

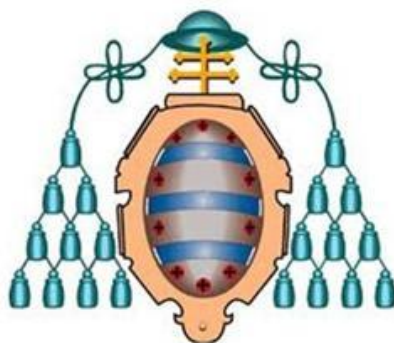
UNIVERSIDAD DE OVIEDO
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA
DE GIJÓN

PROYECTO FIN DE CARRERA

**ELABORACIÓN Y VALORACIÓN ECONÓMICA DE UN
PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN METROLÓGICA PARA EQUIPOS
DE MEDIDA DE INSTALADORES AUTORIZADOS EN BAJA
TENSIÓN SIGUIENDO LA NORMA UNE-EN ISO 10012:2003**

Jesús Ángel Álvarez Cueva

Julio 2012



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA
DE GIJÓN

PROYECTO FIN DE CARRERA

**ELABORACIÓN Y VALORACIÓN ECONÓMICA DE UN
PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN METROLÓGICA PARA EQUIPOS
DE MEDIDA DE INSTALADORES AUTORIZADOS EN BAJA
TENSIÓN SIGUIENDO LA NORMA UNE-EN ISO 10012:2003**

Alumno:

D. Jesús Ángel Álvarez Cueva

Tutor Escuela:

Prof. Dr. Jesús Ángel del Brío González

Tutor Empresa:

Dr. Misael Martino Fernández (Fundación ITMA)

Julio 2012

*A mi mujer, Esther,
compañera de este viaje que es la vida...*

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que, directa o indirectamente, han contribuido al desarrollo y elaboración de este proyecto fin de carrera.

En primer lugar quiero agradecer al Prof. Dr. Jesús Ángel del Brío González la oportunidad brindada para poder realizar este proyecto bajo su tutela y dirección, así como por su inestimable ayuda y aportaciones al mismo. Por lo mismos motivos le estoy muy agradecido al Dr. Misael Martino Fernández, director del Departamento de Metrología de Fundación ITMA, por haber codirigido este trabajo y por la ayuda y orientación prestada, sobre todo en los momentos finales que es cuando uno más la necesita.

También quiero dar mi más sincero agradecimiento a D. José Manuel Suarez Parades y D. Ángel Sánchez Alonso por la colaboración prestada, por los buenos e interesantes comentarios y por todo el material que me fueron aportando para la elaboración del proyecto.

A todos mis compañeros de Fundación ITMA, que me han ayudado y con los que he compartido y espero seguir compartiendo gratos momentos. En especial a Carmen Garrandés y a Salvador Estrada que me han ayudado mucho a la hora de conseguir documentación y presupuestos.

A mis amigos de siempre, por su respeto y amistad, que a lo largo del tiempo se ha ido fortaleciendo gracias a todas las experiencias que vivimos juntos. De vosotros aprendo cada día.

No puedo concluir sin dar las gracias a mi familia. A mis padres Jesús Ángel (aunque ya no estés con nosotros) y M^a del Carmen, vosotros habéis hecho de mí lo que soy. A mis hermanos Ana y José Enrique, sobran las palabras, gracias por todo.

Por último dar las gracias a mi mujer Esther, que es la que me aguanta todos los días, gracias por tu apoyo en todas las decisiones personales y profesionales, por tú ayuda, por tú comprensión y por toda la paciencia en los momentos de estrés.

Gracias a todos, sin vosotros no hubiera sido posible.

Jesús

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO 1: memoria	7
1. INTRODUCCIÓN	12
2. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	16
3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	22
4. DESCRIPCIÓN	39
4.1.- Aenor	39
4.2.- Normas ISO	41
4.3.- Normas UNE	42
4.4.- Norma UNE-EN ISO 10012:2003 “Sistema de gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición”.	44
4.5.- Norma UNE 66180:2008 “Sistemas de gestión de la calidad. Guía para la gestión y evaluación metrológica”.....	44
4.6.- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT).....	46
5. PROCESO DE IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS DE CLIENTE (RC).	49
5.1.- Normativa y Reglamentación específica de aplicación a la Empresa Instaladora habilitada en baja tensión.	50
5.1.1.- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, REBT (RD 842/2002, de 2 de agosto, BOE núm. 224).	50
5.1.1.1.- Medios Técnicos de la Categoría Básica (IBTB):.....	51
5.1.1.2.- Medios Técnicos de la Categoría Especialista (IBTE):	52
5.1.2.- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (ITC’S).....	53

