido en el sistema de control de calidad debe ser notificado al organismo que emitió la declaración.

7.2.3. CONTROL CE

El organismo correspondiente debe asegurarse no solo de la realización de ensayos para asegurar conformidad con las normas, sino que además, y con el fin de comprobar que se cumplen los sistemas de calidad de los que la empresa informó, puede realizar auditorías periódicas y sin previo aviso (con sus correspondientes informes). En ellas la factoría debe permitir al organismo realizar las pruebas necesarias así como consultar cualquier documentación técnica y resultados de pruebas de calidad.

El objetivo final es asegurar el buen hacer del fabricante en todo momento.

7.2.4. VERIFICACIÓN CE

Mediante la verificación de un instrumento lo que se asegura es que ese instrumento cumple con las normativas dirigidas a ese tipo de instrumento, es decir que ha pasado todas las inspecciones impuestas, incluida la de confirmación de que el modelo tratado es el modelo descrito en el certificado de aprobación CE del modelo. Es de destacar que al empezar a hablar de verificación se dice “ese instrumento”, lo que significa que los ensayos que sean necesarios para verificar un instrumento se deben hacer a cada instrumento individualmente. La verificación se hace a los instrumento por separado, uno a uno.

Cuando un instrumento sea verificado el organismo que ha realizado la verificación colocará un número (identificativo del organismo) sobre el instrumento concreto verificado, y redactará un certificado de conformidad que confirme las pruebas que ha pasado ese instrumento.

7.2.5. VERIFICACIÓN CE POR UNIDAD

Se trata de hacer los exámenes y pruebas necesarias que confirmen que el equipo cumple los requisitos reglados. Al igual que la verificación CE, la verificación CE por unidad se hace a cada instrumento por separado.

8. INSTRUMENTOS DE PESAJE DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO.

Una vez analizada la metrología, sus áreas de influencia, la importancia de una correcta aplicación y quiénes se encargan de controlar que se aplican debidamente los cánones establecidos, pasamos a centrarnos en el objetivo de este trabajo, los instrumentos de pesaje y, especialmente, los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático.

En primer lugar definiremos lo que entendemos por instrumento de pesaje: es un dispositivo que calcula la masa de un cuerpo gracias al efecto que la gravedad tiene sobre dicho cuerpo.

Como forma introductoria a los instrumentos de pesaje, se presenta a continuación una breve reseña histórica.

8.1. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

El hombre ha necesitado conocer la medida de las cosas desde sus orígenes y de hecho algunos de los principios de medidas actualmente empleados tienen su origen en procedimientos de medidas de la antigüedad. Cuando se piensa en medir frecuentemente se piensa en aspectos cotidianos de la vida que no son muy diferentes a los que existían con anterioridad, por ejemplo en las grandes civilizaciones griega o egipcia, como es la medida de masa o de longitud. Estos pueblos ya usaban instrumentos de medida fáciles que se han conservado hasta nuestros días y en los que nos hemos inspirado adaptándolos a las nuevas necesidades de rango, precisión o exactitud. De hecho por todos es conocida la balanza romana que, por cierto, cuenta con una gran peculiaridad, y se trata de que es un instrumento asimétrico: se trata de un astil que cuenta, en un extremo, con un gancho para colgar lo que se quiere pesar y a lo largo de la vara se tienen marcas sobre las que se desliza un peso fijo. La marca en la que se encuentre tal peso cuando se ha alcanzado el equilibrio determinará el peso final.

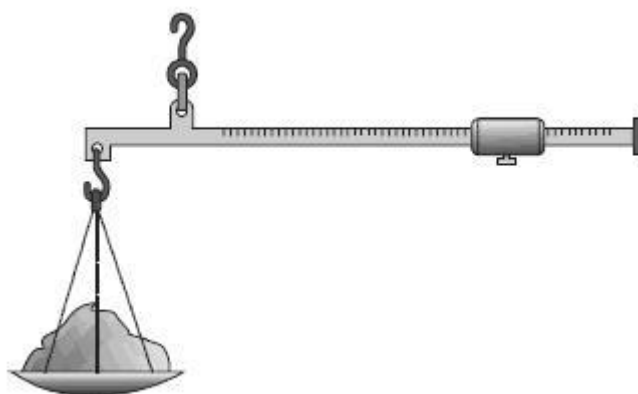


Figura 14: Balanza romana. Véase referencia en bibliografía

Por lo demás el diseño más común de las balanzas es el que cuenta con un astil en cuyos extremos se sitúan los receptores de carga (en uno de los extremos se colocará un peso conocido o patrón, y en el otro el peso que se quiere medir). El astil estará apoyado en su punto medio de forma que se sabe cuándo solo se sabe que el peso colocado es el mismo que el del patrón si se consigue el equilibrio, es decir que el astil permanezca horizontal.



Figura 15: Balanza de platos. Véase referencia en bibliografía.



Figura 16: Balanza con masas patrón. Véase referencia en bibliografía

Uno de los primeros avances significativos realizados sobre aquellos diseños lo constituye la marcación del peso directamente por parte del instrumento. Esto se consigue por muy diversos mecanismos, los primeros empleados fueron una resistencia de péndulo y un mecanismo tipo piñón cremallera, otro se trata de un muelle que se sirve de la ley de Hooke para determinar el peso a partir de la deformación de un muelle.

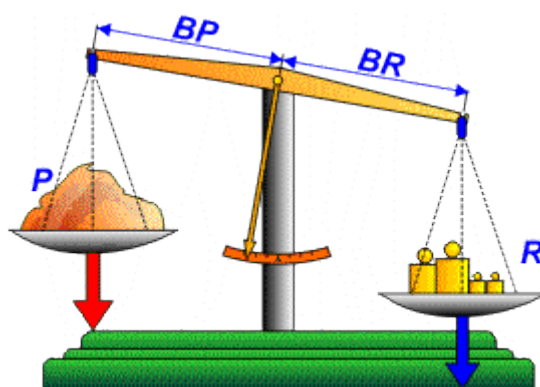


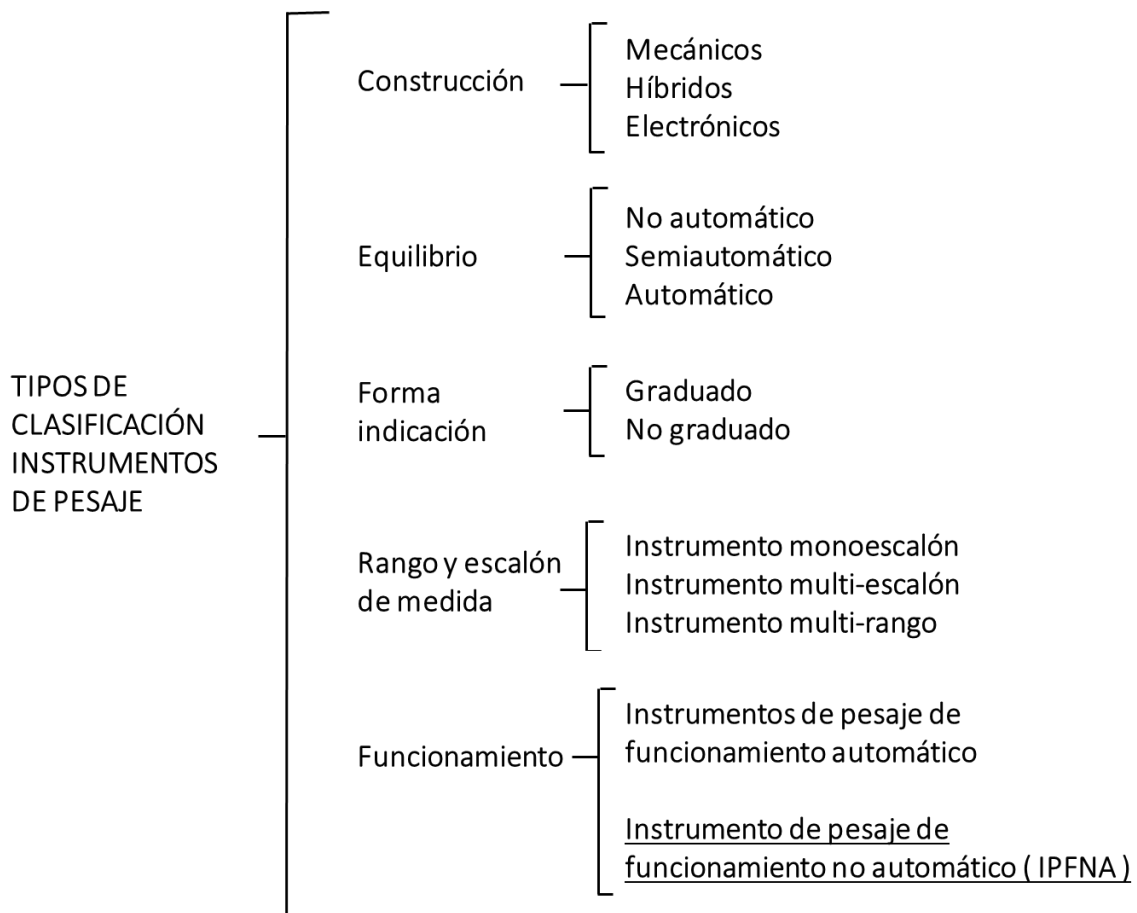
Figura 17: Balanza con indicador de aguja. Véase referencia en bibliografía

Estos instrumentos se siguen empleando pero los grandes avances en la técnica producidos durante el último siglo han dejado paso a nuevos dispositivos con características metrológicas notablemente mejores. Las nuevas balanzas se basan en principios físicos desarrollados gracias a la investigación en múltiples campos de la física. No obstante sea cual sea el principio de

funcionamiento empleado por la balanza, todas ellas cuentan con un transductor (célula de carga) que convierte la carga en una señal eléctrica que posteriormente es tratada.

Los principios por los que se rige cada balanza, los elementos que es necesario añadir al aparato o el modo de funcionamiento son sólo algunas de las características que definen a los instrumentos de pesaje. En función de estas características, existen múltiples clasificaciones de los instrumentos de pesaje, aquí sólo citamos las que nos parecen más trascendentales de acuerdo al objetivo de este proyecto.

8.2. CLASIFICACIONES DE LOS INSTRUMENTOS DE PESAJE



Se desarrollan a continuación algunas de ellas:

8.2.1. Según el modo de funcionamiento puede ser:

- Instrumento de pesaje de funcionamiento automático: en estos dispositivos no es necesario que un operador coloque la carga sobre la posición de equilibrio.
- Instrumento de pesaje de funcionamiento no automático IPFNA (los tratados en este trabajo): equipos de pesaje que requiere de la intervención de un operador para: su correcta colocación sobre el receptor de carga, la medición de la carga u otras operaciones.

8.2.2. Por el rango y escalón de la medida:

- Instrumento monoescalón: tiene: 1 único alcance mínimo, 1 único alcance máximo, 1 único escalón, 1 único rango de pesaje.
- Instrumento multi-escalón: al tener varios escalones tiene varios rangos de pesaje, 1 rango de pesaje (y sólo uno) para escalón. El escalón y por tanto el rango de pesaje se define al aplicar la carga.
- Instrumentos de rangos múltiples: tiene diferentes escalones para cada carga por tanto tiene diferentes rangos de pesaje y diferentes alcances máximos. Cada rango se define desde cero hasta su alcance máximo. Es decir, en instrumentos multi-rango, cada rango se puede interpretar con un instrumento de un solo rango.

8.2.3. Según el principio físico los transductores se pueden clasificar en:

8.2.3.1. Transductores de fuerza mecánicos

Palanca simple

Se basa en el hecho de que una palanca se equilibra cuando los momentos de las fuerzas ejercidos sobre ambos extremos de la palanca son los mismos cuando el astil está en posición horizontal. Si conocemos la distancia a los extremos de la palanca y la carga aplicada en uno de los extremos tendremos la carga que queremos determinar.

Palanca compuesta

Es igual que la palanca simple salvo que en este caso se colocan palancas adicionales.

Péndulo

Sistema en que se coloca la fuerza de forma que se saque al péndulo de su posición de equilibrio. En el momento que el péndulo se vuelva a parar es que la masa del péndulo ejerce un momento suficiente para equilibrar la fuerza aplicada.



