

# INTRODUCCIÓN A LA METROLOGÍA APLICADA

-CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE CALIBRACIÓN-

-INTERPRETACIÓN DE CERTIFICADOS-



**Real Casa de la Moneda**  
Fábrica Nacional  
de Moneda y Timbre

Junio 2013

# **1.- INTRODUCCIÓN.**

## **Calidad concertada.**

- + Sistemas de aseguramiento y gestión de la calidad: evaluar y asegurar productos y servicios.
- + Herramientas para el control y evaluación de parámetros de calidad: medición, inspección y ensayo.
- + Medida: establecer una relación óptima entre la “bondad” y el coste de los equipos.
- + Definir las características metrológicas de los equipos: incertidumbre de medida.

## **2.- CONCEPTOS.**

### **2.1.- Calibración.**

- \* Procedimiento de comparación entre lo que indica un equipo y lo que "debiera indicar" de acuerdo a un patrón de referencia con valor conocido.
- \* La calibración determina las características metrológicas del equipo.
- \* Certificado de calibración y etiqueta de calibración.
- \* Los resultados de la calibración se utilizan para corregir las lecturas de los equipos y para estimar la incertidumbre de las mediciones.
- \* Para garantizar el cumplimiento de tolerancias y especificaciones debe tenerse en cuenta el efecto de la incertidumbre de medida.



## 2.2.- Verificación.

- \* Revisar, inspeccionar, ensayar, comprobar, supervisar, o realizar cualquier otra función análoga, que establezca que un equipo es conforme con los requisitos especificados.
- \* En la verificación no estamos interesados en el resultado final si no si, a partir de ese resultado, se cumplen o no unos requisitos especificados.

## 2.3.- Ajuste.

- \* Operaciones realizadas sobre un equipo para que proporcione indicaciones prescritas, correspondientes a valores dados de la magnitud a medir.
- \* No debe confundirse el ajuste de un equipo con su propia calibración. Después de su ajuste un equipo debe ser calibrado nuevamente.



## **2.4.- Reparación, mantenimiento.**

- \* Operaciones necesarias para mantener las propiedades metrológicas de un equipo dentro de unos límites determinados.
- \* El mantenimiento puede incluir la verificación, calibración, cuidados específicos en su utilización y almacenamiento apropiado.



## **2.5.- Puesta en servicio, puesta a punto.**

\* Operaciones necesarias para situar un equipo en condiciones óptimas de funcionamiento y medida.

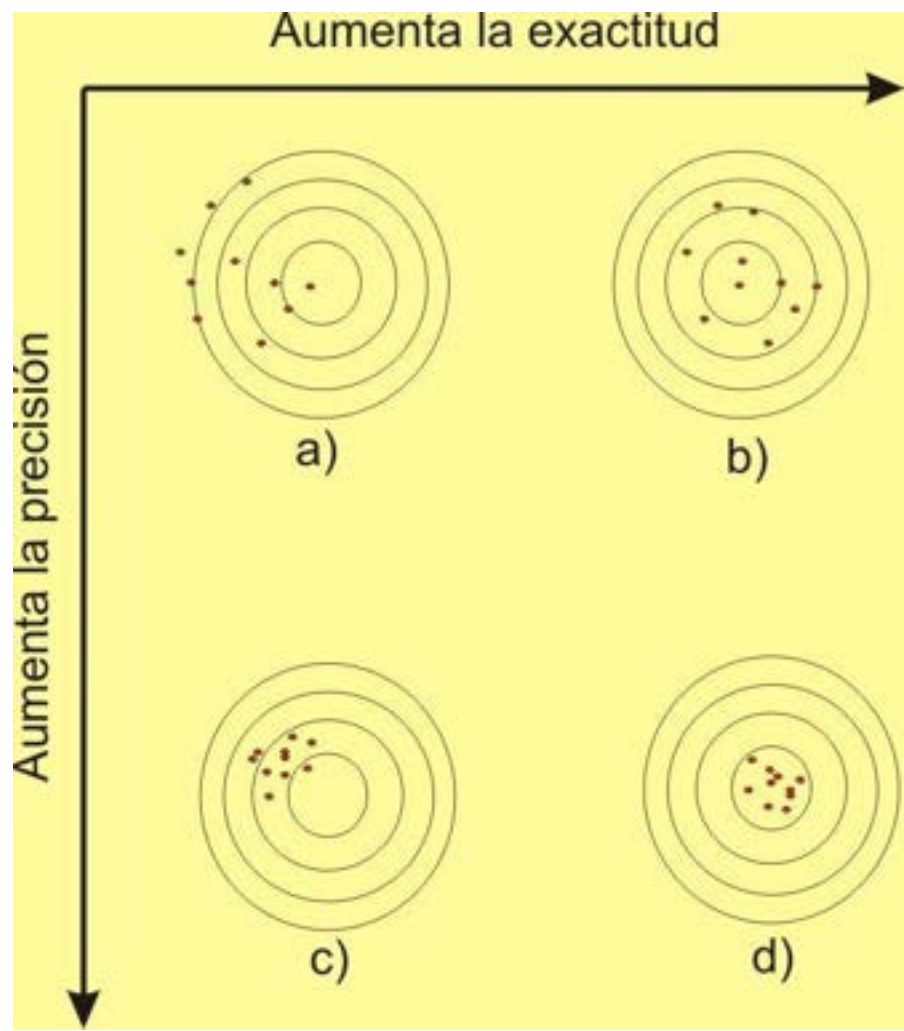
## 2.6.- Exactitud y precisión.