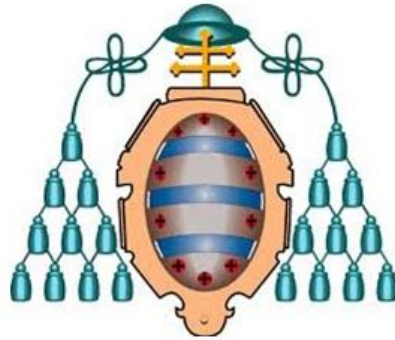
5.1.3.- Normas UNE de referencia en Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (ITB-BT 02).	53
5.1.4.- Verificación de las instalaciones eléctricas previa a su puesta en servicio.	54
5.1.4.1.- Medida de continuidad de los conductores de protección.	55
5.1.4.2.- Medida de la resistencia de puesta a tierra.	57
5.1.4.3.- Medida de la resistencia de aislamiento de la instalación.	58
5.1.4.4.- Medida de la resistencia de aislamiento de suelos y paredes.	61
5.1.4.5.- Medida de la rigidez dieléctrica.	65
5.1.4.6.- Medida de corrientes de fuga.	66
5.1.4.7.- Medida de la impedancia de bucle.	67
5.1.4.8.- Medida de la tensión de contacto y comprobación de los interruptores diferenciales.	70
5.1.4.9.- Comprobación de la secuencia de fases.	73
5.2.- REQUISITOS ADICIONALES	74
5.2.1.- Registro de instalaciones eléctricas en baja tensión.	74
5.2.1.1.- Certificado de instalación eléctrica de baja tensión.	75
5.2.1.2.- Memoria Técnica de Diseño de instalación eléctrica en baja tensión (MTD).	77
5.2.1.3.- Instalaciones que requieren de Memoria Técnica de Diseño (MTD).	80
5.2.1.4.- Obligaciones en materia de información y reclamaciones.	80

6. REQUISITOS METROLÓGICOS DEL CLIENTE (RMC).....	81
6.1.- PROCESOS DE MEDIDA.....	81
6.2.- IDENTIFICACIÓN DE REQUISITOS METROLÓGICOS DE CLIENTE (RMC).....	82
6.3.- FICHAS IDENTIFICATIVAS DEL PROCESO DE MEDIDA.....	85
7. REQUISITOS METROLÓGICOS DE LOS EQUIPOS (USO).....	87
7.1.- INTRODUCCIÓN A LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDAS ELÉCTRICAS.....	87
7.1.1.- Instrumentos analógicos.....	87
7.1.1.1.- Magnetoeléctricos.....	88
7.1.1.2.- Electromagnéticos o de hierro móvil.....	88
7.1.1.3.- Electrodinámicos o dinamométricos.....	88
7.1.1.4.- De inducción.....	89
7.1.1.5.- Electroestáticos.....	89
7.1.1.6.- Electrotérmicos.....	90
7.1.2.- Instrumentos digitales.....	90
7.1.2.1.- Instrumentos simples.....	92
7.1.2.2.- Instrumentos con registro.....	92
7.1.2.3.- Instrumentos con registro y comunicaciones.....	92
7.1.3.- Características comunes de los equipos de medición.....	93
7.1.4.- Conceptos metrológicos generales de los equipos de medición.....	97
8. REQUISITOS METROLÓGICOS DE LOS EQUIPOS (CALIBRACIÓN).....	114
8.1.- PLAN DE CONFIRMACIÓN METROLÓGICA.....	114
8.1.1.- Definición.....	114
8.1.2.- Funciones del Plan de Confirmación Metrológica.....	115
8.1.3.- Organización del Plan de Confirmación Metrológica.....	115

