

# EL RETO QUE IMPLICA CUMPLIR CON ISO 14253

Zeleny R.

Instituto de Metrología Mitutoyo / Mitutoyo Mexicana, S.A. de C.V.  
Prol. Industria Eléctrica No. 15 Col Parque Industrial Naucalpan C.P. 53370 Naucalpan, Estado de México  
Tel: 5312 5612 Fax: 53123660 Correo electrónico imm@mitutoyo.com.mx

**RESUMEN:** Se comentan diferentes requerimientos dados en alguna de las tres partes de ISO 14253, basándose en que las reglas suenan razonables pero lograr la conformidad con ellas es una labor muy difícil para los responsables de implementarlas tanto a nivel de laboratorio de calibración acreditado como a nivel industrial en la medición de piezas, y en muchos casos puede ser muy costoso con variables que no pueden ser controladas fácilmente por el interesado.

Cumplir con ISO 14253 presenta un reto difícil para todas las personas que realizan mediciones y calibraciones que sin duda se deberá empezar a enfrentar como parte de los procesos de mejora continua en que todos estamos inmersos.

## INTRODUCCIÓN

La norma ISO 14253-1:1998 Inspección mediante medición de piezas y equipo de medición Parte1: Reglas de decisión para probar conformidad o no conformidad con especificaciones, está apareciendo como referencia en las más recientes revisiones de normas nacionales e internacionales aplicada a equipo de medición mediante enunciados tales como el siguiente: " Para probar la conformidad o no conformidad con la especificación ISO 14253-1 aplica. La evaluación de la incertidumbre deberá ser realizada de acuerdo con ISO/TS 14253-2 y la Guía ISO/BIPM." (por ejemplo ISO/CD 463:2000).

Lo anterior implica un gran reto difícil de cumplir para todas las personas que realizan mediciones y calibraciones ya que esta norma muestra reglas que pueden ser razonables para el caso de medición de piezas pero pueden resultar muy difíciles de cumplir cuando son aplicadas a equipos de medición.

Se establece reducir la zona de especificación [Límite superior de especificación - Límite inferior de especificación (LSE - LIE)] restando la incertidumbre expandida asociada; lo cual da como resultado la zona de conformidad (Fig. 1). En la fase de verificación, los productos son considerados en conformidad con las especificaciones si el resultado se encuentra en la zona de conformidad.

Para declarar la no conformidad se establece incrementar la zona de especificación (LSE - LIE) en una cantidad igual a la incertidumbre expandida asociada; resultando en la zona de no conformidad. Queda una zona denominada intervalo de incertidumbre en la que no es posible decidir sobre la conformidad o no conformidad.

Obsérvese en la figura 1 que si la incertidumbre se hace más grande la zona de conformidad se hace más pequeña, la parte inferior de la figura muestra el caso en que todo es incertidumbre y no se puede juzgar si existe conformidad cualquiera que sea el valor medido.

Por ejemplo un micrómetro electrodigital con resolución de 0,001 mm e intervalo de medición de 0 a 25 mm, es muy común encontrar que es calibrado con incertidumbres de  $\pm 2 \mu\text{m}$  o más ( $k = 2$ ), mientras que la tolerancia en su error instrumental es de  $\pm 2 \mu\text{m}$  y en algunos modelos nuevos de  $\pm 1 \mu\text{m}$ .

