

PRÁCTICA EN EL LABORATORIO DE LA FABRICA NIESSEN

Estudiante:
MARIA XIMENA ZAMBRANO OTERO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SAN SEBASTIAN, 14 DE NOVIEMBRE DE 2007

PRÁCTICA EN EL LABORATORIO DE LA FABRICA NIESSEN

Estudiante:
MARIA XIMENA ZAMBRANO OTERO

Informe Final

Supervisor de prácticas:
INGENIERO LUIS ANGEL SILVA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SAN SEBASTIAN, 14 DE NOVIEMBRE DE 2007

CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	5
GENERAL ANALYSIS OF WORK OF DEGREE	9
RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO	10
INTRODUCCIÓN	11
1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	12
2. OBJETIVOS	13
2.1. OBJETIVO GENERAL	13
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
3. PLAN DE TRABAJO PROPUESTO	14
4. MARCO TEÓRICO	16
4.1. ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN	16
4.1.1. Introducción	16
4.1.2. Medida	17
4.1.3. Incertidumbre	18
4.1.4. Tolerancia	18
4.1.5. Cálculo de la Incertidumbre típica	19
4.2. ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE TEMPERATURA	21
4.2.1. Termómetro de lectura directa	21
4.2.2. Medida de la Temperatura del ensayo de Calentamiento	23
4.3. ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE LAS MAGNITUDES ELÉCTRICAS	24
4.3.1. Medida de Tensión	24
4.3.2. Medida de Intensidad y factor de Potencia	27
4.3.3. Medida de Resistencia por aplicación de la ley de Ohm	27
4.4. ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DIMENSIONAL	28
4.4.1. Medida de Longitudes	28
4.4.2. Medida de Ángulos	30
4.5. ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE FUERZA	32
4.6. ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DEL TIEMPO	34
5. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO	37
5.1. ACTIVIDADES REALIZADAS	37
5.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	40
5.2.1. Cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición de los distintos equipos y actualización de estos cálculos	40
5.2.2. Ensayos solicitados por el departamento de desarrollo	78
5.2.3. Auditorías internas de producto solicitadas por el departamento de Calidad	85
6. APORTES AL CONOCIMIENTO	100

6.1. APORTES DE LAS PRACTICAS AL ESTUDIANTE	100
6.2. APORTES DEL ESTUDIANTE AL LABORATORIO	101
7. CONCLUSIONES	103
BIBLIOGRAFIA	105
ANEXOS	106

GLOSARIO

CLINÓMETRO: ó Nivel de Alineación, es una herramienta de medición que realiza una inmediata lectura digital de todos los ángulos en un círculo de 360°.

DINAMÓMETRO: instrumento que puede ser utilizado para medir fuerzas en tracción – compresión.

ENS 501: procedimiento de ensayo diseñado para verificar que los Pilotos de balizado cumplen con los requisitos establecidos por la Norma de Especificación de Producto (NEP 81). La Norma de Especificación de Producto es una norma creada por el Departamento de Desarrollo de la fábrica para aquellos productos distintos de las bases de enchufe y de los interruptores.

ENS 506: procedimiento de ensayo diseñado para verificar que los Módulos ambientales de EGI cumplen con los requisitos establecidos por la Norma de Especificación de Producto, NEP 40.5 para Termostato-termómetro digital, NEP 49.5 para Reloj-Termómetro digital y la NEP 53.5 para control de accesos (teclado codificado).

IEC (Comisión Electrotécnica Internacional): es la responsable de la elaboración de normas internacionales sobre electrotecnia y electrónica.

IEC 60669-2-1:2002: switches for household and similar fixed electrical installations. Part 2-1: Particular requirements – Electronic switches.
La versión oficial en español de esta norma es la UNE - EN 60669-2-1:2002.

IEC 60669-2-3:1997: switches for household and similar fixed electrical installations. Part 2-3: Particular requirements – Time Delay switches (TDS).
La versión oficial en español de esta norma es la UNE – EN 60669-2-3:1997.

IEC 60884-1:2002: plugs and socket – outlets for household and similar purposes. Part 1: General Requirements.

La versión oficial en español de esta norma es la UNE 20315:1994 o la versión actualizada UNE 20315-1-1:2004 junto con UNE 20315-1-2:2004

IEC 60669-1:2000: switches for household and similar fixed electrical installations. Part 1: General requirements.

La versión oficial en español de esta norma es la UNE - EN 60669-1:2002.

ISO (Organización Internacional de Normalización): es la organización que cubre el resto de sectores de actividad. ISO e IEC comparten la responsabilidad de la elaboración de las normas relativas a las tecnologías de la información.

El objetivo de estas organizaciones es fomentar el desarrollo en el mundo de las actividades de normalización, con el fin de facilitar los intercambios de bienes y servicios entre países y una estrecha cooperación en los campos intelectual, científico, técnico y económico. La Organización Mundial de Comercio (OMC) recomienda la utilización de estas normas en las transacciones comerciales.

ISO/IEC 17025:2005 : especifica los requerimientos generales para la competencia de los laboratorios que realizan ensayos o calibraciones, ya sea mediante métodos estandarizados o métodos creados por los mismos laboratorios.

En esencia se considera que un laboratorio satisface los requisitos ISO/IEC 17025:2005 si:

- Cuenta con competencia técnica (Personal idóneo).
- Capacidad de medida (Equipos, instalaciones) y
- Trazabilidad (Medidas referidas al SI)

LEY DE PROPAGACIÓN DE LAS VARIANZAS: cuando una medida depende de varias variables, conociendo las varianzas de cada una de ellas y la relación que las une se puede calcular la varianza de medida

$$y = f(Y_1, Y_2, \dots, Y_q)$$

$$u^2 = \left(\frac{df}{dY_1}\right)^2 u^2(Y_1) + \dots + \left(\frac{df}{dY_q}\right)^2 u^2(Y_q) + \sum \left(\frac{df}{dY_i}\right) \left(\frac{df}{dY_q}\right) u(Y_i, Y_q)$$

Donde:

u^2 : Varianza de y .

$u^2 (Y_1)$: Varianza de Y_1 .

$u (Y_i, Y_q)$: Covarianza de Y_i con Y_q .

Para el caso particular en que las variables sean independientes, las covarianzas son nulas.

$$u^2 = \left(\frac{df}{dY1}\right)^2 u^2(Y1) + \dots + \left(\frac{df}{dYq}\right)^2 u^2(Yq)$$

Si las variables son independientes y la función es del tipo:

$$Y = Y1 + Y2 + \dots + Yq$$

Entonces:

$$u^2 = u^2(Y1) + u^2(Y2) + \dots + u^2(Yq)$$

MEDIDOR DE ALTURAS: equipo que se utiliza para medir distancias verticales, trazar y medir diferencias de alturas entre planos a diferentes niveles.

MENSURANDO: magnitud particular sometida a medición.

MICRÓMETRO: dispositivo que se utiliza para medir con precisión el grosor de bloques de medidas internas y externas de ejes y profundidades de ranuras. El micrómetro mide el desplazamiento del husillo cuando este es movido mediante el giro de un tornillo, lo que convierte el movimiento giratorio del tambor en el movimiento lineal del husillo.

MODULOS EGI: conjunto de mecanismos (como el termostato-termómetro digital, reloj-termómetro digital, control de accesos o teclado codificado, entre otros) creados por la fabrica EGI. Estos mecanismos son proporcionados a la fábrica NIESSEN quienes le adicionan los marcos y las tapas a estos mecanismos electrónicos y son vendidos con el nombre de la fabrica NIESSEN.

NMX J-163-ANCE-2004: norma mexicana. Título: Artefactos eléctricos – configuraciones (Cancela a la NMX-J-163-1984).

Campo de aplicación: Esta norma Mexicana establece las especificaciones que deben cumplir las configuraciones de las clavijas, receptáculos, conectores y algunos tipos de adaptadores, los cuales se utilizan en aparatos electrodomésticos y en las instalaciones eléctricas de uso doméstico y uso general. Estas configuraciones cubren a los artefactos asignados a una corriente no mayor que 60 A, y tensión nominal no mayor que 600V.

NMX J-508-ANCE-2003: norma mexicana. Título: Artefactos eléctricos – Requisitos de seguridad, especificaciones y métodos de prueba.

Campo de aplicación: Esta norma mexicana cubre los requisitos de seguridad y métodos de prueba de los **artefactos eléctricos** para uso doméstico, comercial e industrial que utilizan para alimentación, tanto energía eléctrica de la redes públicas y/o privadas, así como de otras fuentes de energía como pilas, baterías, acumuladores cuya tensión eléctrica nominal no sea mayor que 600V.

La presente norma fue emitida por la Asociación de Normalización y Certificación, A.C, “ANCE”.

NMX J-412-ANCE-1981: norma mexicana. Título: Receptáculos.

Campo de aplicación: Los receptáculos objeto de esta norma, se diseñan para conectarse en instalaciones con tensiones de 127V a 250V CA. Se excluyen los receptáculos de diseño especial. En relación a la corriente, solo se contemplan los receptáculos hasta 20A de CA.

PIE DE REY: instrumento para medir con precisión dimensiones de objetos relativamente pequeños (tornillos, orificios, etc). La precisión de esta herramienta llega a la décima e incluso a la media décima de milímetro. Para medir exteriores se utilizan las dos patas largas, para medir interiores (p.e diámetros de orificios) las dos patas pequeñas, y para medir profundidades un vástago que va saliendo por la parte trasera.

TERMOHIGRÓMETRO: equipo que mide la temperatura y la humedad relativa del aire.

UNE-EN 60669-1:2002: norma española de Interruptores para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y análogas. Parte 1: Prescripciones generales.

UNE 20315:1994: norma española de Bases de tomas de corriente y clavijas para usos domésticos y análogos.

UNE 20315-1-1:2004: norma española de Bases de tomas de corriente y clavijas para usos domésticos y análogos. Parte 1: Requisitos generales. Anula y sustituye a UNE 20315:1994 junto con UNE 20315-1-2:2004 que corresponde a bases de toma de corriente y clavijas para usos domésticos y análogos. Parte 2: Requisitos dimensionales del sistema español.

GENERAL ANALYSIS OF WORK OF DEGREE

TITLE: PRACTICE IN THE LABORATORY OF FACTORY NIESSEN

AUTHOR: MARIA XIMENA ZAMBRANO OTERO

FACULTY: ELECTRONIC ENGINEERING

DIRECTOR: LUIS ANGEL SILVA

SUMMARY

The objective of the practice in the laboratory is to verify that the products developed by the Factory fulfill the anality requirements established by the different national and international norms and with the requirements of design and functionality defined by each one of its departments.

In order to make this verification calculations of estimation of uncertainty of measurement of equipment that is used in the laboratory, have been developed in order to assure the capacity measurement. Also the national and international norms have been studied related to the products that are being analyzed in the laboratory mainly switches and socket - outlets, it should be mentioned that pilots are also being analyzed buoys, regulators, among others.

Also tests at the request for the development department and internal audits ordered by the department of quality different products have been made. The structure of the tests is taken from the Spanish norms, for socket - outlets are UNE 20315-1-1:2004 and for switches UNE-EN 60669-1:2002. Some products and prototypes such as the current regulator and the pilots buoys based the structure of their tests from requirements.

It has been observed that with the calculation of estimation of the measurement uncertainty one of the requirements of the norm ISO/IEC 17025:2005 is covered that specifies the general requirements for competition of the laboratories that carry out tests or calibrations. On the other hand, the different tests and audits have allowed us to verify that the products fulfill the anality requirements established by the norms that apply to them or with the requirements defined by the different departments since the norms include many aspects of products related to the material, the design, the parts that composes it, their operation, and others.

KEY WORDS: Uncertainty, Uncertainty of Use, Tests, Internal audit, UNE-EN 60669-1:2002 Norm, UNE 20315-1-1:2004 Norm.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TÍTULO: PRÁCTICA EN EL LABORATORIO DE LA FÁBRICA NIESSEN

AUTOR: MARÍA XIMENA ZAMBRANO OTERO

FACULTAD: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR: LUIS ANGEL SILVA

RESUMEN

El objetivo de la práctica en el laboratorio es comprobar que los productos desarrollados por la Fábrica cumplen con las exigencias de calidad establecidas por las distintas normas nacionales e internacionales y con los requerimientos de diseño y funcionalidad definidos por cada uno de sus departamentos.

Para realizar esta comprobación se han desarrollado cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición de equipos que se utilizan en el laboratorio, con la intención de asegurar la capacidad de medida. También se han estudiado las normativas nacionales e internacionales relacionadas con los productos que se analizan en el laboratorio que en su mayoría son interruptores y bases de enchufe, aunque cabe mencionar que también se analizan pilotos de balizado, reguladores, entre otros.

También se han realizado ensayos a petición del departamento de desarrollo y auditorías internas encargadas por el departamento de calidad a distintos productos. La estructura de los ensayos es tomada de las normas españolas que para bases de enchufe son la UNE 20315-1-1:2004 y para interruptores la UNE-EN 60669-1:2002. Algunos productos y prototipos como los reguladores de intensidad y los pilotos de balizado fundamentan la estructura de sus ensayos en exigencias de los distintos departamentos.

Se ha observado que con el cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición se está cubriendo uno de los requisitos de la norma ISO/IEC 17025:2005 que especifica los requerimientos generales para la competencia de los laboratorios que realizan ensayos o calibraciones. Por otro lado, los diferentes ensayos y auditorías han permitido comprobar que los productos cumplen con las exigencias de calidad establecidas por las normas que les competen o con los requerimientos definidos por los distintos departamentos ya que las normas abarcan muchos aspectos de los productos relacionados con el material, el diseño, las partes que lo componen, su funcionamiento, y demás.

PALABRAS CLAVE: Incertidumbre, Incertidumbre de Uso, Ensayos, Auditoría interna, Norma UNE-EN 60669-1:2002, Norma UNE 20315-1-1:2004.

INTRODUCCIÓN

El laboratorio de la fábrica Niessen acreditado por la ENAC (Entidad Nacional de Acreditación) con certificado de acreditación N° 262/LE962, es el lugar donde se evalúan todos los productos que diseña la fábrica y que serán ofrecidos en el mercado; como resultado de esta actividad se otorga la aprobación o negación al diseño, dejando constancia de este concepto en los certificados de cada producto.

La metodología de evaluación consta de ensayos diseñados de acuerdo a las normas o exigencias dadas por Asociaciones Internacionales y españolas, además de los parámetros dados por los distintos departamentos de la fábrica. Estas normas y parámetros determinan la interpretación que se debe dar a los resultados obtenidos con el objeto de emitir un concepto veraz.

El personal que trabaja en el laboratorio es responsable de realizar los ensayos bajo el mínimo margen de error; por lo tanto los equipos y herramientas utilizados deben ser calibrados y cumplir con las normas de trabajo en el laboratorio, como es que la incertidumbre de la medida que dan los equipos se encuentre dentro de una tolerancia determinada. Para el cumplimiento de esta norma se deben realizar estudios de la incertidumbre de medida de los equipos.

La práctica en la fábrica Niessen permite afianzar conocimientos en las áreas de instrumentación electrónica porque la mayoría del tiempo se está utilizando equipos de medición de los que se debe tener conocimiento y dominio, además permite la aplicación práctica de los conocimientos teóricos que fundamentan los sistemas eléctricos y electrónicos gracias a la diversidad de productos que deben ser validados en el laboratorio.

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Asea Brown Boveri S.A Automation Products, Fábrica Niessen es una empresa del grupo ABB, presente en muy diversas áreas del mundo. La multinacional sueco-suiza cuenta fundamentalmente en el área del pequeño material para instalaciones eléctricas con empresas en Alemania, la República Checa y Singapur, además de la fábrica Niessen.

La fábrica Niessen se dedica al desarrollo, fabricación y venta de pequeño material eléctrico para instalaciones domésticas/terciarias; algunos de los productos son:

- Series de Empotrar/Superficie: Interruptores, tomas de teléfono, bases de enchufe, conmutadores, etc..
- SCCA: Control de Acceso a viviendas.
- Material Electrónico: Mandos a distancia para encendido, apagado y regulación por infrarrojos, detectores de movimiento, etc...
- Sonido Niessen: Elementos para sonorización de viviendas, bajos comerciales, etc...
- Material Estanco: Material antihumedad.
- Domótica: Sistemas inteligentes para edificios.
- Material Diverso.

El laboratorio de la fábrica Niessen (área donde se está realizando la práctica empresarial), es el encargado de dar la certificación de los productos; esta certificación da a conocer si el producto cumple o no las normativas que le competen. Para dar estas certificaciones se llevan a cabo los respectivos ensayos de acuerdo a la normativa o a las exigencias de las distintas Asociaciones Internacionales o españolas y departamentos de la fábrica.

Algunos de los ensayos que se realizan en el laboratorio son los que se describen en el desarrollo del plan de trabajo de este informe.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Comprobar que los nuevos productos desarrollados por la Fábrica Niessen cumplen con las exigencias de calidad establecidas por las normas IEC 60669-1:1993, IEC 60669-2-1:2002, IEC 60669-2-3:1997, IEC 60884-1:2002, IEC 60669-1:2000; y con los requerimientos de diseño y funcionalidad definidos por cada uno de sus departamentos.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Calcular la estimación de la incertidumbre de medición de los equipos para cumplir con las exigencias de la norma ISO/IEC 17025:2005.
- Actualizar los cálculos ya realizados de la estimación de la incertidumbre de medición de los equipos para cumplir con las exigencias de la Norma ISO/IEC 17025:2005.
- Conocer las normas establecidas para la realización de Ensayos de Bases de Enchufes e Interruptores.
- Realizar auditorías internas de producto según las normas IEC 60669-1:1993, IEC 60669-2-1:2002, IEC 60669-2-3:1997, IEC 60884-1:2002, IEC 60669-1:2000.
- Realizar ensayos de producto según las exigencias de los diferentes Departamentos de la fábrica Niessen.
- Asegurar la calidad de los ensayos realizados y el servicio prestado utilizando equipos y condiciones de ensayos adecuadas y buenas prácticas profesionales.

3. PLAN DE TRABAJO PROPUESTO

Las actividades propuestas para desarrollar en el periodo de práctica son:

- Cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición en los equipos y actualización de los cálculos ya realizados con objeto de cumplir la norma ISO/IEC 17025:2005.
- Estudio de las normas establecidas para la realización de ensayos de Bases de enchufes e interruptores.
- Realización de auditorías internas de producto según las normas IEC 60669-1:1993, IEC 60669-2-1:2002, IEC 60669-2-3:1997, IEC 60884-1:2002, IEC 60669-1:2000.
- Realización de ensayos según las exigencias de los diferentes Departamentos de la fábrica Niessen.

Y se ha planteado un cronograma para las actividades ha desarrollar:

SEMANA	FECHA	ACTIVIDAD
1	04 – 08 sept.	Actualización de los cálculos ya realizados de la estimación de la incertidumbre de medición de los equipos
2	11 – 15 sept.	
3	18 – 22 sept.	Cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición de los equipos
4	25 – 29 sept.	
5	02 – 06 oct.	Estudio de las normas establecidas para la realización de ensayos de Bases de enchufes e interruptores
6	09 – 13 oct.	Realización de auditorías internas de producto según las normas IEC 60669-1:1993, IEC 60669-2-1:2002, IEC 60669-2-3:1997, IEC 60884-1:2002, IEC 60669-1:2000.
7	16 – 20 oct.	
8	23 – 27 oct.	
9	30 oct. – 03 nov.	
10	06 – 10 nov.	
11	13 – 17 nov.	Realización de ensayos según las exigencias de los diferentes Departamentos de la Fábrica Niessen
12	20 – 24 nov.	
13	27 nov. – 01 dic.	

14	04 – 08 dic.	Días festivos y recuperados
15	11 – 15 dic.	Cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición de los equipos
16	18 – 22 dic.	
17	25 – 29 dic.	Día festivo y vacaciones

4. MARCO TEORICO

4.1 ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

4.1.1 Introducción

Las normas de referencia UNE-EN 60669-1:2002 y UNE 20-315-94 establecen una serie de ensayos a realizar sobre interruptores y enchufes en los que se realizan medidas, por un lado, para obtener las condiciones de ensayo estipuladas y, por otro, para la obtención de los resultados.

Tanto unas como otras deben estar dentro de unas tolerancias predeterminadas, las primeras para que el ensayo sea válido y de acuerdo a norma y las segundas para que el elemento ensayado pueda ser dado por válido.

Si bien las primeras tienen una evidente influencia sobre las segundas, no se consideran magnitudes de influencia en tanto estén dentro de las tolerancias de la norma. A efectos prácticos se considera que, una vez comprobado que las condiciones de ensayo son las marcadas por la norma, los resultados obtenidos en él son equivalentes entre sí. Es decir, si la norma marcara una tolerancia de 5 ± 1 V el ensayo es igualmente válido si se realiza con 4 V o se realiza con 6 V. Siendo cierto que podría darse el caso de que un mismo equipo tuviese una respuesta satisfactoria o insatisfactoria dependiendo de cuál de las dos tensiones se aplica, se entiende que las tolerancias marcadas por la norma están lo suficientemente ajustadas para que este caso sea, si no imposible, al menos, sí improbable.

Esto hace que una medida de cualquier magnitud tenga el mismo tratamiento en cuanto a incertidumbre independientemente de que se mida una condición de ensayo o su resultado. En ambos casos la medida debe estar dentro de una tolerancia dada. Por lo tanto, cualquier medida llevará pareja una decisión en cuanto a su cumplimiento o no, lo que conlleva a que los únicos puntos realmente importantes en todo el rango de medida sean los de los límites de las tolerancias.

4.1.2 Medida

Medir es comparar la cantidad de magnitud a medir, mensurando¹, con otra cantidad de referencia de la misma clase que se adopta como unidad, ya sea haciendo intervenir directamente en el proceso patrones que proporcionan valores de la magnitud y un instrumento comparador o aplicando un instrumento de medida (método de medida directa). En este segundo caso la comparación se realiza contra la escala del instrumento, pero para su establecimiento inicial tuvieron que usarse patrones y también se emplean estos para comprobarla periódicamente (calibración). Por tanto, ambos métodos de medida no son muy diferentes en realidad.

A la hora de medir siempre tenemos el mensurando (lo que se mide), el instrumento o sistema de medida (lo que mide) y el operador (el que mide). Este trío está bajo la influencia de su entorno que actúa sobre él mediante las denominadas magnitudes de influencia (magnitud que no es el mensurando pero que tiene un efecto sobre el resultado de la medición).

Las medidas que ignoran las magnitudes de influencia significativas pueden quedar desprovistas de significado, por ejemplo, la longitud de una barra metálica varía con la temperatura, por tanto, habría que indicar a qué temperatura se toma la medida.

Las magnitudes de influencia a considerar son las que resulten significativas en el orden de exactitud con el que se mide el mensurando; además dependiendo de la magnitud física que se está midiendo las magnitudes de influencias a considerar serán distintas. Algunas de las magnitudes de influencia más significativas y que se utilizan en la práctica son la contribución debida al error que tiene el equipo (razón por la cual se calibra periódicamente); la contribución debida a la resolución del equipo, esto en el caso de equipos digitales, también la contribución debida a la variación de la temperatura ambiente del recinto donde se está tomando la medida; así como también la contribución por la repetibilidad, la deriva y otros aspectos que influyen en menor medida (como la linealidad, la estabilidad, la tensión de alimentación).

Por muy controladas que se tengan las magnitudes de influencia, en toda medida realizada con una resolución suficiente existe una variabilidad, por tanto, toda medida posee naturaleza aleatoria. Por este motivo, para que una medida esté correctamente caracterizada es necesario dar un valor y una medida de su dispersión (su incertidumbre).

¹ Magnitud particular sometida a medición.

4.1.3 Incertidumbre

- **Definición:** Un parámetro, asociado con el resultado de una medida, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían razonablemente ser atribuidos al mensurando.
- **Diferentes tipos de incertidumbre:**
 - Incertidumbre típica: Es semejante a una desviación típica, es la que se calcula evaluando las magnitudes de influencia que afectan a la medida. En general, las incertidumbres se trabajan como si se tratase de desviaciones típicas o sus cuadrados (varianzas).
 - Incertidumbre expandida: Es una magnitud que define un intervalo en torno al resultado de una medición, que puede esperarse que incluya una fracción grande de la distribución de los valores, que pueden atribuirse razonablemente al mensurando o magnitud particular sometida a medición. Se obtiene multiplicando la incertidumbre típica por un factor de cobertura (o recubrimiento) adecuado para que la incertidumbre cubra un 95 % de probabilidades de que el valor verdadero se encuentre comprendido en ella. Se puede asumir que la incertidumbre que se está calculando tiene una distribución normal (Campana de Gauss), que es el caso más usual, por lo tanto el factor de cobertura tomaría un valor $k = 2$. Dentro del grupo de las incertidumbres expandidas, se suele hablar de otros tipos de incertidumbre que conviene no confundir:
 - Incertidumbre de Calibración: Es la incertidumbre expandida obtenida en una calibración. Al realizar una calibración, el resultado de la misma es una corrección y una incertidumbre, esa incertidumbre hace referencia a la “seguridad” con la que se da esa corrección.
 - Incertidumbre de Uso: Es la incertidumbre expandida que “sufrimos” a la hora de usar un equipo. Se calcula partiendo de la incertidumbre de calibración y añadiéndole todos aquellos términos que influyan a la hora de realizar la nueva medida.
 - Incertidumbre de un Ensayo o Análisis: Es similar a la de uso con la particularidad de que a la hora de obtener un resultado de ensayo o análisis puede usarse más de un equipo, con lo que para calcularla, habría que combinar las diferentes incertidumbres de uso de los equipos utilizados.

4.1.4 Tolerancia

La tolerancia es el intervalo de valores en el que debe encontrarse una magnitud para que se acepte como válida.