Figura 18: Pesacartas de péndulo. Véase referencia en bibliografía

Resorte

Los cuerpos tienen dos tipos de comportamientos cuando se aplica sobre ellos una carga: por un lado está el comportamiento elástico y por otro el comportamiento plástico. En los transductores tipo resorte se utiliza la pieza en su parte elástica, ya que es cuando se puede establecer una ley que relacione la fuerza aplicada con la deformación sufrida por el cuerpo.



Figura 19: Transductor de fuerza con resorte. Véase referencia en bibliografía

8.2.3.2. Transductores de fuerza hidráulicos

Son transductores que convierten la fuerza aplicada sobre ellos en presión sobre un fluido. Lo que se mide es la presión a la que es sometido el fluido líquido.

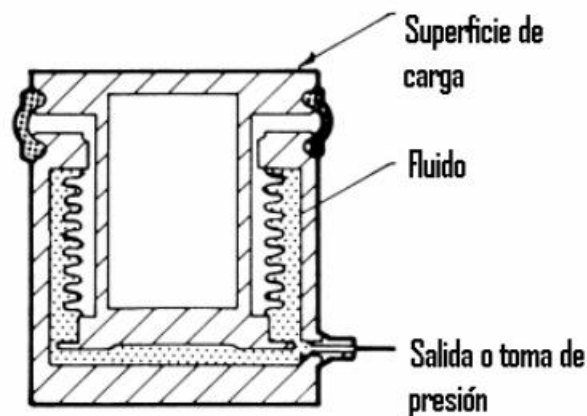


Figura 20: Transductor de fuerza hidráulico. Véase referencia en bibliografía

8.2.3.3. Transductores de fuerza neumáticos

El principio de funcionamiento es el mismo que en los hidráulicos: transferir la fuerza recibida a un fluido, aire en este caso. En los transductores neumáticos se dispone 1 membrana que separa dos cámaras de aire, la cámara superior recibe la fuerza y la comunica a la cámara inferior a través de la membrana. La membrana al accionarse desplaza un badajo que cierra más o menos, en función de la fuerza, la apertura de aire de la cámara inferior, de esta forma se mide la presión a la que es sometido el aire de la cámara inferior.

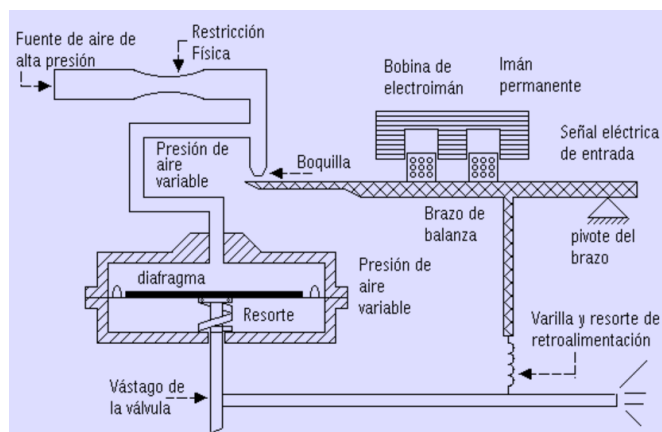


Figura 21: Transductor de fuerza neumático. Véase referencia en bibliografía

8.2.3.4. Transductores de fuerza eléctricos

Capacitivos

Se utiliza una capacidad, es decir, un condensador, en el cual una de las paredes es móvil. La pared móvil al desplazarse hace que varíe la capacidad dieléctrica del condensador, siendo esta variación función de la fuerza aplicada.

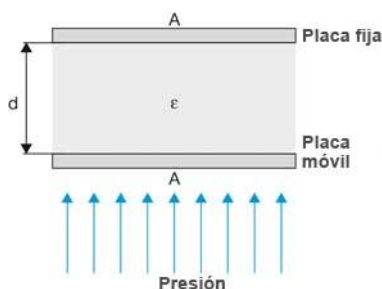


Figura 22: Transductor de fuerza capacitivo. Véase referencia en bibliografía

Hay otro tipo de transductores de condensador en lo que todas las partes son fijas y lo que varía es el dieléctrico como tal. Estos transductores no son tan usados en instrumentos de pesaje y si por ejemplo para el nivel de un líquido.

Resistivos

Puede que los transductores más representativos de este grupo sean los de galga extensiométrica. Estos transductores aprovechan el efecto que produce sobre el valor de la resistencia un cambio en las condiciones físicas del transductor. Estas condiciones físicas pueden ser un cambio de: forma producido por esfuerzos mecánicos (galgas extensiométricas), temperatura, humedad...

Merecen consideración aparte, por su amplio abanico de aplicaciones, las mencionadas galgas extensiométricas. Éstas basan su funcionamiento en tres principios físicos combinados:

- Efecto Poisson: un aumento de longitud va acompañado de una disminución de la sección.
- Efecto kelvin: un conductor cambia su resistencia según cambien las características geométricas del mismo.

- La variación de la resistividad es proporcional a la variación del volumen.

Mecanismo de funcionamiento: la carga a medir aplicada sobre el transductor deforma el elemento resistivo, al cambiar la geometría cambia su resistencia resultando esto en una variación de la tensión obtenida. Sabiendo la relación voltaje – carga aplicada conocemos la fuerza.

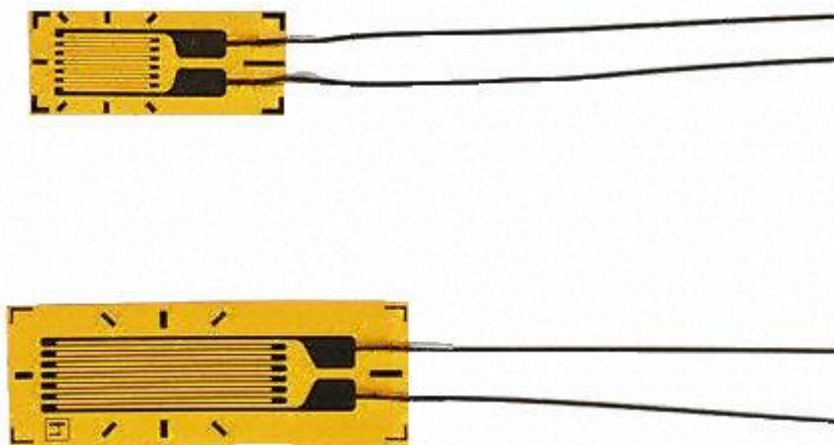


Figura 23: Galgas extensiométricas. Véase referencia en bibliografía

Compensación electromagnética

El principio físico utilizado en este caso es el hecho de que cuando un conductor (cable) es atravesado por una corriente, resulta una fuerza proporcional a dicha corriente. En este caso se enrolla un conductor en una parte del receptor de carga que está a su vez bajo el efecto de un imán. El receptor de carga está acoplado a su vez a un sensor de posición que se asegura de que la posición del receptor de carga no cambie. Lo que se mide entonces en estos instrumentos, es la corriente, regulada por el sensor de posición, necesaria para que la fuerza generada por el conductor consiga mantener el receptor de carga en su posición de equilibrio.

Inductivo

Consta de un cable enrollado a modo de bobina dentro de la cual se desplaza un núcleo ferromagnético. La fuerza recibida por el transductor desplaza el núcleo lo cual modifica la inductancia de la bobina.

Piezoeléctrico

El fenómeno que gobierna los materiales piezoeléctricos es el efecto descubierto por Pierre y Jaques Curie que advirtieron que este tipo de materiales dan una respuesta eléctrica al someterles a una carga mecánica y viceversa (vibran cuando se les conecta a la electricidad). Según cuál sea la dirección de la fuerza prevista se corta la piedra en esa dirección, como normalmente no se conoce la dirección exacta, estos transductores no están formados por un solo cristal, sino que son varios cristales diseñados para recibir la carga cada uno en un sentido, y al juntarles todos, se tienen una pieza que puede recibir cargas de todas las direcciones.



Figura 24: Transductor piezoeléctrico. Véase referencia en bibliografía

El cuarzo es el material más conocido de este tipo, empleado tanto en básculas como en relojes.

Potenciométrico

La fuerza cambia la posición de un segmento móvil que se desplaza sobre una resistencia acoplada en un circuito potenciométrico. El movimiento del segmento a lo largo de la resistencia provoca una variación de la relación de tensiones en el potenciómetro al que está acoplado. Sabiendo que esta variación es proporcional a la fuerza, tenemos la fuerza buscada.

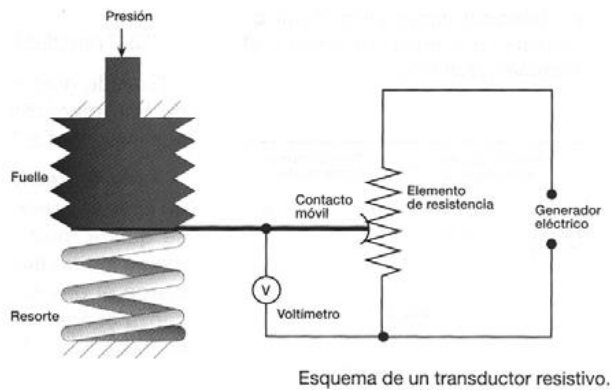


Figura 25: Transductor piezométrico

Reluctivos

Un ejemplo conocido de estos son los transductores LVDT. Se trata de dos o más bobinas, comúnmente tres, dispuesta de modo que una bobina forma un circuito primario y las otras dos el secundario e interponiendo entre ambos circuitos un núcleo ferromagnético. La fuerza que se desea medir provoca un desplazamiento del núcleo ferromagnético que al salirse de la posición de equilibrio hace que el campo magnético inducido por el circuito primario sobre los circuitos secundarios varíe, modificando así la tensión de salida del secundario. La posición de equilibrio del núcleo magnético está definida como aquella posición que hace que los campos inducidos por los dos circuitos secundarios entre sí.

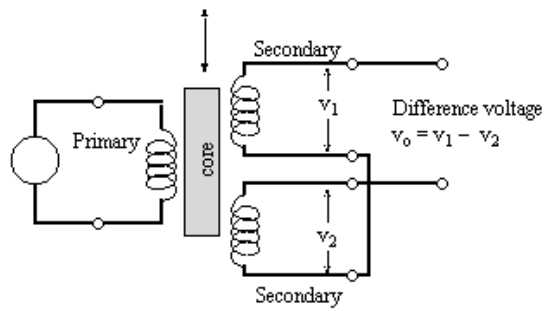


Figura 26: Transductor reluctivo. Véase referencia en bibliografía

Magneto-elástico

Aprovechan el efecto que produce sobre las propiedades magnéticas de un material los esfuerzos mecánicos ejercidos sobre él. Este efecto es más pronunciado en materiales ferromagnéticos. En ellos, los momentos magnéticos generados por los polos norte y sur de los átomos del propio material van todos en la misma dirección. Si se ejerce sobre ellos una carga, estos momentos cambian en la dirección de la carga (especialmente si esta carga provoca una deformación).

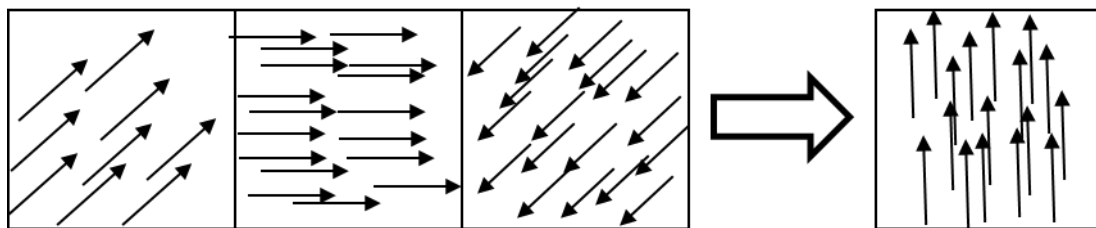


Figura 27: Transductor magneto-elástico

Piezoresistivo

Miden la variación en la resistencia de un conductor asociada al cambio de volumen del mismo resultado de la aplicación de una fuerza.

