

2.- GENERALIDADES

05

Conceptos principales de Metrología

1 Introducción

La otra técnica fundamental en el control de calidad es la Metrología. Es la ciencia de las medidas. Proporciona los conocimientos para que cualquier comprobación que incorpore instrumentos resulte rigurosa y sus variaciones estén bien establecidas. En este texto aparece con un carácter introductorio ya que su conocimiento en profundidad exige otra extensión y lugar. Pero, como se está seguro de que la construcción irá aumentando su interés por mantener el control de las dimensiones, es necesario anticipar para los interesados los aspectos principales del control de las operaciones de medida, que no otra cosa es la Metrología. Una de las razones del interés creciente por la metrología proviene del aumento de la industrialización de la construcción. De tal modo que, cada vez será más frecuente encontrarse con la necesidad de acoplar elementos construidos en distintas factorías entre sí o a los alojamientos preparados para recibirlos en la obra.

Lord Kelvin decía que se podía decir que se tenía conocimiento de un objeto hasta que se podía medir de algún modo. Para que un objeto pueda ser visto se necesita que tenga un tamaño de, al menos 100 micras (0,1 mm). Con un microscopio ordinario se puede observar hasta media micra (0,0005 mm). Las condiciones de luz son muy importantes para ver objetos pequeños. En una habitación a oscuras se ven partículas de polvo en un haz de luz de hasta 10 micras (0,01 mm). Dado el carácter de la micra de límite visual con microscopio ordinario, ésta es la unidad preferida de los biólogos. La diezmilésima de micra (10^{-10} mm) se llama Armstrong A^0 y es la unidad preferida de los físicos y químicos porque con ella se miden los átomos y las moléculas. Es para usuarios de microscopios electrónicos. Estos poderosos instrumentos pueden ver con manchas borrosas partículas de hasta 5 A^0 (mil veces más pequeñas que las que pueden ver los microscopios ordinarios). U . La tecnología más en boga se llama nanotecnología porque utiliza y controla objetos de hasta 10 A^0 (nanómetro), que equivale a 10^{-6} milímetros o 10^{-9} metros. Los átomos tienen 2 A^0 de diámetro. Usando el átomo como unidad, la partícula más pequeña que podemos observar a simple vista, que hemos dicho es de 100 micras, o sea, $10^6 A^0$, tendría 500.000 átomos. Igualmente, la partícula más pequeña que podríamos ver en un microscopio ordinario sería de media micra (5000 A^0) y tendría 2500 átomos.

2 Conceptos fundamentales

2.1 Valor convencionalmente verdadero

Una de las mayores sorpresas que se lleva el lego en metrología al acercarse a esta disciplina es la renuncia a conocer el «verdadero valor» de una medida. Se hace por realismo, pues, una vez que se acepta que toda medida tiene incertidumbre, el único modo de reducirla es aumentar el número de medidas que se hace. Pero este proceso no puede llevarse hasta el infinito, por lo que se considera el verdadero valor como inalcanzable. Para sustituirlo se define un llamado «*valor convencionalmente verdadero*» en los siguientes términos rigurosos como «...*la estimación obtenida como media*

aritmética de una serie de valores, corregidos de los errores sistemáticos que hayan sido detectados y evaluados.»

2.2 Los patrones

Formalmente son *«la realización de una magnitud que puede considerarse invariable, destinada a definir, realizar o reproducir la unidad de medida de las magnitudes de un sistema de su misma clase para transmitirla a otros medios de medida por comparación con ellos»*

Son materiales o instrumentos que permiten establecer por comparación si un instrumento de medida proporciona o no valores fiables. Hay niveles de patrones el mayor de los cuales son los patrones internacionales. Muchos laboratorios de ensayos tienen patrones de rango inferior debidamente calibrados con los de nivel inmediatamente superior.

2.3 Calibración

Es el conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar los valores que caracterizan los errores de un patrón, instrumento o equipo de medida para, entonces, corregir el instrumento o expresar las desviaciones debidamente.

2.4 Trazabilidad

En metrología es *«la cualidad de una medida que consiste en poderla referir a patrones apropiados, generalmente patrones nacionales o internacionales mediante una cadena ininterrumpida de comparaciones»*

En términos más sencillos, es la relación sin interrupción entre los documentos de calibración, de tal modo que un instrumento puede acreditar su estado de eficacia metrológica mediante la cadena documental continua.

2.5 Diseminación

Consiste en la difusión de la exactitud de un patrón hacia los aparatos de medida en la industria. Deja el rastro documental que permite establecer la trazabilidad de la calibración de un instrumento.

2.6 Incertidumbre

Es la *«estimación del intervalo de valores dentro del cual se encuentra el verdadero valor de la magnitud medida. Caracteriza la bondad de la medida. Se expresa por los valores límites de intervalo, generalmente simétricos al valor convencionalmente verdadero.»*

Para estar seguro de que un instrumento funcionará correctamente es necesario que cuente con un certificado de calibrado expedido por un laboratorio de calibración que pertenezca la SCI (Sistema de calibración Industrial) acreditado por ENAC.