*Vocabulario Internacional de Metrología (VIM 3ª edición 2012. CEM.):*

\* **Exactitud:** Proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando.

\* **Precisión:** Proximidad entre los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto bajo condiciones especificadas.





**Real Casa de la Moneda**  
Fábrica Nacional  
de Moneda y Timbre

## 2.6.- Exactitud y precisión (cont.)

Por tanto un equipo, o el resultado de una medición, puede ser:

<b>Exacto y Preciso</b>	<b>Exacto y No preciso</b>	<b>Preciso y No exacto</b>	<b>Ni exacto Ni preciso</b>
Resultados muy próximos entre sí, con un valor medio muy cercano al valor verdadero (d)	Valor medio muy cercano al valor verdadero, pero gran dispersión de los resultados en torno al valor medio (b)	Resultados muy próximos entre sí pero valor medio alejado del valor verdadero (c)	Gran dispersión de los resultados en torno al valor medio y valor medio alejado del valor verdadero (a)

## **3.- CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.**

### **3.1.- Estructura.** (*¿Cómo es un certificado?*).

\* Certificado de calibración: documento que recoge los resultados de una calibración.

\* Información mínima:

+ Corrección.

+ Incertidumbre del equipo calibrado.

+ Trazabilidad del patrón empleado en la calibración.

### **3.1.- Estructura (cont.)**

Certificados de calibración emitidos por el Laboratorio de la FNMT-RCM:

- + N° certificado.
- + Equipo.
- + Procedimiento.
- + Patrones.
- + Condiciones ambientales.
- + Resultado.
- + Período de calibración.
- + Calificación.
- + Observaciones.
- + Fecha de calibración y fecha del certificado.
- + Responsables (firmas).



**Real Casa de la Moneda**  
Fábrica Nacional  
de Moneda y Timbre

### **3.2.- Nº certificado.** (*¿Cómo identificarlo?*).

\* Un certificado de calibración debe estar perfectamente identificado para su adecuado control.

\* Certificados de calibración interna emitidos por el Laboratorio:

+ Departamento usuario o propietario del equipo calibrado: letra identificativa.

+ Número correlativo del certificado para cada departamento.



### **3.3.- Equipo.** *(¿Qué es lo que se calibra?).*

\* Datos básicos del equipo.

+ Tipo de equipo o instrumento.

+ Fabricante.

+ Modelo.

+ N° de serie.

+ Código.

### **3.3.- Equipo (cont.)**

\* Campo y rango de medida (“intervalo de medida”).

Conjunto de los valores de una magnitud que un equipo puede medir con una incertidumbre especificada y en unas condiciones determinadas.