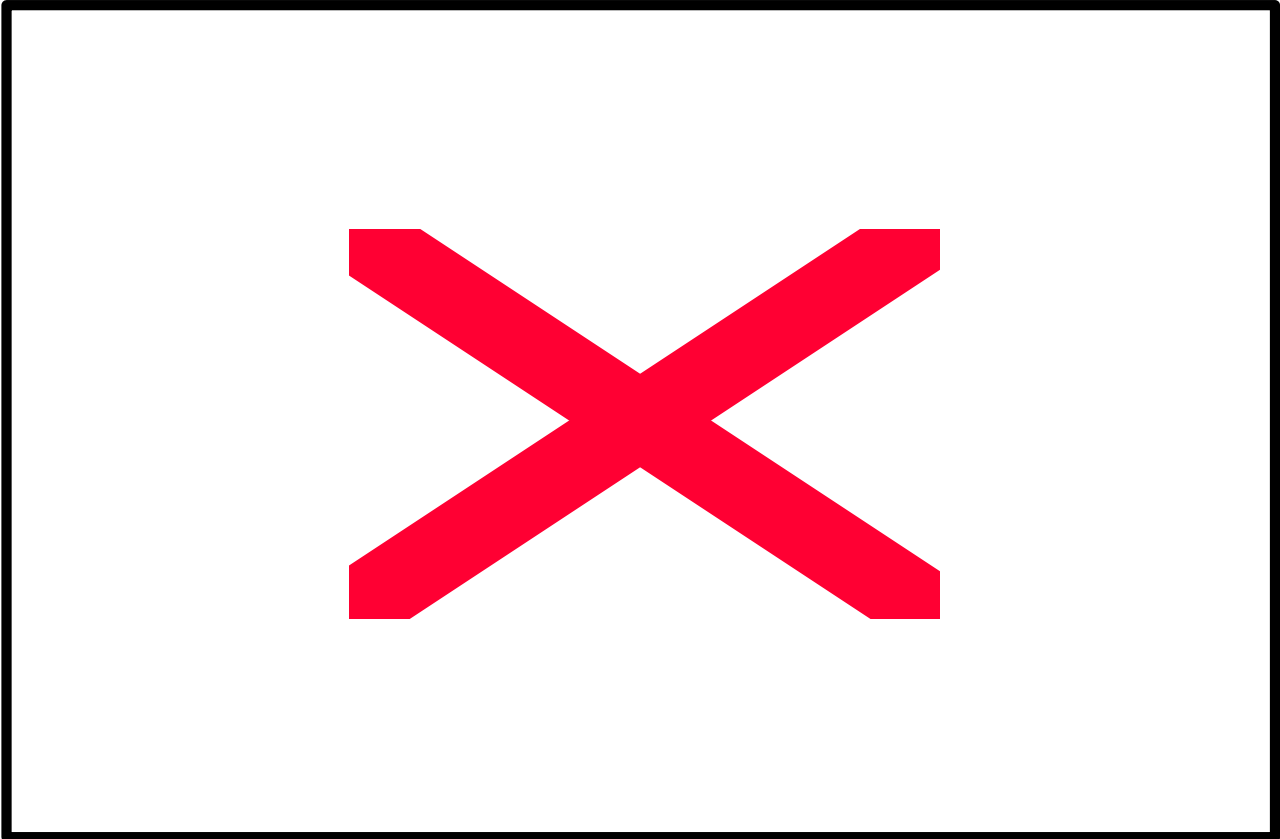
La medición de un perno de 25 mm de diámetro dentro de un área de maquinado fácilmente nos proporcionaría una incertidumbre de  $\pm 5 \mu\text{m}$  ( $k = 2$ ). Si las reglas de ISO 14253-1 deben cumplirse entonces la tolerancia del diámetro debe ser reducida por  $10 \mu\text{m}$ . Si deseamos que la incertidumbre sea el 10% de la tolerancia el micrómetro apenas resultaría apropiado para una tolerancia de  $\pm 0,05 \text{ mm}$ .

## LAS NUEVAS TOLERANCIAS

Tradicionalmente las tolerancias (LSE - LIE) son establecidas sin que el diseñador tenga en mente como o con que se va a medir mucho menos con que incertidumbre.

El criterio de aceptación requerido por ISO 14253-1 es muy estricto, se está seguro de la decisión pero el costo de un buen sistema de medición es alto ya que reduce la tolerancia del fabricante de partes.

Menor tolerancia » Menor incertidumbre » Mayor costo



Por algún tiempo se detuvo el trabajo de normalización relacionado con los requerimientos generales para equipo de medición porque no había acuerdo entre la especificación de la exactitud con relación a la incertidumbre, sin embargo dada la importancia de la normalización se decidió continuar mientras se encuentra la solución adecuada. En algunos pocos casos el máximo error permisible ha sido incrementado (situación con la que no todo mundo esta de acuerdo). En otros casos como medidores de alturas e indicadores de carátula se está dejando el establecimiento del máximo error permisible al fabricante (asunto que no satisface a todos). El usuario deberá ser capaz de comparar y clasificar los equipos de medición de diferentes fabricantes para elegir el apropiado a sus necesidades. Casos más complicados se están estudiando e iniciando el trabajo de normalización como está sucediendo con las 6 partes de la futura ISO 15530 sobre técnicas para determinar la incertidumbre de medición cuando se emplean máquinas de medición por coordenadas.