Como se ha comentado anteriormente, la incertidumbre es el intervalo donde podría hallarse el valor verdadero de la magnitud, por tanto, para asegurar el cumplimiento de una tolerancia, no sólo el resultado del ensayo o medida debe estar dentro de ella sino también la incertidumbre en su totalidad.

El tener que comprobar que un intervalo está dentro de otro es ligeramente engorroso por lo que se suele optar por modificar el intervalo de tolerancia de tal forma que se comprueba que el resultado obtenido está dentro de la nueva tolerancia que ya tiene en cuenta su incertidumbre.

4.1.5 Cálculo de la Incertidumbre típica

En general, las incertidumbres se calculan evaluando la contribución de las magnitudes de influencia. El primer paso es definir la función que rige la medida que se esté realizando:

$$Y = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Siendo:

Y: Resultado de la medida.

x_i : Magnitudes medidas y de influencia.

Aplicando la Ley de Propagación de las varianzas a esta función, obtenemos:

$$u^2(Y) = \left(\frac{\partial Y}{\partial x_1}\right)^2 u^2(x_1) + \left(\frac{\partial Y}{\partial x_2}\right)^2 u^2(x_2) + \dots + \left(\frac{\partial Y}{\partial x_n}\right)^2 u^2(x_n) + 2\rho(x_1, x_2) \left(\frac{\partial Y}{\partial x_1}\right) \left(\frac{\partial Y}{\partial x_2}\right) u(x_1)u(x_2) + \\ + 2\rho(x_1, x_3) \left(\frac{\partial Y}{\partial x_1}\right) \left(\frac{\partial Y}{\partial x_3}\right) u(x_1)u(x_3) + \dots + 2\rho(x_{n-1}, x_n) \left(\frac{\partial Y}{\partial x_{n-1}}\right) \left(\frac{\partial Y}{\partial x_n}\right) u(x_{n-1})u(x_n)$$

Donde:

$\frac{\partial Y}{\partial x_i}$: Derivada parcial de la función Y respecto de la magnitud x_i .

Físicamente es un coeficiente que indica cuánto varía el total de la función con una pequeña variación de la magnitud en cuestión.

$u(x_i)$: Incertidumbre típica de la magnitud x_i . Cada una de éstas, puede venir de un estudio previo similar a éste.

$\rho(x_i, x_j)$: Coeficiente de correlación entre las magnitudes x_i y x_j . Toma valores dentro del intervalo (1, -1). Lo más habitual es que las diferentes magnitudes no tengan ningún tipo de relación entre sí, tomándose este término como nulo. En el caso de que se tenga constancia de la existencia de una correlación se toma el caso más desfavorable que es cuando este coeficiente es 1 ó -1.

Se diferencian dos tipos de evaluaciones de los diferentes términos o componentes, $u(x_i)$, en las incertidumbres:

Tipo A: Son las componentes calculadas a partir de datos estadísticos. Se aplican cuando se dispone de un conjunto de n medidas independientes del mensurando. La contribución se calcula de la siguiente manera:

$$u_{TipoA} = \frac{S_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

Siendo:

S_{n-1} = Desviación típica del conjunto de n medidas del mensurando. Se calcula así:

$$S_{n-1} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde “ x_i ” son las medidas independientes y \bar{x} la media aritmética de las medidas que se obtiene con la siguiente formula:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Tipo B: Son las que se basan en datos de certificados de calibración, valores de manuales técnicos o tablas, datos de medidas previas, especificaciones del fabricante, conocimiento y experiencia con los mensurandos y los sistemas de medida implicados.

Se diferencian dos grandes grupos en este tipo de evaluación:

- Si se dispone de un dato y su incertidumbre: Se utiliza ese dato como valor de la magnitud de entrada y su incertidumbre (dividida por el factor de cobertura) como contribución. Es el caso típico de un certificado de calibración.
- Si se dispone de un intervalo dentro del cual se halla el valor de la magnitud de influencia: Se hace una hipótesis sobre la distribución estadística que rige el comportamiento de dicha magnitud y se actúa en consecuencia. El caso más usual es hacer la hipótesis de una distribución rectangular (todos los valores dentro del intervalo en cuestión tienen la misma probabilidad) en este caso, el valor de la magnitud sería el punto medio del intervalo y la contribución.

$$u_{TipoB} = \frac{\text{intervalo}}{2\sqrt{3}} = \frac{\text{semintervalo}}{\sqrt{3}}$$

4.2 ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE TEMPERATURA

En la medida de temperatura se utilizan normalmente dos equipos, el sensor y el indicador. El sensor puede ser de varios tipos, siendo los más utilizados termopares y termoresistencias.

Los termopares devuelven una pequeña diferencia de potencial (del orden de los mV) en función de la diferencia de temperatura entre el punto frío y el punto caliente. A esta medida hay que sumarle unos mV correspondientes a la temperatura ambiente y, luego, aplicarle la ecuación del termopar en cuestión (evidentemente, cada tipo de termopar tiene una función de respuesta diferente). Todo esto lo realiza automáticamente el indicador.

En las termoresistencias se mide la variación de la resistencia eléctrica con la temperatura. No necesitan compensación de punto frío, pero para poder medir la variación de la resistencia hay que hacer circular una corriente por ellas, esto convierte al indicador en un generador/medidor.

En ambos casos se realiza una medida eléctrica, por tanto, hay que seguir las recomendaciones dadas para la medida de magnitudes eléctricas.

Por otro lado, en ambos casos se pueden tratar los sensores y los indicadores por separado o, como es el caso en este estudio, como un único termómetro de medida directa. El tomarlos así tiene la ventaja de que simplifica el cálculo y el tratamiento de resultados y abarata el coste de calibración, pero tiene el inconveniente de que es menos versátil; la calibración debe realizarse en conjunto y si cualquiera de los dos componentes se estropea se pierde la calibración de ambos.

4.2.1 Termómetro de lectura directa

Como siempre, el primer paso es definir la función que rige la medida. Como es una medida directa:

$$t = t(\text{leída}) + \delta(\text{resolución}) + \delta(T^{\text{a ambiente}}) + \delta(\text{deriva}) + \delta(\text{punto frío})$$

Siendo las δ correcciones debidas a las magnitudes entre paréntesis. En el caso de los termopares la compensación de punto frío $\delta(\text{punto frío})$ es una magnitud de influencia. En el caso de termoresistencias no es necesaria dicha compensación y por tanto este término desaparece.

El siguiente paso es la aplicación de la Ley de Propagación de las Varianzas. En este caso, todas las derivadas parciales son 1 y todos los coeficientes de correlación 0 porque las diferentes magnitudes no están relacionadas entre sí, por tanto:

$$u^2(t) = u^2(t_{leída}) + u^2(\delta_{resolución}) + u^2(\delta_{T^a ambiente}) + u^2(\delta_{deriva}) + u^2(\delta_{punto frío})$$

Donde:

$u(t_{leída})$: Es la contribución debida al error² que tiene el aparato de por sí y que se cuantifica en la calibración. Se trata, por tanto, de la incertidumbre de calibración. El valor de esta contribución depende de si se toma la decisión de corregir resultados o, como es más habitual, si se toma directamente como verdadero el valor leído en el termómetro.

$$u(t_{leída}) = u_{calibración} = \frac{|error|}{\sqrt{3}} + \frac{I_{calibración}}{k}$$

El *error* de esta expresión equivale a la corrección no realizada, por tanto, en el caso en el que se corrija, la corrección no realizada se anula y se obtendría la siguiente expresión para la incertidumbre:

$$u_{calibración} = \frac{I_{calibración}}{k}$$

En ambas expresiones aparece el factor k que es el factor de cobertura de la calibración, es un dato que viene en el certificado de calibración.

$u(\delta_{resolución})$: Es la contribución debida a la capacidad finita de medida de un equipo. Como el termómetro es un equipo digital de medida, la contribución será:

$$u(\delta_{resolución}) = \frac{división\ de\ escala}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

$u(\delta_{T^a})$: Es la contribución debida a la influencia de la variación de la temperatura ambiente en las condiciones de medida. Es un dato que se toma del manual. Normalmente se da de forma relativa, con lo que la contribución sería:

$$u(\delta_{T^a}) = \frac{coeficiente\ de\ variación \cdot lectura \cdot \Delta T^a}{\sqrt{3}}$$

² Es la diferencia de medida entre el valor dado por el equipo patrón que se utiliza en la calibración y el valor dado por el equipo calibrado.

Donde “*coeficiente de variación*” sería el valor relativo que nos da el manual, “*lectura*” el valor medido y “ ΔT^a ” la máxima variación de T^a que pueda darse en el laboratorio.

$u(\delta_{\text{deriva}})$: Es la contribución a la incertidumbre debida al paso del tiempo desde la última calibración. Todos los equipos envejecen con el paso del tiempo y sus prestaciones van variando. Con este término se pretende tener en cuenta este paso del tiempo. Hay que hacer una estimación máxima de esta variación. Si se dispone de varias calibraciones sucesivas del equipo en cuestión, se puede estimar cuánto pueden variar las medidas obtenidas en el mismo entre calibraciones. Si no, se puede obtener este dato de las especificaciones del fabricante y, si no lo especifica, un estimador máximo sería la “exactitud” proporcionada por el fabricante. Una vez estimada esta deriva máxima, la contribución sería:

$$u(\delta_{\text{deriva}}) = \frac{\text{deriva máxima}}{\sqrt{3}}$$

$u(\delta_{\text{punto frío}})$: Esta contribución sólo se da en el caso de que el indicador sea un termopar y es debida a la compensación de temperatura que realiza el propio indicador. Es un dato que se toma del manual del indicador y si no existe habría que estimar un máximo que sería la exactitud dada por el fabricante. La expresión de la contribución es:

$$u(\delta_{\text{punto frío}}) = \frac{\text{máxima variación}}{\sqrt{3}}$$

La incertidumbre de uso del termómetro se calcula multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura k . Como se puede asumir que la incertidumbre típica resultante de este estudio sigue una distribución normal, para obtener una incertidumbre con una cobertura de aproximadamente un 95 % k toma un valor igual a 2, por tanto:

$$U(t) = \pm k \cdot u(t), (k = 2)$$

4.2.2 Medida de la temperatura del ensayo de calentamiento

En este caso, el resultado del ensayo es la diferencia entre la temperatura alcanzada y la temperatura ambiente. Se toman las dos medidas y se realiza la resta:

$$\text{Calentamiento} = t_{\text{calentamiento}} - t_{\text{ambiente}}$$

Aplicando la Ley de Propagación de las varianzas a esta expresión se obtiene:

$$u^2(\text{Calentamiento}) = (1)^2 u^2(t_{cale}) + (-1)^2 u^2(t_{amb}) + 2 \cdot \rho(t_{cale}, t_{amb}) \cdot (1) (-1) u(t_{cale}) u(t_{amb})$$

Siendo:

$u(t_{cale})$ y $u(t_{amb})$: Incertidumbres típicas de medida de la temperatura de calentamiento y la temperatura ambiente respectivamente. Se calculan según el procedimiento del capítulo 4.2.1.

$\rho(t_{cale}, t_{amb})$: Coeficiente de correlación entre la temperatura de calentamiento y la temperatura ambiente. Como la medida se realiza con el mismo equipo indicador, ambas variables están relacionadas y toma un valor entre -1 y 1, distinto de cero. Al desconocer el nivel de correlación real que tienen se toma el peor de los casos (-1) y tenemos la siguiente expresión:

$$u^2(\text{Calentamiento}) = u^2(t_{cale}) + u^2(t_{amb}) + 2 \cdot u(t_{cale}) u(t_{amb})$$

Simplificando:

$$u(\text{Calentamiento}) = u(t_{cale}) + u(t_{amb})$$

Para obtener la incertidumbre expandida, evidentemente, se multiplica por el factor de cobertura $k=2$, ya que se trata de una suma de dos distribuciones normales que da como resultado otra normal y ese es el factor que nos garantiza una posibilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

4.3 ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE LAS MAGNITUDES ELÉCTRICAS

4.3.1 Medida de Tensión

El primer paso es definir la función que rige la medida:

$$v = v(\text{leída}) + \delta(\text{repetibilidad}) + \delta(\text{resolución}) + \delta(T^a) + \delta(\text{deriva}) + \delta(\text{linealidad}) + \delta(\text{otros})$$

Siendo las δ correcciones debidas a las magnitudes entre paréntesis. $\delta(\text{otros})$ incluye varias correcciones, en principio pequeñas, que se tratan en conjunto a no ser que se sospeche o se tengan datos de que uno de ellos es muy superior a los demás. Estas correcciones son: variaciones en la tensión de alimentación, efecto de carga y falta de estabilidad.

El siguiente paso es la aplicación de la Ley de Propagación de las Varianzas. En este caso, todas las derivadas parciales son 1 y todos los coeficientes de

correlación 0 porque las diferentes magnitudes no están relacionadas entre sí, por lo tanto:

$$u^2(v) = u^2(v_{leída}) + u^2(\delta_{repetibilidad}) + u^2(\delta_{resolución}) + u^2(\delta_{T^a}) + u^2(\delta_{deriva}) + u^2(\delta_{linealidad}) + u^2(\delta_{otros})$$

Donde:

$u(v_{leída})$: Es la contribución debida al error que tiene el aparato de por sí y que se cuantifica en la calibración. Se trata, por tanto, de la incertidumbre de calibración. El valor de esta contribución depende de si se toma la decisión de corregir resultados o, como es más habitual, si se toma directamente como verdadero el valor leído en el voltímetro.

$$u(v_{leída}) = u_{calibración} = \frac{|error|}{\sqrt{3}} + \frac{I_{calibración}}{k}$$

El *error* de esta expresión equivale a la corrección (proporcionada por el certificado de calibración del equipo) no realizada, por tanto, en el caso en el que se corrijan los resultados, el error se anula de la fórmula y se obtendría la siguiente expresión para la incertidumbre:

$$u_{calibración} = \frac{I_{calibración}}{k}$$

En ambas expresiones aparece el factor k que es el factor de cobertura de la calibración, es un dato que viene en el certificado de calibración.

$u(\delta_{repetibilidad})$: Es la contribución debida a la falta de repetibilidad de todo aparato de medida, es decir, recoge la posibilidad de que midiendo el mismo mensurando varias veces los valores dados por el voltímetro no sean exactamente los mismos. Normalmente, se hace una única medida, por tanto, se toma como estimador de esta contribución la desviación típica obtenida en la calibración:

$$u(\delta_{repetibilidad}) = s_{n-1_{calibración}}$$

Si no se dispone de ese dato, se acude a las especificaciones técnicas del equipo y se toma un límite superior, como, por ejemplo, la exactitud. En este caso, la contribución sería:

$$u(\delta_{repetibilidad}) = \frac{exactitud}{\sqrt{3}}$$

$u(\delta_{resolución})$: Es la contribución debida a la capacidad finita de medida de un equipo. Como el voltímetro es un equipo digital de medida, la contribución será:

$$u(\delta_{\text{resolución}}) = \frac{\text{división de escala}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

$u(\delta_{T^a})$: Es la contribución debida a la influencia de la variación de la temperatura ambiente en las condiciones de medida. Es un dato que se toma del manual. Normalmente se da de forma relativa, con lo que la contribución sería:

$$u(\delta_{T^a}) = \frac{\text{coeficiente de variación} \cdot \text{lectura} \cdot \Delta T^a}{\sqrt{3}}$$

Donde “*coeficiente de variación*” sería el valor relativo que nos da el manual del equipo, “*lectura*” el valor medido y “ ΔT^a ” la máxima variación de T^a que pueda darse en el laboratorio.

$u(\delta_{\text{deriva}})$: Es la contribución a la incertidumbre debida al paso del tiempo desde la última calibración. Todos los equipos envejecen con el paso del tiempo y sus prestaciones van variando. Con este término se pretende tener en cuenta este paso del tiempo. Hay que hacer una estimación máxima de esta variación. Si se dispone de varias calibraciones sucesivas del equipo en cuestión, se puede estimar cuánto pueden variar las medidas obtenidas en el mismo entre calibraciones. Si no, se puede obtener este dato de las especificaciones del fabricante y, si no lo especifica, un estimador máximo sería la “exactitud” proporcionada por el fabricante. Una vez estimada esta deriva máxima, la contribución sería:

$$u(\delta_{\text{deriva}}) = \frac{\text{deriva máxima}}{\sqrt{3}}$$

$u(\delta_{\text{linealidad}})$: Esta contribución es debida a que la calibración en este tipo de equipos se realiza en dos puntos suponiendo que la respuesta del equipo en el rango de operación en cuestión es totalmente lineal. Evidentemente la linealidad absoluta no existe, por tanto, hay que tenerlo en cuenta en el cálculo de la incertidumbre. Es un dato que se puede obtener del certificado de calibración, si no es así, se obtendrá de la documentación del equipo y, si no, volvemos a recurrir a la exactitud como límite máximo. En cualquiera de los casos obtenemos un límite máximo de linealidad, por tanto, la expresión de la contribución es:

$$u(\delta_{\text{linealidad}}) = \frac{\text{linealidad}}{\sqrt{3}}$$

En el caso de que la calibración se realice precisamente en el punto de operación este término desaparece ya que en la calibración se obtiene la corrección real del punto en cuestión. Es decir, se conoce

la desviación del equipo en el punto y no hace falta hacer ninguna suposición de linealidad a la hora de operar.

$u(\delta_{otros})$: Esta contribución es debida a varios factores. Se obtiene de la documentación del equipo, tomando la exactitud como límite máximo. La expresión de la contribución es:

$$u(\delta_{otros}) = \frac{exactitud}{\sqrt{3}}$$

La incertidumbre de uso del voltímetro se calcula multiplicando el factor de cobertura k por la incertidumbre típica. Como se puede asumir que la incertidumbre típica resultante de este estudio sigue una distribución normal, para obtener una incertidumbre con una cobertura de aproximadamente un 95 % k toma un valor igual a 2, por tanto:

$$U(v) = \pm k \cdot u(v), (k = 2)$$

4.3.2 Medida de Intensidad y factor de Potencia

En ambos casos (intensidad y factor de potencia) las magnitudes de influencia o contribuciones a tener en cuenta son las mismas que en la medida de tensión, por tanto, el desarrollo realizado para el caso de la medida de tensión explicado en el apartado 4.3.1 se repite tanto para las medidas de intensidad como para el factor de potencia ($\cos \varphi$). Sólo bastaría con cambiar las unidades (ya no se trabajaría con voltios, sino con amperios y φ respectivamente).

4.3.3 Medida de Resistencia por aplicación de la Ley de Ohm

En este caso, partimos de la Ley de Ohm como la función que rige la medida:

$$V = I \cdot R$$

Como lo que interesa es obtener la resistencia:

$$R = \frac{V}{I}$$

Aplicando la Ley de Propagación de las varianzas a la anterior expresión, se obtiene:

$$u^2(R) = \left(\frac{1}{I}\right)^2 u^2(V) + \left(\frac{-V}{I^2}\right)^2 u^2(I) + 2 \cdot \rho(V, I) \cdot \left(\frac{1}{I}\right) \left(\frac{-V}{I^2}\right) u(V) u(I)$$

Siendo:

$u(V)$ y $u(I)$: Incertidumbres típicas de medida de V e I respectivamente. Se calculan según lo expuesto anteriormente.

$\rho(V,I)$: Coeficiente de correlación de V e I . Si las medidas de tensión e intensidad se realizan con dos equipos totalmente independientes entre sí, su valor se anula. La expresión de la incertidumbre típica de medida de resistencia es:

$$u^2(R) = \left(\frac{1}{I}\right)^2 u^2(V) + \left(\frac{V}{I^2}\right)^2 u^2(I)$$

Si, por el contrario, la medida se realiza con el mismo equipo, ambas variables estarían relacionadas y tomaría un valor entre -1 y 1. Al desconocer el nivel de correlación que tendrían se tomaría el peor de los casos (-1) y tendríamos la siguiente expresión:

$$u^2(R) = \left(\frac{1}{I}\right)^2 u^2(V) + \left(\frac{V}{I^2}\right)^2 u^2(I) + 2 \cdot \left(\frac{1}{I}\right) \left(\frac{V}{I^2}\right) u(V) u(I)$$

Simplificando:

$$u(R) = \left(\frac{1}{I}\right) u(V) + \left(\frac{V}{I^2}\right) u(I)$$

4.4 ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DIMENSIONAL

4.4.1 Medida de longitudes

El primer paso es definir la función que rige la medida. Como es una medida directa:

$$l = l(\text{leída}) + \delta(\text{resolución}) + \delta(\text{repetibilidad}) + \delta(T^a \text{ ambiente}) + \delta(\text{deriva})$$

Siendo las δ correcciones debidas a las magnitudes entre paréntesis.

El siguiente paso es la aplicación de la Ley de Propagación de las Varianzas. En este caso, todas las derivadas parciales son 1 y todos los coeficientes de correlación 0 porque las diferentes magnitudes no están relacionadas entre sí, por tanto:

$$u^2(l) = u^2(l_{\text{leída}}) + u^2(\delta_{\text{resolución}}) + u^2(\delta_{\text{repetibilidad}}) + u^2(\delta_{T^a \text{ ambiente}}) + u^2(\delta_{\text{deriva}})$$

Donde:

$u(l_{\text{leída}})$: Es la contribución debida al error que tiene el aparato de por sí y que se cuantifica en la calibración. Se trata, por tanto, de la incertidumbre de calibración. El valor de esta contribución depende de si se toma la decisión de corregir resultados o, como es más

habitual, si se toma directamente como verdadero el valor leído en el pie de rey o micrómetro.

$$u(l_{leída}) = u_{calibración} = \frac{|error|}{\sqrt{3}} + \frac{I_{calibración}}{k}$$

El *error* de esta expresión equivale a la corrección (proporcionada por el certificado de calibración del equipo) no realizada, por tanto, en el caso en el que se corrijan los resultados, el error se anula de la fórmula y se obtendría la siguiente expresión para la incertidumbre:

$$u_{calibración} = \frac{I_{calibración}}{k}$$

En ambas expresiones aparece el factor k que es el factor de cobertura de la calibración, es un dato que viene en el certificado de calibración.

$u(\delta_{resolución})$: Es la contribución debida a la capacidad finita de medida de un equipo. El micrómetro es un equipo digital de medida y el máximo error que se podría cometer sería la mitad de la división de escala. El caso del pie de rey es similar, debido a la utilización del nonius³, por tanto, la contribución será:

$$u(\delta_{resolución}) = \frac{división\ de\ escala}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

$u(\delta_{repetibilidad})$: Es la contribución debida a la falta de repetibilidad de los aparatos de medida. Es un dato que se toma del certificado de calibración en forma de desviación típica. La expresión de la contribución es:

$$u(\delta_{repetibilidad}) = \frac{s_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

Lo más habitual es que el número de medidas (n) sea 1, pero en el caso de medidas de diámetros se suele tomar el resultado como media de tres medidas, por tanto, n sería 3.

$u(\delta_{T^a})$: Es la contribución debida a la influencia de la variación de la temperatura ambiente, por las dilataciones, sobre las medidas obtenidas.

$$u(\delta_{T^a}) = \frac{\alpha \cdot \Delta T^a \cdot l}{\sqrt{3}}$$

α : Coeficiente de dilatación lineal del medidor:

³ Es un aparato destinado a la medida precisa de longitudes o de ángulos. El empleado para la medida de longitudes consta de una regla dividida en partes iguales, sobre la que desliza una reglilla graduada (nonius) de tal forma que $n-1$ divisiones de la regla se dividen en n partes iguales del nonius.

Pie de Rey: Coeficiente de dilatación del acero inoxidable $\alpha = \frac{1,55 \cdot 10^{-5}}{^{\circ}C}$

Micrómetro: Se estima que puede ser del orden de la mitad que el anterior debido a su forma característica (en forma de C) que equilibra las dilataciones.

ΔT^a : Diferencia máxima de temperatura en el laboratorio respecto a la normal (20°C).

l : Longitud medida por el aparato.

$u(\delta_{\text{deriva}})$: Es la contribución a la incertidumbre debida al paso del tiempo desde la última calibración. Todos los equipos envejecen con el paso del tiempo y sus prestaciones van variando. Con este término se pretende tener en cuenta este paso del tiempo. Hay que hacer una estimación máxima de esta variación. Si se dispone de varias calibraciones sucesivas del equipo en cuestión, se puede estimar cuánto pueden variar las medidas obtenidas en el mismo entre calibraciones. Si no, un límite máximo que está bastante extendido para este tipo de equipos es dos veces su resolución. Una vez estimada esta deriva máxima, la contribución sería:

$$u(\delta_{\text{deriva}}) = \frac{\text{deriva máxima}}{\sqrt{3}}$$

La incertidumbre de medida de longitud se calcula multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura k . Como se puede asumir que la incertidumbre típica resultante de este estudio sigue una distribución normal, para obtener una incertidumbre con una cobertura de aproximadamente un 95 % k toma un valor igual a 2, por tanto:

$$U(l) = \pm k \cdot u(l), (k = 2)$$

4.4.2 Medida de ángulos

El primer paso es definir la función que rige la medida. En este caso, se da la particularidad de que es una escala fija y lo que influye es el ojo del operario al colocar el dispositivo sobre la marca del ángulo necesario. Por tanto, los términos habituales de resolución y repetibilidad se concentran en uno, que es el del operario. Como es una medida directa:

$$\alpha = \alpha(\text{leída}) + \delta(\text{operario}) + \delta(T^a \text{ ambiente}) + \delta(\text{deriva})$$

Siendo las δ correcciones debidas a las magnitudes entre paréntesis.