3 Cifras significativas

3.1 Redondeo de datos

El redondeo de datos suele perseguir la simplificación de los cálculos despreciando un afinamiento innecesario en el contexto práctico en que se realizan éstos. Para que el

redondeo no falsee los resultados debe seguir una reglas. La comúnmente aceptadas son las siguientes:

1. Si el primer número que se desea eliminar es superior a 5, el primero que se deja se aumenta una unidad de su mismo rango porque el número completo está más cerca del número redondeado. Ejemplo, 4,327 se redondea como 4,33 y el número 112340 se puede redondear a 112000.
2. Se el primer número que se desea eliminar es inferior a 5, el primero que se deja se disminuye en una unidad de su mismo rango porque el número completo está más cerca del número redondeado. Ejemplo, el número 4,324 se redondea a 4,33 y el número 112756 se puede redondear a 113000.
3. Si el primer número que se desea eliminar es igual a 5, por convenio se opta por la solución de párrafo 1.

De este modo el resultado del cálculo estará lo más próximo posible de un resultado sin redondeo.

EJEMPLO. Dados los números:

4,32157 – 3,129539 – 6,427 cuyo redondeo con dos decimales es el siguiente:

4,32 – 3,13 – 6,43 se realizan los cálculo siguientes:

Multiplicación 1 de los tres números: 86,922102

Multiplicación 2 de los tres números: 86,94 frente a un resultado redondeado de 86,92

3.2 Truncamiento de datos

El truncamiento de datos es una variante de redondeo no recomendable porque opta siempre por la regla 2 del redondeo con lo que no todos los números resultantes están lo más cerca posible del número completo alejándose el resultado con números truncados del resultado alcanzado con números completos.

EJEMPLO. Con los mismos datos del ejemplo anterior:

4,32157 – 3,129539 – 6,427 cuyo truncamiento con dos decimales es el siguiente:

4,32 – 3,12 – 6,42 se realizan los cálculo siguientes:

Multiplicación 1 de los tres números: 86,922102

Multiplicación 2 de los tres números: 86,53 frente a un resultado truncado de 86,92

Como se puede comprobar el truncamiento aleja más del resultado correcto que el redondeo.

3.3 Cifras significativas

Las cifras significativas tienen que ver con el hecho de que en el mundo técnico los números son resultados de medidas con instrumentos de resolución limitada en un determinado rango. El rango debe estar relacionados con la cantidad medida. Así, la luz de un tamiz para la franja gruesa de unos áridos se mide en mm, pero para los finos resultados de la molienda se mide en μm . La resolución de los instrumentos es el incremento mínimo de la magnitud medida que provoca en el indicador una variación claramente perceptible. La resolución, dentro de un determinado rango, es la expresión de un sentido práctico que no pretende más información de la que resuelve los problemas prácticos, dado que los instrumentos son crecientemente más caros a mayor resolución. La dificultad proviene de que el último dígito proporcionado por la escala de un instrumento digital o la posición de una aguja en los instrumentos analógicos no es seguro, sino que de su valor sólo se puede asegurar que está dentro de un intervalo determinado. En la práctica este intervalo tiene un radio de la mitad de la última cifra aceptada para la medida.

EJEMPLO. Dos piezas han sido medidas con dos calibres de esfera analógica diferentes. El primero tiene una resolución de una décima de milímetro y el segundo de una milésima de milímetro. En cada pieza se han realizado una medida, con el siguiente resultado:

Pieza uno: $L_1 = 8,3$ mm, que tiene 2 cifras significativas

Pieza dos: $L_2 = 12,563$ mm, que tiene 5 cifras significativas

La última cifra, en coherencia con la definición de resolución la proporciona la señal más cercana a la aguja por abajo o por arriba, cuando la aguja se coloque entre dos señales (un criterio semejante al del redondeo de cifras). El modo más riguroso de presentar los resultados, si no se cuenta con información adicional, es el siguiente:

$8,3 \pm 0,05$ mm es decir el verdadero valor está entre 8,25 y 8,35

$12,563 \pm 0,0005$ mm es decir el verdadero valor está entre 12,5625 y 12,5635

¿Cuál sería la medida conjunta de las dos piezas?. Si se suman con todos sus decimales resulta:

Longitud total: $L = L_1 + L_2 = 8,3 + 12,563 = 20,863$ mm

Este resultado, a pesar de su apariencia de exactitud no tiene mucho valor porque el error potencial de la medida del primer calibre es 100 veces mayor que el del segundo y, por tanto, los dígitos 6 y 3 son sólo una falsa exactitud. El modo riguroso de proceder, aunque se tenga la sensación de perder información, es renunciando a algunas cifras decimales de la segunda medida, que son exactas en la medida de la pieza 2 pero sin significación en la suma. Por tanto el resultado correcto sería:

Longitud total redondeada con dos cifras significativas : $L = 21$ mm

En efecto, como se puede comprobar si sumamos los extremos de los intervalos el resultado estaría entre:

(8,25 +12,5625) y (8,35 + 12,5635); es decir entre: 20,8125 y 20,9135, lo que nos indica que el resultado tiene 2 cifras significativas porque el valor 21 es el único, con la resolución con que se ha medido, que es perceptible en el intervalo. Es decir el resultado que se puede enunciar es $21 \pm 0,5$. El mismo resultado se hubiera obtenido redondeando sin decimales el valor de la suma.

La regla práctica es que el resultado de una operación con valores de cifras significativas conocidas tiene el número de cifras significativas del factor que menos tenga. Hay que precisar que, en los recuentos todas las cifras son significativas.