



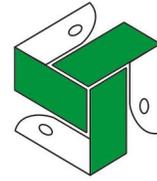
TABLA DE AUTORIZACIÓN

ELABORÓ	REVISÓ	AUTORIZÓ
Puesto: Metrólogo	Puesto: Supervisor Técnico	Puesto: <u>Subdirección “B” – Responsable del Laboratorio</u>
Ing. Eduardo Orozco Magallon	M. en C. Ricardo Rodríguez Figueroa	<u>Mtro. Leoncio David Rosado Cruz</u>

CAMBIOS A ESTA VERSIÓN

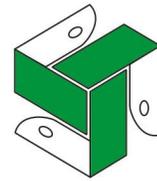
No. de Versión	Fecha de Actualización	Descripción del Cambio
1	10 de Octubre, 2013	Elaboración del documento.
2	30 de Octubre, 2014	Emisión del Documento de acuerdo recomendaciones de la EMA
3	08 de Mayo, 2015	Se modifica el número mínimo de repeticiones para la Contribución de la Repetibilidad en el cálculo de la Incertidumbre.
4	27 de Agosto, 2015	Se modifica el apartado 11.4 ampliando las expresiones para el cálculo de la incertidumbre.
5	22 de Septiembre 2015	Se amplía el procedimiento para el cálculo de la Incertidumbre angular en la MMC punto 11.5
6	13 de Diciembre, 2019	Se cambia el nombre de quien elaboró. Se actualiza la Norma NMX-EC-17025-INMC-2018.
7	28 de enero, 2021	Se cambia el Responsable del Laboratorio.
8	<u>30 de mayo, 2024</u>	<u>Se cambia el Responsable del Laboratorio.</u>

TODA COPIA EN PAPEL ES UN “DOCUMENTO CONTROLADO” A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL



ÍNDICE		
	Tema	Página
I	Objetivo	3
II	Alcance	3
III	Responsabilidades	3
IV	Referencias	3
V	Definiciones	3
VI	Insumos	5
VII	Resultados	5
VIII	Interacción con otros procedimientos	5
IX	Políticas	6
X	Equipo de Medición y limpieza	6
XI	Desarrollo	6

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO CONTROLADO" A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL



I. Objetivo.

Definir el procedimiento para llevar a cabo mediciones de longitud en muestras y la estimación de la incertidumbre de medida.

II. Alcance.

Mediciones de longitud en un intervalo de medida de 400mm x 400mm x 200mm.
Aplica para muestras cuyo peso no sea mayor a 40 kg.

III. Responsabilidades.

Metrólogo que efectúe la medición.

IV. Referencias.

Norma NMX-EC-17025-INMC-2018.

Technical Specification **ISO/TS-15330-3**. Geometrical Product Specifications (GPS) – Coordinate measuring machines (CMM): Technique for determining the uncertainty of measurement – Part 3: Use of calibrated workpieces or standards.

Norma Mexicana IMNC-NMX-Z-055-IMNC-2009. Vocabulario Internacional de Metrología – Conceptos fundamentales y generales, términos asociados (VIM).

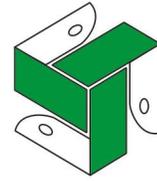
NMX-CH-140-IMNC 2002 "Guía para la expresión de la Incertidumbre en las mediciones", equivalente a "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML (1995)".

V. Definiciones.

5.1 Definiciones cuya referencia es la Norma Mexicana NMX-Z-055-IMNC-2009.

5.1.1 *Mensurando*: Magnitud que se desea medir.

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO CONTROLADO" A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL



Nota 1 La especificación de un mensurando requiere el conocimiento de la naturaleza de la magnitud y la descripción del estado del fenómeno, cuerpo o sustancia cuya magnitud es una propiedad, incluyendo las componentes pertinentes y las entidades químicas involucradas.

Nota 2 En la 2ª edición del VIM y en IEC 60050-300:2001, el mensurando está definido como “magnitud sujeta a medición”.

Nota 3 La medición, incluyendo el sistema de medida y las condiciones bajo las cuales se realiza ésta, podría alterar el fenómeno, cuerpo o sustancia, de tal forma que la magnitud bajo medición difiriera del mensurando. En este caso sería necesario efectuar la corrección apropiada.