El siguiente paso es la aplicación de la Ley de Propagación de las Varianzas. En este caso, todas las derivadas parciales son 1 y todos los coeficientes de

correlación 0 porque las diferentes magnitudes no están relacionadas entre sí, por tanto:

$$u^2(\alpha) = u^2(\alpha_{leída}) + u^2(\delta_{operario}) + u^2(\delta_{T^a \text{ ambiente}}) + u^2(\delta_{deriva})$$

Donde:

$u(\alpha_{leída})$: Es la contribución debida al error que tiene el aparato de por sí y que se cuantifica en la calibración. Se trata, por tanto, de la incertidumbre de calibración. El valor de esta contribución depende de si se toma la decisión de corregir resultados o, si se mantiene como valor real la marca del goniómetro⁴.

$$u(\alpha_{leída}) = u_{calibración} = \frac{|error|}{\sqrt{3}} + \frac{I_{calibración}}{k}$$

El *error* de esta expresión equivale a la corrección (proporcionada por el certificado de calibración del equipo) no realizada, por tanto, en el caso en el que se corrijan los resultados, el error se anula de la fórmula y se obtendría la siguiente expresión para la incertidumbre:

$$u_{calibración} = \frac{I_{calibración}}{k}$$

En ambas expresiones aparece el factor k que es el factor de cobertura de la calibración, es un dato que viene en el certificado de calibración.

$u(\delta_{operario})$: Es la contribución debida a que el operario al colocar el dispositivo en el ángulo necesario leído en el goniómetro, no lo podrá colocar siempre en el mismo lugar exacto. Se estima que esa variabilidad está comprendida en la mitad de la división de escala, porque si fuera mayor el mismo operario corregiría esa posición, por tanto, la contribución será:

$$u(\delta_{operario}) = \frac{división \text{ de escala}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

$u(\delta_{T^a})$: Es la contribución debida a la influencia de la variación de la temperatura ambiente, por las dilataciones, sobre las medidas obtenidas. En este caso se considera que la máxima variación debida a la temperatura que se pueda dar es muy inferior a la resolución del goniómetro, por tanto, a efectos prácticos:

$$u(\delta_{T^a}) = 0$$

⁴ Es un instrumento de medición con forma de semicírculo o círculo graduado en 180° o 360°, utilizado para medir o construir ángulos.

$u(\delta_{\text{deriva}})$: Es la contribución a la incertidumbre debida al paso del tiempo desde la última calibración. Todos los equipos envejecen con el paso del tiempo y sus prestaciones van variando. Con este término se pretende tener en cuenta este paso del tiempo. Hay que hacer una estimación máxima de esta variación. Si se dispone de varias calibraciones sucesivas del equipo en cuestión, se puede estimar cuánto pueden variar las medidas obtenidas en el mismo entre calibraciones. Si no, teniendo en cuenta que su resolución es bastante amplia, un límite máximo que está bastante sobredimensionado sería su resolución. Una vez estimada esta deriva máxima, la contribución sería:

$$u(\delta_{\text{deriva}}) = \frac{\text{deriva máxima}}{\sqrt{3}}$$

La incertidumbre de medida de ángulos se calcula multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura k . Como se puede asumir que la incertidumbre típica resultante de este estudio sigue una distribución normal, para obtener una incertidumbre con una cobertura de aproximadamente un 95 % k toma un valor igual a 2, por tanto:

$$U(\alpha) = \pm k \cdot u(\alpha), (k = 2)$$

4.5 ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE FUERZA

Normalmente las máquinas de tracción o tracción-compresión en vez de calibrarse se verifican y se les asigna una clase de acuerdo a esa verificación. Para asignarle esa clase se efectúan una serie de ensayos.

Por otro lado, al ser la fuerza una magnitud vectorial, es muy importante la dirección en la que se aplica la misma. Por tanto, uno de los factores más importantes es la alineación de la probeta.

Dicho esto, la función que rige la medida de fuerza será:

$$F = F(\text{leída}) + \delta(\text{resolución}) + \delta(\text{repetibilidad}) + \delta(T^a) + \delta(\text{deriva}) + \delta(\text{alineación})$$

Siendo las δ correcciones debidas a las magnitudes entre paréntesis.

El siguiente paso es la aplicación de la Ley de Propagación de las Varianzas:

$$u^2(F) = u^2(F_{\text{leída}}) + u^2(\delta_{\text{resolución}}) + u^2(\delta_{\text{repetibilidad}}) + u^2(\delta_{T^a \text{ ambiente}}) + u^2(\delta_{\text{deriva}}) + u^2(\delta_{\text{alineación}})$$

Donde:

$u(l_{leída})$: Es la contribución debida al error que tiene el aparato de por sí y que se cuantifica en la calibración. Se trata, por tanto, de la incertidumbre de calibración. El valor de esta contribución depende de si se toma la decisión de corregir resultados o, como es más habitual, si se toma directamente como verdadero el valor leído en el Equipo.

$$u(l_{leída}) = u_{calibración} = \frac{|error|}{\sqrt{3}} + \frac{I_{calibración}}{k}$$

El *error* de esta expresión equivale a la corrección (proporcionada por el certificado de calibración del equipo) no realizada, por tanto, en el caso en el que se corrijan los resultados, el error se anula de la fórmula y se obtendría la siguiente expresión para la incertidumbre:

$$u_{calibración} = \frac{I_{calibración}}{k}$$

En ambas expresiones aparece el factor k que es el factor de cobertura de la calibración, es un dato que viene en el certificado de calibración.

$u(\delta_{resolución})$: Es la contribución debida a la capacidad finita de medida de un equipo. Como se trata de un equipo digital de medida el máximo error que podríamos cometer sería la mitad de la división de escala. Por tanto, la contribución será:

$$u(\delta_{resolución}) = \frac{división\ de\ escala}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

$u(\delta_{repetibilidad})$: Es la contribución debida a la falta de repetibilidad de los aparatos de medida. Es un dato que se toma del certificado de calibración en forma de desviación típica. La expresión de la contribución es:

$$u(\delta_{repetibilidad}) = s_{n-1}$$

$u(\delta_{T^a})$: Es la contribución debida a la influencia de la variación de la temperatura ambiente sobre las medidas obtenidas. Es un dato que aparecerá en el manual del equipo, en caso contrario, se toma el típico de los equipos electrónicos, 2 ppm/°C.

$$u(\delta_{T^a}) = \frac{coeficiente\ de\ variación \cdot lectura \cdot \Delta T^a}{\sqrt{3}}$$

Donde *coeficiente de variación* sería el valor relativo que nos da el manual, *lectura* el valor medido y ΔT^a la máxima variación de T^a que pueda darse en el laboratorio.

$u(\delta_{\text{deriva}})$: Es la contribución a la incertidumbre debida al paso del tiempo desde la última calibración. Todos los equipos envejecen con el paso del tiempo y sus prestaciones van variando. Con este término se pretende tener en cuenta este paso del tiempo. Hay que hacer una estimación máxima de esta variación. Si se dispone de varias calibraciones sucesivas del equipo en cuestión, se puede estimar cuánto pueden variar las medidas obtenidas en el mismo entre calibraciones. Si no, un límite máximo sería la clase asignada al equipo en su calibración. Una vez estimada esta deriva máxima, la contribución sería:

$$u(\delta_{\text{deriva}}) = \frac{\text{deriva máxima}}{\sqrt{3}}$$

$u(\delta_{\text{alineación}})$: Es la contribución debida a la diferencia de alineación entre el eje en el que se aplica la fuerza y el eje en que idealmente debiera aplicarse. El máximo error que se comete por no ser una alineación perfecta será:

$$\text{Error}_{\text{alineación}} = F_{\text{leída}} (1 - \cos \alpha)$$

Siendo α el ángulo máximo de error que podemos asegurar. Por tanto, la contribución queda:

$$u(\delta_{\text{alineación}}) = \frac{F_{\text{leída}} (1 - \cos \alpha)}{\sqrt{3}}$$

La incertidumbre de medida de fuerza se calcula multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura k . Como se puede asumir que la incertidumbre típica resultante de este estudio sigue una distribución normal, para obtener una incertidumbre con una cobertura de aproximadamente un 95 % k toma un valor igual a 2, por tanto:

$$U(F) = \pm k \cdot u(F), (k = 2)$$

4.6 ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DEL TIEMPO

En el caso de la medida de tiempo, la contribución más importante suele ser, con mucha diferencia, la resolución.

$$t = t(\text{leído}) + \delta(\text{resolución})$$

Aplicando la Ley de Propagación de las Varianzas:

$$u^2(t) = u^2(t_{leído}) + u^2(\delta_{resolución})$$

Donde:

$u(l_{leída})$: Es la contribución debida al error que tiene el aparato de por sí y que se cuantifica en la calibración. Se trata, por tanto, de la incertidumbre de calibración. El valor de esta contribución depende de si se toma la decisión de corregir resultados o, como es más habitual, si se toma directamente como verdadero el valor leído en el cronómetro.

$$u(l_{leída}) = u_{calibración} = \frac{|error|}{\sqrt{3}} + \frac{I_{calibración}}{k}$$

El *error* de esta expresión equivale a la corrección (proporcionada por el certificado de calibración del equipo) no realizada, por tanto, en el caso en el que se corrijan los resultados, el error se anula de la fórmula y se obtendría la siguiente expresión para la incertidumbre:

$$u_{calibración} = \frac{I_{calibración}}{k}$$

En ambas expresiones aparece el factor k que es el factor de cobertura de la calibración, es un dato que viene en el certificado de calibración.

En general, el error va a ser despreciable frente a la incertidumbre de calibración, con lo que se igualarán ambas opciones.

$u(\delta_{resolución})$: Es la contribución debida a la capacidad finita de medida de un equipo. El cronómetro es un equipo digital de medida y el máximo error que podríamos cometer sería la mitad de la división de escala. Por tanto, la contribución será:

$$u(\delta_{resolución}) = \frac{división\ de\ escala}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

La incertidumbre de medida del tiempo se calcula multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura k .

En este caso, se pueden dar dos situaciones diferentes; que ambas contribuciones sean del mismo orden de magnitud o que la incertidumbre de calibración sea despreciable frente a la resolución o, sea muy inferior a ésta.

Si la incertidumbre de calibración es claramente inferior a la de resolución, se presenta una incertidumbre típica que sigue una distribución rectangular, por tanto, para obtener una cobertura suficiente se aplica el factor $k = \sqrt{3}$.

$$U(t) = \pm k \cdot u(t), (k = \sqrt{3})$$

Si la incertidumbre de calibración es comparable a la de resolución, se presentan dos posibilidades:

- Si en el certificado de calibración se dice que la incertidumbre de calibración sigue una distribución normal: La incertidumbre de uso sigue una distribución normal y se aplica el factor $k = 2$ para obtener una probabilidad del 95% aproximadamente:

$$U(t) = \pm k \cdot u(t), (k = 2)$$

- Si el certificado dice que se trata de una distribución rectangular: La distribución sería la resultante de la convolución de dos distribuciones rectangulares centradas en el mismo punto, lo que da lugar a una distribución triangular simétrica. El factor de cobertura aplicable es $k = \sqrt{6}$:

$$U(t) = \pm k \cdot u(t), (k = \sqrt{6})$$

5. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

5.1 ACTIVIDADES REALIZADAS

En la tabla 1 se presentan las actividades que se realizaron durante el período de la práctica en el laboratorio.

Tabla 1. Actividades Realizadas.

Actividad Realizada	Observación
1. Estudio de procedimientos necesarios para el cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición.	
2. Cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición del Registrador de datos, Marca: Fluke, Modelo: Hydra.	Para realizar los cálculos se utilizan los datos del certificado de calibración del equipo.
3. Cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición del Vatímetro digital, Marca: Yokogawa, Modelo: WT210.	
4. Cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición del Clinómetro, Marca: Mitutoyo, Modelo: 950-317	
5. Cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición del Dinamómetro digital, Marca: MECMESIN, Modelo: AFG 10N.	
6. Cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición del Multímetro digital, Marca: YOKOGAWA, Modelo: 7552.	
7. Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Multímetro digital, Marca: Fluke, Modelo: 867B.	Las actualizaciones se refieren a las modificaciones que se han realizado en los cálculos, para tener un resultado más acertado.
8. Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Multímetro digital, Marca: Yokogawa, Modelo: 7555.	

9. Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Multímetro digital, Marca: BBC Goerz Metrawatt, Modelo: MA 5D.	
10. Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Vatímetro digital monofásico, Marca: Yokogawa, Modelo: WT210.	
11. Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Multímetro digital, Marca: Yokogawa, Modelo: 73402.	
12. Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Termo-higrómetro, Marca: ROTRONIC, Modelo: Hygrolog-D.	
13. Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Dinamómetro digital, Marca: MECMESIN, Modelo: AFG 250N.	
14. Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Pie de Rey, Marca: MITUTOYO.	
15. Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Micrómetro, Marca: TESA, N° de serie: 9Z220202.	
16. Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Medidor de Alturas, Marca: MITUTOYO, N° de serie: 700083.	
17. Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Temporizador, Marca: ELEKTRONIK – ZEITZÄHLER, Modelo: D477.	
18. Auditoría interna de producto Familia Módulos EGI.	En esta auditoria se verifica que los módulos ambientales de EGI satisfacen los requisitos especificados según ENS 506.
19. Auditoría interna de producto 8181.1 Pilotos de balizado con telemando.	Se verifica que los Pilotos de balizado satisfacen los requisitos especificados

	según ENS 501.
20. Ensayo para Pilotos de Balizado serie modular (IKOR)	Se verifica que los Pilotos de balizado cumplen con las exigencias especificadas según ENS 501 (Apartado del manual de Procedimientos del laboratorio) y además debe cumplir con ciertas exigencias dadas por el departamento de desarrollo.
21. Auditoría interna para interruptores de cruzamiento 2110.	En este ensayo, los interruptores deben cumplir con los capítulos 17 (Calentamiento), 18 (Poder de cierre y de corte) y 19 (Funcionamiento normal) de la norma UNE-EN 60669-1:2002.
22. Ensayo de envejecimiento visor serie modular (dureza del enganche visor-tecla)	El visor de la tapa debe cumplir con la norma UNE –EN 60669-1:2002.
23. Auditoría interna para pulsadores de persianas 2244; serie: Stylo (16 Amperios).	Los pulsadores de persianas deben cumplir con la Norma UNE-EN 60669-1:2002, específicamente con los Capítulos 17 (Calentamiento), Capítulo 18 (Poder de cierre y de corte) y Capítulo 19 (Funcionamiento Normal).
24. Ensayo para tapa serie schuko modelo 2288	En este ensayo las tapas deben cumplir con el apartado 25.2 (Resistencia al calor) de la norma UNE 20315-1-1:2004
25. Auditoría interna para bases de enchufes familia 2328 (Bases de enchufe para México)	Las bases de enchufe deben cumplir con las Normas Mexicanas NMX-J-163-ANCE-2004, NMX-J-508-ANCE-2003, NMX-

	J-412-ANCE-1981; también con la norma IEC 60884-1:2002, y la norma Nema: "Wiring Device Dimensional Specifications".
26. Ensayo mecánico para bases de enchufe serie 2103	Estas bases de enchufe deben cumplir con la norma UNE 20315:1994 apartado 20 (Funcionamiento normal).
27. Ensayo Regulador 8130 con distintos transformadores electrónicos.	Ensayo del funcionamiento del regulador 8130 con distintos transformadores electrónicos del mercado.

5.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

En este numeral se detalla la metodología bajo la cual se realizaron las diferentes tareas asignadas como fueron:

- El cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición de los distintos equipos y la actualización de estos cálculos.
- Ensayos solicitados por el departamento de desarrollo para productos que todavía se encuentran en proceso de diseño y modificación conocidos como prototipos.
- Auditorías internas solicitadas por el departamento de calidad para productos que se les han modificado los materiales para su fabricación o aquellos que ya están en el mercado y a los que se les desea hacer un control de calidad, además de comprobar que siguen cumpliendo con la norma.

En el anexo de este informe (Pág. 106) se describen algunos conceptos y aclaraciones sobre las normas empleadas en los distintos ensayos.

5.2.1 Cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición de los distintos equipos y actualización de estos cálculos.

El proceso que se llevó a cabo para realizar esta tarea se dividió en tres actividades, en el siguiente orden:

- **Estudio de procedimientos necesarios para el cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición.**

Para la realización de esta actividad se utilizó como base el manual de gestión de la calidad del laboratorio de la fábrica que contiene unos capítulos donde se explica el procedimiento y los aspectos a tener en cuenta para el desarrollo de los cálculos, los cuales se han plasmado en el marco teórico.

- **Cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición en distintos equipos.**

Los equipos son parte de la materia prima requerida para realizar las actividades del laboratorio como son los ensayos y las auditorías; por esta razón es de gran importancia desarrollar cálculos de incertidumbre para tener un control de la veracidad de la medida que estos suministran.

Cuando se toma una medida puede ser por dos razones, la primera es porque se desea comprobar condiciones de ensayo o valores preestablecidos, por ejemplo, se necesita realizar un ensayo con una corriente de 10A y se comprueba con un multímetro que la corriente es de 10A; la segunda razón es porque se desean obtener resultados de un ensayo y obviamente no se conoce cual será ese resultado, por ejemplo, en un ensayo de interruptores se desea medir cual es la caída de tensión en los contactos del interruptor, el resultado de la caída de tensión puede ser cualquier valor dentro de un rango determinado. Esto hace que exista la necesidad de estimar la incertidumbre de medición en valores concretos y también en rangos de magnitud; un ejemplo de la metodología empleada para realizar estos cálculos es la que se menciona en el marco teórico (Apartado 4.3 Estimación de la incertidumbre de las Magnitudes eléctricas, pág. 24), con lo que se puede obtener la incertidumbre de medición en un valor determinado.

En la tabla 1. Actividades realizadas (pág. 37) se mencionan los equipos a los cuales se les realizó el cálculo de incertidumbres, muchos de ellos manejan las mismas magnitudes físicas. A continuación se describirá el desarrollo de los cálculos para los distintos equipos:

- **Cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición del Registrador de datos, Marca: Fluke, Modelo: Hydra.**

El registrador de datos es un equipo que cuenta con 20 canales a los cuales se les puede conectar sensores y que como su nombre lo indica registran datos de distintas magnitudes físicas como temperatura, tensión, intensidad, entre otros.

En el laboratorio se utiliza este registrador de datos con termopares en cada uno de sus canales para medir temperaturas que pueden estar dentro del rango de 0 a 150°C, razón por la cual se debe calcular la incertidumbre de medida en todo el rango mencionado y para cada canal del registrador; así que para esta situación se han desarrollado los cálculos con la siguiente metodología:

1. Definición de la función que rige la medida que se realiza; que en este caso sería:

$$t = t(\text{leída}) + \delta(\text{resolución}) + \delta(\text{puntofrío}) + \delta(\text{corrección}) + \delta(\text{otros})$$

Donde δ son las correcciones debidas a las magnitudes de influencia que se mencionan dentro de los paréntesis. Para el registrador de datos se tiene en cuenta la compensación de punto frío porque el registrador utiliza termopares para medir temperatura.

δ (corrección) representa la contribución debida a la estimación de la corrección o error en cada valor del rango a partir de los puntos calibrados.

δ (otros) incluye varias correcciones como son: Deriva, repetibilidad, linealidad, temperatura ambiente, variaciones en la tensión de alimentación, efecto de carga y falta de estabilidad; las cuales se consideran pequeñas.

2. Aplicación de la ley de propagación de las varianzas. Teniendo en cuenta el procedimiento explicado en el marco teórico (Apartado 4.2 Estimación de la incertidumbre de temperatura, pág. 21) se obtiene la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} u^2(t) = & \left(\frac{\partial t}{\partial t_{\text{leída}}} \right)^2 u^2(t_{\text{leída}}) + \left(\frac{\partial t}{\partial \delta_{\text{resolución}}} \right)^2 u^2(\delta_{\text{resolución}}) + \dots + \left(\frac{\partial t}{\partial \delta_{\text{otros}}} \right)^2 u^2(\delta_{\text{otros}}) + \\ & + 2\rho(t_{\text{leída}}, \delta_{\text{resolución}}) \left(\frac{\partial t}{\partial t_{\text{leída}}} \right) \left(\frac{\partial t}{\partial \delta_{\text{resolución}}} \right) u(t_{\text{leída}}) u(\delta_{\text{resolución}}) + \\ & + 2\rho(t_{\text{leída}}, \delta_{\text{punto frío}}) \left(\frac{\partial t}{\partial t_{\text{leída}}} \right) \left(\frac{\partial t}{\partial \delta_{\text{punto frío}}} \right) u(t_{\text{leída}}) u(\delta_{\text{punto frío}}) + \dots \\ & + 2\rho(\delta_{\text{corrección}}, \delta_{\text{otros}}) \left(\frac{\partial t}{\partial \delta_{\text{corrección}}} \right) \left(\frac{\partial t}{\partial \delta_{\text{otros}}} \right) u(\delta_{\text{corrección}}) u(\delta_{\text{otros}}) \end{aligned}$$

Se considera que todas las derivadas parciales son 1 y todos los coeficientes de correlación 0, porque las diferentes magnitudes no están relacionadas entre sí, por tanto:

$$u^2(t) = u^2(t_{\text{leída}}) + u^2(\delta_{\text{resolución}}) + u^2(\delta_{\text{punto frío}}) + u^2(\delta_{\text{corrección}}) + u^2(\delta_{\text{otros}})$$

3. Cálculo de cada contribución o magnitud de influencia.

$u(t_{leída})$: Es la contribución debida al error que tiene el aparato de por sí y que se cuantifica en la calibración. Se trata, por tanto, de la incertidumbre de calibración. En este estudio se ha decidido corregir el resultado porque estas correcciones tienen un orden de magnitud significativo, en cambio cuando las correcciones son muy pequeñas es preferible incluirlas en la contribución debida al error y aceptar el resultado como verdadero. De acuerdo a esta decisión el valor de esta contribución se ha determinado utilizando la siguiente ecuación:

$$u(t_{leída}) = u_{calibración} = \frac{I_{calibración}}{k}$$

Como se está analizando la contribución debida al error del equipo en un rango de valores y se ha decidido corregir el resultado, es necesario determinar el error en cada valor perteneciente al rango, es decir, si se está analizando el rango de 0 a 150°C se debe calcular el error del equipo al medir 0.1°C, 0.2°C, 0.3°C y así sucesivamente hasta completar todos los valores del rango.

Esto se consigue utilizando las correcciones o errores que determina el certificado de calibración del equipo, pero las calibraciones solo se realizan a determinados valores, por ejemplo se calibra el valor de 0°C, 40°C, 100°C y 150°C de cada canal (esto por tema de costes). Teniendo estos datos se puede emplear el método de regresión que permite modelar la relación entre los valores de magnitud dados por el equipo y su correspondiente corrección o error, mediante el método de los mínimos cuadrados. El Microsoft Excel tiene la opción de emplear este método de regresión al que denomina **línea de tendencia**, y es el que se emplea para el desarrollo de dichos cálculos.

En algunos casos el comportamiento de las correcciones o errores con respecto a los valores de magnitud calibrados no se puede caracterizar o modelar por medio de una ecuación, así que se acude a los otros métodos, el de corrección global y el de máxima corrección.

Para el registrador de datos se ha intentado caracterizar el comportamiento del error en todo el rango de valores por medio de una ecuación para los 20 canales aplicando el método de regresión (Figura 1).

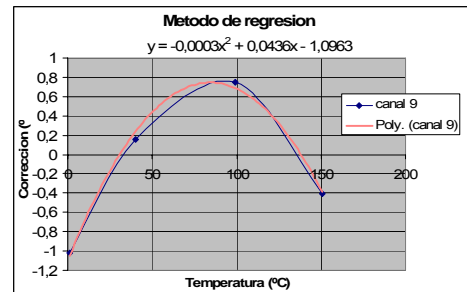
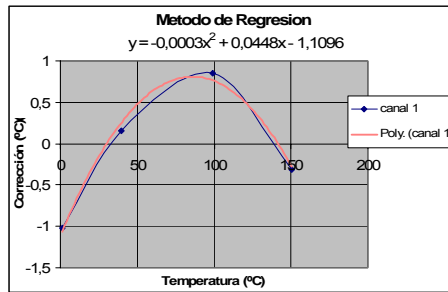


Figura 1. Resultado del método de regresión aplicado a los canales 1 y 9.

En la figura 1 la línea azul representa el comportamiento de las correcciones proporcionadas por el certificado de calibración dentro del rango de 0° a 150°C y la línea rosa es la caracterización que se ha hecho con la ecuación que se muestra en la gráfica. Como se puede observar, las caracterizaciones divergen del comportamiento real, y en estos casos no es recomendable emplear esta ecuación para representar el comportamiento de las correcciones expuestas en el certificado de calibración porque afecta en el cálculo de la incertidumbre, haciendo que la incertidumbre sea mayor.

También se obtuvieron resultados positivos del método de regresión para algunos canales (Figura 2).

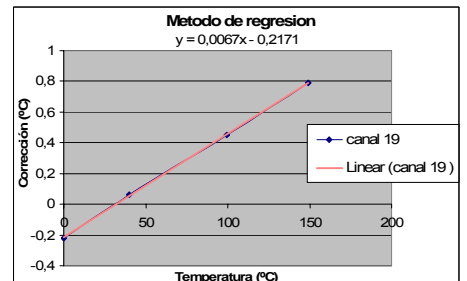
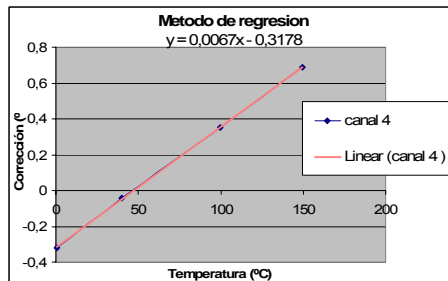


Figura 2. Resultado del método de regresión aplicado a los canales 4 y 19.

En estos casos (Figura 2) fue posible caracterizar el comportamiento de las correcciones dadas por los certificados por medio de la ecuación que se muestra en la gráfica.