+ Campo: término de origen español

+ Rango: término de origen inglés

+ Campo, rango e intervalo de uso: zona dentro del campo de medida donde se suele utilizar el equipo.



### 3.3.- Equipo (cont.)

\* División de escala o resolución.

Mínima variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente.

### **3.4.- Procedimiento. (*¿Cómo se calibra?*).**

Descripción detallada de la calibración conforme a un método de calibración que incluye los cálculos necesarios para obtener la incertidumbre de medida.

\* Familia o individual.

+ Familia: para un grupo de equipos del mismo tipo.

+ Individual: para un equipo concreto y específico.

### **3.4.- Procedimiento (cont.)**

#### **\* Codificación.**

Individual e inequívoca para asegurar su identificación sin ningún género de dudas. Los equipos deben estar codificados físicamente (etiqueta, grabado...).

En la FNMT-RCM esta codificación la realiza el Servicio de Calidad e incluye:

- + Identificación del Departamento
- + Identificación del Taller.
- + Número.

### **3.5.- Patrones.** (*¿Con qué medios se calibra?*).

#### \* Concepto.

Material de referencia o equipo de medida que define un valor de una magnitud para que sirva de referencia. Expresa el valor convencionalmente verdadero de la magnitud medida.

Para calibrar un equipo el patrón de calibración debe ser “mejor” que el equipo a calibrar.

### **3.5.- Patrones (cont.)**

#### **\* Trazabilidad.**

Indica que el resultado de una medida puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones.

- + Patrones de referencia primaria.
- + Patrones de transferencia o de referencia secundaria.
- + Patrones de trabajo (con los que se calibran los equipos de medida).

## 3.5.- Patrones (cont.)

### \* Codificación.

Individual e inequívoca para asegurar su identificación sin ningún género de dudas. Los patrones deben estar codificados físicamente (etiqueta, grabado...).



**Real Casa de la Moneda**  
Fábrica Nacional  
de Moneda y Timbre

### **3.6.- Condiciones ambientales. (*¿Controlarlas?*).**

#### **\* Temperatura.**

La temperatura ambiente puede afectar a la magnitud medida y/o al equipo de medida de manera significativa, si es así debe ser controlada

#### **\* Humedad.**

La humedad ambiente puede afectar a la magnitud medida y/o al equipo de medida de manera significativa, si es así debe ser controlada. Esta magnitud se ve afectada directamente y en gran medida por la temperatura.

### **3.6.- Condiciones ambientales (cont.)**

\* Otras.

Pueden existir otras magnitudes ambientales (presión, electricidad estática, magnetismo...) que puede afectar a la magnitud medida y/o al instrumento de medida de manera significativa, si es así deben ser controladas. Es importante la influencia cruzada que pueden tener estas magnitudes entre sí.

### **3.6.- Condiciones ambientales (cont.)**

En las condiciones ambientales siempre debemos tener en cuenta tres puntos:

- + Si la magnitud ambiental influye o no.
- + Si influye, si lo hace de manera significativa.
- + Si la especificación a controlar define condiciones ambientales.
- + Si la calibración se realiza en las mismas condiciones ambientales en las cuales se usa el instrumento habitualmente.

### **3.7.- Resultado de la calibración.** (*¿Qué hemos obtenido?*).

\* Nominal del patrón o Valor certificado del patrón.

Valor de referencia de un patrón con su incertidumbre de medida asociada.

### **3.7.- Resultado de la calibración (cont.)**

\* Desviación al nominal y corrección.

+ Desviación o error: Valor medido menos valor de referencia. Cuanto está desviado o errado el valor obtenido respecto al valor de referencia.

+ Corrección: Valor de referencia menos valor medido. Es igual y opuesto a la desviación. Si lo sumo algebraicamente al valor medido obtengo el valor de referencia.

Los valores obtenidos por un equipo deben ser corregidos, salvo que las correcciones sean inferiores a la división de escala ya que no serían significativas.

### **3.7.- Resultado de la calibración (cont.)**

#### **\* Incertidumbre**

El valor real de una magnitud física siempre es desconocido. Sólo podemos conocer su valor con cierta aproximación o incertidumbre.