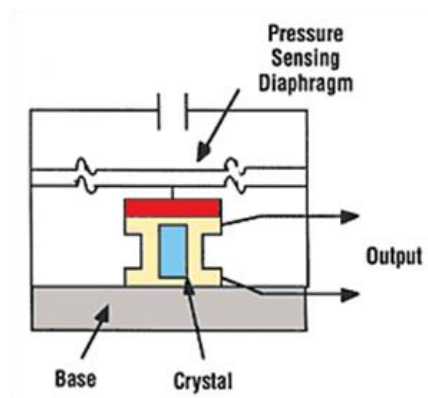


Figura 28: Transductor piezorresistivo. Véase referencia en bibliografía

8.3. SISTEMA DE MEDIDA

Una vez analizados los diferentes sistemas de transducción, se va a describir el camino que sigue la medida desde que el receptor de carga recibe la pesa (para el caso de medir una masa), hasta que el aparato de pesaje indica el valor de la carga, en el caso de instrumentos con procesamiento digital.

Se distinguen tres partes fundamentales: adquisición de datos, procesamiento de datos y distribución de datos:

- Adquisición de datos: transformar el valor de la masa en una señal eléctrica. Se pueden distinguir las siguientes partes:
 - Sensor: capta la medida.
 - Transductor: convierte la señal de masa, captada por el sensor, en una señal eléctrica proporcional al valor de la masa.
 - Acondicionamiento: recibe la señal eléctrica del transductor y la trata para que pueda ser procesada posteriormente. Aquí se pueden destacar 4 fases:
 - Amplificación: la señal eléctrica enviada por el transductor suele ser de poca intensidad, el amplificador aumenta la intensidad de la señal.
 - Filtrado: trata de eliminar ruido y otras interferencias indeseadas.
 - Linealización: hace que la señal de salida varíe linealmente con la señal de entrada.
 - Modulación/demodulación: modifica la forma de la señal de salida.
 - Conversor analógico – digital: transforma una señal continua en una señal de unos y ceros. Se hace esta transformación ya que los elementos digitales presentan ventajas tales como: carecer de tolerancias de fabricación, insensibilidad a condiciones ambientales etc... que los elementos analógicos no tienen.

- Procesamiento de datos: son las etapas de transformación que deben realizarse en una señal para poder obtener información de ella.

- Distribución de datos: entregar la lectura de datos al operador de la forma más ágil y fácil posible. Los principales para hacer esto son: volver a convertir la señal en analógica o acondicionarla para memorizarla o visualizarla por pantalla.

8.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS IPFNA

Sea cual sea el principio de funcionamiento del aparato, las características de los IPFNA, como las de cualquier otro instrumento, definen sus propiedades y su capacidad, lo que determina cuales son los usos más indicados para el instrumento, así como el propio procedimiento de manejo del instrumento.

Cualquier IPFNA debe ir acompañado de la siguiente información:

- Marca o nombre del fabricante.
- Información acerca de su exactitud

- Alcance máximo.
- Campo de medida.
- Marcado de identidad.
- Número del certificado de examen CE del modelo, o del certificado de examen CE de diseño.
- Información sobre los elementos adicionales que lleve.
- Instrucciones de manejo, a no ser que sea absolutamente intuitivo.
- Instrucciones de instalación, mantenimiento, reparación.
- Indicaciones acerca de su compatibilidad con otros módulos.
- Condiciones ambientales de uso.

En caso de que la construcción del instrumento no permita que figuen en él (grabados, escritos o adheridos) algunos de los datos que se exigen en la normativa, por ejemplo porque es un instrumento muy pequeño, la información deberá ser añadida al resto de la documentación exigida y también, se deberá incluir en el embalaje, en caso de que el dispositivo lo tenga.

8.5. ELEMENTOS QUE COMPONEN UN IPFNA

En este capítulo se verán los componentes que forman un IPFNA que son en definitiva los que determinarán sus características metrológicas. Más adelante se describirán dichas características metrológicas que definirán en gran medida el uso que se le pueda dar al instrumento.

8.5.1. Componentes de un instrumento de pesaje.

Receptor de carga

Es la parte del instrumento sobre la que se apoya la carga. Es fácil deducir que este elemento es uno de los grandes indicadores del tipo de carga que se puede en el instrumento y por tanto su aplicación. Ejemplo: platos, plataformas, etc.

Transmisor de carga

Elemento que se encarga de transmitir la carga al dispositivo que posteriormente la medirá. Ejemplo: mecanismo de bolas, de poleas, etc.

Medidor de carga

Este es uno de los elementos críticos del instrumento, ya que es el que se encarga de transformar la carga depositada en un valor concreto. Éstos medidores son las células de carga antes vistas.

Dispositivo indicador

Recibe el valor de carga del medidor de carga y lo representa numéricamente. En caso de ser indicador de aguja, la aguja señala el valor del peso. En ocasiones se acompaña el dispositivo indicador con un dispositivo que encarga de estabilizar la indicación.

Dispositivo de bloqueo

Inmoviliza el instrumento o al menos parte de él.

Dispositivo de puesta a cero

Aparato que pone a cero la indicación cuando no hay ninguna carga sobre él. También se puede incluir un elemento que ponga a cero la indicación según se enciende el instrumento.

Puede ser manual, automático o semiautomático

Dispositivo de tara

Estos elementos funcionan de dos formas:

- Dispositivo de tara: pone a cero el instrumento aun cuando está cargado. Puede ser automático, semiautomático o manual. Puede alterar o no el rango de pesaje.
- Dispositivo de predeterminación de tara: permite sustraer el valor de tara del valor bruto de la carga. El rango de pesaje se reduce.

8.6. CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE PESAJE DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO

Como ya se ha comentado, las características metrológicas de un instrumento, influyen en el uso que se vaya a hacer de ellos, de hecho son frecuentemente un criterio fundamental para en la elección del equipo de medida, y están directamente definidas por los componentes del instrumento.

Algunas de las características: alcance máximo y mínimo o el rango son muy conocidas y comunes a muchos instrumentos independientemente de la magnitud que midan.

Centrándonos en los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático, las características de metrológicas a considerar son las siguientes.

Es muy importante señalar que los requisitos técnicos se aplican a todos los dispositivos sean mecánicos o electrónicos y son completados, en su caso, por requisitos adicionales. No tratan de describir la concepción física el elemento (cómo está hecho) sino cómo funciona.

Igualmente los requisitos metrológicos se aplican a todos los instrumentos sea cual sea el principio de medida.

Alcance máximo: valor máximo que se puede pesar sin tener en cuenta la capacidad de tara.

Alcance mínimo: valor de carga por debajo del cual el resultado se puede dar un error relativo excesivo.

Rango de pesaje: intervalo igual a: (alcance máximo) – (alcance mínimo).

Carga límite: capacidad máxima de carga que se puede medir sin que se vean afectadas las características metrológicas del instrumento.

Escalón: es necesario distinguir diferentes tipos de escalón:

- Escalón real (d): el valor expresado en masa.
Indicación analógica: diferencia entre dos valores de escala consecutivos.
Indicación digital: diferencia entre dos indicaciones consecutivas del display.
- Escalón de verificación (e): valor en unidades de masa que se utiliza como referencia para clasificar los instrumentos por su precisión. También se emplea para la verificación.
$$e = 10^k \text{ Kg}$$

$$d < e < 10 d$$

A partir de este escalón se determina el número de escalones de verificación (n):

$$n = \frac{\text{Alcance máximo}}{\text{Escalón de verificación (e)}}$$

- Escalón de numeración: diferencia entre dos indicaciones de escala numerados consecutivos.

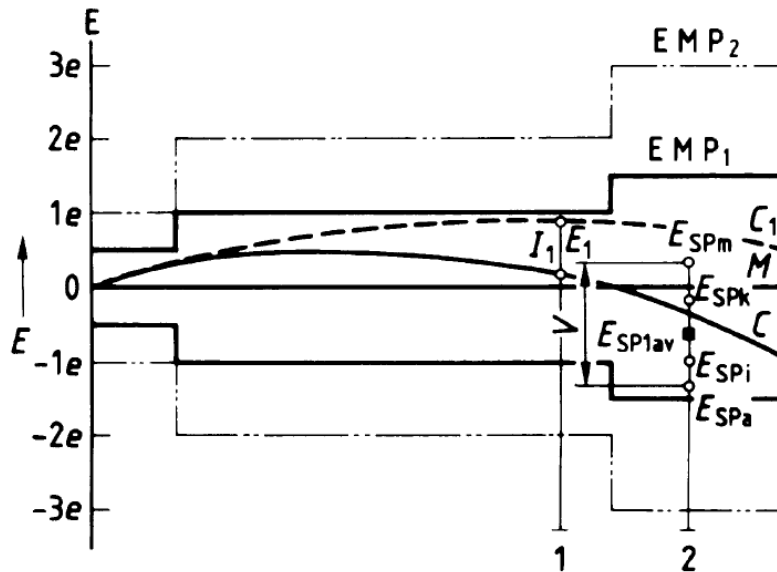


Figura 29: Norma UNE EN 45501

Siendo:

M = carga de ensayo.

E = error de indicación.

MPE_1 = máximo error permitido en verificación primitiva.

MPE_2 = máximo error permitido en servicio. $MPE_2 = 2 \times MPE_1$

C = curva característica en condiciones de referencia. Condiciones de referencia: valores concretos de los parámetros de influencia que se fijan para asegurar la validez de la comparación de las medidas.

C_1 = curva característica bajo condiciones de influencia.

E_{SP} = error de indicación durante el ensayo de estabilidad e la pendiente.

I = error intrínseco.

V = variación de los errores de indicación durante el ensayo de estabilidad de la pendiente.

En la gráfica se han representado algunos de los errores que se pueden dar en la medición con un IPFNA. Hay varios tipo de errores según las circunstancias que se den en la medida y los valores que estemos comparando, el más importante, es el error máximo permitido (MPE o

EMP), que es el que está regulado por normativa y del que dependen en gran medida las certificaciones y marcados que se aplican al instrumento tras los ensayos. Los principales errores a tener en cuenta en las mediciones son los siguientes.

Error: valor de carga que da el instrumento menos el valor de masa. Es decir: error = (valor que da el instrumento) – (valor que debería de dar el instrumento).

Error máximo permitido: tal y como figura en la Norma UNE – EN 45501: “diferencia máxima, positiva o negativa, permitida por la normativa, entre la indicación de un instrumento y el valor verdadero correspondiente, determinado por referencia a masas patrones, estando previamente a cero el instrumento, sin carga y en posición de referencia”.





Error intrínseco: cuando se hace una medición con el instrumento en condiciones de referencia (condiciones ideales).

Error intrínseco inicial: es el error que se da en el dispositivo antes de proceder con los ensayos.

De acuerdo a las características de un IPFNA vistas hasta ahora, se introducen las clasificaciones que podemos hacer en función de estos parámetros:





Clases de exactitud.

Tabla 1: Clases de exactitud

Exactitud especial	
Exactitud fina	
Exactitud fina	
Exactitud ordinaria	

En función de la exactitud del instrumento, se dan las condiciones en cuanto al alcance máximo que deben cumplir IPFNA.

Tabla 2: Alcance máximo de los IPFNA según la clase de exactitud

Clase				
Max / e + 1	≥ 50000	≥ 5000	≥ 500	≥ 50

Valores de los errores máximos permitidos en verificación primitiva según la clase de instrumento que sea.

Tabla 3: Error máximo permitido

Errores máximos permitidos en verificación primitiva	Para cargas 'm' expresadas en escalones de verificación 'e'			
	CLASE			
	Ⓘ	Ⓜ	ⓂⓂ	ⓂⓂⓂ
$\pm 0,5 e$	$0 \leq m \leq 50000$	$0 \leq m \leq 5000$	$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 50$
$\pm 1 e$	$50000 < m \leq 200000$	$5000 < m \leq 20000$	$500 < m \leq 2000$	$50 < m \leq 200$
$\pm 1,5 e$	$200000 < m$	$20000 < m \leq 100000$	$2000 < m \leq 10000$	$200 < m \leq 1000$

La siguiente clasificación indica el escalón de verificación que hay que aplicar al instrumento en función del tipo de graduación que tenga el dispositivo.