Teniendo estas ecuaciones (las que se muestran en la Figura 1 y 2) de todos los canales, se puede calcular el error o corrección en cada valor del rango y la forma de hacerlo es reemplazando en dichas ecuaciones el valor o lectura de la cual se quiere calcular el error, por ejemplo:

Si se desea calcular el error o corrección que se debe aplicar al canal 4 cuando mide 50°C, se debe realizar la siguiente operación:

$$x = 50, \Rightarrow x = \text{Lectura}$$

$$y = 0.0067x - 0.3178, \Rightarrow y = \text{Corrección o error}$$

$$y = 0.0067 * (50) - 0.3178$$

$$y = 0.0172$$

El valor de “y” corresponde a la corrección que se le debe aplicar a la lectura que da el registrador con el canal 4, entonces el valor verdadero que se está midiendo es 50.0172°C, se suma a la lectura porque “y” ha dado un valor positivo, si el resultado hubiera sido negativo se tendría que restar de la lectura.

Esta ecuación se emplea para todos los valores del rango 0 a 150°C del canal 4.

$u(\delta_{\text{resolución}})$: Es la contribución debida a la capacidad finita de medida de un equipo. Como el registrador de datos es un equipo digital de medida, el máximo error que se podría cometer sería la mitad de la división de escala, de este modo la contribución será:

$$u(\delta_{\text{resolución}}) = \frac{\text{división de escala}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

Este dato de la división de escala se puede consultar en el manual del registrador de datos.

$u(\delta_{\text{punto frío}})$: Esta contribución sólo se da en el caso de que el indicador sea un termopar y es debida a la compensación de temperatura que realiza el propio registrador. Es un dato que se toma del manual del registrador y si no existe habría que estimar un máximo que sería la exactitud dada por el fabricante que también esta en el manual. La expresión de la contribución es:

$$u(\delta_{\text{punto frío}}) = \frac{\text{máxima variación}}{\sqrt{3}}$$

$u(\delta_{\text{corrección}})$: Es la contribución a la incertidumbre debida a la estimación de la corrección o error de cada valor del rango a partir de los puntos calibrados, esta contribución se representa con la varianza media de la corrección obtenida por el método de regresión en los puntos calibrados y se calcula como la media de todas las varianzas de las correcciones obtenidas con el método de regresión con respecto a las correcciones de los certificados, así:

$$u^2(\delta_{\text{corrección}}) = \frac{\sum_{n=1}^N (C_{C_n} - C_{R_n})^2}{N-1}$$

Siendo:

C_C = Corrección obtenida del certificado de calibración.

C_R = Corrección obtenida con el método de regresión.

N = Número de puntos calibrados.

$u(\delta_{otros})$: Esta contribución es debida a varios factores. Se obtiene de la documentación del equipo, tomando la exactitud como límite máximo. La expresión de la contribución es:

$$u(\delta_{otros}) = \frac{exactitud}{\sqrt{3}}$$

4. Cálculo de la incertidumbre típica.

La incertidumbre típica corresponde a la raíz cuadrada de la suma de las contribuciones anteriormente calculadas, cada una elevada al cuadrado, es decir:

$$u(t_{real}) = \sqrt{u^2(t)}$$
$$u^2(t) = u^2(t_{leída}) + u^2(\delta_{resolución}) + u^2(\delta_{punto\ frío}) + u^2(\delta_{corrección}) + u^2(\delta_{otros})$$

Siendo $u(t_{real})$ la incertidumbre típica.

5. Cálculo de la incertidumbre de uso de la medida de temperatura del registrador de datos.

La incertidumbre de uso de la medida de temperatura se calcula multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura k . Como se puede asumir que la incertidumbre típica resultante de este estudio sigue una distribución normal, para obtener una incertidumbre con una cobertura de aproximadamente un 95 % k toma un valor igual a 2, por tanto:

$$U(u) = \pm k \cdot u(t_{real}), \quad (k = 2)$$

El resultado que se obtiene es la incertidumbre de uso de la medida de temperatura del registrador de datos en cada valor de todo el rango. Como estos cálculos se realizan en hojas de cálculo de Excel el procedimiento se ejecuta de tal forma que para obtener la incertidumbre específica de cada valor del rango que se está analizando se configuran las celdas y solo es necesario introducir la medida a la que se le quiere calcular la incertidumbre y el procedimiento inmediatamente calcula la incertidumbre correspondiente. Este procedimiento se repite en todos los canales del registrador.

Cuando el valor de la incertidumbre es muy grande, puede ser causa de la contribución de la varianza de corrección $u(\delta_{corrección})$; por lo tanto se puede acudir a un segundo método de cálculo de la corrección en el cual el rango de calibración del equipo (0 a 150°C) se divide en dos

rangos distintos (0 a 100°C y 101 a 150°C) en cada canal y el resultado de incertidumbre que se obtendrá serán dos valores, cada uno para un rango respectivo.

Para el registrador de datos, este método se ha aplicado solo en los canales en los que las caracterizaciones divergen del comportamiento real, como el canal 1 y 9 (Figura 1); el procedimiento para calcular la incertidumbre de uso en cada canal sigue la misma metodología anteriormente explicada, lo que cambia es la forma de determinar el error o corrección y la varianza de dicha corrección porque ahora se trabaja con dos rangos que se analizan de distinta forma.

En el rango de 0 a 100°C se emplea nuevamente el método de regresión, así:

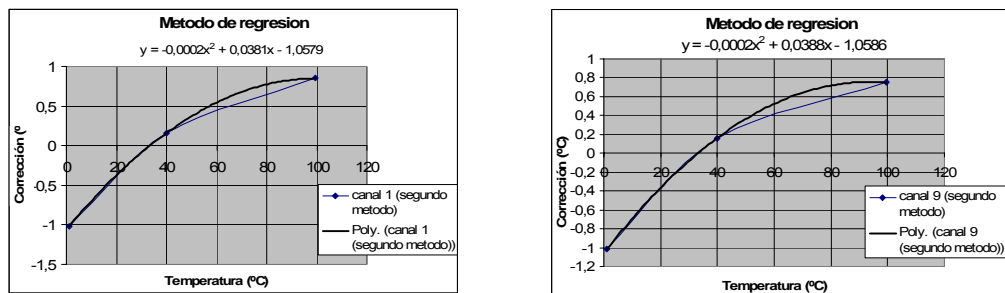


Figura 3. Resultado del método de regresión aplicado a los canales 1 y 9 en el rango de 0° - 100°C.

En la figura 3 la línea azul representa el comportamiento de las correcciones proporcionadas por el certificado dentro del rango de 0° a 100°C y la línea negra es la caracterización que se ha hecho con la ecuación que se muestra en la gráfica.

Con estas ecuaciones se puede calcular el error o corrección en cada valor del rango de 0 a 100°C y la forma de hacerlo es reemplazando en dichas ecuaciones el valor o lectura de la cual se quiere calcular el error.

$u(\delta_{\text{corrección}})$ en el rango de 0 a 100°C se calcula de la misma forma que se explica en la pág 45.

En el rango de 101 a 150°C el error o corrección en cada valor se toma como la media de la corrección en 100°C y en 150°C dadas por el certificado de calibración, así:

Si los datos proporcionados por el certificado son:

$$\text{Corrección (en } 100^{\circ}\text{C)} = 0.85$$

$$\text{Corrección (en } 150^{\circ}\text{C)} = -0.31$$

Entonces la corrección que se debe aplicar en cualquier valor dentro del rango 101 a 150°C es:

$$\text{Corrección global (rango 101 a 150°C)} = [0.85 + (-0.31)] \div 2 = 0.27$$

$u(\delta_{\text{corrección}})$ en el rango de 101 a 150°C se representa con la varianza media de la corrección global y se calcula como la media de todas las varianzas de las correcciones locales (corrección en 100°C y en 150°C), así:

$$u^2(\delta_{\text{corrección}}) = \frac{\sum_{i=1}^I (c_i - C)^2}{I - 1}$$

Donde:

C= Corrección global.

c_i = Correcciones locales.

I= Número de correcciones locales que se tienen en ese rango, que en este caso sería 2.

$u^2(\delta_{\text{corrección}})$ = Varianza de corrección global.

Con este cálculo se tiene en cuenta la contribución a la incertidumbre que produce el hecho de determinar un valor fijo de corrección o error para todo un rango de valores.

El hecho de dividir el rango hace que se obtengan dos resultados de incertidumbre de uso, si la lectura que se obtiene del registrador de datos es un valor que se encuentra dentro del rango de 0 a 100°C entonces la corrección que se aplica es la que se obtiene de las ecuaciones que caracterizan el comportamiento de las correcciones en el rango de 0 a 100° y en el cálculo de las contribuciones la $u(\delta_{\text{corrección}})$ que se tiene en cuenta es la que se explica en la pág. 45, eso sí, solo incluyendo los puntos que se encuentran dentro del rango de 0 a 100°C.

Si la lectura que se obtiene del registrador de datos es un valor que se encuentra dentro del rango de 101 a 150°C entonces la corrección que se aplica es el resultado de la media de la corrección en 100°C y en 150°C y en el cálculo de las contribuciones la $u(\delta_{\text{corrección}})$ se calcula con la expresión que se menciona en la pág. 48.

Existe un tercer método que es similar al anteriormente explicado, que se puede realizar cuando el valor de corrección del primer punto calibrado (0° o 1°C) es negativo, en este caso ese dato se aproxima a cero (ejemplo: cambiar el valor de corrección negativo por 0,009) y

posteriormente se aplica el método de regresión para el rango de 0° a 100°C (Figura 4):

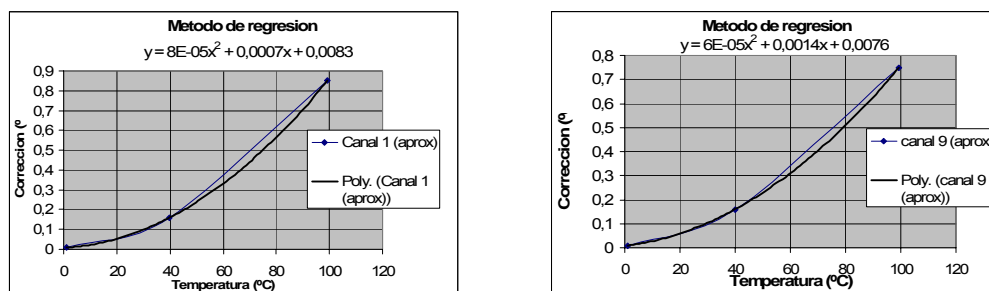


Figura 4. Resultado del método de regresión aplicado a los canales 1 y 9 en el rango de 0° - 100°C, aproximando la corrección negativa a cero.

En la figura 4 la línea azul representa el comportamiento de las correcciones proporcionadas por el certificado dentro del rango de 0° a 100°C y la línea negra es la caracterización que se ha hecho con la ecuación que se muestra en la gráfica. Puede observarse que ahora las gráficas parten desde cero y no como en la figura 3 del método anterior que partían desde un valor negativo.

El resto del procedimiento es exactamente igual que el explicado en el método anterior, obteniéndose dos resultados de incertidumbre para cada uno de los rangos.

A la hora de decidir cual es el método mas adecuado es importante tener en cuenta, no solo el valor de la incertidumbre de uso, sino también la variación ($u(\delta_{\text{corrección}})$) que se presenta entre las correcciones que nos da el certificado de calibración y las correcciones obtenidas experimentalmente con los distintos métodos, ya que en algunos métodos la incertidumbre de uso es mas grande que en otro método pero la diferencia de correcciones es menor.

Además el hecho de que en un método la incertidumbre de uso sea pequeña en el rango de 0 a 100°C y en el rango de 101 a 150°C es mucho mayor no es un motivo para descartar dicho método porque los registradores de datos del laboratorio se utilizan para medir temperaturas que no sobrepasan los 100°C; las temperaturas muy altas se miden con otros equipos específicos para esos casos.

- **Cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición del Vatímetro digital, Marca: Yokogawa, Modelo: WT210.**

El vatímetro se utiliza para medir tanto tensión como corriente alterna a frecuencias de 50Hz o 60Hz, ya que la fábrica vende productos para

México (que así como en Colombia trabajan a 60 Hz) los cuales son ensayados en el laboratorio.

Como este vatímetro solo se utiliza para comprobar valores concretos como el ejemplo en el que se necesita realizar un ensayo con una corriente de 10A y se comprueba con el vatímetro que la corriente es de 10A, pues en este caso solo es necesario calcular la incertidumbre de la medida de tensión y corriente en valores concretos. El método empleado para calcular la incertidumbre de la medida de tensión en el vatímetro es como se explica en el marco teórico (Apartado 4.3 Estimación de la incertidumbre de las magnitudes eléctricas, pág. 24); con la intención de no redundar y repetir, se va a omitir las definiciones de cada contribución, remitiéndonos al marco teórico (pág. 24) en caso de duda:

1. Definición de la función que rige la medida que se realiza; que en este caso sería:

$$v = v(\text{leída}) + \delta(\text{resolución}) + \delta(T^a) + \delta(\text{otros})$$

$\delta(\text{otros})$ en este caso incluye varias correcciones, estas correcciones son: Deriva, repetibilidad, linealidad, variaciones en la tensión de alimentación, efecto de carga y falta de estabilidad.

2. Aplicación de la ley de propagación de las varianzas.

$$u^2(v) = u^2(v_{\text{leída}}) + u^2(\delta_{\text{resolución}}) + u^2(\delta_{T^a}) + u^2(\delta_{\text{otros}})$$

3. Cálculo de cada contribución o magnitud de influencia.

$u(v_{\text{leída}})$: Es la contribución debida al error que tiene el aparato de por sí y que se cuantifica en la calibración. Para el vatímetro se ha decidido incluir la corrección o "error" dado por el certificado de calibración en esta contribución y aceptar el resultado medido por el vatímetro como verdadero. Con estas condiciones la ecuación correspondiente es:

$$u(v_{\text{leída}}) = u_{\text{calibración}} = \frac{|\text{error}|}{\sqrt{3}} + \frac{I_{\text{calibración}}}{k}$$

$u(\delta_{\text{resolución}})$: Es la contribución debida a la capacidad finita de medida de un equipo. Como el vatímetro es un equipo digital de medida, la contribución será:

$$u(\delta_{\text{resolución}}) = \frac{\text{división de escala}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

$u(\delta_{T^a})$: Es la contribución debida a la influencia de la variación de la temperatura en las condiciones de medida.

$$u(\delta_{T^a}) = \frac{\text{coeficiente de variación} \cdot \text{lectura} \cdot \Delta T^a}{\sqrt{3}}$$

$u(\delta_{otros})$: Esta contribución es debida a varios factores. Se obtiene de la documentación del equipo, tomando la exactitud como límite máximo. La expresión de la contribución es:

$$u(\delta_{otros}) = \frac{\text{exactitud}}{\sqrt{3}}$$

4. Cálculo de la incertidumbre típica.

La incertidumbre típica corresponde a la raíz cuadrada de la suma de las contribuciones anteriormente calculadas, cada una elevada al cuadrado, es decir:

$$u(v_{real}) = \sqrt{u^2(v)}$$

$$u^2(v) = u^2(v_{leida}) + u^2(\delta_{resolución}) + u^2(\delta_{T^a}) + u^2(\delta_{otros})$$

Siendo $u(v_{real})$ la incertidumbre típica.

5. Cálculo de la incertidumbre de uso de la medida de tensión del vatímetro.

La incertidumbre de uso de la medida de tensión se calcula multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura k . Como se puede asumir que la incertidumbre típica resultante de este estudio sigue una distribución normal, para obtener una incertidumbre con una cobertura de aproximadamente un 95 % k toma un valor igual a 2, por tanto:

$$U(u) = \pm k \cdot u(v_{real}), \quad (k = 2)$$

El resultado que se obtiene es la incertidumbre de uso de la medida de tensión del vatímetro en un valor determinado, por ejemplo en 114V a 50Hz; este procedimiento se repite en todos los puntos calibrados (ej: en 127V a 50Hz, en 140V a 60Hz, etc.).

Para el cálculo de la incertidumbre de medida de corriente alterna el procedimiento es exactamente igual que el utilizado para la medida de tensión, solo que con distinta unidad (cambiar de Voltios a Amperios).

- Cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición del Clinómetro, Marca: Mitutoyo, Modelo: 950-317

El clinómetro es un equipo digital que mide ángulos ($^{\circ}$) con respecto a una superficie de origen, que puede ser el suelo, o una mesa, con una capacidad de medición de 360° divididos en 4 cuadrantes que van de 0 a 90° .

A cada cuadrante se le calibran determinados puntos, y el estudio de incertidumbre de medición de ángulos en este equipo se realiza de forma independiente para cada cuadrante. Primero se determina la incertidumbre de la medida en cada punto calibrado, que se ha realizado como se explica en el marco teórico (Apartado 4.4.2 Medida de ángulos, pág. 30), aunque con una modificación en las magnitudes de influencia:

1. Definición de la función que rige la medida que se realiza; que en este caso sería:

$$\alpha = \alpha(\text{leída}) + \delta(\text{resolución}) + \delta(\text{repetibilidad}) + \delta(T^{\text{a ambiente}}) + \delta(\text{deriva})$$

Se suprime la influencia del operario, que normalmente se tiene en cuenta cuando el equipo es análogo, pero como el clinómetro es un equipo digital el operario no va a ejercer una influencia sobre la medida, sí lo hace en cambio la resolución del equipo y la repetibilidad, teniéndose en cuenta estas dos magnitudes de influencia en la función que rige la medida.

2. Aplicación de la ley de propagación de las varianzas.

$$u^2(\alpha) = u^2(\alpha_{\text{leída}}) + u^2(\delta_{\text{resolución}}) + u^2(\delta_{\text{repetibilidad}}) + u^2(\delta_{T^{\text{a ambiente}}}) + u^2(\delta_{\text{deriva}})$$

3. Cálculo de cada contribución o magnitud de influencia.

$u(\alpha_{\text{leída}})$: Es la contribución debida al error que tiene el aparato de por sí y que se cuantifica en la calibración. Como se ha decidido no corregir el resultado o lectura dada por el clinómetro, es decir, considerarla como el valor verdadero, entonces la fórmula correspondiente para calcular la contribución debida al error es:

$$u(\alpha_{\text{leída}}) = u_{\text{calibración}} = \frac{|\text{error}|}{\sqrt{3}} + \frac{I_{\text{calibración}}}{k}$$

El “error” de esta expresión equivale a la corrección (proporcionada por el certificado de calibración del equipo) no realizada.

$u(\delta_{\text{resolución}})$: Es la contribución debida a la capacidad finita de medida de un equipo. Como el clinómetro es un equipo digital de medida, el máximo error que se podría cometer sería la mitad de la división de escala. Por tanto, la contribución será:

$$u(\delta_{\text{resolución}}) = \frac{\text{división de escala}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

Este dato de la división de escala se puede consultar en el manual del clinómetro.

$u(\delta_{\text{repetibilidad}})$: Es la contribución debida a la falta de repetibilidad de los aparatos de medida. Es un dato que se toma del certificado de calibración en forma de desviación típica. La expresión de la contribución es:

$$u(\delta_{\text{repetibilidad}}) = \frac{S_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

En este caso S_{n-1} es la desviación típica de la serie de medidas tomadas en la calibración y se calcula así:

$$S_{n-1} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde “ x_i ” son las medidas independientes de la serie y \bar{x} la media aritmética de las medidas que se obtiene con la siguiente formula:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$u(\delta_{T^a})$: Es la contribución debida a la influencia de la variación de la temperatura sobre las medidas obtenidas, por tratarse de un equipo electrónico.

$$u(\delta_{T^a}) = \frac{\text{coeficiente de variación} \cdot \text{lectura} \cdot \Delta T^a}{\sqrt{3}}$$

Donde “*coeficiente de variación*” sería el valor relativo que nos da el manual, “*lectura*” el valor medido y “ ΔT^a ” la máxima variación de T^a que pueda darse en el laboratorio.

$u(\delta_{\text{deriva}})$: Es la contribución a la incertidumbre debida al paso del tiempo desde la última calibración. Todos los equipos envejecen con el paso del tiempo y sus prestaciones van variando. Con este término se pretende tener en cuenta este paso del tiempo.

$$u(\delta_{\text{deriva}}) = \frac{\text{deriva máxima}}{\sqrt{3}}$$

4. Cálculo de la incertidumbre típica.

La incertidumbre típica corresponde a la raíz cuadrada de la suma de las contribuciones anteriormente calculadas, cada una elevada al cuadrado, es decir:

$$u(\alpha_{\text{real}}) = \sqrt{u^2(\alpha) + u^2(\alpha_{\text{leída}}) + u^2(\delta_{\text{resolución}}) + u^2(\delta_{\text{repetibilidad}}) + u^2(\delta_{T^a \text{ ambiente}}) + u^2(\delta_{\text{deriva}})}$$

Siendo $u(\alpha_{\text{real}})$ la incertidumbre típica.

5. Cálculo de la incertidumbre de uso de la medida de ángulos del clinómetro.

La incertidumbre de uso de la medida de ángulos se calcula multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura k . Como se puede asumir que la incertidumbre típica resultante de este estudio sigue una distribución normal, para obtener una incertidumbre con una cobertura de aproximadamente un 95 % k toma un valor igual a 2, por tanto:

$$U(u) = \pm k \cdot u(\alpha_{real}), \quad (k = 2)$$

El resultado que se obtiene es la incertidumbre de uso de la medida de ángulos del clinómetro en un valor determinado, por ejemplo en 30° del primer cuadrante; este procedimiento se repite en todos los puntos calibrados de los cuatro cuadrantes.

Cuando se desea calcular la incertidumbre de uso de la medida de ángulos para cualquier valor dentro del rango de 0 a 90° de cualquier cuadrante, es necesario estimar la corrección o error en cada valor dentro del rango para aplicarlo en la contribución debida al error $u(\alpha_{leída})$; para conseguir esto se aplica el “método de regresión” el de “corrección global” o el de “máxima corrección”. Para determinar cual de las opciones es la mas adecuada, se deben analizar los datos obtenidos de los certificados de calibración y comprobar si estos datos se pueden caracterizar en una ecuación.

Después de analizar la relación del conjunto de puntos calibrados para cada cuadrante y su correspondiente corrección se observó que no era posible caracterizar esta relación por medio de una ecuación, o lo que es lo mismo, no se podía utilizar el método de regresión, así que se aplicó el método de “corrección global”, el cual se describe a continuación junto con el procedimiento empleado para calcular la incertidumbre de uso de la medida de ángulos del clinómetro para cualquier valor dentro del rango de 0 a 90° de cualquier cuadrante. El procedimiento consta de los siguientes pasos:

1. Definición de la función que rige la medida que se realiza; que en este caso sería:

$$\alpha = \alpha(leída) + \delta(resolución) + \delta(repetibilidad) + \delta(T^a ambiente) + \delta(deriva) + \delta(corrección)$$

$\delta(corrección)$ representa la contribución debida a la estimación de la corrección o error en cada valor del rango a partir de los puntos calibrados.

2. Aplicación de la ley de propagación de las varianzas.

$$u^2(\alpha) = u^2(\alpha_{leída}) + u^2(\delta_{resolución}) + u^2(\delta_{repetibilidad}) + u^2(\delta_{T^a ambiente}) +$$

$$+ u^2(\delta_{\text{deriva}}) + u^2(\delta_{\text{corrección}})$$

3. Cálculo de cada contribución o magnitud de influencia.

$u(\alpha_{\text{leída}})$: Es la contribución debida al error que tiene el aparato de por sí y que se cuantifica en la calibración. Como se ha decidido no corregir el resultado o lectura dada por el clinómetro, es decir, considerarla como el valor verdadero, entonces la fórmula correspondiente para calcular la contribución debida al error es:

$$u(\alpha_{\text{leída}}) = u_{\text{calibración}} = \frac{|\text{error}|}{\sqrt{3}} + \frac{I_{\text{calibración}}}{k}$$

El “error” de esta expresión equivale a la corrección (proporcionada por el certificado de calibración del equipo) no realizada.

Como se está analizando la contribución debida al error del equipo en un rango de valores, es necesario determinar el error en cada valor perteneciente al rango, es decir, si se está analizando el rango de 0 a 90° se debe calcular el error del equipo al medir 0.1°, 0.2°, 0.3° y así sucesivamente hasta completar todos los valores del rango.

Esto se consigue utilizando las correcciones o errores que determina el certificado de calibración del equipo, pero como ya se ha mencionado las calibraciones solo se realizan a determinados valores, por ejemplo para el clinómetro se calibran los valores 30°, 60° y 90° del primer cuadrante, luego los valores -60°, -30° y 0° del segundo cuadrante y así con los otros dos cuadrantes.

En algunos casos (como el clinómetro) el comportamiento de las correcciones o errores con respecto a los valores de magnitud calibrados no se puede caracterizar o modelar por medio de una ecuación, así que se ha empleado el método de corrección global.

Con el método de “corrección global” se estima una corrección global de la calibración (se utilizan las correcciones de los valores que están dentro del rango) constante para todo el rango de valores. La corrección global se determina como media de todas las correcciones locales (corrección en 30°, en 60°, etc.) de la calibración, así:

$$C = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I c_i$$

Siendo “C” la corrección global, “ c_i ” las correcciones locales e “I” el número de correcciones locales que se tienen en ese rango.

Esta corrección calculada será igual para todos los valores de magnitud en el rango de 0 a 90° del cuadrante que se está analizando y representa el “error” en la ecuación de la contribución $u(\alpha_{leída})$.

$u(\delta_{resolución})$: Es la contribución debida a la capacidad finita de medida de un equipo. Como el clinómetro es un equipo digital de medida, el máximo error que se podría cometer sería la mitad de la división de escala. Por tanto, la contribución será:

$$u(\delta_{resolución}) = \frac{\text{división de escala}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

Este dato de la división de escala se puede consultar en el manual del clinómetro.