La pregunta básica es si la tolerancia puede ser incrementada (por la incertidumbre) sin afectar la funcionalidad. Aumentar la tolerancia incrementa el riesgo, sin embargo reducir la incertidumbre incrementa el costo.

Estos asuntos deben analizarse teniendo los nuevos requerimientos en mente antes de establecer tolerancias para la fabricación de partes. Las normas en desarrollo ISO/DIS 10576-1, ISO/TS17450-1, ISO DTS 17450-2 e ISO/CD 14978 enfocan estos asuntos introduciendo nuevos conceptos como el de incertidumbre de la especificación.

### **EL PORQUE DE LAS GRANDES INCERTIDUMBRES**

La determinación de la incertidumbre es un tema actual y para muchos muy complicado (si se toma con seriedad), existe confusión en todos los campos a pesar de que se sigan las ideas principales en forma correcta de acuerdo con la guía ISO/BIPM.

Nos sorprende encontrarnos con valores de incertidumbre relativamente grandes como si se dijera que todas las mediciones tuvieran asociada una gran incertidumbre, la realidad es que existe mucha incertidumbre en la determinación de la incertidumbre. En algunos implicaría situaciones peores que la mostrada en la parte inferior de la figura 1 con los valores que actualmente se están reportando.

La guía BIPM/ISO (GUM) para la determinación de incertidumbre tiene como principal propósito proporcionar reglas acerca de la expresión de incertidumbre en la medición que sirvan para la comparación internacional de los resultados de las mediciones. Lo fundamental se encuentra en el capítulo 8 "Resumen de los procedimientos para la evaluación y expresión de la incertidumbre".

Sin embargo, es reconocido que dos diferentes expertos pueden producir dos diferentes enunciados de incertidumbre debido a distintas consideraciones, especialmente si proceden de diferentes regiones geográficas como América, Europa o Asia. Con el tiempo los criterios se irán unificando.

Pueden compararse valores de incertidumbre, por ejemplo, de un directorio de laboratorios acreditados a veces vemos incertidumbres iguales porque así se decidió, en otros casos vemos valores diferentes para un mismo tipo de servicio. Si pudiéramos observar los diferentes presupuestos encontraríamos mayores diferencias dado que unos laboratorios consideran unas fuentes, y otros consideran otras, salvo casos muy estudiados.

El presupuesto de incertidumbre ¿incluye todas las fuentes importantes de incertidumbre? Aunque contenga muchas fuentes no contiene todas. Si una fuente está presente en un presupuesto pero omitida en otro es necesario analizar la significancia de tal fuente.

No existen recetas de cocina para encontrar todas las fuentes de incertidumbre importantes.

Pueden identificarse diferentes fuentes que no necesariamente son independientes por lo que en algunos casos existe duplicidad (interacción) como sucede por ejemplo entre repetibilidad y resolución.

Partes perfectas dan mediciones perfectas (repetibilidad excelente), todas las otras partes influyen en la incertidumbre de medición debido a imperfecciones del patrón a ser calibrado (o pieza a ser medida).

Frecuentemente la incertidumbre cambia significativamente sobre el intervalo de un instrumento, por ejemplo en metrología dimensional una mayor dimensión implica un mayor efecto de la temperatura.

En producción de partes las condiciones de medición cambian continuamente a través del tiempo, los límites de tales cambios deben ser evaluados. En un laboratorio de calibración existe mejor control.

La definición de trazabilidad dada en NMX-Z-055-1996-IMNC dice: Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón, tal que ésta pueda ser relacionada con referencias determinadas, generalmente a patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones **teniendo todas incertidumbres determinadas.**

Para un laboratorio acreditado se requiere lograr la trazabilidad al laboratorio nacional ya sea directamente o a través de otro laboratorio acreditado. Entre más directo sea menor incertidumbre pero más caro. Eventualmente el laboratorio nacional no está deseando aceptar servicios para los que existen laboratorios acreditados y el laboratorio acreditado no puede reportar incertidumbres menores que las que le han sido aprobadas.