Tabla 4: Escalón - Graduación

Tipo de instrumento	Escalón de verificación
GRADUADO, sin dispositivo indicador auxiliar.	$e = d$
GRADUADO, con dispositivo indicador auxiliar.	e , lo elige el fabricante ¹
NO GRADUADO	e , lo elige el fabricante ²

La siguiente clasificación determina la correspondencia entre: escalón de verificación – número de escalón – alcance mínimo.

Tabla 5: Escalón de verificación – número de escalón – alcance mínimo

Clase de precisión	Escalón de verificación e	Número de escalones de verificación $N = \text{Max} / e$		Alcance mínimo
		Mínimo	Máximo	
Especial	$0,001 \text{ g} \leq e$	50000		100 e
Fina	$0,001 \text{ g} \leq e \leq 0,05 \text{ g}$	100	100000	20 e
	$0,1 \text{ g} \leq e$	5000	100000	50 e
Media	$0,1 \text{ g} \leq e \leq 2 \text{ g}$	100	10000	20 e
	$5 \text{ g} \leq e$	500	10000	20 e
Ordinaria	$5 \text{ g} \leq e$	100	1000	10 e

Ya se ha mencionado y se vuelve a repetir aquí debido a su importancia, que los errores máximos permitidos de los IPFNA en servicio (en uso) son el doble de los errores máximos permitidos en verificación, los indicados en la tabla.

8.7. PROPIEDADES METROLÓGICAS DE UN INSTRUMENTO

Las propiedades metrológicas de los dispositivos de medida se comprueban dinámicamente, es decir, hay que colocar (en subida o en bajada) varias cargas sobre el receptor de carga para determinarlas. Son características más específicas del dispositivo y son las que se comprueban en los ensayos:

Sensibilidad

Relación entre el cambio en la indicación y el valor correspondiente de masa que ha habido que añadir para provocar tal cambio.

$$S = \frac{\textit{variación indicación}}{\textit{variación masa colocada}}$$

Movilidad

Valor más pequeño de carga que provoca una variación en la indicación. También se puede definir como aquel valor máximo de carga que podemos añadir sin que cambie la indicación.

Repetibilidad

Está asociada a la precisión y es la capacidad que tiene un dispositivo para indicar siempre el mismo valor cuando se pone siempre el mismo peso en las mismas condiciones.

Exactitud

Según el Vocabulario internacional de metrología: “proximidad entre un valor medido y valor verdadero de un mensurando”. Es decir, la exactitud es el hecho de que el instrumento de justo el valor de carga que se está pesando.

Durabilidad

Aptitud del dispositivo para conservar sus propiedades y características de funcionamiento a lo largo del tiempo.

Tiempo de calentamiento

Tiempo que transcurre desde que se conecta el equipo a alguna fuente de energía hasta que el instrumento cumple con los requisitos.

9. FACTORES A TENER EN CUENTA PARA REALIZAR LOS ENSAYOS

Como se ha dicho, la calibración se utiliza para establecer las características metrológicas de un instrumento mediante la aplicación directa sobre el instrumento a calibrar de unas cargas de valor conocido o patrones, que son materiales de referencia certificados cuyo valor está garantizado y es trazable.

Se ha de determinar el error así como la incertidumbre asociada a la indicación del instrumento (el valor que obtenemos nosotros) y el patrón de referencia (lo que se debería de medir si el instrumento fuese perfecto).

Para asegurarnos de que los resultados de las pruebas son válidos, y que por tanto el instrumento se puede seguir usando en las mismas condiciones, la calibración se debe realizar en el lugar normal de uso del instrumento, y solo puede transportarse cuando podamos garantizar que el equipo es inmune a los efectos del transporte. Entre los efectos ocasionados por el transporte podemos destacar:

- Condiciones propias del transporte: perturbaciones mecánicas (vibraciones...), temperatura, humedad o presiones a las que es sometido el aparato durante el transporte y que pueden modificar sus características metrológicas.
- Consecuencias de transportar el instrumento a otra localización:
 - Diferentes condiciones ambientales: temperatura, humedad...
 - Diferentes condiciones físicas: altitud del lugar de la calibración y su correspondiente variación de los efectos de la gravedad.

Cuando se dice que la calibración debe realizarse en las mismas condiciones en las que se usa el instrumento para el desempeño normal de sus funciones, nos estamos refiriendo no sólo las condiciones ambientales, sino también a características técnicas. Es por ello que se deben realizar unas comprobaciones previas para establecer las condiciones bajo las cuales se puede garantizar la validez de los resultados de la calibración:

- El instrumento debe poder identificarse fácilmente.
- Se debe realizar un chequeo visual para asegurar que el instrumento se encuentra en perfecto estado y que no está afectado por contaminación (por ejemplo: suciedad y objetos extraños) que puedan afectar a su correcto funcionamiento.
- Si para el uso diario del instrumento se realiza algún tipo de ajuste, este debe realizarse de la misma forma antes de la calibración.
- Los elementos indicadores del peso tienen que estar claramente identificados y deben marcar el peso sin ninguna ambigüedad.
- Cuando haya elementos del software del instrumento que puedan ser modificados por el usuario y que influyan de algún modo en los resultados de la calibración, debe quedar registrado.
- Por lo menos una vez se ha cargado al instrumento con una carga aproximadamente igual a la máxima de prueba.
- El aparato está nivelado, en caso de ser necesario.
- En el caso de que el aparato requiera un tiempo de calentamiento previo tras la conexión eléctrica, este debe ser respetado.

- Las condiciones ambientales son las requeridas.

A pesar de todo esto, el usuario del equipo debe saber que las condiciones bajo las cuales se calibra el instrumento son diferentes de las condiciones de uso normal del instrumento por varias razones:

- Puede seguirse un proceso de pesaje diferente en el uso normal del instrumento que el seguido en el proceso de calibración.
- Las condiciones ambientales (presión, humedad, temperatura...) cambian.
- El resultado de las pesadas no es el mismo en calibración que en uso normal. De hecho esta circunstancia se refleja en la normativa, G-ENAC-13, cuando en el punto 7.4 hace referencia a dos indicaciones diferentes del instrumento:
 - R = resultado obtenido después de la calibración.
 - W^* = aproximación al resultado de la pesada corregida con el factor de error E y considerando que anota la lectura en las mismas condiciones que las de calibración.
 - Estas dos lecturas se relacionan mediante la expresión: $W^* = R + \delta R - E$

En la expresión: $W^* = R + \delta R - E$, aparece el término δR . Se trata de un factor que considera los siguientes errores:

- Error de redondeo a cero: δR_{dig0} .
- Error de redondeo en la lectura a carga: δR_{digL} .
- Error causado por el defecto de la repetibilidad: δR_{rep} .

Así pues, $\delta R = \delta R_{\text{dig0}} + \delta R_{\text{digL}} + R_{\text{rep}}$. El término error en estos casos no es del todo correcto, ya que no se determinan errores para esas situaciones, sino que se estiman y aplican incertidumbres en función del dominio que el usuario de las características y propiedades del instrumento. Junto con los ya mencionados, hay circunstancias bajo las que se pueden aplicar otras correcciones, éstas son:

- Incertidumbres asociadas al instrumento (δR_{instr}): tiene en cuenta el cambio de temperatura ambiente, el cambio en la densidad del aire y las desviaciones producidas por el desgaste del instrumento desde el instante de la calibración.
- Incertidumbres a tener en cuenta cuando el procedimiento seguido para el pesaje es diferente del seguido en la calibración (δR_{proc}).

La expresión que relaciona los términos de incertidumbre con el resultado de la pesada después de la calibración viene dada por:

$$W = W^* + \delta R_{\text{instr}} + \delta R_{\text{proc}}$$

Otra forma de representar los errores cometidos es:

$$E = I - m_{\text{ref}}$$

Con:

I = incertidumbre asociada a las medidas. Depende de: tipos de medidas, tipo de instrumento así como su uso, procedimientos de calibración... con frecuencia la incertidumbre es proporcional a la masa del patrón empleado, por lo tanto, cuanto mayor sea la carga, más exacto es el procedimiento. Además, hay determinadas incertidumbres de medidas que las puede estimar el usuario del instrumento gracias a la propia experiencia.

$$m_{\text{ref}} = m_{\text{cCal}} + \delta m_{\text{B}} + \delta m_{\text{conv}} + \delta m_{\text{D}} + \dots$$

m_{cCal} = masa del patrón.

δm_{B} = corrección asociada al empuje del aire.

δm_{conv} = corrección por el efecto de la convección.

δm_{D} = corrección por el efecto de la deriva y desgaste de los materiales con el tiempo.

De todos los factores mencionados, quizá los que se refieren a condiciones ambientales, como son δm_{B} y δm_{conv} merecen ser considerados más atentamente porque hay ciertos aspectos que, aunque su influencia sea aparentemente poco visible, sin embargo su efecto sobre el resultado final de la calibración es determinante y deben por tanto ser estudiados en profundidad.

9.1. EFECTO DE EMPUJE DEL AIRE

Los patrones de masa que se emplean hoy en día se calibran en función de la masa convencional.

Masa convencional m_c de un cuerpo (según la OIML R111, punto 2.7): valor de la masa de una pesa de referencia con densidad $\rho_c = 8000\text{Kg/m}^3$ que equilibra dicho cuerpo en un aire a densidad de referencia $\rho_0 = 1,2\text{Kg/m}^3$.

$$m_c = m \cdot \frac{1 - \frac{\rho_0}{\rho}}{1 - \frac{\rho_0}{\rho_c}}$$

Con:

ρ = densidad del objeto.

M = masa del objeto.

La calibración se realiza de modo que se consideren los efectos de la gravedad en el momento del ajuste g_s y del empuje real del aire sobre la masa patrón, m_{cs} . De este modo, la indicación viene afectada por la densidad real del cuerpo ρ_s , la densidad real del aire en el momento de efectuar la medida ρ_{as} . Hay que señalar que el ajuste es válido únicamente en estas circunstancias, de ahí la importancia de llevar a cabo los ensayos en las condiciones normales de uso del instrumento.

La indicación marcada es: $I_s = m_{cs}$

En el caso de que varíen las condiciones ambientales, se puede establecer una relación entre la masa (m_c) y la indicación (I) que tienen en cuenta las variaciones en los efectos del empuje de la gravedad así como el empuje del aire (los términos con el subíndice 's' son los valores de magnitudes que se dan en el momento del ajuste):

$$I = m_c \cdot \frac{g}{g_s} \left[1 - (\rho_a - \rho_0) \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_s} \right) - \left(\frac{\rho_a - \rho_{as}}{\rho_s} \right) \right]$$

Con:

g = aceleración de la gravedad.

g_s = aceleración de la gravedad en el momento del ajuste.

ρ_o = densidad de referencia del aire $\rho_o = 1,2\text{Kg/m}^3$

ρ_a = densidad del aire ambiente

ρ_{as} = densidad del aire en el momento del ajuste

ρ_s = densidad del cuerpo en el momento del ajuste

ρ = densidad del patrón

m_c = masa convencional

En función de las condiciones bajo las cuales hagamos el ensayo, se pueden hacer las siguientes simplificaciones (suponiendo que la acción de la gravedad no cambia: $g/g_s = 1$):

Caso $\rho_o = \rho_a$:

$$I = m_c \left[1 - \left(\frac{\rho_a - \rho_{as}}{\rho_s} \right) \right]$$

Caso $\rho_a = \rho_{as}$:

$$I = m_c \left[1 - (\rho_a - \rho_o) \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_s} \right) \right]$$

Caso $\rho = \rho_s$:

$$I = m_c \left[1 - \left(\frac{\rho_a - \rho_{as}}{\rho_s} \right) \right]$$

La densidad ρ del patrón normalmente se conoce, pero cuando no se conoce, pueden tomarse los siguientes valores de pesas recogidos en la Tabla B7 de la OIML R 111.

Tabla 6: OIML R 111

Aleación/material	Densidad supuesta ρ en kg/m^3	Incertidumbre típica $u(\rho)$ en kg/m^3
níquel plata	8600	85
bronce	8400	85
acero inoxidable	7950	70
acero carbonado	7700	100
hierro	7800	100
hierro fundido (blanco)	7700	200
hierro fundido (gris)	7100	300
aluminio	2700	65

Otra forma de considerar el peso del aire que se encuentra sobre la masa convencional que se mide, es emplear el parámetro δm_B .