Intervalo de medidas entorno al valor de indicación del equipo, dentro del cual se encuentra el valor real con un nivel de probabilidad determinado. Este intervalo se llama intervalo de confianza, se suele usar un intervalo de confianza del 95% ( $k=2$ ).

## 3.7.- Resultado de la calibración (cont.)

### \* Tolerancia

Para poder interpretar una medida debemos conocer: valor especificado y tolerancia.

La tolerancia es el intervalo de valores entorno al valor especificado en el cual la magnitud se considera aceptable. Se definen un Límite Inferior de Tolerancia (L.I.T.) y un Límite Superior de Tolerancia (L.S.T.). Se suele expresar como una especificación a cumplir por el producto.

Ejemplo:

Especificación de una pieza en longitud:  $(100 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm})$

Valor nominal: 100 mm

Tolerancia:  $0,3 \times 2 = 0,6 \text{ mm}$

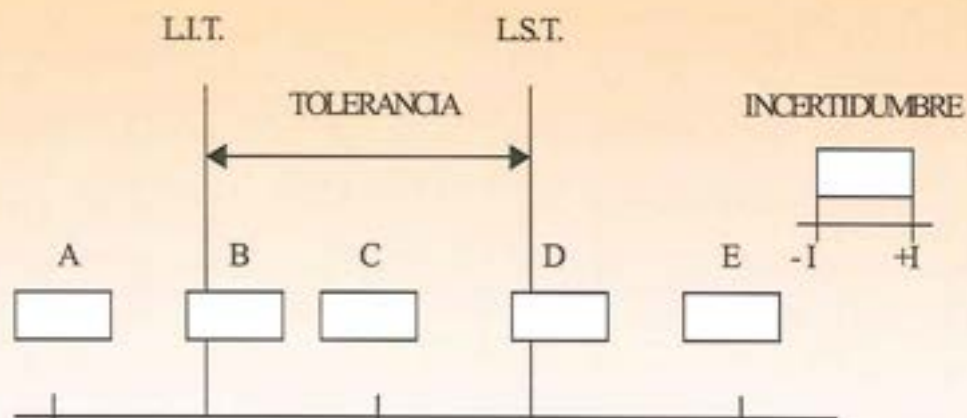
L.I.T. = 99,7 mm

L.S.T. = 100,3 mm



**Real Casa de la Moneda**  
Fábrica Nacional  
de Moneda y Timbre

## APTITUD DE UN INSTRUMENTO EN FUNCIÓN DE LOS VALORES DE TOLERANCIA E INCERTIDUMBRE



*Distintas posiciones del resultado de una medición*

L.I.T.: Límite Inferior de Tolerancia

L.S.T.: Límite Superior de Tolerancia

### **3.7.- Resultado de la calibración (cont.)**

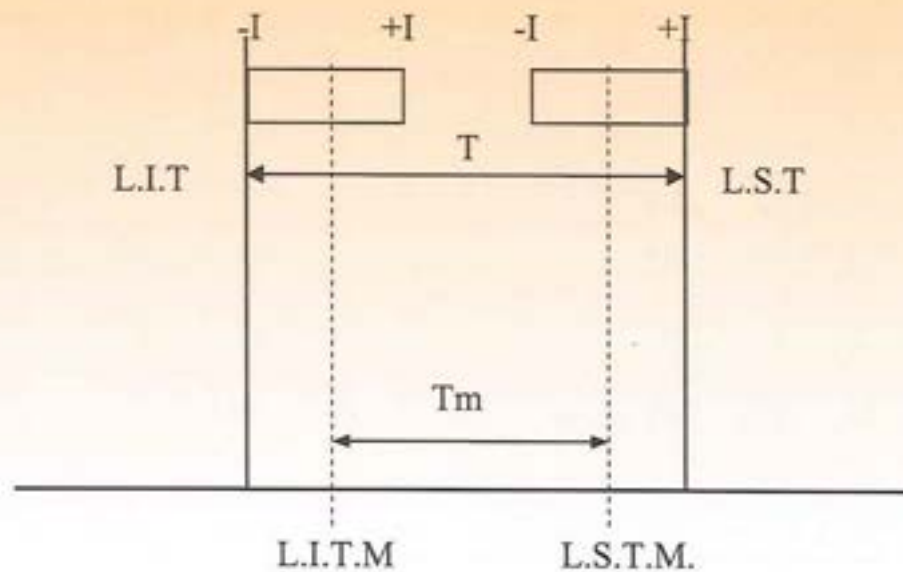
#### **\* Criterio de aceptación**

Para saber si un equipo calibrado es adecuado para su uso previsto se ha de establecer un criterio de aceptación. Este criterio se establece en base a la precisión requerida en las mediciones a efectuar con el mismo.