8.1.3.1.- Inventario.....	116
8.1.3.2.- Ficha de equipo	116
8.1.3.3.- Etiquetas.....	117
8.1.3.4.- Diagrama de niveles	119
8.1.3.5.- Procedimientos internos (calibración y verificación)	120
8.1.3.6.- Archivo de resultados	121
8.1.3.7.- Evaluación de los resultados	122
8.2.- CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.....	127
8.2.1.- Formato	127
8.2.1.1.- Formato y contenido de la primera página	128
8.2.1.2.- Formato del resto del certificado.....	129
8.2.2.- Condiciones especiales	130
8.2.3.- Ajuste de los instrumentos	131
8.2.4.- Validez de la calibración	131
8.2.5.- Ejemplo de formato certificado de calibración (multímetro digital).....	132
9. PROCESO DE CONFIRMACIÓN METROLÓGICA	138
DOCUMENTO 2: estudio económico	142
1. INTRODUCCIÓN.....	144
2. CRITERIOS DE RENTABILIDAD.....	145
3. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO	147
3.1.- Inversión.....	147
3.2.- Plan financiero	148
3.3.- Renovación del inmovilizado.....	148

3.4.- Cobros.....	148
3.5.- Pagos.....	149
4. EVALUACIÓN FINANCIERA	158
4.1.- Hipótesis 1.	158
4.2.- Hipótesis 2	167
5. CONCLUSIONES FINALES.....	177
DOCUMENTO 3: pliego de condiciones	179
COMENTARIO.....	181
1.- CONDICIONES GENERALES.....	181
1.1.- OBJETO	181
1.2.- ALCANCE.....	181
1.3.- DISPOSICIONES GENERALES.....	182
2.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES	183
2.1.- Especificaciones de equipos, calibraciones y materiales.	183
2.2.- Especificaciones de ejecución.....	185
3.- CLAUSULAS ADMINISTRATIVAS PARTICULARES.....	186
3.1.- Condiciones económicas.....	186
3.2.- Garantía de cumplimiento y fianza	186
3.3.- Plazo de ejecución y formalización del contrato	187

CONCLUSIONES	188
a) Desde el punto de vista de la Empresa Instaladora (Instalador Autorizado).	189
b) Desde el punto de vista del cliente (cliente externo ó usuario) de la Empresa Instaladora.....	191
c) Desde el punto de vista de la normas UNE-EN ISO 10012:2003 y UNE 66180:2008.....	191
d) Desde el punto de vista del autor.	191
REFERENCIAS	193
Referencias bibliográficas	194
Referencias a páginas web	196
ANEXO I: manual GesMet	197



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA
DE GIJÓN

DOCUMENTO 1

memoria descriptiva

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de medir es tan antigua como la humanidad, ya que ha sido necesaria y utilizada para usos tan diversos como fabricar vestiduras (armaduras), armas, herramientas, construcciones,...etc. Por este motivo se puede afirmar que las mediciones han sido un pilar básico y un elemento fundamental en el desarrollo evolutivo del hombre.

Los que olvidaban su deber de calibrar el patrón de longitud las noches de luna llena, se enfrentaban a la pena de muerte. Ese era el peligro que corrían el grupo de arquitectos reales, responsables de la construcción de templos y pirámides en el antiguo Egipto de los Faraones, 3000 a.C. El primer codo real fue definido como la longitud del antebrazo del faraón, desde el codo hasta el extremo del dedo medio, teniendo la mano extendida, más la anchura de su mano. La medida original fue transferida y materializada en granito negro. En los lugares de construcción, los trabajadores poseían copias en granito o madera, siendo responsabilidad de los arquitectos su mantenimiento y custodia.

Desde aquel entonces la Humanidad ha recorrido un largo camino, pero se mantiene la gran importancia de la exactitud en las mediciones. Más cerca de nuestra época, en 1799 en París, se estableció el Sistema Métrico (el antecesor a nuestro actual Sistema de Unidades, el Sistema SI) mediante el depósito de dos patrones de platino iridiado que representaban al metro y al kilogramo.

En nuestra vida cotidiana estamos rodeados de instrumentos de medida, una simple visita a la farmacia, nuestras facturas del gas, agua y electricidad, hacer la compra en la pescadería o repostar carburantes son algunos ejemplos donde interviene directamente la Metrología. Se estima que la actividad metrológica representa entre el 3% y el 6% del PIB de un país desarrollado.