9.2. EFECTO DE LA CONVECCIÓN

En una calibración con frecuencia se tienen que trasladar o el instrumento, o los patrones empleados. Si se quiere realizar una medida lo más correcta posible, lo mejor es tratar de que tanto las masas patrón, como el instrumento y el ambiente estén a la misma temperatura, ya que de no ser así se producirá el conocido efecto de la convección del aire (pensemos en los radiadores para hacernos una idea más fácil).

En el ámbito que nos ocupa, la convección se produce cuando la masa patrón está a una temperatura diferente del resto del ambiente. Esto genera que la película de aire más cercana al patrón cambie de temperatura al estar en contacto con éste, y, al ser ahora la temperatura del aire en contacto con la masa de patrón diferente de la del resto de la estancia, se crea un flujo de aire alrededor de la masa apareciendo así fuerzas casi imperceptibles pero, significativo en el nivel de precisión en que nos movemos.

Una forma sencilla de paliar este efecto es someter a las pesas a un proceso de atemperación o maceración. La atemperación hace que la diferencia de temperatura entre las masas y el ambiente disminuya hasta valores que permiten, a veces, despreciar su efecto ante la incertidumbre requerida por el cliente.

En el Laboratorio de Metrología y Calibración Dimensional de la Uva, se establece un periodo de atemperación de 48 horas. Si hubiera que hacer la calibración “insitu” probablemente se requeriría más tiempo para conseguir unas condiciones uniformes.

En el caso de patrones de muy alta exactitud, como pueden ser las pesas de clase E2 o F1 (según recoge la OIML R 111), no se debe despreciar este efecto.

10. ENSAYOS

10.1. ENSAYO DE LA EXACTITUD DE LOS DISPOSITIVOS DE PUESTA A CERO Y DE AJUSTE DE TARA

Objetivo: con el instrumento puesto a cero, se trata de determinar para qué carga adicional el indicador incrementa su valor en un escalón por encima de cero.

Para facilitar la rápida comprensión de algunos de los conceptos de los que se va a hablar seguidamente, se les define a continuación.

Dispositivo de puesta a cero: elemento que, cuando el receptor de carga no está sometido a peso, pone a cero la indicación. Puede ser:

- De puesta a cero inicial: pone a cero el aparato en el momento de encenderle y antes de prepararle para el uso.
- Automático: no se requiere la intervención del operador. En este caso el dispositivo debe funcionar cuando se ha alcanzado un equilibrio estable y ha permanecido estable durante un mínimo de 5 segundos.
- No automático: la persona que maneja el instrumento es quien pone a cero el indicador.
- Semiautomático: quien maneja el instrumento acciona un mando que pone a cero el indicador.

Cabe indicar que también hay dispositivos de mantenimiento del cero, es decir, que una vez que el indicador marca cero o un valor neto negativo, y si el instrumento no detecta variaciones de peso superiores a $0,5d$ durante al menos 1 segundo, el indicador se mantendrá a cero.

Dispositivo de tara: se trata de un elemento que puede poner a cero la indicación de la carga aun cuando se ha colocado una carga sobre el instrumento. Al igual que en la puesta a cero, el dispositivo puede ser de accionamiento automático, no automático o semiautomático, no modificando o reduciendo en ningún caso el rango de pesaje para cargas netas.

Es importante resaltar que un IPFNA puede tener uno o más dispositivos de puesta a cero, los cuales no deben modificar el alcance máximo del instrumento, Pero no debe tener más de un dispositivo de mantenimiento del cero.

Cuando la puesta a cero no es automática o se trata de una puesta a cero semiautomática.

Cuando la puesta a cero es automática o cuando hay mantenimiento del cero. En este caso se aplica una carga al instrumento (por ejemplo 5 e) y posteriormente se aplica carga hasta que el indicador marca un escalón inmediatamente superior al que indicaba anteriormente.

En ambos casos el error se calcula del mismo modo, siguiendo el proceso que se marca a continuación.

Cálculo de los errores:

1. Se aplica una cierta carga (L) y se anota el valor (I) indicado.
2. Se continúa cargando al instrumento con pesas (por ejemplo $1/10 e$) hasta que se ve claramente como el instrumento aumenta su indicación en 'e' unidades: $I + e$. En este momento se calcula el valor P, sin redondeo, que resulta de añadir la carga extra ΔL :

$$P = I + (1/2)e - \Delta L$$

3. Por lo tanto, lo que se puede aumentar la carga sin que el instrumento lo detecte, es decir el error antes del redondeo queda:

$$E = P - L$$

4. Si a este error le quitamos la parte correspondiente al error en cero (E_0) queda:

$$E_c = E - E_0 \leq emp$$

Pongamos un ejemplo:

En una báscula con un escalón 10g colocamos peso por valor de 2kg. La báscula indicaría 2000g. Según el procedimiento anterior, ahora se deben añadir pesas de $1/10 e$, es decir $1/10 \times 10 = 1g$. Supongamos que la indicación cambia de 2000g a 2010g tras colocarle una carga de 3g, entonces se tiene:

$$P = 2000 + (1/2)10 - 3 = 2002g$$

$$E = 2002 - 2000 = 2g$$

Suponiendo que el error en cero obtenido fue de $E_0 = 1g$.

$$E_c = E - E_0 = 2 - 1 = 1g$$

Comprobamos también que el error en cero (E_0) no afecta a la indicación final del pesaje en una magnitud mayor que $0,25e$ para el caso de un dispositivo que no tenga dispositivos indicadores auxiliares, no siendo mayor que $0,5e$ en caso contrario:

$$0,25 \cdot 10 = 2,5g$$

$$2,5g > 1g \text{ CORRECTO}$$

En cuanto al ensayo de exactitud de ajuste de tara, el procedimiento es el mismo que el llevado a cabo cuando la puesta a cero del instrumento no es automática. Se debe tener en cuenta que un dispositivo de tara tiene que estar pensado de forma que la puesta a cero del elemento indicador sea:

- Mejor que $\pm 0,25e$ para aparatos electrónicos y cualquier aparato que disponga de indicación analógica.
- Mejor que $\pm 0,5d$ para aparatos mecánicos con señal de peso digital y aparatos con elementos indicadores auxiliares.

10.2. ENSAYO DE PESAJE A TEMPERATURA AMBIENTE

Objetivo: determinar la curva característica del instrumento para todo su rango de pesaje.

Es necesario recordar que, cuando se pretende obtener una curva característica para el campo de pesaje del instrumento, el resultado buscado es una ecuación. Al convertir los resultados numéricos en una función, se están extrapolando los resultados de los ensayos para todo el rango de uso del equipo, lo que conlleva introducir errores. Para tratar de minimizar en la medida de lo posible estos errores se aplican incertidumbres, ya sean absolutas (en forma de una única varianza) o relativas (conjunto de varianzas y covarianzas).

Esta prueba a temperatura ambiente se lleva a cabo colocando pesas sobre el receptor de carga del instrumento de manera progresiva tanto en la operación de aumento como de disminución

de carga. Para la comprobación de que el error máximo en las medidas no es mayor que error máximo permitido será suficiente la realización del ensayo con 5 pesas diferentes. Sólo en el caso de que tratemos de determinar el error intrínseco inicial se deberá llevar a cabo el ensayo con 10 pesas. Las pesas deben incluir:

- Los valores máx. y mín. del rango se pesaje.
- Los valores aproximados o exactos (si puede ser) en los que el error máximo permitido es toma valores diferentes.

Si el instrumento de pesaje cuenta con un dispositivo de puesta a cero inicial y su rango de pesaje se extiende hasta un 20% más allá del máximo valor del rango de pesaje, es necesario efectuar una pesada más de forma que se tome el límite superior el rango como punto cero.

En el caso de que el aparato disponga de varios dispositivos para visualizar el resultado de la pesada, tanto por visualización directa como por impresión, no debe haber diferencia entre los valores dados por los diferentes indicadores.

10.3. ENSAYO DE TARA

Objetivo: determinar si la actuación del dispositivo de tara provoca un cambio en la curva característica.

Se realiza de la misma forma que el anterior, salvo que en este caso debe incluirse el valor del recipiente, la tara. Este ensayo hay que realizarle un mínimo de 2 veces, cada vez con un valor de tara distinto, y para cada valor de tara se tienen que seleccionar 5 pesos diferentes eligiendo:

- Valores próximo al máx. y al mín.
- Aquellos pesos que provocan un cambio del error máximo permitido.
- El punto que más se acerque a la máxima carga neta posible.

También se debe realizar el ensayo para un valor de tara lo más próximo posible al efecto máximo aditivo de tara en el caso de que contemos con un dispositivo aditivo de tara.

Durante la realización de estos ensayos se puede tener activado el dispositivo de puesta a cero automático y el dispositivo de mantenimiento del cero cuando el instrumento en cuestión está equipado con ellos. El consecuente error de puesta a cero debe ser calculado.

Si el instrumento estuviera equipado con un dispositivo de pesaje de tara, habría que comparar el resultado indicado por el instrumento de pesaje con el obtenido por el dispositivo de pesaje de tara.

10.4. ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Objetivo: asegurar que ante una misma carga siempre obtenemos el mismo resultado.

El ensayo consistirá en 2 series de pesadas. En el caso de límite superior menor de 1000Kg, hay que disponer de al menos 3 pesadas en cada serie para instrumentos de clase (III) y (IIII) y al menos 6 pesadas para para instrumentos de clase (II). Para límite superior mayor de 1000Kg, hay que hacer al menos 10 pesadas.

Cargas a ensayar:

- Un peso cercano a aproximadamente 50% del rango máximo.
- Un peso cercano a aproximadamente 100% del rango máximo.

Deben anotarse las siguientes indicaciones:

- Valor de la indicación cuando el instrumento está cargado.
- Valor de la indicación cada vez que descargamos el instrumento. Si el instrumento no llegase a ponerse a cero, debe corregirse el desajuste mediante la puesta a cero (tener activado el dispositivo de puesta a cero automático o de mantenimiento del cero en caso de el instrumento lo tenga), pero no es necesario calcular el error de cero.

Importante: aunque se de una posible variación de resultados en las diferentes pesadas para una misma carga, el error que se dé para cada carga en cada pesada no puede ser mayor que el error máximo permitido para esa carga.

10.5. ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Objetivo: colocar las pesas de prueba de modo que el centro de gravedad de la carga ocupe diferentes posiciones, y comprobar que cualquiera que sea el punto de aplicación de la carga sobre el receptor de carga, el resultado de la indicación sea el mismo.

Para su realización hay que anular el efecto de los dispositivos de puesta a cero o mantenimiento del cero en el caso de existir.

En este ensayo se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Si no hay ninguna indicación adicional, emplear una carga igual a:

$$\frac{1}{3}[(\text{alcance máximo}) + (\text{efecto máximo aditivo de tara})]$$

- Caso de 'n', n > 4, puntos de apoyo, se aplicará a cada punto de apoyo el coeficiente:

$$\frac{1}{(n - 1)}[(\text{alcance máximo}) + (\text{efecto máximo aditivo de tara})]$$

- Cuando se trata de depósitos, tolvas... en los que la posibilidad de que se produzca excentricidad de carga es menor, el coeficiente a aplicar será:

$$\frac{1}{10}[(\text{alcance máximo}) + (\text{efecto máximo aditivo de tara})]$$

- Para cargas rodantes:

$$0,8[(\text{alcance máximo}) + (\text{efecto máximo aditivo de tara})]$$

En estos casos además la carga se tiene que colocar en las posiciones inicial, intermedia y final de la dirección de conducción y llevar a cabo el ensayo en los 2 sentidos de la conducción.

En la medida de lo posible se ha de colocar una sola pesa y que esté centrada, sin embargo, cuando haya que aplicar más de una pesa, estas se deben distribuir uniformemente sobre la zona. En el informe de evaluación se debe concretar mediante un croquis la posición en la que se coloca la carga.