Se establecerá la incertidumbre máxima de uso que deberá cumplir el equipo. Se recomienda que sea de 3 a 10 veces inferior al intervalo de tolerancia.

$$1/3 T \geq I \geq 1/10 T$$

## APTITUD DE UN INSTRUMENTO EN FUNCIÓN DE LOS VALORES DE TOLERANCIA E INCERTIDUMBRE



### **3.7.- Resultado de la calibración (cont.)**

Si el equipo de medida cumple con la desigualdad anterior nos aseguramos:

- + Que nuestro equipo es lo suficientemente “bueno” proporcionándonos una medida cuya incertidumbre es lo suficientemente menor que la tolerancia. Para valores inferiores a 3 se va a rechazar un porcentaje elevado de productos que son conformes.
- + Que nuestro equipo no sea demasiado “bueno” (caro), para realizar una medida que no requiere un instrumento de tal calidad y que encarecería el coste de la misma. Para valores superiores a 10 el coste metrológico aumenta más que su beneficio.



### **3.7.- Resultado de la calibración (cont.)**

Indicar que si se cumple la relación  $I \geq 1/6 T$  y considerando los resultados obtenidos dentro de una distribución normal, en el peor de los casos habría una probabilidad de 4,5 % de productos dudosos.

Puede ocurrir que en determinadas magnitudes no sea posible alcanzar dichas relaciones.

El criterio que aplicamos para las calibraciones de equipos de la FNMT-RCM es:

+ Magnitudes dimensionales:  $I \leq 1/6 T$

+ Magnitudes no dimensionales:  $I \leq 1/3 T$

### **3.7.- Resultado de la calibración (cont.)**

Ejemplo:

Tenemos que determinar si los resultados de la calibración de un pie de rey son aceptables para medir piezas de longitud de 100 mm que tienen una tolerancia de fabricación de  $\pm 0,3$  mm.

$$1/3 T \geq I \geq 1/10 T$$

La incertidumbre máxima de uso que deberá tener el pie de rey será, en el caso menos exigente de  $0,6/3 = \pm 0,2$  mm y en el más exigente  $0,6/10 = \pm 0,06$  mm

## **3.7.- Resultado de la calibración (cont.)**

### **\* Adquisición de un equipo de medida:**

- + Definir las especificaciones mínimas requeridas, según el criterio indicado en el punto anterior.
- + Comparar las especificaciones mínimas requeridas con las especificaciones que nos proporcione el fabricante (precisión).
- + Adquirir aquellos equipos cuyas especificaciones sean como mínimo iguales a las requeridas.

Si el equipo se adquiere calibrado utilizaremos la incertidumbre de medida que proporciona el laboratorio de calibración en el correspondiente certificado.

Si la incertidumbre que nos proporciona el laboratorio de calibración es mucho mayor que la precisión que nos facilita el fabricante, nuestro equipo puede que no funcione correctamente.

### **3.8.- Período de calibración. (¿Cada cuánto tiempo?).**

No es posible definir un período de calibración único. Un mismo equipo para diferentes usos o en diferentes momentos puede requerir distintos períodos.

Se establecen criterios basados en:

\* Estabilidad.

+ Equipo estable: aquel que potencialmente presenta variaciones poco significativas en sus medidas a lo largo del tiempo (equipos que materializan magnitudes).

+ Equipo inestable: aquel que potencialmente presenta variaciones significativas en sus medidas a lo largo del tiempo (equipos con dispositivos mecánicos, eléctricos o electrónicos para proporcionar la medida).