La verificación matemática de los modelos es comúnmente demasiado compleja para muchos metrologistas. Cuando se siguen cuidadosamente las reglas puede terminarse en muchos casos con un valor alto de incertidumbre. Por ejemplo, un laboratorio nacional para ciertas aplicaciones puede reportar valores grandes de incertidumbre porque al tener mayor conocimiento incluye más fuentes que otra persona con menor conocimiento simplemente ignoraría.

Lograr un acuerdo en procedimientos de calibración resulta difícil por diferentes equipos de medición desarrollados por diferentes fabricantes en tiempos diferentes, resultando por tanto más difícil el poder lograr uniformidad en los presupuestos de incertidumbre.

Aunque se haga una búsqueda extensiva en la literatura difícilmente se encontrará información que pueda ser directamente utilizada en aplicaciones particulares con equipo determinado. Sin embargo ejemplos de evaluación aparecen poco a poco, véase por ejemplo el documento EAL-4/02-1999.

Software desarrollado internamente o comercial en muchos casos sólo suma los cuadrados de las fuentes, le saca raíz cuadrada y la expande. Las fuentes tienen que ser definidas por el usuario o seguir las establecidas, el modelo debe estar documentado.

Ocasionalmente también pueden encontrarse valores de incertidumbre muy bajos. Cuando las tolerancias son grandes se facilita la medición con un equipo de alta exactitud.

Las incertidumbres grandes también pueden deberse a que se es muy conservador (no se desea correr riesgos).

Habría que reconsiderar la forma en que actualmente se están realizando los cálculos de incertidumbre, recurrir a patrones con incertidumbre menor, así como controlar mejor las condiciones ambientales o como hasta ahora aceptar presupuestos "razonables" de incertidumbre.

### **ISO/TS 14253-2**

Introduce el concepto PUMA (Procedure for Uncertainty Management) que es un método simplificado e iterativo para la estimación de la incertidumbre a nivel industrial. Está diseñado para probar que la incertidumbre actual es menor que la incertidumbre objetivo y no para encontrar la incertidumbre actual. Presenta varios ejemplos que lucen más accesibles que los presentados en la guía ISO/BIPM en la que el tratamiento matemático y estadístico parece muy riguroso y formal (muchas veces difícil)

El método PUMA emplea evaluaciones de tipo B tanto como sea posible, hace estimaciones conservadoras, no puede manejar correlación cruzada, sólo fuentes completamente correlacionadas o completamente no correlacionadas y no se lleva a cabo el cálculo de los grados de libertad

En la práctica de la metrología dimensional pasar de una iteración a otra implicaría en muchos casos emplear un patrón de mayor exactitud y/o con menor incertidumbre, controlar mejor la temperatura, mejorar la repetibilidad, etcétera lo cual es difícil de conseguir.

Cambiar las consideraciones y mejorar el conocimiento es barato.

Cambiar las condiciones o procedimiento o método es menos barato.

Cambiar el principio de medición es caro

Cambiar la tarea de medición o incertidumbre objetivo es muy caro o aún imposible.

Después de alcanzar la incertidumbre objetivo un análisis más formal deberá ser realizado de acuerdo con la guía BIPM/ISO para determinar la incertidumbre actual.

### **ISO/WD 14253-3**

Implica la revisión de tercera parte para evaluar la integridad de los valores de incertidumbre, esto está

actualmente siendo realizado como parte de la evaluación para acreditación de laboratorios bajo la guía 25 ISO/IEC.

En general es más fácil mostrar que un presupuesto de incertidumbre es inválido que probar que uno es válido.

Puede recurrirse a intercomparación como medio para resolver diferencias pero se necesitan artefactos bien caracterizados con baja incertidumbre.

En caso de discrepancias puede solicitarse la medición de tercera parte que lo haga con una incertidumbre menor y preferentemente que esté acreditada. Esto no resulta sencillo ya que por ejemplo en medición de partes con máquina de medición por coordenadas en que cada parte es un caso diferente y pueden utilizarse diferentes estrategias de medición.