Para cargas con no más de 4 puntos de apoyo, colocar la carga de modo que haya cuatro áreas con aproximadamente igual carga en cada área (1/4 de la carga por área).

En la Figura 5.3-1 de G-ENAC-13, se indican las colocaciones de las cargas sobre el receptor de carga:

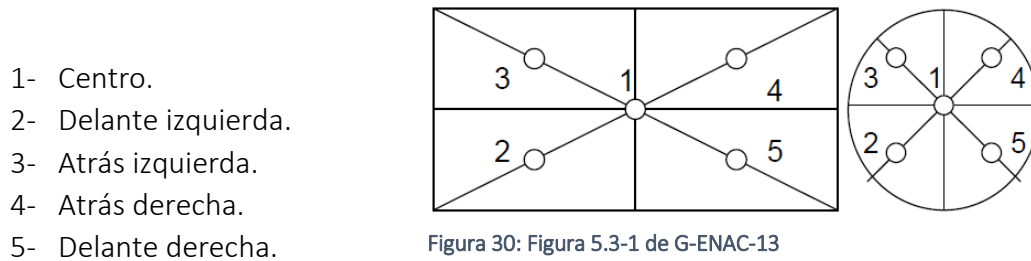


Figura 30: Figura 5.3-1 de G-ENAC-13

- 1- Centro.
- 2- Delante izquierda.
- 3- Atrás izquierda.
- 4- Atrás derecha.
- 5- Delante derecha.

En la siguiente figura se indica la forma de colocar la carga sobre las diferentes posiciones (1 - 5) descritas en la Figura 5.3-1.

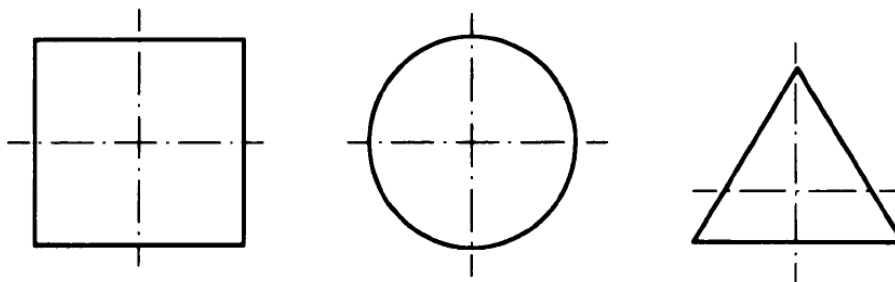


Figura 31: Colocación de la carga en el ensayo de excentricidad

Si la disposición de los puntos de apoyo no permite las configuraciones de la carga arriba indicadas porque estos están demasiado cerca, la carga debe ser colocada uniformemente a ambos lados de la línea que une los dos puntos de apoyo, como se muestra a continuación.

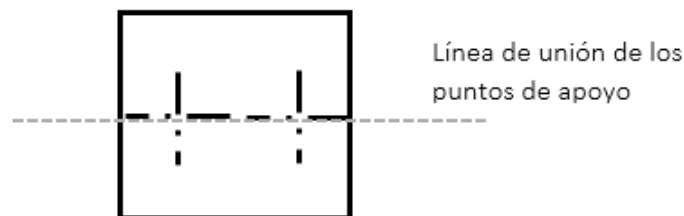


Figura 32: Colocación especial de excentricidad de la carga

10.6. ENSAYO DE MOVILIDAD

Objetivo: asegurar y comprobar que el instrumento es capaz de detectar pequeñas variaciones de carga.

Para ello y dependiendo de qué tipo de instrumento sea, al colocar o retirar un peso equivalente a una fracción del error máximo permitido, se debe observar un claro cambio en la indicación de la carga.

Para aparatos con equilibrio automático o semiautomático: según sea el instrumento analógico o digital:

- Si se trata de un instrumento analógico: una vez esté cargado y en equilibrio, se añade o retira carga de valor igual al valor absoluto del error máximo permitido, y la nueva posición de equilibrio del indicador debe ser como mínimo el equivalente a 0,7 veces dicha carga.
- Si se trata de un instrumento digital: la indicación debe cambiar al aplicarle una carga extra de: $1,4 \times \text{Escalón real, } d$. El procedimiento a seguir es el siguiente:
 1. Cargar el instrumento con una pesa más un número de pesas adicionales, cada una con un valor una fracción del escalón (por ejemplo: 5 pesas adicionales de $1/5 d$ cada una), lo que dará una indicación: I .
 2. Retirar poco a poco pesas adicionales hasta que la indicación disminuya claramente en un escalón (d). La indicación pasará a ser: $I - d$.
 3. Por último colocar: en primer lugar una de las pesas adicionales ($1/5 d$) y finalmente (y sin quitar ninguna pesa), cargar el aparato con pesas adicionales por valor de $1,4 d$ sobre la carga existente. Ésta última carga debe generar un aumento en la indicación de un escalón sobre la carga indicada al principio (I). El instrumento debe marcar ahora una carga final de: $I + d$.

Pongamos un sencillo ejemplo para mayor claridad:

Paso 1: cargar el instrumento (carga + fracciones adicionales):

Indicación inicial: $I = 100\text{g}$.

Escalón del instrumento: $d = 10\text{g}$.

Pesas adicionales: $\frac{1}{5}d = \frac{1}{5}10 = 2\text{g}$ cada una.

Paso 2: retiramos paulatinamente pesas adicionales hasta que el aparato marque un escalón menor que la medida inicial:

$$I - d = 100 - 10 = 90\text{g}$$

Paso 3: se coloca una pesa adicional de 2g .

Se coloca una última carga de $1,4 \cdot d = 1,4 \cdot 10 = 14\text{g}$.

La indicación final debe ser: $I + d = 110\text{g}$.

Para aparatos de equilibrio no automático: al poner o quitar un peso correspondiente a:

$$0,4 \times |\text{Error máximo permitido}|$$

de la carga existente, el movimiento de la aguja del indicador debe ser claramente visible.

10.7. ENSAYO DE SENSIBILIDAD

Objetivo: eliminar en lo posible los efectos del umbral de movilidad.

Este ensayo consiste en colocar sobre el instrumento en equilibrio una carga suplementaria igual al error máximo permitido. Esta carga debe producir un desplazamiento permanente de la aguja u órgano indicador que permita medir el desplazamiento de la indicación como la distancia lineal entre los puntos medios en los que oscilaba la indicación antes y después de añadir la carga suplementaria.

Esos desplazamientos son:

- 1mm como mínimo para aparatos de clase (I) o (II).
- 2mm como mínimo para aparatos de clase (III) o (VIII) con $MAX \leq 30Kg$.
- 5mm como mínimo para aparatos de clase (III) o (VIII) con $MAX > 30Kg$.

Para asegurar la fiabilidad del ensayo, éste se debe ejecutar con dos cargas distintas.

10.8. ENSAYOS ESPECIALES

En aquellos casos excepcionales en los que no se pueda garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos en los ensayos aquí recogidos, se podrán llevar a cabo, si se consideran imprescindibles, otros de los ensayos recogidos en la norma, a condición de que estos ensayos no dañen el instrumento.

En los aparatos de pesaje especiales como básculas-puente, que tengan un alcance máximo mayor que 40000Kg, se podrán realizar, siempre a petición por escrito del dueño de la báscula, los ensayos de pesaje y tara antes mencionados. En estos casos se seguirán las pautas indicadas en la normativa vigente que regule este tipo de instrumentos. Si esta legislación limita el alcance máximo, los ensayos se realizarán hasta un máximo de un 10% por encima del alcance máximo. Esta condición deberá ir claramente especificada en la etiqueta de especificación de límite de alcance máximo del instrumento que tiene que ser adherida al instrumento de forma que sea perfectamente visible.

11. CONTROL METROLÓGICO DEL ESTADO. FASE DE INSTRUMENTOS EN SERVICIO.

Durante el periodo de uso de un instrumento son varias las causas que pueden producir al desajuste y deterioro de los componentes del aparato, lo que puede producir el no cumplimiento de las garantías metrológicas del instrumento. Por eso, e incluso si el instrumento funciona bien y no presenta defectos aparentes, las normativas específicas de cada aparato, establecen revisiones periódicas para mantener la verificación de las características metrológicas.

Es el usuario o propietario del instrumento el que tiene la obligación de solicitar la verificación en arreglo al siguiente intervalo de tiempo:

- La primera verificación debe solicitarse en los primeros 6 meses de funcionamiento del equipo.
En esta primera verificación la documentación del instrumento que debe entregarse (Boletín de Identificación) se utilizará para incluir al equipo de medida en la base de datos del Registro de Instrumentos de Pesaje perteneciente al Servicio Territorial de Industria, Comercio y Turismo. Tal Boletín se rellenará de forma conjunta por el usuario y el Laboratorio que lleva a cabo la verificación. Ver formato Boletín en Anexo I.
Además, tras la primera verificación, el Laboratorio proveerá al titular del instrumento el Libro de Registro de Reparaciones.
- Posteriormente debe solicitarse cada 2 años.

El usuario o titular del instrumento de pesaje tiene que pagar el coste de la verificación al laboratorio que la ha realizado. El precio de la verificación viene fijado por la Dirección General de Industria, Energía y Minas.

La solicitud de revisión y verificación se debe dirigir a la administración pública donde esté localizado el equipo, para el caso que nos ocupa en este Trabajo Fin de Master la solicitud debe dirigirse a los laboratorios autorizados a tal efecto en Castilla y León. Así pues, la administración pública correspondiente es la responsable de que se cumpla este control metrológico. Para ello puede nombrar en su lugar un organismo autorizado por ella para realizar la verificación, será el encargado de seguir los procedimientos necesarios que aseguren la verificación del instrumento.

Cuando un instrumento tenga que ser reparado o modificado, dicha reparación la realizará quien esté inscrito, persona o entidad, como reparadora en el Registro de Control Metrológico. Tras la reparación, se comprobará el funcionamiento del aparato mediante una inspección y una vez realizada tal inspección, tanto si lo pasa como si no, se emitirá el correspondiente certificado y colocarán las etiquetas pertinentes:

- Si el resultado es positivo: el instrumento volverá al ejercicio de las funciones.
- Si el resultado es negativo: se seguirá el siguiente proceso:
 - Dejar fuera de servicio el instrumento hasta repararlo.
 - Si su reparación es imposible, se retirará del servicio de modo permanente indicando la razón para su retirada y se le adherirá el símbolo 'R'.



Figura 33: Puesto fuera de servicio o inutilización de un IPFNA

En la siguiente figura se muestra la etiqueta que debe ponerse en el instrumento que haya superado todos los controles para su verificación. Como se ve en ella aparecen:

- En la parte izquierda:
 - Organismos que realiza la verificación.
 - N.º de identificación.
 - Fecha de verificación.

- En la parte derecha:
 - Realización exitosa o no de la verificación.
 - Fecha: mes y año, hasta la que son válidas las comprobaciones realizadas.

E F M A M J J A S O N D	
1999 2000 2001 2002 2003	
Verificación realizada de acuerdo con la Orden de 27 de abril de 1999	
ORGANISMO VERIFICADOR	Resultado de la verificación
N.º de identificación:	CONFORME Y VÁLIDO HASTA
Sello:	
E F M A M J J A S O N D	
2001 2002 2003 2004 2005	

Figura 34: Etiqueta que indica una verificación correcta

Sea cual sea el motivo por el que sea realiza una inspección, se levantará acta de inspección. En el informe del acta quedará recogido:

- Cual fue la causa que llevó a la inspección: periódica, mal funcionamiento, acuerdos entre administraciones,...
- Persona o entidad que ha llevado a cabo la inspección.
- Que componentes del instrumento se han inspeccionado así como el control metrológico seguido.
- Posibles defectos resaltados durante la inspección.

El acta de inspección se emitirá por triplicado: 1 ejemplar para el usuario o titular del instrumento, 1 ejemplar para el laboratorio que ha verificado el instrumento y 1 ejemplar para el Servicio Territorial de Industria, Comercio y Turismo de la provincia. La documentación que

se entregue al Servicio Territorial de Industria, Comercio y Turismo incluirá, además del acta de inspección, la identificación del instrumento que se ha inspeccionado y los ensayos realizados sobre el instrumento.