$u(\delta_{repetibilidad})$: Es la contribución debida a la falta de repetibilidad de los aparatos de medida. Es un dato que se toma del certificado de calibración en forma de desviación típica. La expresión de la contribución es:

$$u(\delta_{repetibilidad}) = \frac{S_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

S_{n-1} es la desviación típica. Esta desviación se calcula como se explica en la pág. 53.

$u(\delta_{T^a})$: Es la contribución debida a la influencia de la variación de la temperatura sobre las medidas obtenidas, por tratarse de un equipo electrónico.

$$u(\delta_{T^a}) = \frac{\text{coeficiente de variación} \cdot \text{lectura} \cdot \Delta T^a}{\sqrt{3}}$$

Donde “coeficiente de variación” sería el valor relativo que nos da el manual, “lectura” el valor medido y “ ΔT^a ” la máxima variación de T^a que pueda darse en el laboratorio.

$u(\delta_{deriva})$: Es la contribución a la incertidumbre debida al paso del tiempo desde la última calibración. Todos los equipos envejecen con el paso del tiempo y sus prestaciones van variando. Con este término se pretende tener en cuenta este paso del tiempo.

$$u(\delta_{deriva}) = \frac{\text{deriva máxima}}{\sqrt{3}}$$

$u(\delta_{corrección})$: Es la contribución a la incertidumbre debida a la estimación de la corrección o error de cada valor del rango a partir de los puntos calibrados, esta estimación se representa con la varianza media de la

corrección global y se calcula como la media de todas las varianzas de las correcciones locales, así:

$$u^2(\delta_{\text{corrección}}) = \frac{\sum_{i=1}^I (c_i - C)^2}{I - 1}$$

Donde:

C= Corrección global.

c_i = Correcciones locales.

I= Número de correcciones locales que se tienen en ese rango.

$u^2(\delta_{\text{corrección}})$ = Varianza de corrección global.

Con este cálculo se tiene en cuenta la contribución a la incertidumbre que produce el hecho de determinar un valor fijo de corrección o error para todo un rango de valores siendo que en los distintos puntos calibrados las correcciones varían.

4. Cálculo de la incertidumbre típica.

La incertidumbre típica corresponde a la raíz cuadrada de la suma de las contribuciones anteriormente calculadas, cada una elevada al cuadrado, es decir:

$$u(\alpha_{\text{real}}) = \sqrt{u^2(\alpha)}$$

$$u^2(\alpha) = u^2(\alpha_{\text{leída}}) + u^2(\delta_{\text{resolución}}) + u^2(\delta_{\text{repetibilidad}}) + u^2(\delta_{T^{\circ}\text{ambiente}}) + u^2(\delta_{\text{deriva}}) + u^2(\delta_{\text{corrección}})$$

Siendo $u(\alpha_{\text{real}})$ la incertidumbre típica.

5. Cálculo de la incertidumbre de uso de la medida de ángulos del clinómetro.

La incertidumbre de uso de la medida de ángulos se calcula multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura k . Como se puede asumir que la incertidumbre típica resultante de este estudio sigue una distribución normal, para obtener una incertidumbre con una cobertura de aproximadamente un 95 % k toma un valor igual a 2, por tanto:

$$U(u) = \pm k \cdot u(\alpha_{\text{real}}), \quad (k = 2)$$

El resultado que se obtiene es la incertidumbre de uso de la medida de ángulos del clinómetro en cada valor de todo el rango de 0 a 90°C de un cuadrante.

- **Cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición del Dinamómetro digital, Marca: MECMESIN, Modelo: AFG 10N.**

El dinamómetro es un instrumento que puede ser utilizado para medir fuerzas en tracción o compresión, este modelo tiene un rango de funcionamiento de 0 a 10N y la calibración se realiza sobre puntos concretos (ej: 1N, 3N, 5N). El cálculo de la incertidumbre de uso del equipo en un punto determinado, por ejemplo en 1N, se realiza siguiendo el procedimiento explicado en el marco teórico (Apartado 4.5 Estimación de la Incertidumbre de Fuerza, pág. 32):

1. Definición de la función que rige la medida que se realiza, en este caso sería:

$$F = F(\text{leída}) + \delta(\text{resolución}) + \delta(\text{repetibilidad}) + \delta(T^a) + \delta(\text{deriva}) + \delta(\text{alineación})$$

Donde δ son las correcciones debidas a las magnitudes de influencia que están entre paréntesis.

2. Aplicación de la ley de propagación de las varianzas.

$$u^2(F) = u^2(F_{\text{leída}}) + u^2(\delta_{\text{resolución}}) + u^2(\delta_{\text{repetibilidad}}) + u^2(\delta_{T^a \text{ ambiente}}) + u^2(\delta_{\text{deriva}}) + u^2(\delta_{\text{alineación}})$$

3. Cálculo de cada contribución o magnitud de influencia.

$u(F_{\text{leída}})$: Es la contribución debida al error que tiene el aparato de por sí y que se cuantifica en la calibración. Se trata, por tanto, de la incertidumbre de calibración. Para los cálculos se ha decidido no corregir el resultado o lectura dada por el dinamómetro, es decir, considerarla como el valor verdadero, entonces la formula correspondiente para calcular la contribución debida al error es:

$$u(F_{\text{leída}}) = u_{\text{calibración}} = \frac{|\text{error}|}{\sqrt{3}} + \frac{I_{\text{calibración}}}{k}$$

El “error” de esta expresión equivale a la corrección (proporcionada por el certificado de calibración del equipo) no realizada.

La incertidumbre de calibración algunas veces es proporcionada por los certificados como un valor concreto o en forma de porcentaje de la lectura, para el dinamómetro que se está analizando la incertidumbre de calibración ha sido proporcionada en forma de porcentaje de la lectura.

$u(\delta_{\text{resolución}})$: Es la contribución debida a la capacidad finita de medida de un equipo. Como el dinamómetro es un equipo digital de medida, el máximo error que se puede cometer es la mitad de la división de escala. Por tanto, la contribución será:

$$u(\delta_{\text{resolución}}) = \frac{\text{división de escala}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

Este dato de la división de escala se puede consultar en el manual del dinamómetro.

$u(\delta_{\text{repetibilidad}})$: Es la contribución debida a la falta de repetibilidad de los aparatos de medida. Es un dato que se toma del certificado de calibración en forma de desviación típica. La expresión de la contribución es:

$$u(\delta_{\text{repetibilidad}}) = s_{n-1}$$

En este caso S_{n-1} es la desviación típica de la serie de medidas tomadas en la calibración y se calcula así:

$$S_{n-1} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde " x_i " son las medidas independientes de la serie y \bar{x} la media aritmética de las medidas que se obtiene con la siguiente formula:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$u(\delta_{T^a})$: Es la contribución debida a la influencia de la variación de la temperatura sobre las medidas obtenidas, por tratarse de un equipo electrónico.

$$u(\delta_{T^a}) = \frac{\text{coeficiente de variación} \cdot \text{lectura} \cdot \Delta T^a}{\sqrt{3}}$$

Donde "*coeficiente de variación*" sería el valor relativo que nos da el manual, "*lectura*" el valor medido y " ΔT^a " la máxima variación de T^a que pueda darse en el laboratorio.

$u(\delta_{\text{deriva}})$: Es la contribución a la incertidumbre debida al paso del tiempo desde la última calibración. Todos los equipos envejecen con el paso del tiempo y sus prestaciones van variando. Con este término se pretende tener en cuenta este paso del tiempo.

$$u(\delta_{\text{deriva}}) = \frac{\text{deriva máxima}}{\sqrt{3}}$$

Como no hay un dato disponible sobre esta medida de influencia (no existe antecedentes de calibraciones anteriores en este rango para el equipo), se toma el valor de la incertidumbre de calibración sobre el factor de cobertura como deriva:

$$\text{deriva máxima} = \frac{I_{\text{calibración}}}{k}, \quad (k = 2)$$

Siendo $I_{\text{calibración}}$ la incertidumbre de calibración y “k” el factor de cobertura, ambos utilizados para calcular $u_{\text{calibración}}$ (Pág. 58).

$u(\delta_{\text{alineación}})$: Es la contribución debida a la diferencia de alineación entre el eje en el que se aplica la fuerza y el eje en que idealmente debería aplicarse. El máximo error que se comete por no ser una alineación perfecta será:

$$\text{Error}_{\text{alineación}} = F_{\text{leída}} (1 - \cos \alpha)$$

Siendo α el ángulo máximo de error que se puede asegurar.

La contribución queda, por tanto:

$$u(\delta_{\text{alineación}}) = \frac{F_{\text{leída}} (1 - \cos \alpha)}{\sqrt{3}}$$

Cuando no se conoce el ángulo máximo de error puede caracterizarse la influencia de esta contribución a partir de un determinado valor de porcentaje de la lectura medida; en la practica se puede utilizar el 0.1% de la lectura medida. De este modo la contribución sería:

$$u(\delta_{\text{alineación}}) = \frac{(0.001) * \text{Lectura}}{\sqrt{3}}$$

4. Cálculo de la incertidumbre típica.

La incertidumbre típica corresponde a la raíz cuadrada de la suma de las contribuciones anteriormente calculadas, cada una elevada al cuadrado, es decir:

$$u(F_{\text{real}}) = \sqrt{u^2(F)}$$

$$u^2(F) = u^2(F_{\text{leída}}) + u^2(\delta_{\text{resolución}}) + u^2(\delta_{\text{repetibilidad}}) + u^2(\delta_{T^{\circ}\text{ambiente}}) + u^2(\delta_{\text{deriva}}) + u^2(\delta_{\text{alineación}})$$

Siendo $u(F_{\text{real}})$ la incertidumbre típica.

5. Cálculo de la incertidumbre de uso de la medida de fuerza del dinamómetro.

La incertidumbre de uso de la medida de fuerza se calcula multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura k . Como se puede asumir que la incertidumbre típica resultante de este estudio sigue una distribución normal, para obtener una incertidumbre con una cobertura de aproximadamente un 95 % k toma un valor igual a 2, por tanto:

$$U(u) = \pm k \cdot u(F_{\text{real}}), \quad (k = 2)$$

El resultado que se obtiene es la incertidumbre de uso de la medida de fuerza del dinamómetro en 1N; este procedimiento se repite solo en los puntos calibrados (ej: 3N, 5N, 9N).

Cuando se desea calcular la incertidumbre de uso de la medida de fuerza para cualquier valor dentro del rango de 0 a 10N, es necesario

estimar la corrección o error en cada valor dentro del rango para aplicarlo en la contribución debida al error $u(F_{leída})$; para conseguir esto se aplica el “método de regresión” el de “corrección global” o el de “máxima corrección”.

Para este caso en particular, se han aplicado los métodos de “corrección global” y “máxima corrección”, los cuales se describirán a continuación junto con el procedimiento empleado para calcular la incertidumbre de uso de la medida de fuerza del dinamómetro para cualquier valor dentro del rango de 0 a 10N. El procedimiento consta de los siguientes pasos:

1. Definición de la función que rige la medida que se realiza; que en este caso sería:

$$F = F(leída) + \delta(resolución) + \delta(repetibilidad) + \delta(T^a) + \delta(deriva) + \delta(alineación) + \delta(corrección)$$

Donde δ son las correcciones debidas a las magnitudes de influencia que están entre paréntesis. $\delta(corrección)$ representa la contribución debida a la estimación de la corrección o error en cada valor del rango a partir de los puntos calibrados.

2. Aplicación de la ley de propagación de las varianzas.

$$u^2(F) = u^2(F_{leída}) + u^2(\delta_{resolución}) + u^2(\delta_{repetibilidad}) + u^2(\delta_{T^a ambiente}) + u^2(\delta_{deriva}) + u^2(\delta_{alineación}) + u^2(\delta_{corrección})$$

3. Cálculo de cada contribución o magnitud de influencia.

$u(F_{leída})$: Es la contribución debida al error que tiene el aparato de por sí y que se cuantifica en la calibración. Se trata, por tanto, de la incertidumbre de calibración. Como se ha decidido no corregir el resultado o lectura dada por el dinamómetro, es decir, considerarla como el valor verdadero, entonces la formula correspondiente para calcular la contribución debida al error es.

$$u(F_{leída}) = u_{calibración} = \frac{|error|}{\sqrt{3}} + \frac{I_{calibración}}{k}$$

El “error” de esta expresión equivaldría a la corrección (proporcionada por el certificado de calibración del equipo) no realizada.

Como se está analizando la contribución debida al error del equipo en un rango de valores, es necesario determinar el error en cada valor perteneciente al rango, es decir, si se está analizando el rango de 0 a 10N se debe calcular el error del equipo al medir 1.002N, en 1.004N, en 1.006N y así sucesivamente hasta completar todos los valores del rango.

Esto se consigue utilizando las correcciones o errores que determina el certificado de calibración del equipo, dichas calibraciones solo se realizan a determinados valores, por ejemplo se calibra el valor de 1N, 3N, 5N, 7N y 10N.

Para este dinamómetro el comportamiento de las correcciones o errores con respecto a los valores de magnitud calibrados no se puede caracterizar o modelar por medio de una ecuación, así que se aplican los otros métodos, el de corrección global y el de máxima corrección.

Con el método de “corrección global” se estima una corrección global constante para todo el rango de valores como se ha explicado en los cálculos del clinómetro (pág. 55), así:

$$C = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I c_i$$

Siendo “C” la corrección global, “ c_i ” las correcciones locales e “I” el número de correcciones locales que se tienen en ese rango.

Esta corrección calculada será igual para todos los valores de magnitud en el rango de 0 a 10 N y representa el “error” en la ecuación de la contribución $u(F_{\text{leída}})$.

A diferencia de este método, el método de “máxima corrección” solo busca el valor de corrección local mayor de todas las correcciones locales (corrección en 1N, en 3N, etc.) y esa es la corrección que se aplicará a todos los valores, o lo que es lo mismo, será el “error” en la ecuación de la contribución $u(F_{\text{leída}})$.

Para el dinamómetro se han aplicado los dos métodos, con el propósito de compararlos y seleccionar el más adecuado.

$u(\delta_{\text{resolución}})$: Es la contribución debida a la capacidad finita de medida de un equipo. Como el dinamómetro es un equipo digital de medida, el máximo error que se podría cometer será la mitad de la división de escala. Por tanto, la contribución será:

$$u(\delta_{\text{resolución}}) = \frac{\text{división de escala}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

Este dato de la división de escala se puede consultar en el manual del dinamómetro.

$u(\delta_{\text{repetibilidad}})$: Es la contribución debida a la falta de repetibilidad de los aparatos de medida. Es un dato que se toma del certificado de

calibración en forma de desviación típica. La expresión de la contribución es:

$$u(\delta_{\text{repetibilidad}}) = s_{n-1}$$

S_{n-1} es la mayor desviación del conjunto de desviaciones de los distintos puntos calibrados (se escoge el valor mayor de todo el conjunto para abarcar todas las posibilidades).

$u(\delta_{T^a})$: Es la contribución debida a la influencia de la variación de la temperatura sobre las medidas obtenidas, por tratarse de un equipo electrónico.

$$u(\delta_{T^a}) = \frac{\text{coeficiente de variación} \cdot \text{lectura} \cdot \Delta T^a}{\sqrt{3}}$$

Donde “coeficiente de variación” sería el valor relativo que nos da el manual, “lectura” el valor medido y “ ΔT^a ” la máxima variación de T^a que pueda darse en el laboratorio.

$u(\delta_{\text{deriva}})$: Es la contribución a la incertidumbre debida al paso del tiempo desde la última calibración. Todos los equipos envejecen con el paso del tiempo y sus prestaciones van variando. Con este término se pretende tener en cuenta este paso del tiempo.

$$u(\delta_{\text{deriva}}) = \frac{\text{deriva máxima}}{\sqrt{3}}$$

Como no hay un dato disponible sobre esta medida de influencia (no existe antecedentes de calibraciones anteriores en este rango para el equipo), se toma el valor de la incertidumbre de calibración sobre el factor de cobertura como deriva:

$$\text{deriva máxima} = \frac{I_{\text{calibración}}}{k}, \quad (k = 2)$$

Siendo $I_{\text{calibración}}$ la incertidumbre de calibración y “k” el factor de cobertura, ambos utilizados para calcular $u_{\text{calibración}}$ (Pág. 61)

$u(\delta_{\text{alineación}})$: Es la contribución debida a la diferencia de alineación entre el eje en el que se aplica la fuerza y el eje en que idealmente debería aplicarse. El máximo error que se comete por no ser una alineación perfecta será:

$$\text{Error}_{\text{alineación}} = F_{\text{leída}} (1 - \cos \alpha)$$

Siendo α el ángulo máximo de error que se puede asegurar.

La contribución queda, por tanto:

$$u(\delta_{\text{alineación}}) = \frac{F_{\text{leída}} (1 - \cos \alpha)}{\sqrt{3}}$$

Cuando no se conoce el ángulo máximo de error puede caracterizarse la influencia de esta contribución a partir de un determinado valor de porcentaje de la lectura medida; en la practica se puede utilizar el 0.1% de la lectura medida. De este modo la contribución sería:

$$u(\delta_{\text{alineación}}) = \frac{(0.001) * \text{Lectura}}{\sqrt{3}}$$

$u(\delta_{\text{corrección}})$: Es la contribución a la incertidumbre debida a la estimación de la corrección o error de cada valor del rango a partir de los puntos calibrados, esta estimación se representa con la varianza media de la corrección global y se calcula como la media de todas las varianzas de las correcciones locales, así:

$$u^2(\delta_{\text{corrección}}) = \frac{\sum_{i=1}^I (c_i - C)^2}{I - 1}$$

Donde:

C= Corrección global.

c_i = Correcciones locales.

I= Número de correcciones locales que se tienen en ese rango.

$u^2(\delta_{\text{corrección}})$ = Varianza de corrección global.

Con este cálculo se tiene en cuenta la contribución a la incertidumbre que produce el hecho de determinar un valor fijo de corrección o error para todo un rango de valores siendo que en los distintos puntos calibrados las correcciones varían.

Pero esta contribución solo se aplica cuando se utiliza el método de corrección global, para el método de máxima corrección no se aplica ninguna contribución de este tipo, razonamiento que en el laboratorio se considera inadecuado porque el hecho de tomar el valor mayor de todas las correcciones locales (método de máxima corrección) implica igualmente una contribución a la incertidumbre que se debería tener en cuenta; por esta razón se trabaja en el laboratorio con los resultados obtenidos con el método de corrección global y no con el de máxima corrección.

4. Cálculo de la incertidumbre típica.

La incertidumbre típica corresponde a la raíz cuadrada de la suma de las contribuciones anteriormente calculadas, cada una elevada al cuadrado, es decir:

$$u(F_{\text{real}}) = \sqrt{u^2(F)}$$

$$u^2(F) = u^2(F_{\text{leída}}) + u^2(\delta_{\text{resolución}}) + u^2(\delta_{\text{repetibilidad}}) + u^2(\delta_{T^{\circ}\text{ambiente}}) + u^2(\delta_{\text{deriva}})$$

$$+ u^2(\delta_{\text{alineación}}) + u^2(\delta_{\text{corrección}})$$

Siendo $u(F_{\text{real}})$ la incertidumbre típica.

5. Cálculo de la incertidumbre de uso de la medida de fuerza del dinamómetro.

La incertidumbre de uso de la medida de fuerza se calcula multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura k . Como se puede asumir que la incertidumbre típica resultante de este estudio sigue una distribución normal, para obtener una incertidumbre con una cobertura de aproximadamente un 95 % k toma un valor igual a 2, por tanto:

$$U(u) = \pm k \cdot u(F_{\text{real}}), \quad (k = 2)$$

El resultado que se obtiene es la incertidumbre de uso de la medida de fuerza del dinamómetro en cada valor de todo el rango.

En estos cálculos de incertidumbre de la medida de fuerza, el procedimiento es el mismo tanto para medida de fuerza en tracción como en compresión.

- **Cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición del Multímetro digital, Marca: YOKOGAWA, Modelo: 7552.**

Este multímetro digital está calibrado en valores de corriente alterna a 50 y 60Hz, este equipo solo se utiliza en el laboratorio para comprobar valores concretos como en el ejemplo en el que se necesita realizar un ensayo con una corriente de 10A y se comprueba con el multímetro que la corriente es de 10A, pues en este caso solo es necesario calcular la incertidumbre de la medida de corriente en valores concretos y no se necesitan evaluar rangos de valores.

El procedimiento empleado para calcular la incertidumbre de la medida de corriente en el multímetro se describe a continuación:

1. Definición de la función que rige la medida que se realiza; que en este caso sería:

$$i = i(\text{leída}) + \delta(\text{resolución}) + \delta(T^a) + \delta(\text{otros})$$

δ (otros) en este caso incluye varias correcciones, que son: Deriva, repetibilidad, linealidad, variaciones en la tensión de alimentación, efecto de carga y falta de estabilidad.

2. Aplicación de la ley de propagación de las varianzas.

$$u^2(i) = u^2(i_{\text{leída}}) + u^2(\delta_{\text{resolución}}) + u^2(\delta_{T^a}) + u^2(\delta_{\text{otros}})$$

3. Cálculo de cada contribución o magnitud de influencia.

$u(i_{leída})$: Es la contribución debida al error que tiene el aparato de por sí y que se cuantifica en la calibración. Como se ha decidido corregir el resultado o lectura dada por el multímetro, la ecuación correspondiente es:

$$u(i_{leída}) = u_{calibración} = \frac{I_{calibración}}{k}$$

$u(\delta_{resolución})$: Es la contribución debida a la capacidad finita de medida de un equipo. Como el multímetro es un equipo digital de medida, la contribución será:

$$u(\delta_{resolución}) = \frac{\text{división de escala}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

$u(\delta_{T^a})$: Es la contribución debida a la influencia de la variación de la temperatura en las condiciones de medida.

$$u(\delta_{T^a}) = \frac{\text{coeficiente de variación} \cdot \text{lectura} \cdot \Delta T^a}{\sqrt{3}}$$

$u(\delta_{otros})$: Esta contribución es debida a varios factores. Se obtiene de la documentación del equipo, tomando la exactitud como límite máximo. La expresión de la contribución es:

$$u(\delta_{otros}) = \frac{\text{exactitud}}{\sqrt{3}}$$

4. Cálculo de la incertidumbre típica.

La incertidumbre típica corresponde a la raíz cuadrada de la suma de las contribuciones anteriormente calculadas, cada una elevada al cuadrado, es decir:

$$u(i_{real}) = \sqrt{u^2(i)}$$
$$u^2(i) = u^2(i_{leída}) + u^2(\delta_{resolución}) + u^2(\delta_{T^a}) + u^2(\delta_{otros})$$

Siendo $u(i_{real})$ la incertidumbre típica.

5. Cálculo de la incertidumbre de uso de la medida de corriente del multímetro.

$$U(u) = \pm k \cdot u(i_{real}), \quad (k = 2)$$

El resultado que se obtiene es la incertidumbre de uso de la medida de corriente del multímetro en un valor determinado, por ejemplo en 10A a 50Hz; este procedimiento se repite en todos los puntos calibrados (ej: 16A a 50Hz, 14A a 60Hz).

- **Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición de distintos equipos.**

- **Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Multímetro digital, Marca: Fluke, Modelo: 867B y del Multímetro digital, Marca: Yokogawa, Modelo: 7555.**

El multímetro digital Fluke está calibrado para valores de tensión a 50 y 60Hz y el cálculo de la estimación de incertidumbre ya se había realizado considerando que a la medida obtenida con el equipo se le aplicaría la corrección.

El multímetro digital Yokogawa está calibrado para valores de tensión y corriente DC, para valores de resistencia y para valores de tensión y corriente AC, incluso tensiones a 60Hz; este equipo está considerado en el laboratorio como el multímetro patrón porque solo se utiliza para comprobar que los demás equipos aún se siguen comportando como se describe en los certificados de calibración. Al igual que el multímetro Fluke, al multímetro Yokogawa ya se le había realizado el cálculo de la estimación de incertidumbre considerando que a la medida obtenida con el equipo se le aplicaría la corrección.

Las actualizaciones de los cálculos realizados a estos dos multímetros consistió en repetir todos los cálculos que ya se habían realizado anteriormente pero considerando el valor medido como verdadero, es decir, no se le aplicaría la corrección a la medida obtenida con el multímetro, esto con la intención de evitar el tener que estar corrigiendo los datos obtenidos con el multímetro; al realizar esta actualización (considerar el valor medido como verdadero) lo que se hace es incluir la corrección en la incertidumbre y de este modo no se necesita corregir los datos.

La actualización de los cálculos para los dos multímetros se realizó de la misma forma que se explica en el cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición del Multímetro digital, Marca: Yokogawa, Modelo: WT210 (Pág. 49).

- **Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Multímetro digital, Marca: BBC Goerz Metrawatt, Modelo: MA 5D.**

Así como en los casos de actualización anteriores, a este multímetro ya se le habían realizado los cálculos de estimación de incertidumbre de la medida de corriente considerando que a la medida obtenida con el equipo se le aplicaría la corrección.

La actualización de los cálculos realizados al multímetro consistió en repetir todos los cálculos que ya se habían realizado anteriormente pero considerando el valor medido como verdadero, es decir, no se le aplicaría la corrección a la medida obtenida con el multímetro, esto con la intención de evitar el tener que estar corrigiendo los datos obtenidos.

La actualización de los cálculos para el multímetro se realizó de la misma forma que se explica en el cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición del Multímetro digital, Marca: YOKOGAWA, Modelo: 7552 (Pág 65), pero como no se le aplicó la corrección a la medida obtenida con el multímetro, entonces la ecuación para determinar la contribución debida al error o corrección $u(i_{leída})$ es:

$$u(i_{leída}) = u_{calibración} = \frac{|error|}{\sqrt{3}} + \frac{I_{calibración}}{k}$$

- Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Vatímetro digital monofásico, Marca: Yokogawa, Modelo: WT210.