5.1.2 Incertidumbre de la medida: Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza.

Nota 1 La incertidumbre de medida incluye componentes procedentes de efectos sistemáticos, tales como componentes asociados a correcciones y a valores asignados a patrones, así como la incertidumbre debida a la definición. Algunas veces no se corrigen los efectos sistemáticos estimados y en su lugar se tratan como componentes de la incertidumbre.

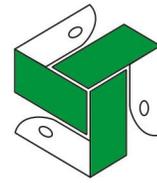
Nota 2 El parámetro puede ser, por ejemplo, una desviación típica, en cuyo caso se denomina incertidumbre típica de medida (o un múltiplo de ella), o una semiamplitud con una probabilidad de cobertura determinada.

Nota 3 En general, la incertidumbre de medida incluye numerosas componentes. Algunas pueden calcularse mediante una evaluación tipo A de la incertidumbre de medida a partir de la distribución estadística de los valores que proceden de las series de mediciones y pueden caracterizarse por desviaciones típicas. Las otras componentes, que pueden calcularse mediante una evaluación tipo B de la incertidumbre de medida, pueden caracterizarse también por desviaciones típicas, evaluadas a partir de funciones de densidad de probabilidad basadas en la experiencia u otra información.

Nota 4 En general, para una información dada, se sobreentiende que la incertidumbre de medida está asociada a un valor determinado atribuido al mensurando. Por tanto, una modificación de este valor supone una modificación de la incertidumbre asociada.

5.1.3 Método de Medida: Descripción genérica de la secuencia lógica de operaciones utilizadas en una medición. **NOTA** Los métodos de medida pueden clasificarse de varias maneras como método de sustitución, método diferencia y método de cero; o método directo y método indirecto.

TODA COPIA EN PAPEL ES UN “DOCUMENTO CONTROLADO” A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL



5.2 Definiciones establecidas y acordadas en el LMD_TESCO.

5.2.1 *Proceso*: Son las actividades requeridas para determinar las dimensiones solicitadas de una muestra entregada por el cliente.

5.2.2 *Resultados*: Información obtenida por el LMD_TESCO a partir de un método de medición sobre la(s) muestra(s) del cliente y que será entregada al mismo en un Informe final **IR-LMD_TESCO-01 “Informe de Resultados”**.

5.2.3 *Registro*: Conjunto de datos relacionados entre sí, que constituyen una unidad de información en una base de datos.

5.2.4 *Muestra(s)*: Pieza(s) a medir entregada(s) por el cliente.

VI. Insumos.

Toda Información Confidencial o no, Propiedad Intelectual o no de cliente.

Muestra(s) entregada(s) por el cliente.

IR-LMD_TESCO-01 “Informe de Resultados”.

FO-LMD_TESCO-C-05 “Formato Solicitud de Servicio y Recepción de Información y/o Muestra(s)”

ANEXO E “Calificación de los palpadores”.

ANEXO F “Alineación de la muestra a medir”.

ANEXO H “Inicialización de la MMC”.

ANEXO K “Contrato de Prestación de Servicio”

VII. Resultados.

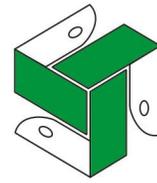
IR-LMD_TESCO_01 “Informe de Resultados” que incluye la incertidumbre de medida.

VIII. Interacción con otros procedimientos.

PD-LMD_TESCO-T-07 “Procedimiento Manipulación de las Muestras”

PD-LMD_TESCO-T-08 “Procedimiento Manipulación de los Equipos de Medición”

TODA COPIA EN PAPEL ES UN “DOCUMENTO CONTROLADO” A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL



IX. Política

Es política del LMD_TESCO estimar la incertidumbre de medida de las mediciones de longitud obtenidas en el proceso de medición directa y método de sustitución.

X. Equipo de medición y limpieza.

CMM marca Carl Zeiss modelo O-Inspect 442, rango de medición 400mm x 400mm x 200mm

Termómetro de Referencia Fluke

Termo higrómetro Fluke

Guante de nylon color blanco aspirado libre de pelusa

Toallitas para limpieza de trabajos delicados

Mezcla de éter y alcohol isopropílico para limpieza de piezas en proporción de 50/50

XI. Desarrollo.

Para el correcto uso de los equipos de medición se deberá tener en consideración el PD-LMD_TESCO-T-08 “Procedimiento Manipulación de los Equipos de Medición”.