Cuando se hacen inspecciones no sólo se trata de garantizar que los instrumentos siguen cumpliendo los requisitos necesarios, las administraciones públicas además deben asegurarse de que las operaciones de ajuste minimizan el error de la medida haciendo que el error medio del equipo sea cero.

Las entidades que llevan a cabo los procesos de verificación de los aparatos, pondrán a disposición del Centro Nacional de Metrología como Organismo de Cooperación Administrativa los resultados de las pruebas de inspección. Con esto se persigue que todos los países miembros tengan a su disposición información de los resultados de los ensayos así como de los procedimientos seguidos para asegurar el cumplimiento por parte de los instrumentos de los requisitos metrológicos.

El Organismo de Cooperación Administrativa facilita el intercambio de la siguiente información:

- Organismos que han sido inscritos, autorizados o revocados para la verificación metrológica o la reparación de instrumentos.
- Datos de los resultados de los exámenes para saber en cuanto se han mejorado las características metrológicas del instrumento.
- El acta de inspección.
- Informes de evaluación con la conformidad.
- Aprobaciones y revocaciones de sistemas de control de calidad nuevos y existentes.
- Certificados de examen de modelo y de diseño de las modificaciones o denegaciones.

Del mismo modo que el dueño del instrumento está obligado a emitir las solicitudes de inspección en caso de fallo o cuando la normativa aplicable a su instrumento lo estipula, el no cumplimiento de los reglamentos supondrá sanciones al propietario. Estas sanciones se pueden deber a: riesgos sanitarios, posible intencionalidad, influencia en la sociedad o posición en el mercado entre otros.

Las sanciones se pueden clasificar en:

- Sanciones leves:
 - No tener la documentación el instrumento.
 - No tener el instrumento las etiquetas e identificaciones requeridas o que no estén claramente identificadas.
 - No cumplir o modificar los requerimientos que garantizaron en su momento la conformidad la normativa y que posibilitaron la puesta en servicio, comercialización o reparación.
- Sanciones graves:
 - Reincidencia en una falta leve.
 - Durante el proceso de inspección debe haber una actitud colaboradora por parte del usuario (proporcionar la documentación y equipos necesarios a las entidades encargadas de la verificación). La negación a colaborar o la obstrucción al personal durante el proceso, se considera una infracción grave.

- El uso o comercialización de instrumentos que no hayan cumplido con algunas de las fases de puesta en servicio o verificación después de modificación o reparación.
 - No cumplir con los requerimientos del Registro del Control Metrológico.
 - Las etiquetas o marcados de conformidad estén dañados, mal colocados, no existan o no sean los correctos.
 - La persona que realiza la inspección del documento sea la misma, un representante o de algún modo implicada con la persona que la que lo fabricación o utiliza.
- Sanciones muy graves:
 - Reincidencia de una falta grave.
 - Emplear equipos de medida con las finalidades recogidas en el Real Decreto 889/2006 de 21 Julio pero que no hayan sido habilitados ni designados para ellos por las autoridades competentes, o incluso que tras haberse denegado un permiso, se sigan llevando a cabo las actividades que atribuye tal permiso. En este sentido, también cuenta como infracción muy grave poner en servicio instrumentos que han sido puestos fuera de servicio.
 - Modificar de algún modo el instrumento para obtener las verificaciones deseadas.
 - La modificación de los datos que sirvieron para la inscripción en el registro o su inexactitud supondrá además de la sanción, la cancelación de la inscripción en el Registro de Control Metrológico.

Los citados datos de los organismos que estén registrados en el Registro de Control Metrológico así como las competencias que estos ostentan y ponen en práctica son de dominio público.

Para facilitar el control de los datos y la identificación en el Registro de Control Metrológico, el Real Decreto 889/2006 de 21 Julio recoge en su Anexo I las tablas con los códigos en función de la comunidad autónoma y tipo de actividad a que está dedicado el instrumento.

Tabla 7: Comunidades Autónomas

Administración Pública	Código
Centro Español de Metrología	00
Comunidad Autónoma del País Vasco	01
Comunidad Autónoma de Cataluña	02
Comunidad Autónoma de Galicia	03
Comunidad Autónoma de Andalucía	04
Comunidad Autónoma del Principado de Asturias	05
Comunidad Autónoma de Cantabria	06
Comunidad Autónoma de La Rioja	07
Comunidad Autónoma de la Región de Murcia	08
Comunidad Valenciana	09
Comunidad Autónoma de Aragón	10
Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha	11
Comunidad Autónoma de Canarias	12
Comunidad Foral de Navarra	13
Comunidad Autónoma de Extremadura	14
Comunidad Autónoma de las Illes Balears	15
Comunidad de Madrid	16
Comunidad de Castilla y León	17

Tabla 8: Identificación según el tipo de actividad

M	Masa, fuerza y pesaje.
E	Electricidad.
G	Gases.
A	Agua.
H	Hidrocarburos.
P	Presión.
D	Dimensional.
V	Volumetría.
C	Termometría y Calorimetría.
T	Tiempo y frecuencia.
N	Preenvasados.
I	Instrumentos especiales.

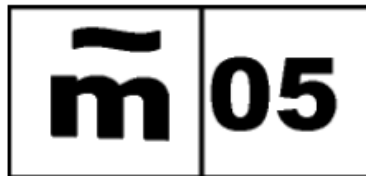


Figura 35: Marcado especial de la Comunidad Autónoma. Corresponde al del Principado de Asturias, para Castilla y León en lugar de 05 sería un 17

12. PROCESO DE VERIFICACIÓN TRAS UNA REPARACIÓN O MODIFICACIÓN

Todos los días cualquier persona utiliza multitud de aparatos que son necesarios para las tareas más cotidianas del día a día y con frecuencia se utilizan equipos que han debido pasar controles para poder ser comercializados ya que otro modo no se habrían puesto a la venta. No es habitual pararse a pensar en los ensayos que han tenido que superar tales objetos antes de que lleguen a nuestras manos y, sin embargo, normalmente hacemos un uso adecuado de estos objetos tanto en lo que se refiere a su finalidad última como a la forma de manejarlos en sí mismos.

Los IPFNA, tratados en este proyecto, que se comercializan y son manejados normalmente por profesionales están diseñados y fabricados de modo que no se pueda un uso indebido o fraudulento de ellos. A pesar de todo, y contando con las buenas prácticas aplicadas por los usuarios de los instrumentos, no es difícil que un golpe por una actuación involuntaria o el simple desgaste del aparato debido a su uso y el paso del tiempo obliguen a la revisión del aparato y que se requiera una reparación o modificación del mismo.

Es necesario apuntar que reparación y modificación son cosas distintas y por eso se aclaran aquí:

Reparación: una actividad de reparación es cualquier operación realizada sobre el instrumento que arregle o reemplace (por otro igual) uno o más de los componentes del IPFNA. Es importante añadir que tras la reparación el usuario obligatoriamente debe solicitar verificación antes de su puesta en servicio de nuevo.

Modificación: una modificación es toda operación sobre el instrumento que sustituya uno o más componentes del mismo. Al igual que ocurre en el caso de las reparaciones, el dueño o usuario del IPFNA debe solicitar su verificación para poder volver a utilizarlo en servicio.

Las operaciones de reparación o modificación de un equipo se deben realizar sin que durante su intervención se modifiquen las características metrológicas del mismo. En caso de que se produzca una alteración en las mismas, el IPFNA deberá ser tratado como un instrumento diferente y tendrán que aplicársele por tanto durante la verificación la normativa que corresponda al nuevo equipo.

Es importante resaltar que la verificación tras una reparación o modificación no es una medida impuesta en ninguna directiva de la Unión Europea, sino que son los países pertenecientes a la misma los que determinan las medidas a tomar y quien se encargará de ponerlas en práctica.

Como es lógico, las medidas a tomar para que el instrumento pueda ser de nuevo puesto en práctica dependen del propio instrumento y vienen determinadas por características como el principio de funcionamiento de los IPFNA o tipo de fallo encontrado, entre otras.

En caso de que se produzca algún fallo en el instrumento y sea necesario intervenir para una reparación, esta sólo puede ser llevada a cabo por el organismo inscrito para ello en el Registro de Control Metrológico, y tras la reparación, es obligatorio someter al IPFNA a la verificación. El organismo que lleve a cabo la verificación será quien certifique si finalmente se puede volver a poner el aparato en servicio, hay que hacer más modificaciones o ha quedado inutilizado.

Si la verificación (ya sea periódica normal o ya sea tras una reparación) concluye que el IPFNA se puede volver a poner en servicio, emitirá un certificado de verificación (ver formato de certificado de verificación en Anexo II) y una declaración de conformidad en forma de etiqueta que se colocará sobre el instrumento y que tendrá una validez de 2 años. Se emitirán 4 copias del certificado de verificación: 1 ejemplar para el titular del equipo de medida, 1 ejemplar para el laboratorio que verifica, 1 ejemplar para el Servicio Territorial de Industria y 1 ejemplar para el reparador del instrumentos. Al Servicio de industria se le enviara junto con el certificado de verificación, el boletín de identificación del equipo de medida, los ensayos realizados y un acta de asistencia técnica para que tenga constancia de que esa verificación se ha realizado tras una reparación o modificación.

Cuando a causa de las labores de reparación el instrumento sufra algún cambio en lo que se refiere a sus características metrológicas, el instrumento resultante podrá ser considerado como un nuevo instrumento y por lo tanto tendrá que ser sometido a las pruebas requeridas para la puesta en servicio como si fuera nuevo y con su normativa correspondiente.

El titular del IPFNA tendrá un Libro-Registro de reparaciones (ver formato Libro Registro de reparaciones en Anexo III) para dejar constancia de cada actuación sobre el equipo de medida.

13. REQUISITOS DE LOS ORGANISMOS DE CONTROL METROLÓGICO Y VERIFICACIÓN METROLÓGICA

La actividad comercial a que se dedique cualquier instrumento puesto en servicio o verificado después de su reparación tiene de un modo u otro su impacto en la sociedad. Este impacto es más fácil de ver en aquellos equipos cuya utilización está ligada al ámbito de la salud o seguridad de las personas. Hay otros ámbitos en que, aunque el resultado de su medida no es tan crítico, sin embargo, una mala praxis en el ejercicio de sus funciones (incluso sin intencionalidad) puede suponer un fraude e incurrir así en una ilegalidad.

Es por ello que los organismos (los laboratorios autorizados) que se encargan de llevar a cabo los controles de puesta en servicio o verificación, establecidos por la normativa y que están designados para tal cometido por las Administraciones públicas deben cumplir una serie de requisitos.

Condiciones exigibles a las entidades encargadas de la inspección y verificación:

- a) Todo el organismo y su personal deben ser completamente independientes de la persona o entidad que solicita la inspección.
- b) El organismo y su personal no pueden estar de ningún modo involucrados en la fabricación, diseño, concepción, comercialización, instalación o suministro de los equipos.
- c) Absoluta transparencia en los procedimientos empleados y los resultados obtenidos. Eso sí, todo el organismo y su personal deben guardar secreto profesional (salvo con la administración pública) de cualquier información obtenida en el ejercicio de sus funciones.
- d) El organismo y su personal deben tener los medios técnicos: instalaciones y herramientas, necesarias para sus tareas.
- e) El personal debe estar perfectamente capacitado para la realización de todas las tareas en las que la Administración pública les haya declarado competentes. El personal debe conocer sus competencias, las de otros órganos metrológicos y las de las administraciones públicas.
- f) El personal debe estar dispuesto a someterse a actividades de seguimiento, mejora continua y actualización de los procedimientos metrológicos.

Por otra parte, quienes quieran conseguir competencias para reparar o modificar equipos de medida deben poder acreditar:

- a) Tener personal cualificado para reparar o modificar los equipos de medida para los que pidan el permiso.
- b) Poseer un equipo de pesas que permita evaluar los equipos de medida en todo su rango de medida. Para límite superior de medida superior mayor que 1000 Kg se permiten utilizar cargas de sustitución.
- c) El equipo de pesas mencionado (con las características establecidas en OIML R 111 R 47) calibrado y trazado a patrones nacionales con errores e incertidumbres menores o

igual $1/3$ del error máximo permitido. Si se cuenta con pesas de menos de 50 Kg deben calibrarse cada 2 años y si son pesas de más de 50 Kg se calibrarán todos los años.