El vatímetro digital monofásico Yokogawa está calibrado para valores de tensión, corriente y factor de potencia; al igual que otros equipos que ya se han mencionado este vatímetro se utiliza para comprobar condiciones de ensayo o lo que es lo mismo, valores concretos. A este equipo ya se le había realizado el cálculo de la estimación de incertidumbre considerando que a la medida obtenida con el equipo se le aplicaría la corrección.

Las actualizaciones de los cálculos realizados a este vatímetro consistieron en repetir todos los cálculos que ya se habían realizado anteriormente pero considerando el valor medido como verdadero. Esta actualización se realizó para los valores de tensión, corriente y factor de potencia (Φ) de la misma forma como se describe en el cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición del Vatímetro digital, Marca: Yokogawa, Modelo: WT210 (Pág. 49).

Algunas veces se deben medir en los ensayos valores de corriente altos que están por fuera del rango de funcionamiento de los equipos de medida; estas situaciones las trabaja el laboratorio tomando las medidas con el vatímetro conectado a un transformador.

Esos valores de corriente también están calibrados y la calibración se solicita para el conjunto (vatímetro-transformador) como si fueran un solo equipo, obviamente a estos puntos se les desarrolla el cálculo de la incertidumbre, pero con un procedimiento un tanto distinto ya que se

está tratando la incertidumbre de medida de dos equipos como si fueran uno solo. El método que se ha empleado en este caso es el siguiente:

1. Definición de la función que rige la medida que se realiza; que en este caso sería:

$$I_{REAL} = I * m$$

Siendo:

I = Corriente que marca el vatímetro.

m = Relación de transformación del transformador de intensidad.

2. Aplicación de la ley de propagación de las varianzas. Teniendo en cuenta el procedimiento explicado en el marco teórico (4.1.5 Cálculo de la incertidumbre típica, pág. 19) se obtiene la siguiente ecuación:

$$u^2(I_{REAL}) = \left(\frac{\partial I_{REAL}}{\partial I}\right)^2 u^2(I) + \left(\frac{\partial I_{REAL}}{\partial m}\right)^2 u^2(m) + 2\rho(I, m) \left(\frac{\partial I_{REAL}}{\partial I}\right) \left(\frac{\partial I_{REAL}}{\partial m}\right) u(I)u(m)$$

El coeficiente de correlación $\rho(I, m)$ entre las magnitudes I y m toma valores dentro del intervalo (1, -1); como no existe una correlación entre estas dos magnitudes entonces este coeficiente de correlación es nulo:

$$u^2(I_{REAL}) = \left(\frac{\partial I_{REAL}}{\partial I}\right)^2 u^2(I) + \left(\frac{\partial I_{REAL}}{\partial m}\right)^2 u^2(m)$$

Calculamos ahora el valor de las derivadas parciales:

$$\frac{\partial I_{REAL}}{\partial I} = m$$

$$\frac{\partial I_{REAL}}{\partial m} = I$$

Ahora la ecuación nos queda:

$$u^2(I_{REAL}) = m^2 * u^2(I) + I^2 * u^2(m)$$

Si conocemos los valores de I y m , por ejemplo $I=2.5A$ y $m=10$, entonces:

$$u^2(I_{REAL}) = 100 * u^2(I) + 6.25 * u^2(m)$$

La corriente que realmente se está midiendo es 25A, pero al tener el vatímetro conectado al transformador que tiene una relación de transformación $m=10$, la corriente que mide el vatímetro es $I=2.5A$.

Este vatímetro y el transformador de intensidad se han calibrado en conjunto, como un solo equipo, por lo tanto la contribución a la incertidumbre debido a la calibración no está incluida en la incertidumbre típica del multímetro $u(I)$ ni en la del transformador $u(m)$ sino que se tiene en cuenta como una contribución independiente, por lo tanto finalmente la expresión que nos queda es:

$$u^2(I_{REAL}) = 100 * u^2(I) + 6.25 * u^2(m) + u^2(i_{leida})$$

Donde:

$$u^2(I) = u^2(\delta_{\text{resolución}}) + u^2(\delta_{T^{\text{ra ambiente}}}) + u^2(\delta_{\text{otros}})$$

$$u^2(m) = u^2(\delta_{\text{clase del transformador}})$$

3. Cálculo de cada contribución o magnitud de influencia.

$u(i_{\text{leída}})$: Es la contribución debida al error que tiene el aparato de por sí y que se cuantifica en la calibración. Se trata, por tanto, de la incertidumbre de calibración.

$$u(i_{\text{leída}}) = u_{\text{calibración}} = \frac{|\text{error}|}{\sqrt{3}} + \frac{I_{\text{calibración}}}{k}$$

Cálculo de cada contribución para $u^2(I)$:

$u(\delta_{\text{resolución}})$: Es la contribución debida a la capacidad finita de medida del equipo:

$$u(\delta_{\text{resolución}}) = \frac{\text{división de escala}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

Este dato de la división de escala se puede consultar en el manual del vatímetro.

$u(\delta_{T^{\text{a}}})$: Es la contribución debida a la influencia de la variación de la temperatura en las condiciones de medida.

$$u(\delta_{T^{\text{a}}}) = \frac{\text{coeficiente de variación} \cdot \text{lectura} \cdot \Delta T^{\text{a}}}{\sqrt{3}}$$

$u(\delta_{\text{otros}})$: Esta contribución es debida a varios factores. Se obtiene de la documentación del equipo, tomando la exactitud como límite máximo. La expresión de la contribución es:

$$u(\delta_{\text{otros}}) = \frac{\text{exactitud}}{\sqrt{3}}$$

Cálculo de la contribución para $u^2(m)$:

$u(\delta_{\text{clase del transformador}})$: Esta contribución es debida a la clase del transformador. La clase del transformador se especifica en el certificado de calibración, que en este caso es 0.2 y la fórmula para determinar esta contribución es:

$$u(\delta_{\text{clase del transformador}}) = \frac{\text{exactitud}}{\sqrt{3}}$$

Siendo la exactitud del transformador:

$$exactitud = \frac{m * clase}{100}$$

4. Cálculo de la incertidumbre típica.

La incertidumbre típica corresponde a la raíz cuadrada de la suma de las contribuciones anteriormente calculadas, cada una elevada al cuadrado, es decir:

$$u(I_{REAL}) = \sqrt{u^2(I_{REAL})}$$

$$u^2(I_{REAL}) = 100 * u^2(I) + 6.25 * u^2(m) + u^2(i_{leida})$$

Siendo $u(I_{real})$ la incertidumbre típica.

5. Cálculo de la incertidumbre de uso de la medida de intensidad del vatímetro.

La incertidumbre de uso de la medida de intensidad se calcula multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura k . Como se puede asumir que la incertidumbre típica resultante de este estudio sigue una distribución normal, para obtener una incertidumbre con una cobertura de aproximadamente un 95 % k toma un valor igual a 2, por tanto:

$$U(u) = \pm k \cdot u(I_{real}), \quad (k = 2)$$

El resultado que se obtiene es la incertidumbre de uso de la medida de intensidad en cada valor calibrado.

- Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Multímetro digital, Marca: Yokogawa, Modelo: 73402.

Este multímetro digital está calibrado en la magnitud de tensión alterna en los rangos de 500mV, 5V, 50V y 500V, también está calibrado en la magnitud de corriente alterna en los rangos de 50mA, 500mA, 5A y 10A. Se emplea para medir cualquier valor de tensión o corriente dentro de los rangos mencionados, lo que indica que los cálculos de incertidumbre se realizan a cada valor de cada uno de los rangos mencionados.

A este equipo ya se le había realizado el cálculo de la estimación de incertidumbre considerando que a la medida obtenida con el equipo se le aplicaría la corrección, así que las actualizaciones de los cálculos realizados a este multímetro consistieron en repetir todos los cálculos que ya se habían realizado anteriormente pero considerando el valor medido como verdadero, es decir, sin aplicar la corrección a la medida obtenida con el equipo. Esta actualización se realizó para los valores de tensión y corriente de una forma similar como se describe en el cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición del Vatímetro digital,

Marca: Yokogawa, Modelo: WT210 (Pág. 49), con la modificación de que el cálculo se realiza para todos los valores del rango, por lo que es necesario agregar la contribución debida al cálculo de la corrección de cada valor. A continuación se describe el procedimiento empleado para el cálculo de la incertidumbre en un rango cualquiera, este procedimiento se repite para todos los rangos arriba mencionados:

1. Definición de la función que rige la medida que se realiza; que en este caso sería:

$$v = v(\text{leída}) + \delta(\text{resolución}) + \delta(T^a) + \delta(\text{otros}) + \delta(\text{corrección})$$

$\delta(\text{otros})$ en este caso incluye varias correcciones, estas correcciones son: Deriva, repetibilidad, linealidad, variaciones en la tensión de alimentación, efecto de carga y falta de estabilidad.

$\delta(\text{corrección})$ representa la contribución debida a la estimación de la corrección o error en cada valor del rango a partir de los puntos calibrados.

2. Aplicación de la ley de propagación de las varianzas.

$$u^2(v) = u^2(v_{\text{leída}}) + u^2(\delta_{\text{resolución}}) + u^2(\delta_{T^a}) + u^2(\delta_{\text{otros}}) + u^2(\delta_{\text{corrección}})$$

3. Cálculo de cada contribución o magnitud de influencia.

$u(v_{\text{leída}})$: Es la contribución debida al error que tiene el aparato de por sí y que se cuantifica en la calibración. Para este multímetro se va a incluir la corrección o “error” dada por el certificado de calibración en la contribución del error y aceptar el resultado medido como verdadero. Con estas condiciones la ecuación correspondiente es:

$$u(v_{\text{leída}}) = u_{\text{calibración}} = \frac{|\text{error}|}{\sqrt{3}} + \frac{I_{\text{calibración}}}{k}$$

Como se está analizando la contribución debida al error del equipo en un rango de valores, es necesario determinar el error en cada valor perteneciente al rango. Este error o corrección se ha calculado aplicando los métodos de corrección global y de máxima corrección.

Con el método de “corrección global” se estima una corrección global constante para todo el rango de valores, así:

$$C = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I c_i$$

Siendo “C” la corrección global, “ c_i ” las correcciones locales (correcciones dadas por el certificado para los puntos calibrados) e “I” el número de correcciones locales que se tienen en ese rango.

Esta corrección calculada será igual para todos los valores de magnitud en el rango y representa el “error” en la ecuación de la contribución $u(V_{leida})$.

El método de “máxima corrección” solo busca el valor de corrección local mayor de todas las correcciones locales y esa es la corrección que se aplicará a todos los valores, o lo que es lo mismo, será el “error” en la ecuación de la contribución $u(V_{leida})$.

$u(\delta_{resolución})$: Es la contribución debida a la capacidad finita de medida de un equipo. Como el multímetro es un equipo digital de medida, la contribución será:

$$u(\delta_{resolución}) = \frac{\text{división de escala}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

$u(\delta_{T^a})$: Es la contribución debida a la influencia de la variación de la temperatura en las condiciones de medida.

$$u(\delta_{T^a}) = \frac{\text{coeficiente de variación} \cdot \text{lectura} \cdot \Delta T^a}{\sqrt{3}}$$

$u(\delta_{otros})$: Esta contribución es debida a varios factores. Se obtiene de la documentación del equipo, tomando la exactitud como límite máximo. La expresión de la contribución es:

$$u(\delta_{otros}) = \frac{\text{exactitud}}{\sqrt{3}}$$

$u(\delta_{corrección})$: Es la contribución a la incertidumbre debida a la estimación de la corrección o error de cada valor del rango a partir de los puntos calibrados, esta estimación se representa con la varianza media de la corrección global y se calcula sacando la media de todas las varianzas de las correcciones locales, así:

$$u^2(\delta_{corrección}) = \frac{\sum_{i=1}^I (c_i - C)^2}{I - 1}$$

Donde:

C= Corrección global.

c_i = Correcciones locales.

I= Número de correcciones locales que se tienen en ese rango.

$u^2(\delta_{corrección})$ = Varianza de corrección global.

Con este cálculo se tiene en cuenta la contribución a la incertidumbre que produce el hecho de determinar un valor fijo de corrección o error para todo un rango de valores siendo que en los distintos puntos calibrados las correcciones varían.

Pero esta contribución solo se aplica cuando se utiliza el método de corrección global, para el método de máxima corrección no se aplica ninguna contribución de este tipo.

4. Cálculo de la incertidumbre típica.

La incertidumbre típica corresponde a la raíz cuadrada de la suma de las contribuciones anteriormente calculadas, cada una elevada al cuadrado, es decir:

$$u(v_{real}) = \sqrt{u^2(v)}$$
$$u^2(v) = u^2(v_{leída}) + u^2(\delta_{resolución}) + u^2(\delta_{T^a}) + u^2(\delta_{otros}) + u^2(\delta_{corrección})$$

Siendo $u(v_{real})$ la incertidumbre típica.

5. Cálculo de la incertidumbre de uso de la medida de tensión del vatímetro.

La incertidumbre de uso de la medida de tensión se calcula multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura k . Como se puede asumir que la incertidumbre típica resultante de este estudio sigue una distribución normal, para obtener una incertidumbre con una cobertura de aproximadamente un 95 % k toma un valor igual a 2, por tanto:

$$U(u) = \pm k \cdot u(v_{real}), \quad (k = 2)$$

El resultado que se obtiene es la incertidumbre de uso de la medida de tensión del multímetro en cada valor de todo el rango.

Para el cálculo de la incertidumbre de medida de corriente alterna el procedimiento es exactamente igual que el utilizado para la medida de tensión, solo que con distinta unidad (cambiar de Voltios a Amperios).

- Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Termo-higrómetro, Marca: ROTRONIC, Modelo: Hygrolog-D.

El termo-higrómetro se utiliza para medir la temperatura y la humedad del laboratorio, pero estas dos magnitudes físicas están controladas de tal forma que la variación de temperatura que se puede dar está entre 20°C - 25°C y la variación de humedad entre 40% - 70%HR.

De acuerdo a estos parámetros, el cálculo de la incertidumbre de medida se realiza para cada valor dentro de los rangos de temperatura y humedad mencionados, porque a la hora de medir las condiciones del laboratorio el equipo puede dar como resultado cualquier valor dentro de dichos rangos. Estos cálculos ya se habían realizado considerando que a la medida obtenida con el equipo se le aplicaría la corrección.

La actualización de los cálculos realizados al termo-higrómetro en esta práctica consistió en repetir todos los cálculos que ya se habían realizado anteriormente pero considerando el valor medido como verdadero, es decir, no se le aplicaría la corrección a la medida obtenida con el termo-higrómetro.

El procedimiento para realizar estos cálculos es el mismo tanto para temperatura como para humedad; a continuación se hará una breve descripción del procedimiento con el que se llevó a cabo estos cálculos de incertidumbre de la medida de humedad:

1. Definición de la función que rige la medida que se realiza; que en este caso sería:

$$hr = hr(leída) + \delta(resolución) + \delta(otros_{(deriva+T^{ra} ambiente)}) + \delta(corrección)$$

Donde δ son las correcciones debidas a las magnitudes de influencia que se mencionan dentro de los paréntesis. $\delta(corrección)$ representa la contribución debida a la estimación de la corrección o error en cada valor del rango a partir de los puntos calibrados.

$\delta(otros)$ incluye varias correcciones, como son: Deriva y temperatura ambiente.

2. Aplicación de la ley de propagación de las varianzas.

$$u^2(hr) = u^2(hr_{leída}) + u^2(\delta_{resolución}) + u^2(\delta_{otros}) + u^2(\delta_{corrección})$$

3. Cálculo de cada contribución o magnitud de influencia.

$u(hr_{leída})$: Es la contribución debida al error que tiene el aparato de por sí y que se cuantifica en la calibración. Se trata, por tanto, de la incertidumbre de calibración.

$$u(hr_{leída}) = u_{calibración} = \frac{|error|}{\sqrt{3}} + \frac{I_{calibración}}{k}$$

Como se está analizando la contribución debida al error del equipo en un rango de valores, es necesario determinar el error para cada valor perteneciente al rango. Para el termo-higrómetro el comportamiento de las correcciones o errores con respecto a los valores de magnitud calibrados no se puede caracterizar por medio de una ecuación, así que

se han aplicado los métodos de corrección global y de máxima corrección.

Con el método de “corrección global” se estima una corrección global constante para todo el rango de valores, así:

$$C = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I c_i$$

Siendo “C” la corrección global, “c_i” las correcciones locales (correcciones dadas por el certificado para los puntos calibrados) e “I” el número de correcciones locales que se tienen en ese rango.

Esta corrección calculada será igual para todos los valores de magnitud en el rango de 20° - 30°C y representa el “error” en la ecuación de la contribución $u(h_{r\text{leída}})$.

El método de “máxima corrección” solo busca el valor de corrección local mayor entre todas las correcciones locales; esa es la corrección que se aplicará a todos los valores y será el “error” en la ecuación de la contribución $u(h_{r\text{leída}})$.

$u(\delta_{\text{resolución}})$: Es la contribución debida a la capacidad finita de medida del equipo:

$$u(\delta_{\text{resolución}}) = \frac{\text{división de escala}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

Este dato de la división de escala se puede consultar en el manual del termo-higrómetro.

$u(\delta_{\text{otros}})$: Esta contribución es debida a varios factores. Se obtiene de la documentación del equipo, tomando la exactitud como límite máximo. La expresión de la contribución es:

$$u(\delta_{\text{otros}}) = \frac{\text{exactitud}}{\sqrt{3}}$$

$u(\delta_{\text{corrección}})$: Es la contribución a la incertidumbre debida a la estimación de la corrección o error de cada valor del rango a partir de los puntos calibrados, esta estimación se representa con la varianza media de la corrección global y se calcula como la media de todas las varianzas de las correcciones locales, así:

$$u^2(\delta_{\text{corrección}}) = \frac{\sum_{i=1}^I (c_i - C)^2}{I - 1}$$

Donde:

C= Corrección global.

c_i = Correcciones locales.

I= Número de correcciones locales que se tienen en ese rango.

$u^2(\delta_{\text{corrección}})$ = Varianza de corrección global.

Con este cálculo se tiene en cuenta la contribución a la incertidumbre que produce el hecho de determinar un valor fijo de corrección o error para todo un rango valores siendo que en los distintos puntos calibrados las correcciones varían.

Pero esta contribución solo se aplica cuando se utiliza el método de corrección global, para el método de máxima corrección no se aplica ninguna contribución de este tipo.

4. Cálculo de la incertidumbre típica.

La incertidumbre típica corresponde a la raíz cuadrada de la suma de las contribuciones anteriormente calculadas, cada una elevada al cuadrado, es decir:

$$u(hr_{\text{real}}) = \sqrt{u^2(hr)}$$
$$u^2(hr) = u^2(hr_{\text{leída}}) + u^2(\delta_{\text{resolución}}) + u^2(\delta_{\text{otros}}) + u^2(\delta_{\text{corrección}})$$

Siendo $u(hr_{\text{real}})$ la incertidumbre típica.

5. Cálculo de la incertidumbre de uso de la medida de humedad del termo-higrómetro.

La incertidumbre de uso de la medida de humedad se calcula multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura k . Como se puede asumir que la incertidumbre típica resultante de este estudio sigue una distribución normal, para obtener una incertidumbre con una cobertura de aproximadamente un 95 % k toma un valor igual a 2, por tanto:

$$U(u) = \pm k \cdot u(hr_{\text{real}}), \quad (k = 2)$$

El resultado que se obtiene es la incertidumbre de uso de la medida de humedad en cada valor de todo el rango.

- **Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Dinamómetro digital, Marca: MECMESIN, Modelo: AFG 250N.**

El dinamómetro está calibrado para valores de fuerza de tracción y compresión; el cálculo de la estimación de incertidumbre ya se había realizado anteriormente considerando que a la medida obtenida con el equipo se le aplicaría la corrección.

La actualización de los cálculos realizados a este dinamómetro consistió en repetir todos los cálculos que ya se habían realizado anteriormente pero considerando el valor medido como verdadero, es decir, no se le aplicaría la corrección a la medida obtenida con el dinamómetro, esto con la intención de evitar el tener que estar corrigiendo los datos obtenidos con dicho equipo.

La actualización de los cálculos para el dinamómetro se realizó de la misma forma que se explica en el cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición del Dinamómetro digital, Marca: MECMESIN, Modelo: AFG 10N (Pág 58).

- **Actualización de los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición del Pie de Rey Marca: MITUTOYO, el Micrómetro Marca: TESA N° de serie: 9Z220202, el Medidor de Alturas Marca: MITUTOYO N° de serie: 700083 y el Temporizador Marca: ELEKTRONIK – ZEITZAHLER Modelo: D477.**

Para estos equipos, más que una actualización, lo que se hizo fue agregar una tabla de incertidumbres y tolerancias (En los archivos informatizados de dichos equipos ésta tabla se encuentra en la pestaña “Tolerancias”) en donde se resume algunas características importantes como el tipo de medida, el rango, la unidad con la que trabajan, el estado de la corrección, el valor de la tolerancia, el resultado de la incertidumbre calculada y lo más importante, la calificación, en la que se especifica si el equipo está o no aprobado para ser usado; así como otras descripciones relacionadas con el certificado de calibración del equipo.

5.2.2 Ensayos solicitados por el departamento de desarrollo.

Los diferentes departamentos de la fábrica (departamento de desarrollo, departamento de procesos, departamento de calidad, etc..) solicitan ensayos para productos que todavía se encuentran en proceso de diseño que son los prototipos, o también a productos que ya están en el mercado pero que se les ha hecho alguna modificación.

Los ensayos que solicitan los departamentos pueden tener como objetivo:

- Verificar que los productos cumplen con uno o varios capítulos de las normas españolas o la NEP (Norma de Especificación de Producto, creada por el Departamento de Desarrollo de la fábrica para aquellos productos distintos de las bases de enchufe y de los interruptores) que le compete.

- Obtener resultados del funcionamiento de los productos por medio de pruebas con parámetros y condiciones establecidas por el departamento que solicita el ensayo.

Los ensayos son asignados al personal del laboratorio de acuerdo al grado de dificultad del ensayo, a los conocimientos o experiencia que tiene cada analista del laboratorio y finalmente según la carga de trabajo.

Desde el momento en que se asigna el ensayo (que incluye la entrega de las muestras) la metodología que se utiliza para llevar a cabo los ensayos es la siguiente:

1. Marcar las muestras. Siempre se utiliza un lote de 3 muestras para realizar los ensayos.
2. Crear en el ordenador la carpeta en la que se guardan los registros de los resultados y el informe del ensayo. Luego crear dentro de la carpeta los documentos donde se registran los resultados.

El sistema del laboratorio tiene una serie de hojas para registro de datos o documentos diseñados específicamente para cada uno de los ensayos según normas españolas que se pueden realizar en el laboratorio; para las pruebas con parámetros y condiciones establecidas por otros departamentos se trabaja con una ficha genérica de ensayos especiales.

3. Realizar el ensayo. Si el ensayo es para verificar que los productos cumplen con uno o varios capítulos de las normas españolas o la NEP se debe leer el correspondiente capítulo de la norma, ya que estas normas describen detalladamente como se realiza el ensayo, con que materiales y herramientas y en que condiciones. Si el ensayo es para obtener resultados del funcionamiento de los productos por medio de pruebas con parámetros y condiciones establecidas por el departamento que solicita el ensayo entonces se lee el documento de solicitud del ensayo en el que el solicitante describe como se debe realizar la prueba.
Conociendo lo que se necesita y como se debe hacer el ensayo, se procede a preparar las muestras y hacer los montajes y conexiones respectivas; después de terminar el montaje del ensayo se pone en marcha y se toman los datos correspondientes.
4. Redactar un informe. Cuando los ensayos se realizan según normas se plasma en el informe los resultados obtenidos en el ensayo y se toma una decisión sobre el producto, que puede ser “CUMPLE” o “NO CUMPLE”, la decisión se toma según la norma, ya que estas establecen los parámetros para el cumplimiento de cada uno de los ensayos; en cambio, cuando los ensayos se realizan según parámetros y condiciones establecidas por el

departamento que solicita el ensayo al laboratorio solo le corresponde plasmar los resultados obtenidos en el ensayo, es el solicitante el que analiza los resultados y toma sus propias decisiones.

A continuación se exponen los distintos ensayos realizados para el departamento de desarrollo, esta descripción forma parte del paso 3 de la metodología arriba mencionada, pero se hace de forma independiente porque se ensayaron distintos productos:

- **Ensayo para Pilotos de Balizado serie modular (IKOR).**

Los pilotos de balizado son dispositivos que se utilizan para iluminar las señalizaciones de emergencia que se activan ante un corte de energía.

El ensayo para los pilotos de Balizado serie modular (IKOR) fue solicitado para verificar que dicho producto cumpliera con la NEP 81 (Norma de Especificación de Producto para Pilotos de Balizado).

El Manual de Procedimientos del laboratorio tiene una serie de procedimientos de ensayo y uno de ellos es el ENS 501, en el que se describe el procedimiento para verificar que los pilotos de balizado cumplen con la NEP 81. El procedimiento consta de 3 ensayos, pero según la solicitud del departamento de desarrollo, solo se realizaría el tercer ensayo.

Siguiendo las indicaciones para la realización del tercer ensayo se conectaron las tres (3) muestras de pilotos de balizado a la fuente de alimentación, con una tensión asignada de 220V a 50Hz, durante 24 horas sin interrupciones para cargar la batería de los pilotos de balizado.

Después de cargada la batería, se redujo la tensión de alimentación (actuando sobre la fuente de alimentación) hasta que la lámpara de señalización de las muestras se encendió. Con un multímetro se midió a que valor de tensión se encendieron las lámparas de señalización y con ese dato se calculó en que porcentaje se tuvo que bajar la tensión con respecto al valor asignado o tensión de carga.