Con el tiempo la práctica de la medida en las empresas se ha convertido en un elemento fundamental para garantizar la conformidad de los productos y servicios que estas ponen en el mercado, así como para evidenciar el cumplimiento de los requisitos metrológicos, ambientales y de seguridad y salud laboral, entre otros, marcados por la propia organización y por las autoridades reguladoras.

El entorno actual que rodea a las organizaciones hace imprescindible la agilidad, rapidez y flexibilidad para adaptarse a las necesidades y expectativas de los clientes, de las autoridades reguladoras y de otras partes interesadas. Estas partes interesadas demandan el cumplimiento y la anticipación en el cumplimiento de sus requisitos, incluyendo, como no podía ser de otro forma los requisitos metrológicos.

Los requisitos metrológicos están presentes en todos aquellos procesos del sistema de gestión global de la organización que precisen de la medición para evaluar su conformidad, destacando aquellos relacionados con el seguimiento y medición del producto, de los procesos, del comportamiento ambiental e incluso en las mediciones del comportamiento en seguridad y salud laboral, por lo tanto todas las organizaciones deberían identificar los requisitos metrológicos que necesitan cumplir para asegurar la satisfacción de todas sus partes interesadas y no solo aquellas involucradas en la Metrología Legal o Científica.

La fiabilidad de los equipos y de los procesos de medida reduce la probabilidad de tomar decisiones erróneas y mejora los resultados del desempeño de la organización.

En todos los procesos industriales se recoge una gran cantidad de información del producto y del proceso. Obtener medidas fiables es necesario para cualquier organización que pretenda ser competitiva, ya que de esos valores dependen decisiones cuyas consecuencias técnicas y económicas son importantes para el negocio, por ejemplo, aumentar la productividad, mejora del producto, ahorro de energía, automatización de proceso o diseño de nuevos productos.

La calidad de las medidas se exige a través de normas, referencias, directivas y reglamentos que, en cada sector, pueden comprender la ejecución de planes de calibración. La verificación rutinaria de equipos y procesos, la validación de los procesos de medida, el cálculo de incertidumbres o el control estadístico de los procesos.

Se entiende, por tanto, la importancia que una gestión eficaz y eficiente de las mediciones puede tener en el aumento de la competitividad de las empresas.

La norma UNE-EN ISO 9001 plantea requisitos para el control de los dispositivos de seguimiento y medición y para el seguimiento de los procesos y de los productos. Estos requisitos son compartidos, y en muchos casos ampliados, en las normas de los sistemas de

gestión de la calidad propios de sectores específicos, tales como el de automoción (UNE-ISO/TS 16949), aeroespacial (UNE-EN 9100), armamento y material de defensa (PECAL-2110), entre otros. Por otro lado la norma UNE-EN ISO 14001 también plantea unos requisitos para los equipos de seguimiento y medición y para seguir y medir las características fundamentales de las operaciones que pudieran tener un impacto ambiental significativo y para la mejora continua de su comportamiento ambiental. En otros sistemas de gestión tales como los de seguridad y salud, también existen dichos requisitos. Sin embargo muchas organizaciones no satisfacen con eficacia y eficiencia los requisitos metrológicos en sus sistemas de gestión.

Por otro lado, la norma UNE-EN ISO 10012 establece requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición y algunas orientaciones para la gestión de los procesos de medición y para la confirmación metrológica de los equipos utilizados para apoyar y demostrar el cumplimiento de los requisitos metrológicos.

A pesar de esta relevante presencia de la Metrología en los modelos normalizados de gestión, se ha observado a través de diversos estudios realizados en esta materia, que es habitual encontrar organizaciones que no han valorado adecuadamente el impacto que pueden tener sus procesos y actividades metrológicas en los demás procesos de la organización, como por ejemplo en seguimiento y medición del producto, donde el hecho de contar con garantías de fiabilidad de las mediciones del producto hace que sea más difícil incurrir en liberaciones del producto incorrectas, con la consiguiente reducción de reclamaciones de clientes y el aumento de su confianza.

En el otro extremo, tampoco es recomendable un exceso de capacidad metrológica que no corresponda a las necesidades reales de medida de la organización. Por tanto. Las organizaciones deben avanzar claramente en esta área de conocimiento y actividad, analizando adecuadamente sus requisitos metrológicos y gestionando los procesos que van a garantizar la Calidad de las mediciones, pero con enfoque claros de eficacia y eficiencia.