11.1 Recepción y limpieza de la Muestra:

Se lleva a cabo de acuerdo al procedimiento PD-LMD_TESCO-T-07 “Procedimiento Manipulación de las Muestras”.

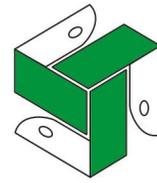
11.2 Sujeción de la Muestra:

Se recomienda utilizar plastilina en el caso que la muestra no pueda ser sujeta con las barras y postes de sujeción (accesorios de la MMC) y cuando la geometría de la misma impida utilizar otro tipo de sujeción, así mismo cuando se trate de piezas de plástico o materiales de fácil deformación.

Se recomienda utilizar los accesorios de la MMC (barras, postes, etc.) cuando la muestra pueda ser colocada de tal forma que permita la sujeción en sus caras o planos.

Así mismo se debe tomar en consideración que se deberá colocar la cubierta especial de aluminio de la MMC cuando se trate de muestras grandes y pesadas con la finalidad de no dañar el cristal de la cubierta principal de la MMC.

TODA COPIA EN PAPEL ES UN “DOCUMENTO CONTROLADO” A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL



11.3 Medición

11.3.1 Definir el mensurando.

11.3.2 Llevar a cabo la medición por el método de medición directa que se describe a continuación:

Para aclarar la forma en que una MMC mide es necesario entender el principio de la técnica de medición por coordenadas, el cual implica:

- ✓ El registro de una pieza con una técnica de medición punto a punto, asignando a cada uno de éstos una terna de coordenadas en un sistema cartesiano.
- ✓ La vinculación numérica de las coordenadas asignadas a los puntos con una geometría espacial completa de la pieza (rectas, planos, circunferencias, cilindros etc.) en un equipo de procesamiento de datos.

Esto significa que para medir un objeto, éste deberá ser descompuesto en geometrías regulares (las que la MMC puede medir) y se deberá palpar sobre cada una de éstas al menos los puntos que la geometría euclidiana dicta, para que puedan obtenerse los parámetros geométricos que definen dicha geometría, si se emplean más de los puntos requeridos como normalmente sucede, entonces, un algoritmo de procesamiento es empleado, que por excelencia es mínimos cuadrados (Gauss), aunque para ciertas aplicaciones algunas otras aproximaciones son más adecuadas (mínimo círculo circunscrito, máximo círculo inscrito o zona mínima).

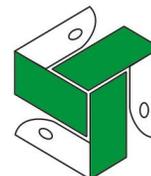
11.3.3 Se procede de la siguiente forma:

11.3.3.1 Elegir la configuración de los palpadores a utilizar; de acuerdo a la geometría de la muestra el Metrólogo armará la configuración del palpador que podrá ser en estrella, en forma de L o un solo palpador con o sin extensiones, tomando en cuenta los diámetros de cada palpador. La MMC se inicializa conforme a lo establecido en el **ANEXO H “Inicialización de la MMC”**.

11.3.3.2 Realizar el procedimiento para la calificación de los palpadores utilizando el Master Ball o Esfera de Reconocimiento según lo indicado en el **ANEXO E “Calificación de los palpadores”**.

11.3.3.3 Identificar y medir las geometrías básicas que servirán como alineación de la muestra según lo indicado en el **ANEXO F “Alineación de la muestra a medir”** y considerando la información de la Tabla 1 para el palpado de las geometrías básicas, utilizando el software de la CMM Calypso.

TODA COPIA EN PAPEL ES UN “DOCUMENTO CONTROLADO” A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL



11.3.3.4 Realizar las mediciones con base a las necesidades del cliente. Se recomienda realizar un mínimo de 5 lecturas por cota y vaciar los resultados en una hoja de cálculo para el procesamiento estadístico de los datos.

Geometría	Mínimo # de puntos requerido
Punto	1
Recta	2
Plano	3
Círculo	3
Esfera	4
Cilindro	5
Cono	6
Toroide	8

Tabla 1. Número de puntos mínimo requeridos por Geometría.