Como se establece en la Guía, la evaluación de incertidumbres no es una tarea de rutina ni puramente matemática; depende del conocimiento detallado de la naturaleza de los mensurandos y de las mediciones.

Resulta problemático a nivel industrial desarrollar un modelo teórico y verificarlo mediante experimentos sobre todo si se tiene en cuenta la gran variedad y cantidad de mediciones que es necesario realizar.

En caso de obtener un valor alto de incertidumbre podría reducirse utilizando un instrumento de medición con menor incertidumbre, por ejemplo; un calibrador puede ser sustituido por un micrómetro. ¿Pero que podría utilizarse en vez de un micrómetro? Esto es más fácil de resolver en el caso de pequeñas dimensiones.

En cualquier caso no puede hacerse una determinación a priori, es necesario elaborar un presupuesto de incertidumbre para determinar cual es la fuente que más contribuye y ver si es posible disminuir su contribución tomando alguna acción consecuente con la incertidumbre objetivo.

Durante muchos años se han estado realizando mediciones sin preocuparse por la incertidumbre, ahora que este concepto se está popularizando, está creando conflicto con lo que se considera deseable, sin embargo muchas mediciones son mucho más creíbles de lo que su gran valor de incertidumbre sugiere.

El reto de cumplir con ISO 14253-1 es diferente en cada cada uno de los siguientes niveles:  
Laboratorios Nacionales

Laboratorios de calibración/medición acreditados  
Laboratorios industriales realizando calibraciones o pruebas y Gente llevando a cabo mediciones industriales en general.

El desarrollo natural hace pensar a la gente de la industria que la administración (determinación) de la incertidumbre consume mucho tiempo, cuesta y es algo muy teórico reservado para gente con alto nivel académico sin embargo debe pensarse que es una herramienta para medir el riesgo de hacer decisiones basadas en resultados de medición.

Dado que la incertidumbre es una parte integral de la trazabilidad cada quien debe esforzarse en su nivel para no heredar incertidumbres grandes a quienes se proporcionen los resultados.

## CONCLUSIONES

La determinación de incertidumbre ha ido ganando terreno y cada vez más gente trabajando en metrología tiene que utilizarla para reportarla junto con sus mediciones. Hasta ahora las normas nos dicen qué hacer pero no cómo hacerlo, sin embargo se está avanzando para convertir a la incertidumbre en una herramienta de tipo económico que permita evaluar apropiadamente la relación costo beneficio.

Existe mucha gente trabajando en muchas partes para desarrollar normas que aplican en diferentes áreas, éstas generalmente se traducen en requerimientos que deben cumplirse después de un tiempo de su aparición algunas veces es sencillo, en otras como se comentó aquí implican retos importantes que deben enfrentarse con decisión para avanzar en su solución.

Un mejor entendimiento de la incertidumbre sin duda traerá menores y más confiables incertidumbres en el futuro.

## REFERENCIAS

- [1] ISO 14253-1:1998 Geometrical Product Specifications (GPS) - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment Part 1: Decision rules for proving conformance or non-conformance with specifications.
- [2] ISO/TS 14253-2:1999 Geometrical Product Specifications (GPS) - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment Part 2: Guide to the estimation of uncertainty in GPS measurement, in calibration of measuring equipment and in product verification.
- [3] ISO/WD14253-3:1998 Geometrical Product Specifications (GPS) - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment Part 3: Procedures for evaluating the integrity of uncertainty values.
- [4] GUM: 1995 Guide to the expression of uncertainty in measurement BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML.
- [5] NMX-Z-055:1996 IMNC Metrología - Vocabulario de términos fundamentales y generales.
- [6] ISO/DIS 10576-1 Statistical methods - Guidelines for the evaluation of conformity with specified requirements - Part 1: General principles
- [7] ISO/TS 17450-1: Geometrical product specifications (GPS) - General concepts - Part 1: Model for geometric specification and verification.
- [8] ISO/TS 17450-2: Geometrical product specifications (GPS) - General concepts - Part 2: Operators and uncertainties.
- [9] ISO/CD 14978 Geometrical product specifications (GPS) - General concepts and requirements for GPS measurement equipment.
- [10] EAL-4/02 1999 Expression of the uncertainty in calibration.