Para facilitar esta tarea, en el año 2011, desde Fundación ITMA (Instituto Tecnológico de Materiales de Asturias), como continuación a una consolidada línea de proyectos en materia de metrología, se ha desarrollado el proyecto titulado "*Optimización de la gestión metrológica*

en la empresa”, subvencionado por el IDEPA, dentro del programa de *Apoyo a la Innovación de las Pequeñas y medianas Empresas* (Innoempresa 2007-2013) en el Principado de Asturias.

Como resultado de este proyecto se ha observado una carencia muy generalizada en la cultura metrológica dentro de las empresas participantes, quedando evidenciada en mayor medida dentro de la perspectiva general del proceso de confirmación metrológica.

Las principales entradas a este proceso de confirmación metrológica, deben contemplar al menos, las del propio equipo de medición a confirmar así como los requisitos metrológicos del cliente (RMC) y de otras partes interesadas, necesarios para determinar si los resultados de la calibración del equipo de medición permiten confirmar que dicho equipo es capaz de garantizar el cumplimiento de los requisitos para su uso previsto.

En este sentido, la norma UNE-EN ISO 10012 “Sistemas de gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición”, contempla la gestión metrológica como un completo modelo de gestión compatible e integrable con los demás modelos normalizados de gestión: ISO 9001, ISO 14001, ISO 17025, ISO 1720, UNE 166002, OHSS 18001, ISO/TS 16949 (automoción), EN- 9100 (aeronáutico), PECAL-2110 (seguridad y defensa) entre otros, cuyo objetivo es garantizar que los equipos y procesos de medición sean adecuados para su uso previsto, gestionando, asimismo, el riesgo de obtener resultados de medición incorrectos.

2. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El proyecto surge de la necesidad de profundizar en la cultura metrológica en el sector industrial.

El proyecto se centra en la Empresa Instaladora Habilitada en Baja Tensión (Instalador Autorizado), la cual debe de disponer de una serie de medios técnicos para efectuar las pruebas y ensayos reglamentarios de las instalaciones, así como la obligación de mantener estos equipos en condiciones optimas de uso, debidamente calibrados y que sean utilizados conforme a la legislación vigente.

El principal objetivo del proyecto es ayudar a la empresa instaladora a seleccionar, utilizar, gestionar y confirmar metrológicamente de una manera eficiente y eficaz los equipos de medida que toda empresa instaladora debe poseer para estar legalmente autorizada, así como los procesos de medida en los que actúan estos equipos, y de esta manera permitirle realizar de una manera óptima el desempeño su actividad.

Pretender ser una herramienta que facilite, de manera sencilla, a la empresa instaladora habilitada en baja tensión un camino hacia el proceso de confirmación metrológica de sus equipos de medición, ya que, una adecuada gestión metrológica de los mismos asegura que el equipo es adecuado para su uso previsto, facilitando la gestión del riesgo de obtener resultados de medición incorrectos y minimizando los costes asociados a estas mediciones incorrectas.

Para ello vamos a profundizar en la identificación de los requisitos de cliente (RC) y de otras partes interesadas asociados a las especificaciones del servicio que prestan las empresas instaladoras habilitadas en baja tensión, en base al RD 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (R.B.T.), sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT-03) y su relación con otras normas de aplicación en el ámbito de las instalaciones de baja tensión.

Una vez identificados los requisitos de cliente (RC) los expresaremos en forma de requisitos metrológicos del cliente (RMC) lo que facilitará el proceso de confirmación metrológica iniciando de esta manera el camino hacia la excelencia en la gestión metrológica,

identificando posibles áreas de mejora, abaratando costes asociados a las calibraciones de equipos y optimizando los procesos de medida.

Por último se posibilita a la empresa instaladora en la certificación de su sistema de gestión de las mediciones con el sello AENOR, conforme a los requisitos de la norma internacional UNE-EN ISO 10012:2003, con la posibilidad de integrarlo de forma coherente con sus actuales (en caso de disponer de alguno) sistemas de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad y salud entre otros.