14. REGISTRO DE ORGANISMOS CON COMPETENCIAS EN ACTUACIÓN METROLÓGICA

Las entidades con competencia en Castilla y León para la reparación, modificación, fabricación, comercialización, importación, alquiler, verificación deben estar registradas a tal efecto en el Registro de Control Metrológico. Para inscribirse deben reunir ciertos requisitos técnicos y administrativos.

14.1. REGISTRO DE FABRICANTES, COMERCIANTES, IMPORTADORES O IMPORTADORES.

En la solicitud para aquellos que fabrique, comercialicen, importen o alquilen debe constar:

- Datos personales: nombre, apellidos y DNI de quien hace la solicitud.
- Domicilio del solicitante o la empresa que representa.
- Lugar de emplazamiento de las instalaciones.
- Características del instrumento que fabrica, repara...

Otros datos que se deben presentar:

- Certificado del Registro Mercantil de la persona jurídica (fotocopia).
- Documento de identificación fiscal (fotocopia).
- Capacidad anual aproximada de fabricación.
- Indicar el lugar de emplazamiento de los centros de asistencia técnica en España.

14.2. REGISTRO DE LABORATORIOS AUTORIZADOS PARA VERIFICACIÓN.

Para centros autorizados a hacer verificación metrológica, los documentos a presentar a la Administración pública son:

- Nombre u otra identificación de la organización así como número de identificación otorgado por la administración.
- Domicilio de la organización y lugar donde realiza la actividad industrial.
- Competencias de la organización.
- Código de identificación fiscal.
- Documento de alta de la Administración Tributaria.
- Documento de alta en la Seguridad Social.
- Seguro de responsabilidad civil.

Otros datos:

- Justificación de que posee capacidad técnica.
- Justificación de que sus trabajadores están cualificados en calibración y metrología legal.
- Precios (con justificación) que aplica a sus clientes.
- Sello identificativo con que marcará los instrumentos que ha verificado.

Los laboratorios están bajo el control de los Servicios Territoriales de Industria, Comercio y Turismo así como de la Dirección General de Industria, y tienen contraídas con ellos ciertas obligaciones que ayudan a estas organizaciones a mantener control sobre los laboratorios. El laboratorio debe demostrar su buen funcionamiento mediante el envío, en los 10 primeros días

de cada mes, de la información acerca de los instrumentos que se verificaron el mes anterior. Estas actualizaciones deben ser completadas con el envío cada 6 meses (los 10 primeros días de Enero y Julio) de sus actuaciones en materia de verificación, indicando las verificaciones y las incidencias detectadas.

14.3. REGISTRO DE REPARADORES DE IPFNA.

La solicitud de las personas físicas o jurídicas que puedan reparar instrumentos incluirá:

- Datos personales: nombre, apellidos y DNI de quien hace la solicitud.
- Domicilio del solicitante o la empresa que representa.
- Lugar de emplazamiento de las instalaciones.
- Documento de alta de la Administración Tributaria.
- Documento de alta en la Seguridad Social.
- Seguro de responsabilidad civil.
- Si se trata de una entidad no afincada en Castilla y León y que quiera ejercer su profesión en esta Comunidad Autónoma, deberán además presentar:
 - Acreditación de que está inscrito en el Registro de Control Metrológico de su comunidad.
 - Acreditación del Registro de Control Metrológico de que no tiene sanciones o infracciones en el ejercicio de la reparación.

Otros datos:

- Certificado del Registro Mercantil de la persona jurídica (fotocopia).
- Documento NIF o CIF (fotocopia).
- Certificado de Registro Industrial que demuestre que es fabricante, reparador... del instrumento en cuestión.
- Certificado de Registro de la Propiedad Industrial, es decir, que podemos utilizar la marca de instrumentos en cuestión.
- En lo que se refiere a capacidad técnica, se deben especificar los siguientes datos:
 - Demostrar que se tienen los medios: instalaciones equipos... adecuados para realizar la actividad industrial.
 - Garantizar que los empleados tienen competencias en sus labores, para ello se debe especificar su formación.
 - Autorización del fabricante para reparar su producto.
 - Alcance máximo de los equipos de medida que puede reparar.
 - Clase de exactitud de los equipos de medida que repara.

Tras la presentación de la documentación empieza el siguiente proceso:

En primer lugar, el Centro Español de Metrología emite un documento certificando que ha recibido la solicitud y datos adicionales.

En segundo lugar, si todos los datos son correctos, el Centro Español de Metrología realizará y certificará (con documentos oficiales) la inscripción.

En tercer lugar y sólo si los datos son incorrectos, se rechazará la inscripción.

Una persona que está inscrita en el registro puede ver su inscripción cancelada si el Registro de Control Metrológico detecta:

- Cambios no notificados en la documentación.
- Información falsa o no del todo exacta en la documentación.

15. CONCLUSIONES

Como capítulo final de este documento se va a evaluar lo tratado en la memoria de este Trabajo Fin de Máster en comparación con los objetivos fijados al inicio del mismo.

Se comenzó el trabajo definiendo las diferentes partes que de la metrología y describiendo la situación actual de la metrología legal. Se han comentado varios casos reales de algunas de las principales áreas de interés en las que la metrología interviene, así se ha esclarecido de qué estamos hablando realmente cuando nos referimos al ejercicio de control sobre los instrumentos de medida que lleva a cabo la metrología legal.

Además, se ha explicado el funcionamiento y objetivos principales de algunas de las organizaciones que se encargan de establecer los parámetros a cumplir por todas las partes que hacen uso de la metrología, y fomentan el desarrollo e investigación de en esta ciencia. En este apartado se ha prestado especial atención a describir la estructura metrológica en España.

Una vez introducido el ámbito de la legalidad, se han indicado los procesos que deben seguir tanto el fabricante como el usuario del instrumento para garantizar que el instrumento se encuentra sometido a su normativa correspondiente, los controles periódicos a que deben ser sometidos estos instrumentos, junto con los símbolos que indican si se han superado o no las pruebas.

Se ha tratado de explicar de manera sencilla y clara todas las reglamentaciones aplicables a los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático. En el caso de que el lector quiera profundizar más allá de lo recogido en este documento, se han referenciado las normativas que tratan todos los asuntos explicados, así un usuario de un instrumento o simplemente cualquier persona interesada sabe en qué documento tiene que buscar.

En la segunda mitad del trabajo se han explicado los ensayos que realizan sobre los instrumento de pesaje de funcionamiento no automático, no se ha conseguido poder hacer un ensayo real para poder enseñar los resultados tal como se presentan en la actualidad, pero sí se han descrito los factores que se tienen en cuenta a la hora de realizar los ensayos, aspectos que a menudo se desprecian en el uso diario del instrumento.

16. LÍNEAS FUTURAS

Como continuación a este documento, se proponen:

Realizar una investigación bibliográfica acerca de los requerimientos metrológicos para otros tipos de instrumentos. De esta forma se podrá comparar:

- En qué se diferencian metrológicamente los distintos instrumentos y analizar qué influencia tienen estas diferencias sobre los ensayos que les correspondan.
- Los aspectos constructivos que caracterizan a cada dispositivo según su aplicación y como afectan estos aspectos a la normativa que les sea de aplicación, en caso de que afecten.

Consultar las necesidades metrológicas de estos mismos instrumentos en otras zonas de España. Se apreciará de este modo las posibles diferencias existentes y se valorarán razonadamente el porqué de estas diferencias.

Realizar ensayos reales analizando los procedimientos para detectar posibilidades de mejora.

17. BIBLIOGRAFÍA

Metrología. Práctica de la medida en la industria. AENOR. 1999

A. Ventura, J.J. Sanabria (2005). Metrotecnica en la ingeniería mecánica. Secretariado de publicaciones e intercambio editorial. Universidad de Valladolid.

C. Perruchet, M. Priel (2001). Estimación de la Incertidumbre. Medidas y ensayos. Edita AENOR N.A. 71. 970

P. Coca Rebollero, J. Rosique Jiménez (1999). Tecnología mecánica y metrotecnica. Ediciones Pirámide.

A. Creus Solé (2009). Instrumentos industriales. Su ajuste y calibración. Ediciones técnicas marcombo.

UNE EN 45501 1995

Vocabulario Internacional de Metrología. 3ª Edición 2012

Figura 8: <http://www.cem.es/cem/estructura-del-cem>

Figura 11: <http://lavaliberica.com/index.php?page=mercado-ce>

Figura 14: http://www.sitenordeste.com/mecanica/images/maquina_simple2.JPG

Figura 17: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/imagenes/ope_palanca14.gif

Figura 28:

<http://www.ni.com/cms/images/devzone/tut/image6689574097768183094.png>

Figura 16: https://sites.google.com/site/coleccionguillermocrovetto/_/rsrc/1391600302627/home/balanzas/BalanzaFranklin_P.jpg?height=200&width=199

Figura 15:

http://mla-s2-p.mlstatic.com/muebles-antiguos-971101-MLA20277872311_042015-Y.jpg

Figura 21: <http://www.angelfire.com/blog/controli/u3/unidad3.html>

Figura 23: <http://es.rs-online.com/web/p/galgas-extensiométricas/0632180/>

Figura 20: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tron_p_b/capitulo3.pdf

Figura 18: http://museoebc.org/sites/default/files/1_138.jpg

Figura 19:

<https://www.pce-instruments.com/espanol/images/imagen-ficha-tecnica/balanza-light-line-18010.jpg>

Figura 22: <http://www.bloginstrumentacion.com/files/2012/08/capacitivo300.jpg>

Figura 24:

http://www.sensores-de-medida.es/uploads/img/sensor_de_fuerza_tipo_pancake_fn3000.jpg

Figura 25:

[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~23005153/d_tecnologia/bajables/2%20bachillera to/TRANSDUCTORES,%20SENSORES%20Y%20CAPTADORES.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~23005153/d_tecnologia/bajables/2%20bachillera%20to/TRANSDUCTORES,%20SENSORES%20Y%20CAPTADORES.pdf)

Figura 26: <http://instrumentationandcontrollers.blogspot.com.es/2010/05/linear-variable-displacement-transducer.html>

Procedimiento de verificación de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático. CML 24/2011-01

Calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático. G-ENAC-13 Noviembre 2010.

Real Decreto 889/2006, de 21 Julio, por el que se regula el control metrológico del Estado sobre instrumentos de medida.

Orden de 22 diciembre de 1994 por la que se determinan las condiciones de los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático.

Orden de 27 abril de 1994 por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático, en sus fases de verificación, después de reparación o modificación y de verificación periódica.

Orden de 4 octubre de 1999, de la consejería de industria, comercio y turismo, para la ejecución de la orden de fomento, de 27 abril de 1999 sobre instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático.

Resolución de 29 de noviembre de 2007, de la Secretaría General de Industria, por la que se publica la Directriz 1/2007, de 26 de noviembre para la designación de organismos autorizados de verificación metrológica.

OIML B 15. Estrategia de la OIML. Edición 2011.

OIML R 111-1. International Recommendation. Edition 2004

OIML R 60. International Recommendation. Edition 2000.

R. M. Marbán, J. A. Pellecer (2003). Metrología legal.

Metrología abreviada. 2ª edición en español. Centro Español de Metrología.

Ley 32/2014, de 22 diciembre, de Metrología.

Real Decreto 889/2006, de 21 Julio, por el que se regula el control metrológico del Estado sobre los instrumentos de medida.

Ley 3/1985 de 18 Marzo, de Metrología.

Real Decreto 584/2006, de 12 de mayo, por el que se determina la estructura, composición y funcionamiento del Consejo Superior de Metrología.

Ley 31/1990, de 27 de diciembre, de Presupuestos Generales del Estado para 1991, Artículo 100, por el que se crea el Centro Español de Metrología.

M. Moro Piñeiro (2000). Metrología: introducción, conceptos e instrumentos. Secretariado de publicaciones Universidad de Oviedo.

J.M. Lasheras Esteban. Tecnología mecánica y metrotecnica. Tomo 2.