### **3.8.- Período de calibración (cont.)**

\* Intensidad de uso (IU).

+ Alta: cuando con el equipo se realizan mediciones frecuentes (más de 3 veces a la semana).

+ Baja: cuando con el equipo se realizan mediciones esporádicas (menos de 3 veces a la semana).

### **3.8.- Período de calibración (cont.)**

\* Sensibilidad al uso (S).

+ Alta: equipo que por sus características constructivas es sensible al número de veces que se utiliza (equipo que puede sufrir desgastes, holguras...

+ Baja: equipo que por sus características constructivas es poco sensible al número de veces que se utiliza.



### **3.8.- Período de calibración (cont.)**

\* Deterioro (D).

Relación entre la intensidad de uso y la sensibilidad al uso:  $D = IU/S$

\* Movilidad.

+ Móvil: equipo que puede utilizarse en distintos lugares (equipo que se calibra no “in situ”).

+ Fijo: equipo que se utiliza en un lugar fijo (equipo que se calibra “in situ”).

### **3.8.- Período de calibración (cont.)**

La revisión y modificación del periodo de calibración se realiza en las circunstancias siguientes:

- \* Cuando las calibraciones sucesivas detectan que la estabilidad ha variado. Comprobamos la deriva en función de las desviaciones y de las incertidumbres en calibraciones sucesivas.
- \* Cuando se producen cambios en la intensidad de uso del equipo.
- \* Cuando se producen cambios en la movilidad del equipo.

En cualquier caso no es recomendable superar un período de calibración de 3 años.

### **3.9.- Calificación.** *(¿El equipo es adecuado?).*

En base a lo indicado en el punto 3.7., y aplicando los criterios de aceptación establecidos, el equipo se calificará de:

- \* Conforme: el equipo es adecuado para su uso previsto.
- \* No conforme: el equipo no es adecuado para su uso previsto.



### **3.10. Observaciones.** (*¿De qué tipo?*).

#### \* Recomendaciones.

En algunos casos puede ser necesario dar recomendaciones de uso.

+ Si no existe una tolerancia de uso definida, indicando una tolerancia de uso recomendada en función de la incertidumbre de calibración del equipo.

+ Si el equipo ha dado lecturas “raras”, recomendando su ajuste/revisión/repación.

### **3.10. Observaciones (cont.)**

\* Restricciones de uso.

Pueden estimarse restricciones de uso en función de los resultados obtenidos:

- + El equipo puede ser conforme sólo en algunas zonas de su rango de medida.
- + El equipo puede ser conforme sólo para determinadas especificaciones.

### **3.10. Observaciones (cont.)**

\* Cargadores y baterías.

En algunas ocasiones los equipos se reciben sin cargadores, baterías o descargadas.

\* Daños menores.

Poner de manifiesto daños menores que no afectan a la medida o daños que de no subsanarse podrían llegar a afectarla.

### 3.11. Fechas. (*¿Tipos de fechas?*).

En todo certificado de calibración deben figurar ambas fechas que pueden coincidir o no, pero deben ser lo más próximas posibles.

\* Fecha de calibración.

Es la fecha en la cual se ha realizado la calibración y es la fecha a considerar para aplicar el período de calibración. En algunos casos puede abarcar varios días por lo que se indicará el intervalo de días.

\* Fecha del certificado.

Es la fecha en la cual se emite el certificado de calibración. Esta fecha no se debe considerar para aplicar el período de calibración.

### **3.12.- Responsables.** (*¿Quiénes son?*).

En todo certificado de calibración debe figurar el/los responsable/s de dicho certificado y por tanto de la calibración que lo sustenta. La información necesaria es la siguiente:

- \* Cargo de la persona dentro del Laboratorio.
- \* Nombre.
- \* Firma (firma electrónica).

## **4.- ETIQUETA DE CALIBRACIÓN.**

### **4.1.- Finalidad.**

La finalidad de la etiqueta de calibración es la de identificar fácilmente la situación del equipo en cuanto a su calibración, mediante una comprobación sencilla y rápida, sin tener que recurrir al certificado de calibración.

Un vez realizada la calibración y emitido el certificado de calibración, se edita la etiqueta que debe colocarse en el equipo en un lugar visible.