El desarrollo del proyecto se contempla en el siguiente resumen de actuaciones:

1.- Identificación de los requisitos del cliente (RC) y de otras partes interesadas asociados a las especificaciones del servicio que prestan las empresas instaladoras habilitadas en baja tensión, en base al RD 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (R.B.T.), sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT-03) y su relación con otras normas de aplicación en el ámbito de las instalaciones de baja tensión.

Esta es la primera tarea que debemos acometer, en esta etapa se realiza un estudio detallado de la reglamentación, normativa y otros requisitos adicionales que le son de aplicación a la empresa instaladora habilitada en baja tensión. Aquí se identificarán los procesos de medida junto con las especificaciones para las variables a medir.

2.- Expresar los requisitos del cliente (RC) en requisitos metrológicos del cliente (RMC) en base a los sistemas gestión de las mediciones UNE-EN ISO 10012:2003 “*Requisitos para los sistemas de gestión de las mediciones*”, su relación con otras normas de gestión (Calidad, medioambiente, seguridad y salud, entre otras) instauradas en las empresas y a la norma UNE 66180:2008.

Nos encontramos en uno de los puntos álgidos del proyecto, en esta etapa vamos a determinar y a especificar los requisitos de seguimiento y medición, que incluyen todos

aquellos involucrados en la verificación del cumplimiento de los requisitos de cliente (RC) y los originados en los diferentes procesos de medición.

3.- Definir los requisitos metrológicos de los equipos de medición propios a su uso, identificando los procesos de medida en los que interviene junto con sus tolerancias admisibles e incertidumbres de uso (U_u).

Las características de los equipos de medición incluyen todos los parámetros que identifican al instrumento y nos manifiestan las condiciones de respuesta del mismo ante diversas condiciones de uso.

En este apartado vamos a definir las principales características de los equipos de medida que se suelen encontrar en los catálogos comerciales de los fabricantes, para llegados a este punto, poder ayudar a la empresa instaladora a decidir si tener un equipo para cada proceso de medición o por el contrario, en algunos casos, contar con un solo equipo multifunción que sea capaz de realizar varios procesos.

4.- Definir los requisitos metrológicos de calibración de los equipos de medición, aplicando una relación eficaz entre las tolerancias admisibles para las mediciones y las incertidumbres de calibración de los instrumentos de medida, teniendo en cuenta tanto costes metrológicos como costes económicos.

En este apartado el objetivo es claro, estudiar el equipo y la medición que se debe realizar con él.

Para ello se determinan las características metrológicas que debe de poseer el equipo de medida y que permitan dar cumplimiento a los requisitos metrológicos del equipo para su uso previsto, expresadas a través de especificaciones asociadas a la medida (tolerancias, valores límite,..etc.).

Estos requisitos metrológicos de calibración también se suelen llamar "*criterios de aceptación y rechazo*" y son los límites permisibles en los que nos vamos a basar para decidir inequívocamente si los resultados de la calibración del equipo de medición permiten confirmar

que dicho equipo es capaz de garantizar el cumplimiento de los requisitos metrológicos para el proceso de medición al que está asignado.

Es la etapa final del proceso de definición de los requisitos metrológicos del cliente (RMC) y una de las entradas al proceso de confirmación metrológica del equipo de medición.

5.- Identificación de las características metrológicas del equipo de medición (CMEM), dado que habitualmente se determinan por calibración (o por varias calibraciones), basaremos nuestro estudio en los resultados de las calibraciones, documentados mediante certificados o informes de calibración, los cuales deben incluir como mínimo una declaración de la incertidumbre de la medición (incertidumbre de calibración).

6.- Planificación del proceso de confirmación metrológica en el ámbito de los requerimientos metrológicos de las instalaciones de baja tensión y los requisitos específicos para los instaladores autorizados en baja tensión (ITC-BT-03).

Se establecerá un proceso de confirmación metrológica que contemple las actuaciones necesarias para asegurar que el equipo de medición es conforme a los requisitos correspondientes a su uso previsto.

Según norma UNE-EN ISO 10012:2003:

“Para una mayor eficacia en el control del proceso de confirmación metrológica así como una mayor visibilidad del mismo, este proceso contemplara, al menos, las siguientes actividades:

- *Calibración*
- *Verificación metrológica*
- *Toma de decisiones y/o acciones sobre el equipo.*

Se establecerán mecanismos para la identificación y control de los registros del proceso de confirmación metrológica, estos estarán fechados y aprobados por una persona

En nuestro caso, para facilitar el proceso utilizaremos una aplicación informática (base de datos) que se implementará a tal efecto y que se detalla en el anexo I de la memoria.