Por último la tensión de la fuente se llevó a 0 voltios y se midió con un cronómetro durante cuanto tiempo la lámpara de señalización permanecía encendida.

Para evaluar los resultados obtenidos en los ensayos y validar los productos, se compararon los resultados con los siguientes parámetros establecidos por la NEP 81 para Pilotos de Balizado:

- El encendido de la lámpara de señalización debía realizarse cuando la tensión de alimentación descendiera por debajo del 70% de su valor asignado.
- El tiempo que la lámpara de señalización permaneciera encendida sería como mínimo de una hora.

- **Ensayo de envejecimiento visor serie modular.**

Algunos interruptores o pulsadores tienen en su interior una lamparita que permite identificar la ubicación de los mismos en un lugar oscuro; el visor es una parte desmontable de la tecla de los interruptores o pulsadores que permite visualizar la iluminación de esta lamparita.

El ensayo de envejecimiento del visor serie modular, se llevó a cabo para analizar la dureza del enganche visor-tecla del interruptor. Para efectuar este análisis se realizó una serie de pruebas a tres (3) muestras en el siguiente orden:

- Medición de la fuerza de compresión requerida para desprender el visor de la tecla. Se repitió tres veces esta medición para cada muestra, obteniéndose tres medidas de fuerza de las cuales se calculó un promedio. El equipo utilizado para la prueba fue el dinamómetro (figura 5).



Figura 5. Dinamómetro digital.

- Ensayo del apartado 15.1 de la norma UNE-EN 60669-1:2002. Este apartado se refiere a la dureza de los materiales. Para comprobar que las muestras cumplieran con este apartado se realizó la prueba de envejecimiento que describe la norma, que consistió en poner las muestras en un horno durante 7 días a una temperatura de $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. La norma establece que las muestras cumplen con este apartado de la norma si después de completar los 7 días en el horno, estas no presentan ningún deterioro en su material como deformaciones, o textura pegajosa, entre otros. En la ejecución de esta prueba se utilizó el termómetro con un termopar que se introdujo en el horno para visualizar el valor de temperatura.

- o Nuevamente se realizó la medición de la fuerza de compresión requerida para desprender el visor de la tecla.

Los resultados obtenidos en estos ensayos se analizaron teniendo en cuenta que, la dureza del material era adecuada si las muestras cumplían con el apartado 15.1 de la norma UNE-EN 60669-1:2002 y la fuerza con la que se desprendió el visor de la tecla después del ensayo del apartado 15.1 no era tan inferior a la fuerza medida antes de realizar el ensayo del apartado 15.1.

- **Ensayo Tapa serie schuko modelo 2288.**

Las tapas serie schuko modelo 2288 (figura 6) son pequeños pozos donde se insertan las clavijas en las bases de enchufes. Estas tapas se ensayaron con el objetivo de comprobar que cumplían con el apartado 25.2 de la norma UNE 20315-1-1:2004 que esta relacionado con la resistencia al calor del material de las tapas.

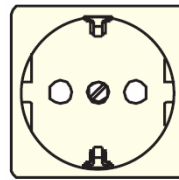


Figura 6. Tapa serie schuko modelo 2288

Para comprobar que las muestras cumplían con este apartado se realizó el ensayo descrito en dicho apartado, así que se introdujeron las tres (3) muestras en un horno, que se encontraba a una temperatura de $125^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ verificada con un termómetro con termopar. Sobre la superficie de las muestras se aplicó una bola de acero de 5 mm. de diámetro y con una fuerza de 20 N como la que se muestra en la figura 7. Después de una hora se midió con un microscopio la huella que dejó la bola de acero sobre las muestras.

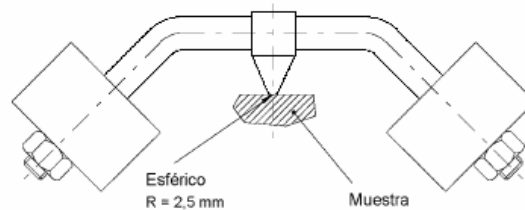



Figura 7. Bola de acero para ensayo apartado 25.2 de la norma UNE 20315-1-1:2004

Según este apartado de la norma, se considera que el material de las tapas es resistente al calor si la huella que deja la bola de acero es

menor de 2 mm. Este fue el parámetro que se tuvo en cuenta para dar el cumplimiento a las tapas serie schuko.

- **Ensayo mecánico para Bases de enchufe serie 2103**

El ensayo mecánico para bases de enchufes serie 2103 (figura 8) se realizó con el objetivo de comprobar que estos enchufes cumplieran con el apartado 20 de la norma UNE 20315:1994 o la versión actualizada UNE 20315-1-1:2004 que se refiere al funcionamiento normal de la base de enchufe.



DENOMINACIÓN	CÓDIGO	COLOR	DATOS TÉCNICOS
Bipolar normal europea.	2103	BA BM	10 A / 250 V~ SOLO PARA REPOSICION Para clavijas con espigas Ø 4 mm.

Figura 8. Base de enchufe serie N2103.

La prueba que se realizó para comprobar este apartado consistió en instalar las muestras para uso normal en una maquina como la que se muestra en la figura 9 con un sistema que a presión y con ayuda de unos resortes permitió la introducción y la extracción de la clavija en la base de enchufe cada cierto tiempo; este tiempo puede ser modificado de acuerdo a las exigencias de la norma.

Las condiciones que se aplicaron para este ensayo fueron iguales a las características eléctricas del producto que se ensayó (Ej: Para un mecanismo de tensión asignada 250 V. e intensidad asignada 10 A. el ensayo se realizó a 250 V, 10 A, y $\cos 0.8$). El número de repeticiones para este caso fue de 5000 ciclos⁵, para simular varios años de funcionamiento normal.

⁵ Un ciclo equivale a una introducción y extracción de la clavija.

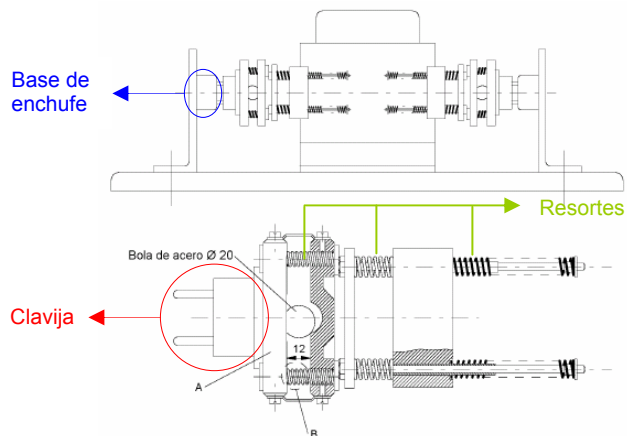


Figura 9. Máquina para ensayo de funcionamiento normal para bases de enchufes.

El parámetro que se utilizó para validar las bases de enchufes fue tomado de este mismo capítulo de la norma, el cual dice que los mecanismos deben finalizar los ciclos completos, sin interrupciones y al terminarlos no deben presentar ningún daño.

- **Ensayo para regulador de intensidad con distintos transformadores electrónicos del mercado.**

Los reguladores de intensidad son dispositivos que permiten encender/apagar y reducir/aumentar la intensidad de luz de lámparas incandescentes o halógenas con transformadores o balastos electrónicos.

El objetivo de los ensayos realizados a los reguladores de intensidad era probar el funcionamiento de estos reguladores de acuerdo con las exigencias establecidas por el departamento de desarrollo, las cuales se enuncian a continuación:

- o Ninguna presentación de parpadeos en las cargas (en las lámparas) a la hora de regular la intensidad.
- o Analizar el comportamiento de los reguladores con distintos transformadores electrónicos del mercado.

El ensayo consistió en instalar el regulador para uso normal con transformadores electrónicos de diferentes marcas y con lámparas halógenas a distintas potencias (entre 50 y 450 W).

Se realizaron pruebas de funcionamiento para cada combinación de transformador y carga; algunas de las pruebas era de encendido y apagado (on - off) y dejar las lámparas encendidas durante mas o menos una hora a la mínima regulación y comprobar que no se apagaban las lámparas en ese transcurso de tiempo. Para validar que no se presentaran parpadeos en las cargas se realizó una prueba de

regulación en sentido ascendente y descendente, observándose el comportamiento de las cargas durante la regulación.

Dentro de los equipos que se utilizaron para realizar el ensayo están la fuente de alimentación y de los materiales se utilizaron transformadores electrónicos de distintas marcas (OSRAM, Relco, ELT, PHILLIPS, entre otros) y lámparas halógenas de 50 W.

5.2.3 Auditorías internas de producto solicitadas por el departamento de calidad.

Cada año el departamento de calidad planifica la realización de auditorías internas, que pueden ser a bases de enchufes, interruptores, dispositivos electrónicos, portalámparas y demás.

Las auditorías se realizan para verificar que los productos fabricados cumplen con la norma de calidad que les compete. Como todos los años se están fabricando estos productos, las auditorías se deben repetir cada cierto tiempo (el intervalo de tiempo es del orden de años).

Las auditorías, así como los ensayos solicitados por otros departamentos son asignados al personal del laboratorio de acuerdo al grado de dificultad de la auditoría, a los conocimientos o experiencia que tiene cada analista del laboratorio y finalmente según la carga de trabajo.

Desde el momento en que se asigna la auditoría (que incluye la entrega de las muestras sacadas del almacén) la metodología con la que se desarrolla es:

1. Marcar las muestras. Siempre se utiliza un lote de 3 muestras para realizar los ensayos, aunque cuando se auditan todos los apartados de la norma que les corresponde se necesitan más de 3 muestras (12 para las bases de enchufes y 21 para interruptores, conmutadores y pulsadores).
2. Crear en el ordenador la carpeta en la que se guardan los registros de los resultados y el informe de la auditoría. Luego crear dentro de la carpeta los documentos donde se registran los resultados.

El sistema del laboratorio tiene una serie de registros de datos o documentos diseñados específicamente para cada uno de los ensayos descritos en las normas que se pueden realizar en el laboratorio.

3. Realizar los respectivos ensayos de la auditoría. Se deben leer los capítulos de la norma que sean objeto de ensayo, ya que estas normas describen detalladamente como se realiza cada ensayo, con que materiales y herramientas y en que condiciones.

Conociendo lo que se necesita, como se debe hacer el ensayo y como se deben evaluar los resultados, se procede a preparar las muestras, hacer los montajes y conexiones respectivas; después de terminar el montaje del ensayo se pone en marcha y se toman los datos correspondientes.

4. Redactar un informe. En el informe se plasman los resultados obtenidos en cada apartado de la norma y se toma una decisión sobre el producto que puede ser “CUMPLE” o “NO CUMPLE”, la decisión se toma según la norma, ya que estas establecen los parámetros para el cumplimiento de cada uno de los ensayos.

La siguiente descripción de los ensayos realizados en cada auditoría forma parte del paso 3 de la metodología arriba mencionada; se ha comentado cada auditoría de forma independiente ya que a cada tipo de producto le compete una norma específica:

- **Auditoría interna de producto Familia Módulos EGI.**

La familia de módulos EGI está conformada por el siguiente grupo de dispositivos:

- o Teclado codificado (figura 10): Este mando en funcionamiento normal permite la apertura/cierre de un relé de contacto libre de tensión mediante la introducción de uno de los nueve posibles códigos de seguridad o PIN teniendo la opción de temporización de apertura del relé.

TECLADO CODIFICADO

Mecanismos



DENOMINACIÓN	CÓDIGO	DATOS TÉCNICOS
Teclado codificado	8153.5	230 V~ / 50 Hz 127 V~ / 60 Hz Carga conectable: 3A cos φ : 0,5 Tolerancia en los tiempos de apertura: 7% Consumo: <1W

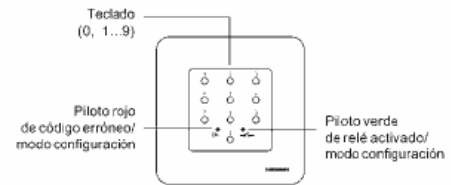


Figura 10. Teclado codificado.

- o Reloj despertador con termómetro digital (figura 11): Este mando en funcionamiento normal trabaja como reloj horario y además incorpora alarma sonora. Como función añadida, mide la temperatura ambiente y la muestra con la pulsación de una tecla. Admite formato “12 o 24 horas” y, además, permite calibrar el termómetro.

RELOJ DESPERTADOR TERMÓMETRO

Mecanismos



DENOMINACIÓN	CÓDIGO	DATOS TÉCNICOS
Reloj despertador termómetro	8149.5	230V~ / 50 Hz. Temperatura de uso: de 0°C a 50°C. Autonomía del reloj sin alimentación: 2 minutos.



Figura 11. Despertador con termómetro digital.

- o Termostato digital (figura 12): Este mando permite controlar aparatos de frío y calor (no simultáneamente) a partir de su termostato electrónico interno. Además, gracias a su modo nocturno, permite mantener una temperatura diferencial (de 0°C a 5°C y también programable) para ahorrar energía con solo una pulsación de tecla.

TERMOSTATO DIGITAL

Mecanismos



DENOMINACIÓN	CÓDIGO	DATOS TÉCNICOS
Termostato digital	8140.5	230V~ / 50Hz. Salida libre de tensión (NA) Carga máxima: 3A cos φ = 0,5. Modos de actuación: 1) Histéresis: 0,5°C 2) Ancho de pulso: ±4°C respecto a la temperatura de consigna. Temperatura de uso: De 0°C a 50°C. Consumo <1W

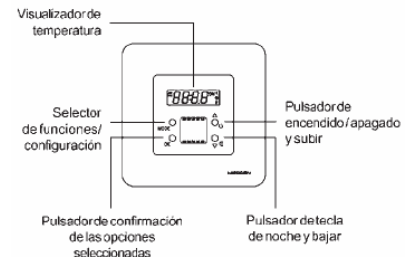


Figura 12. Termostato digital.

El objetivo de la auditoría a estos productos era verificar que cumplieran con la NEP 40.5 (Norma de Especificación de Producto para el termostato-termómetro digital), la NEP 49.5 (para Reloj-termómetro digital), y la NEP 53.5 (para control de accesos o teclado codificado). Para verificar que los productos cumplen con estas NEP's se realizaron tres ensayos relacionados con la presentación del producto (marcado y envasado) y el correcto funcionamiento según las instrucciones documentadas para dichos productos.

El primer ensayo realizado respecto al envasado y presentación de los tres productos permitió verificar los siguientes aspectos:

- o que el envase correspondiera al artículo.
- o que el envase estuviera limpio, sin roturas ni grietas.
- o que apareciera el código correcto y la fecha de fabricación en el envase.
- o que estuvieran las instrucciones de uso y la garantía.
- o que el envase tuviera un buen aspecto y que no faltaran componentes.

El segundo ensayo realizado a este grupo de productos estuvo relacionado con el marcado de los mismos donde se verificaron los siguientes aspectos:

- que los productos tuviesen la identificación del fabricante, la referencia del tipo de producto y el marcado CE.
- que los bornes estuvieran identificados.
- que aparecieran las características eléctricas como son la tensión, la corriente y su tipo (alterna, o continua).

El tercer ensayo realizado en esta auditoría buscaba validar el funcionamiento de los productos. Para este ensayo se instalaron las muestras de los distintos productos según las instrucciones (figuras 13, 14, 15, 16 y 17).

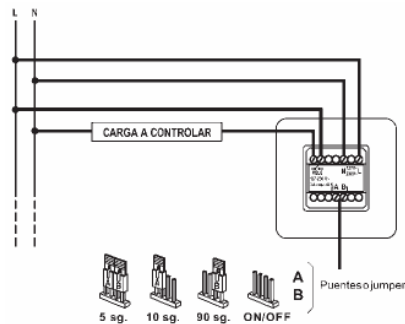


Figura 13. Esquema de conexiones del teclado codificado para cargas y dispositivos con entrada NO libre de potencial.

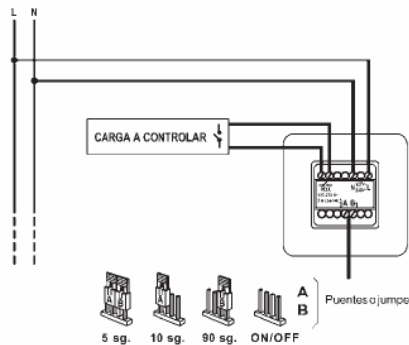


Figura 14. Esquema de conexiones del teclado codificado para cargas y dispositivos con entrada libre de potencial.

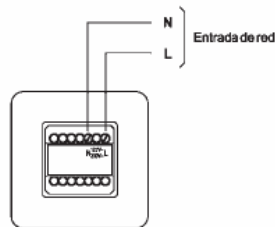


Figura 15. Esquema de conexiones del reloj despertador con termómetro.

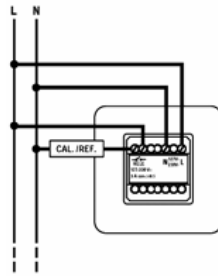


Figura 16. Esquema de conexión del termostato digital para instalaciones de frío o calor con entrada NO libre de potencial.

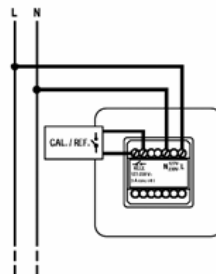


Figura 17. Esquema de conexión del termostato digital para instalaciones de frío o calor con entrada libre de potencial.

En la tabla 2 que se muestra a continuación se describen los aspectos que se verificaron para cada producto de la familia de módulos EGI en este último ensayo.

Tabla 2. Clasificación de Aspectos Verificados.

Producto	Aspectos verificados
Teclado codificado	<ul style="list-style-type: none"> - Configuración de nueve claves que fueran todas correctas. - La introducción de claves correctas activarían un indicador verde. - La introducción de una clave incorrecta activaría el indicador rojo.
Despertador con termómetro	<ul style="list-style-type: none"> - Marcación correcta de la hora. - Correcto funcionamiento de la alarma del despertador. - Medición de la temperatura ambiente.
Termostato digital	<ul style="list-style-type: none"> - Control de la temperatura ambiente en el valor deseado.

Como resultado del ensayo se comprobó que los productos funcionaban correctamente en todas las aplicaciones para las que estaban diseñados.

Para la realización de estos ensayos se utilizaron materiales como las probetas de ensayo⁶, donde se insertaban los mecanismos para uso normal con sus respectivos conductores y equipos como la fuente de tensión para alimentar los mecanismos.

Adicionalmente para ensayar el reloj despertador con termómetro digital, se utilizó un cronómetro para comprobar el funcionamiento del reloj; para ensayar el termostato digital se utilizó como carga una lámpara incandescente y con el encendido y apagado de la lámpara se comprobó el funcionamiento del termostato digital.

- **Auditoría interna a Pilotos de Balizado.**

Los pilotos de balizado son dispositivos que se utilizan para iluminar las señalizaciones de emergencia que se activan ante un corte de energía, un ejemplo de estos es el que se muestra en la figura 18.

PILOTOS DE BALIZADO AUTÓNOMOS

Mecanismos



DENOMINACIÓN	CÓDIGO	DATOS TÉCNICOS
Piloto autónomo	8181	220 V ~ / 50 Hz Autonomía superior a 1 hora tras 24 horas de carga. Flujo luminoso: 4 lúmenes. Dotados con lámpara de señalización y emergencia.
Piloto autónomo para telemando	8181.1	Consumo del telemando de 1mA, en ref.: 8181.1

Figura 18. Pilotos de balizado.

El objetivo de la auditoría interna de producto en los Pilotos de balizado serie 8181, era validar que el producto funcionara correctamente según las instrucciones documentadas para éste y lo indicado en la NEP 81 (para Pilotos de Balizado). Los ensayos exigidos por la NEP 81 se encuentran descritos en el documento (ENS 501) del Manual de Procedimientos del Laboratorio.

Para el cumplimiento de éste objetivo se realizaron tres ensayos, el primer ensayo relacionado con el envasado y la presentación del producto; el segundo ensayo relacionado con el marcado del producto, y finalmente el tercer ensayo relacionado con el funcionamiento del producto.

En el primer y segundo ensayo se verificaron los mismos aspectos que se verificaron en los dos primeros ensayos de la auditoría interna de producto Familia Módulos EGI (Pág 86).

⁶ Son pequeñas cajas de madera huecas, rellenas con yeso y con una pequeña caja de empotrar en el centro para insertar los mecanismos.

En el tercer ensayo realizado se conectaron las tres (3) muestras de pilotos de balizado 8181 y las tres (3) muestras de pilotos de balizado 8181.1 a la fuente de alimentación con una tensión asignada de 220V, a 50Hz, con las conexiones como se muestra en la figura 19, durante 24 horas sin interrupciones para cargar la batería de los pilotos de balizado.



Figura 19. Esquemas de conexión para Pilotos de balizado 8181 y 8181.1

Después de cargada la batería se redujo la tensión de alimentación (actuando sobre la fuente de alimentación) hasta que la lámpara de señalización de las muestras se encendió. Con un multímetro se midió a que valor de tensión se encendieron las lámparas de señalización y con ese dato se calculó en que porcentaje se tuvo que bajar la tensión con respecto al valor asignado o tensión de carga.

Por último la tensión de la fuente se llevó a 0 voltios y se midió con un cronómetro durante cuanto tiempo la lámpara de señalización permanecía encendida.

Para evaluar los resultados obtenidos en los ensayos y validar los productos, se compararon los resultados con los siguientes parámetros establecidos por la Norma de Especificación de Producto para Pilotos de Balizado:

- El encendido de la lámpara de señalización debía realizarse cuando la tensión de alimentación descendiera por debajo del 70% de su valor asignado.
- El tiempo que la lámpara de señalización permaneciera encendida sería como mínimo de una hora.

- **Auditoría interna a interruptores y pulsadores.**

Los interruptores son aparatos o sistemas de poder de corte, destinados a efectuar la apertura y/o cierre de un circuito eléctrico. Puede ser unipolar, bipolar, tripolar o tetrapolar.


Los pulsadores son elementos que permiten el paso o interrupción de la corriente mientras son accionados. Cuando ya no se actúa sobre ellos vuelven a su posición de reposo.

Las auditorías internas realizadas a los interruptores y pulsadores se llevaron a cabo para comprobar que estos productos cumplieran con ciertos apartados de la norma UNE-EN 60669-1:2002.

La auditoría interna para interruptores de cruzamiento 2110 (figura 20), y la auditoría interna para pulsadores de persianas 2244 serie: stylo de 16 Amperios (figura 21) tenían como objetivo comprobar que estos productos cumplieran con los apartados 17, 18 y 19 de la norma UNE-EN 60669-1:2002.


INTERRUPTORES

Mecanismo



DENOMINACIÓN	CÓDIGO	COLOR	DATOS TÉCNICOS
Interruptor monopolar	2101	BA BM	Iluminable con lámpara neón Ref: 2191.
Interruptor bipolar	2101.2	BA BM	Iluminable con lámpara neón Ref: 2192.
Conmutador	2102	BA BM	Iluminable con lámpara neón Ref: 2192.
Cruzamiento	2110	BA BM	Iluminable con lámpara neón Ref: 2192. 10 AX / 250 V~

Figura 20. Interruptor de cruzamiento 2110.



DENOMINACIÓN	CÓDIGO	COLOR	DATOS TÉCNICOS
Doble pulsador para persianas	2244	BA BM	10A / 250V~
Doble interruptor para persianas.	2244.1	BA BM	10Ax / 250V~

Figura 21. Pulsador de persianas 2244.

El capítulo 17 de la norma UNE-EN 60669-1:2002 se refiere al calentamiento de los bornes del mecanismo⁷, los cuales se encargan de alojar y asegurar los cables conductores. Para comprobar que los interruptores de cruzamiento 2110 y los pulsadores de persianas 2244 cumplieran con este capítulo de la norma, se realizó una prueba que consistió en hacer circular una corriente determinada para el mecanismo durante una hora e ir midiendo con unos termopares ubicados en los bornes de las muestras, la temperatura que alcanzaban en ese intervalo de tiempo. La diferencia entre la temperatura que alcanzaban los bornes y la temperatura ambiente del recinto donde se realizó la prueba, era la temperatura absoluta que se utilizó para comprobar si se cumplía con este capítulo de la norma.

⁷ Es el conjunto de elementos (contactos, balancín, bornes, etc.) rígidos o móviles unos respecto de otros, cuyo propósito es la transmisión de movimientos que permiten el paso o interrupción de la corriente en un circuito eléctrico.

La condición o parámetro que exige la norma y que se tuvo en cuenta para dar el cumplimiento de este capítulo fue que la temperatura absoluta fuera menor de 45° k.

Para realizar este ensayo se utilizaron materiales como probetas de ensayo⁸, donde se insertaban los conductores, los mecanismos y los termopares encargados de medir la temperatura. Estos termopares estaban conectados a un registrador de datos como el que se muestra en la figura 22 que permitía guardar toda la información de temperatura recogida por los termopares durante la hora que tardaba el ensayo. También se utilizaron algunos equipos como la fuente de intensidad que proporcionaba la corriente necesaria para el ensayo, el termohigrómetro que permitía medir la temperatura ambiente del laboratorio, el multímetro digital con el que se medía la caída de tensión en los contactos del mecanismo y las llaves dinamométricas con las que se apretaban los bornes de tornillo para sujetar los conductores con una fuerza determinada.



Figura 22. Registrador de datos marca Fluke.

El capítulo 18 de la norma UNE-EN 60669-1:2002 se refiere al poder de cierre y de corte de los contactos que efectúan la conmutación (abrir – cerrar) o cambios de posición del mecanismo. Para comprobar que las muestras cumplieran con este apartado de la norma, se instalaron los mecanismos para uso normal en una máquina con un sistema de engranajes que permitía que los mecanismos efectuaran cambios de posición (figura 23), pulsando cada cierto tiempo la tecla del mecanismo.