11.4 Estimación de la Incertidumbre de Medida

11.4.1 Para dimensiones de Longitud.

11.4.1.1 A partir de la definición del mensurando, se estima la incertidumbre de medida de acuerdo al siguiente modelo matemático:

$$M = P + L(\Delta\alpha\Delta T + \bar{\alpha}\theta) + E_{AL} + E_{cp} + E_{conf} + E_{pal}$$

Dónde:

P Patrón

L Longitud de medición

$\Delta\alpha$ Diferencia entre coeficientes de expansión térmica entre el calibrando y el patrón

ΔT Diferencia entre la temperatura de la sala y la temperatura de referencia

$\bar{\alpha}$ Coeficiente de expansión térmica promedio (del calibrando y el patrón)

θ Diferencia de temperatura entre el patrón y el calibrando

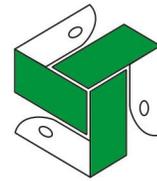
E_{al} Errores aleatorios en mediciones repetidas

E_{cp} Error de calificación de palpadores

E_{conf} Error por el arreglo de los palpadores (Longitud y diámetro del palpador)

E_{pal} Error por palpado no ortogonal

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO CONTROLADO" A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL



11.4.1.2 La ecuación general de incertidumbre estará dada por:

$$u_c = \sqrt{\overset{1}{\left(\frac{\partial M}{\partial P} u_p\right)^2} + \overset{2}{\left(\frac{\partial M}{\partial \Delta \alpha} u_{\Delta \alpha}\right)^2} + \overset{3}{\left(\frac{\partial M}{\partial \Delta T} u_{\Delta T}\right)^2} + \overset{4}{\left(\frac{\partial M}{\partial \bar{\alpha}} u_{\bar{\alpha}}\right)^2} + \overset{5}{\left(\frac{\partial M}{\partial \theta} u_{\theta}\right)^2} + \overset{6}{\left(\frac{\partial M}{\partial E_{al}} u_{E_{al}}\right)^2} + \overset{7}{\left(\frac{\partial M}{\partial E_{cp}} u_{cp}\right)^2} + \overset{8}{\left(\frac{\partial M}{\partial E_{conf}} u_{E_{conf}}\right)^2} + \overset{9}{\left(\frac{\partial M}{\partial E_{pal}} u_{E_{pal}}\right)^2}}$$

Dónde:

u_p Incertidumbre de calibración del patrón.

$u_{\Delta \alpha}$ Incertidumbre por diferencia entre coeficientes de expansión térmica entre el calibrador y el patrón.

$u_{\Delta T}$ Incertidumbre por diferencia entre la temperatura de la sala y la temperatura de referencia.

$u_{\bar{\alpha}}$ Incertidumbre por coeficiente de expansión térmica promedio (del calibrando y el patrón).

u_{θ} Incertidumbre por diferencia de temperatura entre el patrón y calibrando.

u_{al} Incertidumbre por errores aleatorios en mediciones repetidas.

u_{cp} Incertidumbre por calificación de palpadores.

u_{conf} Incertidumbre por el arreglo de los palpadores (Longitud y diámetro del palpador).

u_{pal} Incertidumbre por palpado no ortogonal.

11.4.1.3 Las siguientes expresiones corresponden al cálculo de cada contribución de la ecuación general de incertidumbre:

1.-

$$u_p = \sqrt{(u_{cal})^2 + (u_{re})^2 + (u_{er})^2}$$

$$u_{cal} = \frac{u_{certificado}}{k}$$

$$u_{re} = \frac{res}{2\sqrt{3}}$$

$$u_{er} = \sqrt{[u_x]^2 + [u_y]^2 + [u_z]^2}$$

$$u_x = \sqrt{u_x^2 + \left(\frac{E_x}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

$$u_y = \sqrt{u_y^2 + \left(\frac{E_y}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

$$u_z = \sqrt{u_z^2 + \left(\frac{E_z}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

2.-

$$u_{\Delta \alpha} = \frac{(\alpha_p + 10\% \alpha_p) - (\alpha_m - 10\% \alpha_m)}{\sqrt{3}}$$

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO CONTROLADO" A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL



3.-

$$u_{\Delta T} = \frac{(T_{sala} - T_{20^{\circ}C})}{\sqrt{3}}$$

4.-

$$u_{\bar{\alpha}} = \frac{\alpha_P + \alpha_M}{2\sqrt{3}}$$

5.-

$$u_{\theta} = \frac{T_P - T_M}{\sqrt{3}}$$

6.-

$$u_{al} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}} * t$$

7.-

$$u_{cp} = \sqrt{\left(\frac{e_{\max\text{errform}}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{u_{cal}}{2}\right)^2}$$