7.- Proponer a las empresas instaladoras un modelo de implementación basado en el uso de herramientas informáticas (software) que faciliten la gestión metrológica (calibración y verificación) de su parque de instrumentos y de los procesos de medida asociados.

Para ello se ha desarrollado una aplicación de base de datos (anexo I), denominada con el nombre “GesMet”, la aplicación está basada en Microsoft Office Access 2007 y se puede ejecutar sin necesidad de instalar el programa Access 2007 en el equipo del usuario.

Se puede distribuir junto con Access 2007 Runtime que está disponible gratuitamente en el centro de descargas de Microsoft.

Enlace para la descarga:

<http://www.microsoft.com>

Se trata de una aplicación sencilla, intuitiva y de fácil manejo que nos permitirá la automatización de los procesos en los que están implicados los equipos de medida, facilitando la confirmación metrológica de los mismos y el archivo de resultados.

La aplicación ha de ser probada y validada antes de su uso inicial con el objeto de garantizar su integridad y la validez de los resultados de las mediciones.

Se crearán copias de seguridad con el objeto de salvaguardar la programación, asegurar el acceso y proveer el nivel de trazabilidad necesario, protegiendo los registros almacenados para prevenir el acceso no autorizado o la modificación de dichos registros.

A continuación se muestra un resumen esquemático de las actuaciones del proyecto, basado en un enfoque a procesos:



Figura 1: Resumen de actuaciones del proyecto, basado en un enfoque a procesos.

(Fuente: Elaboración propia)

Finalmente, este modelo posibilitará a la empresa instaladora que así lo desee la certificación de su sistema de gestión de las mediciones con el sello AENOR, conforme a los requisitos de la norma internacional UNE-EN ISO 10012:2003, integrándolo de forma coherente con sus actuales sistemas de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad y salud entre otros.

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

3.1.- Autoevaluación

La autoevaluación de una organización es una revisión completa y sistemática de las actividades y resultados de la organización, con referencia al sistema de gestión de calidad o a un modelo de excelencia.

[UNE-EN ISO 9000]

3.2.- Cadena de trazabilidad metrológica

Sucesión de patrones y calibraciones que relacionan un resultado de medida con una referencia.

NOTA 1 Una cadena de trazabilidad metrológica se define mediante una jerarquía de calibración.

NOTA 2 La cadena de trazabilidad metrológica se emplea para establecer la trazabilidad metrológica de un resultado de medida.

NOTA 3 La comparación entre dos patrones de medida puede considerarse como una calibración si ésta se utiliza para comprobar y, si procede, corregir el valor y la incertidumbre de medida atribuida a uno de los patrones.

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.3.- Calibración

Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación

NOTA 1: Una calibración puede expresarse mediante una declaración, una función de calibración, un diagrama de calibración, una curva de calibración o una tabla de calibración. En algunos casos, puede consistir en una corrección aditiva o multiplicativa de la indicación con su incertidumbre correspondiente.

NOTA 2: Conviene no confundir la calibración con el ajuste de un sistema de medida, a menudo llamado incorrectamente “autocalibración”, ni con una verificación de la calibración.

NOTA 3: Frecuentemente se interpreta que únicamente la primera etapa de esta definición corresponde a la calibración.

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.4.- Capacidad metrológica de un equipo de medición

Aptitud de un equipo de medición para contribuir a la incertidumbre de la medida de manera que se cumplan los requisitos metrológicos especificados para dicho proceso de medición.

[UNE 66180:2008]

3.5.- Capacidad óptima de medida (COM)

Incertidumbre de medida más pequeña que un laboratorio puede conseguir, dentro del alcance de su acreditación, cuando realiza calibraciones más o menos rutinarias de patrones de medida casi ideales, utilizados para definir, realizar, conservar o reproducir una unidad de esa magnitud o uno o más valores, o cuando realiza calibraciones rutinarias de instrumentos de medida casi ideales utilizados para medir una magnitud.

[UNE 66180:2008]

NOTA: Desde Abril de 2010 ha habido un cambio de nomenclatura y desde la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) se ha sustituido el término Capacidad Óptima de Medida (COM) por el término Capacidad de Medida y Calibración (CMC).