⁸ Son pequeñas cajas de madera huecas, rellenas con yeso y con una pequeña caja de empotrar en el centro para insertar los mecanismos.

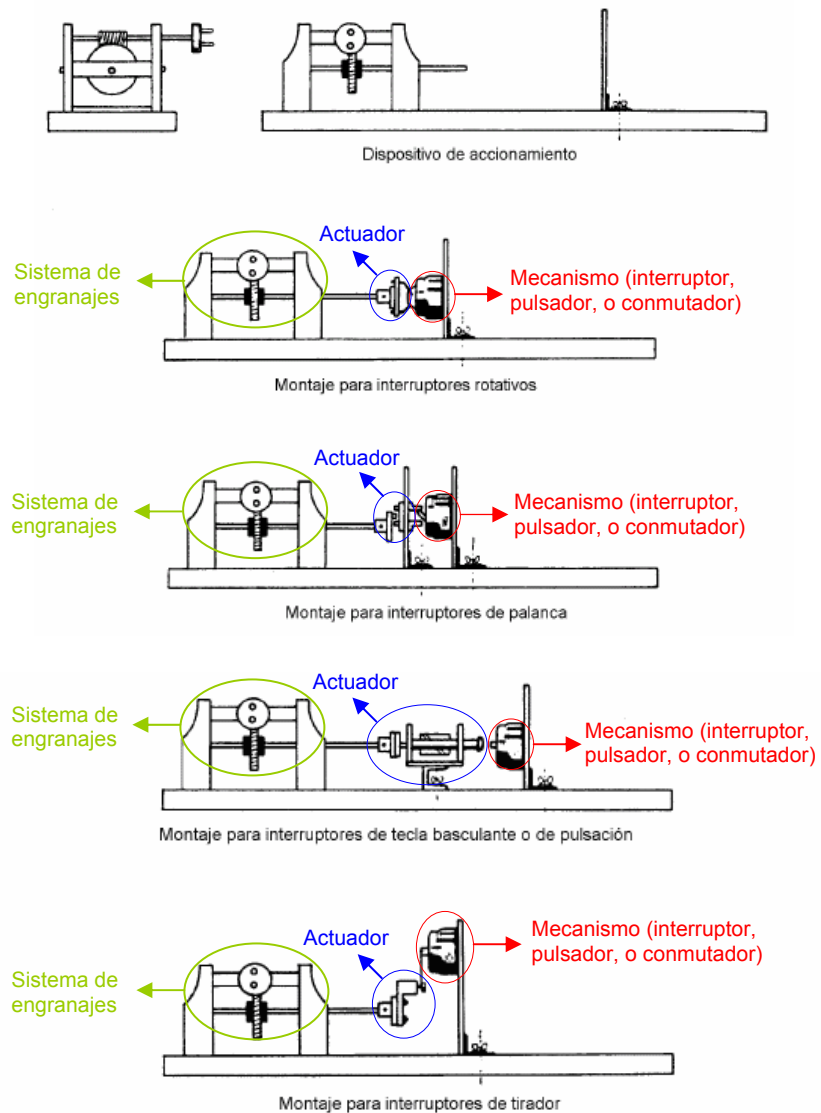


Figura 23. Máquina para ensayo de poder de cierre y de corte y funcionamiento normal de los distintos mecanismos.

Dependiendo de las características del mecanismo y su configuración, la norma establecía unas condiciones de tensión, corriente, factor de potencia y número de cambios de posición que se controlaron de forma visual. Ejemplo: Para un mecanismo de tensión asignada 250 V. e intensidad asignada 16 A. el ensayo se realizó a 275 V, 20 A, $\cos 0.3$. y se realizaron entre 100 y 200 cambios de posición según características del mecanismo.

Para este capítulo la norma exige que los mecanismos deban finalizar los ciclos completos sin interrupciones y al terminarlos no deben

presentar ningún daño; así que este fue el parámetro que se utilizó para validar los mecanismos.

El capítulo 19 de la norma UNE-EN 60669-1:2002 está relacionado con el funcionamiento normal de los contactos que efectúan los cambios de posición o conmutación. La norma exige que los mecanismos deban realizar ciclos completos, sin interrupciones y al terminarlos no deben presentar ningún daño.

Como en el caso anterior, la prueba que se realizó para comprobar este apartado de la norma, consistió en instalar los mecanismos o muestras para uso normal en una máquina con un sistema de engranajes que permitía que los mecanismos efectuaran cambios de posición (figura 23). A diferencia del anterior ensayo las condiciones de tensión y corriente establecidas por la norma eran las mismas que las condiciones eléctricas de los mecanismos con un factor de potencia determinado. (Ejemplo: Para un mecanismo de tensión asignada 250 V. e intensidad asignada 16 A. el ensayo se realizó a 250 V, 16 A.). Durante el ensayo se realizó un control visual de las condiciones como se menciona para el capítulo 18 de la norma UNE-EN 60669-1:2002.

En esta prueba las muestras tenían que realizar entre 20000 y 40000 cambios de posición con lo que se estaba simulando varios años de funcionamiento normal.

Para llevar a cabo esta prueba, así como la prueba del capítulo 18 de la norma, se utilizaron algunos elementos como las máquinas de ensayos que se muestran en la figura 23, medidores de tensión, corriente y factor de potencia, conductores y algunas herramientas como llaves y destornilladores para ajustar las muestras en las máquinas. De las fuentes de alimentación utilizadas para realizar estos ensayos no se conocieron las características porque no se tuvo acceso a estas, los ensayos se realizaban manipulando todo lo relacionado con la alimentación por medio de unos tableros de control.

- **Auditoría interna para bases de enchufes familia 2328 (Bases de enchufe para México).**

La auditoría interna para bases de enchufes familia 2328 (Bases de enchufe para México) (figura 24) se llevó a cabo con el objetivo de comprobar que estos enchufes cumplieran con algunos apartados de ciertas normas mexicanas (NMX-J-508-ANCE-2003, NMX-J-412-ANCE-1981, NMX-J-163-ANCE-2004) e internacionales como la IEC 60884-1:2002.

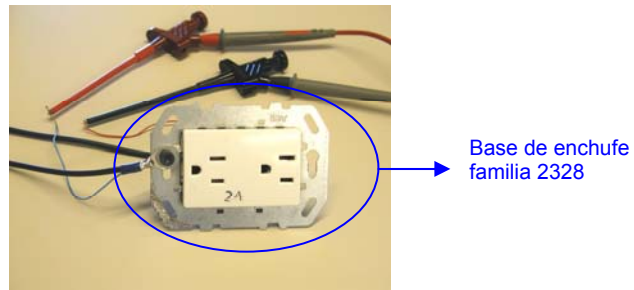


Figura 24. Base de enchufe familia 2328

En el caso de la norma mexicana NMX-J-508-ANCE-2003 se realizó una serie de ensayos para comprobar que se cumplía con los apartados 6.1.1, 6.1.2, 6.2.1, 6.2.2 y 7.

El desarrollo de las pruebas se realizó según el orden establecido en la norma como se describe a continuación:

- a) Apartado 6.1.1. Se refiere al acondicionamiento por humedad. La prueba se realizó introduciendo las muestras en una cámara climática durante 48 horas a una humedad relativa entre 91 y 95 % y con una temperatura de 28°C. La norma considera que las muestras cumplen con este apartado si después de dicha prueba no presentan ningún tipo de deterioro que incumpla los requisitos de esta norma. Este fue el parámetro con el que se evaluaron los resultados obtenidos en este apartado.
- b) Apartado 6.2.1: Tiene como objetivo verificar que la resistencia de aislamiento es adecuada. El ensayo se realizó utilizando un equipo de resistencia de aislamiento que aplicó una tensión continua de 500V. durante un minuto en los siguientes puntos de la base de enchufe:
 - Entre partes con tensión de diferente polaridad.
 - Entre partes de metal y material aislante expuestos al contacto por personas.
 - Entre partes vivas de metal y partes de metal puestas a tierra.

La norma mexicana establece que las muestras cumplen con este apartado si el valor de resistencia obtenido no es inferior a 5 MΩ.

- c) Apartado 6.2.2: Tiene como objetivo verificar que la rigidez dieléctrica es adecuada. El ensayo se realizó utilizando un equipo de rigidez dieléctrica que como exige la norma aplicó una tensión alterna de 1260V. a 50 Hz durante un minuto; y los puntos de aplicación fueron los mismos del apartado 6.2.1.

La norma mexicana establece que las muestras cumplen con este apartado si en el transcurso de la prueba no se producen descargas disruptivas, flameos o arcos eléctricos.

- d) Apartado 6.1.2: Tiene como objetivo verificar la resistencia al calor anormal y al fuego de las partes de material aislante de las bases de enchufes. El ensayo se realizó con un hilo incandescente por el cual circula una corriente muy alta que provoca que el hilo incandescente alcance temperaturas de hasta 960° C (que es la temperatura a la que se derrite la plata y con la que se verifica el error del termopar que va conectado al hilo incandescente).

En la realización de este ensayo se acondicionó el hilo incandescente para que alcanzara temperaturas entre 650° y 850°C dependiendo de la parte de material aislante que se estaba evaluando. Cuando se consiguió esta temperatura la extremidad del hilo incandescente se puso en contacto con la muestra durante 30 s. (± 1 s.) y después de transcurrido este tiempo se separó lentamente el hilo de la muestra. Pero el ensayo finalizó transcurridos otros 30 s. más. Durante el ensayo se tomaron algunos datos como:

- El tiempo que tardó la muestra en prender fuego desde el inicio de la prueba.
- El tiempo que tardaron las llamas en extinguirse.
- La altura de las llamas.
- Observación del estado de la madera que se encontraba debajo de la muestra.
- Presencia de restos de la muestra inflamada adherida al hilo incandescente.

El análisis de estos resultados para considerar que las muestras cumplen con el ensayo se ha realizado tomando como base los parámetros que establece la norma, los cuales son:

- Que no se presente ninguna llama ni incandescencia prolongada.
- Si se presentan llamas, que las llamas y la incandescencia de la muestra se extingan dentro de los 30 s. siguientes a la retirada del hilo incandescente.
- La madera no debe haberse chamuscado.

- e) Apartado 7: Tiene como objetivo verificar el correcto marcado de las muestras. Se realizó una prueba visual, en la que se examinó que cada muestra tuviera impresa en su superficie todos los datos relacionados al producto como tensión nominal, símbolo de

corriente alterna, frecuencia, corriente nominal, nombre del fabricante, símbolo de puesta a tierra.

De la norma mexicana NMX-J-412-ANCE-1981 se quería comprobar que las muestras cumplieran con el capítulo 8.8 que consta de una prueba de seguridad del contacto aterrizado o contacto de tierra. En esta prueba se insertó una espiga en el contacto de tierra con un peso de 2,27 Kg. como exige la norma que colgaba de la espiga. Este peso sobre la espiga se dejó colgando durante un minuto, y después de que se cumpliera el minuto se giraba la muestra 90° y se volvía a insertar la espiga con el peso durante un minuto en el contacto de tierra; y se repitió este procedimiento hasta completar los 360°.

Según la norma, se consideró que las muestras cumplieran con este apartado si la espiga no se salía del contacto de tierra, y si no se presentaban grietas ni roturas en el contacto de tierra.

Para la realización de este ensayo se utilizaron materiales como las probetas de ensayo para fijar las muestras, una espiga con soporte para colgar peso, unas pesas para conseguir 2,27 Kg. y un cronómetro para controlar el tiempo.

En el caso de la norma mexicana NMX-J-163-ANCE-2004 solo se quería comprobar que las muestras cumplieran con la Figura A.5 Configuración C1.5 (5-15) de la norma; y para comprobar esto se midieron sobre las muestras determinadas cotas especificadas en la figura. Para realizar esta medida se utilizó el pie de rey y para las cotas muy pequeñas el microscopio.

No solo se realizaron ensayos referentes a las normas mexicanas, también se realizaron ensayos para comprobar los apartados 8.8, 21 y 24.1 de la norma internacional IEC 60884-1:2002 y se describen a continuación:

- a) Apartado 8.8: Relacionado con la durabilidad del marcado. Se comprobó mediante un ensayo en el que se frotaron las marcas que tiene el producto con una tela rugosa, agua y gasolina durante 15 seg. Si las marcas no se borraban después de frotarlas entonces si cumplían las muestras con este apartado.
- b) Apartado 21: Está relacionado con el funcionamiento normal de las bases de enchufes. La prueba que se realizó para comprobar este apartado es como se describe en el “Ensayo mecánico para Bases de enchufe serie 2103” en la pág. 83.
- c) Apartado 24.1: Este apartado tiene como finalidad verificar que las bases de enchufe tienen una resistencia mecánica suficiente

con el fin de que soporten los esfuerzos que se efectúan durante su instalación y uso. Para comprobar que las muestras cumplieran con este apartado se realizó un ensayo en una máquina de choque, en la cual se ubicó la muestra sobre una probeta de ensayo y se ajustó a la máquina, la cual está diseñada para propinar golpes a la superficie de la muestra y desde distintos ángulos.

Según la norma, de los resultados de este ensayo se consideraba que al finalizar la prueba las muestras no deberían presentar deterioros o roturas en la superficie de las mismas y en particular, las partes activas⁹ no debían haberse vuelto accesibles.

⁹ Partes por donde circula la corriente y la tensión en las bases de enchufes.

6. APORTES AL CONOCIMIENTO

6.1 APORTES DE LAS PRACTICAS AL ESTUDIANTE

La práctica en la fábrica Niessen permitió la aplicación de los conocimientos teóricos que fundamentan los sistemas eléctricos y electrónicos gracias a la diversidad de productos que deben ser validados en el laboratorio. Igualmente se adquirió dominio en el manejo de los diferentes equipos de medición como dinamómetros, registradores de datos, vatímetros, multímetros, micrómetros, medidores de alturas, etc.

Para realizar las actualizaciones y el cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición de los equipos se adquirieron conocimientos acerca de conceptos y métodos necesarios para realizar estos cálculos como son la definición de la función que rige una medida, la Ley de Propagación de las varianzas o el método de regresión entre otros.

El desarrollo de ensayos y auditorías internas brindó la oportunidad de conocer la estructura interna de algunas bases de enchufe e interruptores, así como también sus distintas configuraciones.

Se obtuvo conocimiento sobre el sistema normativo (reglamentación internacional, nacional) que rige la operación de algunos productos ofrecidos por la fábrica como bases de enchufe e interruptores y que su cumplimiento es un requisito indispensable para que el producto pueda comercializarse.

También se entendió y asimiló el objetivo del laboratorio (que forma parte del departamento de calidad) dentro del engranaje organizacional de la fábrica Niessen.

El hecho de trabajar en el área de calidad sirvió para conocer la dinámica de las certificaciones de calidad y las entidades u organizaciones encargadas de ello, porque de acuerdo a la situación geográfica (país, continente) y al mercado en el se comercializa el producto que se desea certificar las certificaciones y entidades que corresponden son distintas.

Otro aspecto importante a valorar e igualmente enriquecedor es el hecho de trabajar con gente de otra cultura y en un entorno en el que se vive la

globalización, y con globalización se hace referencia a la gran importancia del dominio de distintos idiomas ya que la fábrica está ubicada en una región donde se hablan dos idiomas, además pertenece a una multinacional y por ser de la unión europea tiene estrechas relaciones con países como Alemania, Italia, Francia, entre otros. Este ambiente de trabajo despierta el deseo de superación, de complementar la formación (aprender idiomas, actualizar y ampliar los conocimientos) y también demuestra que el mercado, los negocios y las empresas están en constante cambio y evolución, razón por la cual los profesionales no pueden estancarse ni conformarse con lo que tienen, de lo contrario no se tendrá oportunidad en el mundo laboral.

Por último, la oportunidad de estar en un entorno de trabajo internacional fue una experiencia enriquecedora para la formación como profesional, porque el área de trabajo en la que se llevó a cabo las prácticas fue como abrir una ventana a las nuevas tecnologías de la metrología que permitió conocer y estar en contacto con una gran variedad de equipos de medición, todos digitales, con tecnologías que solo las empresas con recursos se pueden permitir.

6.2 APORTES DEL ESTUDIANTE AL LABORATORIO

Durante el desarrollo de las prácticas en el laboratorio, uno de los aportes proporcionado fue la habilidad para interpretar los circuitos y montajes necesarios para la realización de los ensayos, es decir, que no era necesario recibir instrucciones detalladas de cómo hacer las conexiones, con el diagrama del circuito bastaba para realizar el montaje; esto gracias a los conocimientos previos que se tienen de electrónica.

Con respecto a los estudios de incertidumbre de medición no se dieron ocasiones en las que se hiciera un aporte al laboratorio ya que la mayor parte del tiempo invertido en esta actividad fue empleado para adquirir conocimientos acerca de este tema. Al desarrollar los cálculos se presentaban casos en los que era necesario discutir la veracidad de la técnica o procedimientos que se estaban empleando, pero estas situaciones se resumían en un análisis conjunto entre el tutor y el estudiante en prácticas donde se exponían las ideas y opiniones y finalmente se tomaban las medidas oportunas.

Finalmente podría decirse que el mejor aporte fue aplicar rápidamente los conocimientos necesarios para el adecuado acoplamiento a la dinámica de trabajo del laboratorio dando soporte y desarrollando las actividades de acuerdo a las normas correspondientes, así como también el desarrollo de los

proyectos programados por el laboratorio y de esta forma aumentar el rendimiento del laboratorio y la capacidad de gestión de las ofertas de ensayos recibidas.

7. CONCLUSIONES

- El cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición de los equipos es un procedimiento de gran importancia para los laboratorios que realizan ensayos o calibraciones, ya que con esto se esta asegurando la capacidad de medida que se tiene, cumpliendo con uno de los requisitos de la norma ISO/IEC 17025:2005.
- El cálculo de la estimación de la incertidumbre de medición de los equipos se basa en la correcta definición de la función que rige la medida que hace el equipo teniendo en cuenta las contribuciones de las distintas magnitudes de influencia y la aplicación adecuada de la Ley de Propagación de las Varianzas.
- Los cálculos de la estimación de la incertidumbre de medición emplean una variedad de datos relacionados con los equipos y entre ellos esta la corrección y la incertidumbre de calibración, los cuales se obtienen de las calibraciones que se hacen de forma periódica; por esta razón se deben actualizar los datos de los cálculos cada vez que se calibran los equipos porque con el paso del tiempo y el uso continuado estos van perdiendo ciertas propiedades que se ven reflejadas en los datos de las calibraciones.
- Las normas internacionales y españolas para interruptores y bases de enchufes abarcan una gran variedad de aspectos relacionados con estos productos como el tipo de material, el diseño del producto, las partes que lo componen, su funcionamiento, su resistencia a condiciones extremas de temperatura, entre otros; con lo que se consigue asegurar que los productos que cumplen con estas normas son seguros y de “buena calidad”.
- Los diferentes ensayos y auditorías realizados a algunos de los productos que diseña y comercializa la fabrica nos han permitido comprobar si estos cumplen con las exigencias de calidad establecidas por las normas que les competen o con los requerimientos definidos por los distintos departamentos, certificando su cumplimiento o en caso contrario presentando una no conformidad del producto.
- La calidad de los ensayos realizados en el laboratorio de la fábrica se ha asegurado utilizando aquellos equipos que presentan un valor de incertidumbre de uso dentro de las tolerancias estipuladas, además de

comprobar que las condiciones de realización de los ensayos se corresponde con las que exigen las normas.

8. BIBLIOGRAFIA

Catálogo Niessen 2007/2008. ABB.

Estimación de la Incertidumbre. Medidas y Ensayos. Christophe Perruchet / Marc Priel. AENOR. 2001.

Manual de gestión de la Calidad del Laboratorio de la Fabrica Niessen.

Manual para el aseguramiento de la calidad. Plan de calibración de los equipos de medición y seguimiento.

UNE-EN 60669-1:2002. Interruptores para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y análogas. Parte 1: Requisitos generales. AENOR.

UNE 20315-1-1:2004. Bases de toma de corriente y clavijas para usos domésticos y análogos. Parte 1-1: Requisitos generales. AENOR.

www.aenor.es

9. ANEXOS

Una norma es un documento de aplicación voluntaria que contiene especificaciones técnicas basadas en los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico. Las normas son el fruto del consenso entre todas las partes interesadas e involucradas en la actividad objeto de la misma. Además, debe aprobarse por un Organismo de Normalización reconocido.

Las normas son la herramienta fundamental para el desarrollo industrial y comercial de un país, ya que sirven como base para mejorar la calidad en la gestión de las empresas, en el diseño y fabricación de los productos, en la prestación de servicios, etc., aumentando la competitividad en los mercados nacionales e internacionales.

No podemos olvidar la ayuda que prestan a los consumidores y usuarios, permitiéndoles obtener una referencia para conocer el nivel de calidad y seguridad que deben exigir a los productos o servicios que utilizan y a la sociedad en general, ayudando a preservar el medio ambiente, a mejorar la sanidad o adecuar nuestro entorno para permitir la accesibilidad de las personas con discapacidad.

En la actualidad existen normas para casi todo. Normas sobre la composición y características de las materias primas (plásticos, aceros, madera,...), normas sobre productos industriales (tornillos, electrodomésticos, herramientas,...), sobre productos de consumo (juguetes, mobiliario, zapatos, productos alimenticios,...), maquinaria, servicios de limpieza, etc...

9.1 NORMAS INTERNACIONALES

En el ámbito internacional existen dos organismos de normalización: la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), responsable de la elaboración de normas internacionales sobre electrotecnia y electrónica, y la Organización Internacional de Normalización ISO que cubre el resto de sectores de actividad. ISO e IEC comparten la responsabilidad de la elaboración de las normas relativas a las tecnologías de la información.

El objetivo de estas organizaciones es fomentar el desarrollo en el mundo de las actividades de normalización, con el fin de facilitar los intercambios de bienes y servicios entre países y una estrecha cooperación en los campos intelectual, científico, técnico y económico. La Organización Mundial del comercio (OMC) recomienda la utilización de estas normas en las transacciones comerciales.

De todos son conocidas las normas de la serie ISO 9000, adoptadas por más de un centenar de países y que han permitido un lenguaje común que unifica los criterios de gestión de la calidad en todo el mundo.

Dentro de las normas establecidas por la IEC para los distintos productos y dispositivos se encuentran una serie de normas que son aplicables a los productos que comercializa la fábrica Niessen:

- **IEC 60669-1:2000:** switches for household and similar fixed electrical installations. Part 1: General requirements. Norma internacional aplicable a los interruptores para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y análogas, la versión oficial en español de esta norma es la UNE - EN 60669-1:2002.
- **IEC 60669-2-1:2002:** Switches for household and similar fixed electrical installations. Part 2-1: Particular requirements – Electronic switches. Norma internacional aplicable a los interruptores electrónicos para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y análogas, la versión oficial en español de esta norma es la UNE - EN 60669-2-1:2002.
- **IEC 60669-2-3:1997:** switches for household and similar fixed electrical installations. Part 2-3: Particular requirements – Time Delay switches (TDS). Norma internacional aplicable a los interruptores temporizados para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y análogas La versión oficial en español de esta norma es la UNE – EN 60669-2-3:1997.
- **IEC 60884-1:2002:** plugs and socket – outlets for household and similar purposes. Part 1: General Requirements. Norma internacional aplicable a las Bases de tomas de corriente y clavijas para usos domésticos y análogos, la versión oficial en español de esta norma es la UNE 20315:1994 o la versión actualizada UNE 20315-1-1:2004 junto con la UNE 20315-1-2:2004.

La adopción de las normas internacionales elaboradas en ISO o IEC no es obligatoria para los países miembros de estas organizaciones; no ocurre lo mismo, sin embargo, con los organismos europeos de normalización, que obligan a sus miembros a adoptar, sin ninguna modificación, las normas europeas que en ellos se elaboren.

Por este motivo, las normas elaboradas por el Comité Europeo de Normalización (CEN), por el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) o por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI) son incorporadas sistemáticamente al catálogo de AENOR alcanzando la categoría de normas nacionales.

9.2 NORMAS NACIONALES (ESPAÑA)

AENOR es una entidad dedicada al desarrollo de la normalización y la certificación (N+C) en todos los sectores industriales y de servicios. Reconocida como la única entidad aprobada para desarrollar las tareas de normalización y certificación en España y responsable de la elaboración de las normas españolas (Normas UNE).

AENOR es miembro español de pleno derecho de los organismos internacionales y europeos de normalización, participando en sus órganos de gobierno y en los trabajos desarrollados por sus órganos técnicos.

El laboratorio de la fábrica fundamenta el desarrollo de los ensayos en las normas UNE; a continuación se mencionan las normas con las que trabaja el laboratorio, las cuales se pueden considerar como la versión oficial en español de las normas internacionales:

- **UNE-EN 60669-1:2002:** norma española de Interruptores para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y análogas. Parte 1: Prescripciones generales.
- **UNE-EN 60669-2-1:2002:** norma española de Interruptores para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y análogas. Parte 2-1: Requisitos Particulares. Interruptores electrónicos.
- **UNE – EN 60669-2-3:1997:** norma española de Interruptores para instalaciones eléctricas fijas, domésticas y análogas. Parte 2-3: Requisitos Particulares. Interruptores Temporizados (minuteros).
- **UNE 20315:1994:** norma española de Bases de tomas de corriente y clavijas para usos domésticos y análogos.
- **UNE 20315-1-1:2004:** norma española de Bases de tomas de corriente y clavijas para usos domésticos y análogos. Parte 1: Requisitos generales. Anula y sustituye a UNE 20315:1994 junto con UNE 20315-1-2:2004 que

corresponde a bases de toma de corriente y clavijas para usos domésticos y análogos. Parte 2: Requisitos dimensionales del sistema español.