

CAPÍTULO IX:

CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFÍA.

9.1.-CONCLUSIONES.-

El trabajo realizado por el alumno en prácticas, ha tenido como consecuencia la puesta en marcha del laboratorio de Fuerza objeto del presente Proyecto Fin de Carrera.

Tras haber adquirido los conocimientos necesarios para la consecución de dicho objetivo, definidos en el apartado correspondiente a los objetivos específicos, se han elaborado los siguientes procedimientos específicos de calibración, que pasarán, todos ellos a formar parte del sistema de calidad de la empresa:

- **En el área de Fuerza:**

1. PEAM XX: CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.-

Este es un procedimiento que trata de establecer todas las operaciones y cálculos necesarios de cara a la obtención de la que hemos definido como *Capacidad Óptima de Medida* del Sistema de Calibración de Fuerza, núcleo en torno al cual gira toda la actividad del Laboratorio de Fuerza. La validez de este procedimiento será fundamental de cara a una más que posible acreditación, en base a la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025, del Laboratorio en esta área.

Asimismo, se han elaborado diversos procedimientos específicos para las calibraciones de instrumentos o equipos de medida que harán uso de dicho sistema a modo de instrumento patrón:

2. PEAM XX: CALIBRACIÓN INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE FUERZA EN BASE A LA NORMA UNE 7-474-95/3.-
3. PEAM XX : CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS.-
4. PEAM XX: CALIBRACIÓN DE LA CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES.-

Por otro lado, también se ha elaborado un procedimiento específico de verificación de instrumentos internos al Laboratorio, nos referimos a las células de carga que forman

parte de los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático (IPFNA) necesarios para la actividad de la empresa en otro de los sectores que centra su actividad. Este procedimiento constituirá, como se ha justificado, una herramienta de análisis que trata de aprovechar los recursos del Laboratorio en beneficio de la gestión y mantenimiento de equipos internos:

5. PEAM XX : VERIFICACIÓN DE CÉLULAS DE CARGA

Todos estos procedimientos giran en torno a la magnitud fuerza (excepto el último de ellos que, como sabemos, aborda la verificación de instrumentos de medida de masa).

▪ **En el área de Momentos:**

En cuanto a otra de las actividades del Laboratorio de Fuerza, la calibración de herramientas dinamométricas manuales, se ha elaborado el procedimiento:

6. PEAM XX: CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS.

Se trata de un procedimiento que gira en torno a la magnitud momento y que lleva implícito un análisis del sistema de calibración de llaves dinamométricas .

Adicionalmente se han elaborado diversas hojas de cálculo en Microsoft Excel, con la misión de ahorrar tiempo y disminuir la probabilidad de error en la realización de los cálculos para la obtención de los resultados de toda calibración, objetivos ya definidos en el capítulo 1.

- En cuanto a la caracterización del sistema de calibración de fuerza se han elaborado un total de 10 hojas de cálculo dos (una para sentido de cargas a compresión y otra a tracción) para cada uno de los cinco transductores patrones de fuerza disponibles. Concretamente, y por motivos de confidencialidad, tan sólo se incluyen la hojas correspondientes al transductor de 100 KN de capacidad nominal, puesto que de ellas se puede obtener la incertidumbre de medida (Capacidad Óptima de Medida) del sistema en función de la configuración del mismo y del transductor usado:
 - HC COM 100KN C
 - HC COM 100KN T.
- Para los procedimientos específicos 2 y 3 se han elaborado sendas hojas de cálculo, a saber:

- HC Inst Med fuerza según UNE 7-474-95.
- HC dinamómetros.

Para el procedimiento específico 4 se han elaborado hojas de cálculo, a saber:

- HC EN 12390.

Para el cálculo de resultados de calibraciones de máquinas de ensayos uniaxiales realizadas en base a la norma UNE EN-12390-4, o en general a calibraciones realizadas en sentido de cargas a compresión

- HC EN ISO 7500-1.

Para el cálculo de resultados de calibraciones de máquinas de ensayos uniaxiales realizadas en base a la norma UNE-EN ISO 7500-1:2000, o en general a todas aquéllas calibraciones realizadas en sentido de cargas a tracción.

Para el procedimiento específico 5 se han elaborado 2 hojas de cálculo, a usar dependiendo del tipo de célula que se trate A, B ,C o D:

- HC Células tipo AB.
- HC Células tipo CD.

Por último, para la calibración de las llaves dinamométricas se ha elaborado una única hoja de cálculo:

- HC Llaves Dinamométricas.