8.-

$$u_{conf} = \frac{E_{confmax}}{\sqrt{3}}$$

9.-

$$u_{E_{pal}} = \frac{r(1 - \cos\alpha)}{\sqrt{3}}$$

Donde los coeficientes de sensibilidad para cada contribuyente son:

$$1.- \frac{\partial M}{\partial P} = 1$$

$$4.- \frac{\partial M}{\partial \bar{\alpha}} = L\theta$$

$$7.- \frac{\partial M}{\partial E_{cp}} = 1$$

$$2.- \frac{\partial M}{\partial \Delta T} = L\Delta T$$

$$5.- \frac{\partial M}{\partial \theta} = L\bar{\alpha}$$

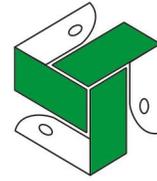
$$8.- \frac{\partial M}{\partial E_{conf}} = 1$$

$$3.- \frac{\partial M}{\partial \Delta \alpha} = L\Delta \alpha$$

$$6.- \frac{\partial M}{\partial E_{al}} = 1$$

$$9.- \frac{\partial M}{\partial E_{pal}} = 1$$

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO CONTROLADO" A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL



11.4.2 Para dimensiones Angulares.

Para poder estimar la incertidumbre tendremos en cuenta las siguientes consideraciones.

Que la incertidumbre en la medición de ángulos es generada entre otras cosas por:

- Los errores de la MMC.
- La complejidad del ángulo en el artefacto o pieza a evaluar.
- El número de mediciones realizadas (repetibilidad).

Por lo que nuestro modelo matemático estará representado por la siguiente ecuación:

$$M_{\beta} = f (E\beta_{MMC} + M_{rep})$$

El modelo matemático queda de la siguiente manera:

$$M_{\beta} = E\beta_{MMC} + M_{rep}$$

Dónde:

$E\beta_{MMC}$ Errores de la máquina en ángulo
 M_{rep} Mediciones repetidas

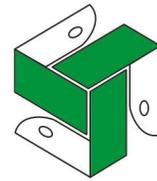
Aplicando la ley de propagación de los errores tenemos:

$$U_{M_{\beta}} = \sqrt{\left(\frac{\partial M_{\beta}}{\partial E\beta_{MMC}} UE\beta_{MMC}\right)^2 + \left(\frac{\partial M_{\beta}}{\partial M_{rep}} UM_{rep}\right)^2}$$

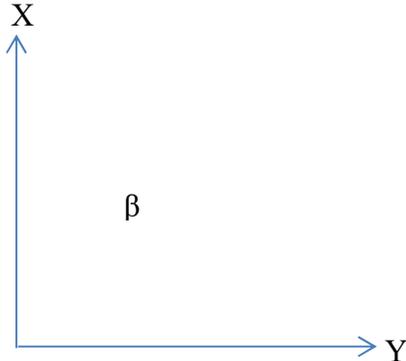
Para el cálculo de los coeficientes de sensibilidad tenemos:

$$\frac{\partial M_{\beta}}{\partial E\beta_{MMC}} = 1 \quad \frac{\partial M_{\beta}}{\partial M_{rep}} = 1$$

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO CONTROLADO" A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL



Plano XY

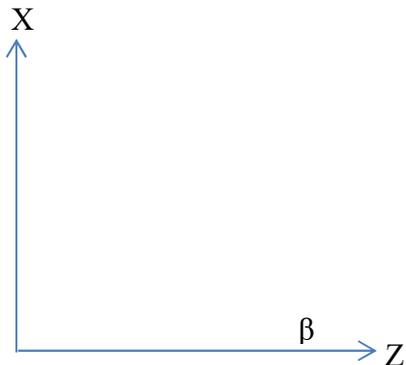


$$\beta_{XY} = \tan^{-1} \frac{\text{Longitud teórica de la regla de senos}}{\text{Longitud teórica de los bloques patrón}}$$

$$\beta_{XY} = \tan^{-1} \frac{\text{Longitud real de la regla de senos}}{\text{Longitud real de los bloques patrón}}$$