## **4.2.- Datos básicos.**

Etiquetas de calibración emitidas por el Laboratorio de la FNMT-RCM:

- \* N° del certificado de calibración asociado.
- \* Código identificativo del equipo.
- \* N° de serie del equipo.
- \* Fecha de calibración.
- \* Fecha de próxima calibración.
- \* Firma del responsable.

## **5.- PROGRAMA (CALIDAT-III).**

En la FNMT-RCM está implantado un Sistema de Gestión de la Calidad que para su desarrollo y aplicación práctica se sustenta en parte en el programa informático CALIDAT-III. Dentro de este programa hay una parte dedicada a la calibración de equipos que básicamente dispone de los tres elementos siguientes:

## **5.1.- Ficha del equipo.**

Cada equipo tiene su correspondiente ficha en la cual se recoge toda la información necesaria del mismo.

## **5.2.- Estado del equipo.**

Los equipos van pasando por diferentes estados dentro de su ciclo de calibración o bien se producen incidencias. Esto queda reflejado en diferentes listados:

- \* Sin incidencia.
- \* En alarma de proximidad.
- \* En período de calibración.
- \* En período vencido.
- \* En reparación.
- \* Fuera de servicio.
- \* Sin plan de calibración.

### **5.3.- Histórico de calibraciones.**

Los resultados de las calibraciones se vuelcan en CALIDAT-III donde quedan registrados y almacenados, generándose un histórico con las calibraciones de los equipos, para poder consultar y analizar evoluciones y tendencias.



## **6.- CALIBRACIONES EXTERNAS.**

Uno de los principios de la política de calibración que está implantada, es la de calibrar internamente por parte del Laboratorio (Área de calibración), el mayor número de equipos de la FNMT-RCM. En ocasiones esto no es posible por diferentes razones:

## 6.1.- Dificultad técnica.

- \* Equipos de gran complejidad: microscopio electrónico.
- \* Patrones a emplear de muy difícil manejo: pesas patrón de masas muy elevadas para calibrar básculas.



## **6.2.- Relación costes patrones/uso muy alta.**

Patrones de un coste muy elevado con un uso previsto bajo.

En todos estos casos se recurre a laboratorios externos especializados y acreditados por ENAC en la calibración necesaria (ENAC: Entidad Nacional de Acreditación), o en su caso al fabricante del equipo.

## 7.- EJEMPLOS DE CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN.

PALPADOR ELECTRÓNICO P-GA-641

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN INTERNA

Nº CERTIFICADO: A-160			
Nº DE PAGINAS	1	1.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:	PRCAL-645
FECHA DE CALIBRACIÓN	22-05-13	2.- PATRONES:	Máquina SIP, 2.1.4.
EQUIPO O INSTRUMENTO	Palpador electrónico	3.- CONDICIONES AMBIENTALES:	20 ± 3 °C
FABRICANTE	MITUTOYO		50 ± 10 % H.R.
MODELO	2046S		
Nº DE SERIE	K1.S607		
CAMPO DE MEDIDA	0 a 10 mm		
DIVISIÓN DE ESCALA	0,01 mm		
CÓDIGO	P-GA-641 (Galvanoplastia)		

#### 4.- RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Se procede a comprobar la variabilidad de las lecturas del palpador electrónico, mediante el uso de una máquina de una coordenada horizontal con incertidumbre adecuada y con trazabilidad garantizada. Se efectúan diez medidas en cada punto de calibración.

#### Datos de calibración

NOMINAL PATRÓN (mm)	0,00	1,66	3,32	4,98	6,64	8,30	9,96
DESVIACIÓN NOMINAL: D (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00
DESVIACIÓN MEDIA: Dmed (mm)	-0,001						
INCERTIDUMBRE: I (k=2) (mm)	± 0,01						
Criterio de aceptación (mm): $I \leq (T/6)$ (T = 0,06 mm)	I ≤ 0,01						

5.- PERIODO DE CALIBRACIÓN: 24 meses      6.- CALIFICACIÓN: Calibración: CONFORME

7.- OBSERVACIONES: Calibración a petición del usuario.