En la que se recogen los resultados del análisis de los transductores de par patrones descrito en el apartado 8.5, así como todas las operaciones necesarias para la obtención de los resultados de la calibración de llaves dinamométricas tanto en indicación de momento como en indicación de ángulo.-

9.1.2.-Mejoras.-

La mayor parte de las mejoras se centran en aspectos informáticos, concretamente en lo que respecta a:

1. La interacción de las hojas de cálculo. Las 10 hojas de cálculo referentes al cálculo de la capacidad óptima de medida proporcionan una incertidumbre que deberá ser utilizada como incertidumbre patrón en todas las calibraciones que se realicen en el Sistema de Calibración de fuerza. A tal efecto pueden:
 - establecerse vínculos entre las hojas de cálculo basándose en bases de datos elaboradas en Microsoft Access.

- convertirse las hojas de cálculo en programas más complejos introduciendo código en Visual Basic en las mismas que interrelacionen los resultados de unas hojas y los introduzcan como datos en las otras.
2. Complementar las hojas de calculo con código en Visual Basic, de cara a permitir la emisión del certificado de calibración a partir de los datos introducidos y los resultados calculados en las mismas.

A tal efecto, la empresa dispone de un departamento informático entre cuyas labores se encuentra la de realizar estas tareas en estrecha colaboración con personal del Laboratorio.

Por tanto, las hojas de cálculo elaboradas constituyen en la actualidad la única herramienta disponible a la hora de realizar los cálculos de las calibraciones que se realicen en base a los procedimientos de calibración elaborados; sin embargo son tan sólo el inicio de un proceso de automatización tendente a minimizar las operaciones a realizar por el operario, y por consecuencia el tiempo de emisión de un certificado de calibración así como la probabilidad de error en el mismo.

Es por esto por lo que, como puede observarse, los libros están estructurados en diversas hojas de cálculo, dedicadas cada una de ellas a aspectos que se corresponden con cada una de las actividades a realizar en una calibración, distinguiendo además aquellos datos a incluir en el certificado, como son los datos administrativos (características del mensurando, patrones de medida, fechas, condiciones climáticas, resultado de la calibración etc.....), de los que no deben ser incluidos como son los valores de las mediciones efectuadas o los resultados parciales del cálculo de incertidumbres.

Por tanto, las hojas de cálculo elaboradas constituyen un punto de partida perfectamente válido para que el personal informático inicie el proceso de automatización de emisión de certificados puesto que, tanto la parte técnica en lo que respecta al cálculo de incertidumbres y resultados, como la meramente administrativa como los datos de identificación de mensurandos y patrones o los datos del clientes, por ejemplo, se encuentran perfectamente validadas y probadas.

9.2.-BIBLIOGRAFÍA.-

- *Guía a la expresión de la incertidumbre en la medida*, Estandarización-Internacional de la oficina Metrología-Internacional legal de pesos y medidas.
- Documento EA-4/02 (antigua guía EAL-R2 (CEA-ENAC- LC/O2). Expression of the uncertainty of measurement in calibrations. Edición 1.EAL. 1997).
- Incertidumbre de los resultados de la calibración medidas de en vigor, Ea-15(1996)-4/15(1996).
- Guía sobre Incertidumbres de Medida del CEM.
- Christophe Perruchet, Marc Priel: “Estimación de la Incertidumbre. Medidas y Ensayos”. AENOR 2000
- Norma Española UNE-EN ISO/IEC 17025: Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración
- Canela, M., Griful, E., “El control metrológico y su papel en el aseguramiento de la calidad. Aclaración de algunos conceptos ”, 1998.
- Carbonell, P., Hilario, A., “Empleo de la incertidumbre estimada por calibración según ISO, Salamanca, 1999.
- Pallàs Areny, Ramón, “Sensores y acondicionadores de señal”, Marcombo-Boixareu, Barcelona, 1994.
- Recomendación Internacional de OIML R60 (2000).“ Regulación metrológica para células de carga.
- Documentación del curso “Taller células de carga”, del CEM. 1997.
- Norma UNE 7-474-95 parte 3. Materiales metálicos. Ensayos de tracción. Calibración de los instrumentos de medida de fuerza (carga) para la verificación de las máquinas de ensayo uniaxial.
- Procedimiento del CEM ME-002 para la calibración de instrumentos de medida de fuerza.
- Documento EA-4/15 (antigua guía EAL-G22 "Uncertainty of Calibration. Results in Force Measurements") Edición 1. 1996.
- Norma española UNE-EN 12390-4. Ensayos de hormigón endurecido Parte 4: Resistencia a compresión. Características de las máquinas de ensayo.

- EN ISO 7500-1: 1999. Materiales metálicos. Calibración de máquina estáticas uniaxiales. Parte 1: Máquinas de ensayo tracción / compresión; calibración y calibración del sistema de medida de fuerza.
- Norma UNE 16-500-92: “Calibración de Herramientas dinamométricas manuales”
- Procedimiento CEM ME-004 para la calibración de llaves dinamométricas