Sacar la diferencia entre ambos

Plano XZ

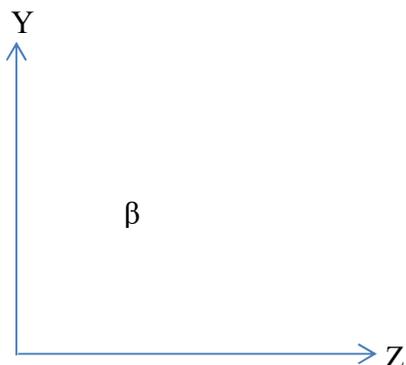


$$\beta_{XZ} = \tan^{-1} \frac{\text{Longitud teórica de la regla de senos}}{\text{Longitud teórica de los bloques patrón}}$$

$$\beta_{XZ} = \tan^{-1} \frac{\text{Longitud real de la regla de senos}}{\text{Longitud real de los bloques patrón}}$$

Sacar la diferencia entre ambos

Plano YZ

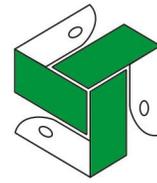


$$\beta_{YZ} = \tan^{-1} \frac{\text{Longitud teórica de la regla de senos}}{\text{Longitud teórica de los bloques patrón}}$$

$$\beta_{YZ} = \tan^{-1} \frac{\text{Longitud real de la regla de senos}}{\text{Longitud real de los bloques patrón}}$$

Sacar la diferencia entre ambos

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO CONTROLADO" A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL



Incertidumbre de los ángulos en cada plano es:

$$uB_{XY} = \frac{\text{Diferencia entre los ángulos } XY}{\sqrt{3}}$$

$$uB_{YZ} = \frac{\text{Diferencia entre los ángulos } YZ}{\sqrt{3}}$$

$$uB_{XZ} = \frac{\text{Diferencia entre los ángulos } XZ}{\sqrt{3}}$$

Incertidumbre total de la máquina será:

$$u\beta_{MMC} = \sqrt{(u\beta_{XY})^2 + (u\beta_{YZ})^2 + (u\beta_{XZ})^2}$$

Sabemos bien que está incertidumbre calculada es muy pequeña debido principalmente a las longitudes tan grandes que se tienen en los ejes de la MMC. Con el fin de mostrar las diferencias encontradas se realiza el mismo cálculo pero ahora con longitudes menores de evaluación.

11.4.3 El procesamiento de la información para la estimación de incertidumbre de medición se realiza en la hoja de cálculo diseñada de acuerdo al modelo matemático y la ecuación general de incertidumbre.

11.4.4 El personal técnico en coordinación con el supervisor técnico, revisarán dos veces por año el procedimiento PD-LMD_TESCO-T-10, con el fin de verificar que se están tomando en cuenta todos los factores que intervienen en el cálculo de la incertidumbre y que se están considerando para la actualización del presupuesto de incertidumbre.

11.4.5 El supervisor técnico revisará una vez por año la tabla CMC para verificar que ésta se encuentre actualizada con los datos del presupuesto de incertidumbre y tomarán acciones preventivas y/o en su caso acciones correctivas para reducir al mínimo los factores que estén influyendo en la incertidumbre de la medición.

TODA COPIA EN PAPEL ES UN "DOCUMENTO CONTROLADO" A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL

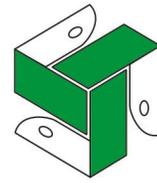


GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

**Procedimiento. Medición de
Longitud y Estimación de la
Incertidumbre de Medida**

PD-LMD_TESCO-T-10

Versión: 8 30/05/24 Pág.: 14 de 14



TESCO
ORGANISMO PÚBLICO
DESCENTRALIZADO
DEL GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

11.5 Reporte de medición

Los Metrólogos deberán generar el **IR-LMD_TESCO-01 “Informe de Resultados”**, anexando a éste todo lo que se estableció previamente en el **ANEXO K “Contrato de Prestación de Servicio”** y con base al Protocolo de Resultados que emite Calypso (Software de Medición), y los resultados del procesamiento de los datos obtenidos en la medición contenidos en la hoja de cálculo.

TODA COPIA EN PAPEL ES UN “DOCUMENTO CONTROLADO” A EXCEPCIÓN DEL ORIGINAL

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR Y SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR
LABORATORIO DE METROLOGÍA DIMENSIONAL
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO

AV. 16 DE SEPTIEMBRE No. 54
COACALCO DE BERRIOZABAL MÉXICO
EDIFICIO "B" PLANTA BAJA
TELS. (0155) 21594324, 2159-4325, 2159-4468 EXT 146, 143
www.tesco.edu.mx