Capacidad de Medida y Calibración (CMC): es la menor incertidumbre de medida que el laboratorio puede proporcionar a sus clientes, expresada como incertidumbre expandida para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%.

[ENAC - Subcomité técnico de calibración nº 4, masa y volumen. Actas de reunión nº 30 y 31

<http://www.enac.es>]

3.6.- Característica metrológica

Característica identificable que puede influir en los resultados de la medición.

[UNE-EN ISO 10012]

3.7.- Condición de repetibilidad de una medición

Condición de medición, dentro de un conjunto de condiciones que incluye el mismo procedimiento de medida, los mismos operadores, el mismo sistema de medida, las mismas condiciones de operación y el mismo lugar, así como mediciones repetidas del mismo objeto o de un objeto similar en un periodo corto de tiempo

NOTA 1: Una condición de medición es una condición de repetibilidad únicamente respecto a un conjunto dado de condiciones de repetibilidad.

NOTA 2: En química, el término “condición de precisión intra-serie” se utiliza algunas veces para referirse a este concepto.

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.8.- Cliente de un sistema de gestión de las mediciones

Es la persona, proceso u organización destinataria y/o usuaria de los resultados de la medición.

NOTA 1: en el caso de que el destinatario y usuario de la medición pertenezca a la propia organización, el resultado del sistema de gestión de las mediciones debería contemplar las necesidades y expectativas de dicho cliente interno, de tal forma que permita y facilite la toma de decisiones sobre el control del proceso productivo, o sobre el grado de cumplimiento de requisitos de producto, o de requisitos ambientales, o de seguridad y salud laboral, entre otros aspectos. En este caso, los clientes del sistema de gestión de las mediciones son otros procesos de la organización que requieren de la medición para evaluar la conformidad de sus resultados con los requisitos, como pueden ser los procesos de realización del producto, de diseño o de compras entre otros.

NOTA 2: En el caso de que el propósito de la organización sea la propia realización de confirmaciones metrológicas (laboratorios de calibración) o la realización de ensayos (laboratorios de ensayo), los resultados del sistema de gestión de las mediciones sería el propio cliente (externo) de la organización.

[UNE 66180:2008]

3.9.- Confirmación metrológica

Conjunto de operaciones requeridas para asegurarse de que el equipo de medición es conforme a los requisitos correspondientes a su uso previsto.

NOTA 1: La confirmación metrológica generalmente incluye la calibración y verificación, cualquier ajuste o reparación necesario, y la subsiguiente recalibración, la comparación con los requisitos metrológicos del uso previsto del equipo, así como cualquier sellado y etiquetado requerido.

NOTA 2: La confirmación metrológica no se logra hasta que se haya demostrado y documentado la adecuación del equipo de medición para el uso previsto.

NTA 3: Los requisitos para el uso previsto incluyen consideraciones tales como el alcance, resolución y error máximo permitido.

NOTA 4: Los requisitos metrológicos normalmente difieren de los requisitos para el producto y no están especificados en éstos.

[UNE-EN ISO 10012:2003]

3.10.- Corrección

Compensación de un efecto sistemático estimado.

NOTA 1: La corrección es igual al opuesto del error sistemático estimado.

NOTA 2: La compensación puede tomar diferentes formas, tales como la adición de un valor o la multiplicación por un factor, o bien puede deducirse de una tabla.

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.11.- Deriva instrumental

Variación continua o incremental de una indicación a lo largo del tiempo, debida a variaciones de las características metrológicas de un instrumento de medida.

NOTA La deriva instrumental no se debe a una variación de la magnitud medida, ni a una variación de una magnitud de influencia identificada.

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.12.- Eficacia

Extensión en la que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados.

[UNE-EN ISO 9000]

3.13.- Eficiencia

Relación entre resultado alcanzado y los recursos utilizados.

[UNE-EN ISO 9000]

3.14.- Ensayo

Determinación de una o más características de un objeto de evaluación de la conformidad, de acuerdo a un procedimiento.

NOTA: El término ensayo/prueba se aplica en general a materiales, productos o procesos.

[UNE 66180:2008]

3.15.- Error de medida

Resultado de una medición menos un valor verdadero del mesurando.

Nota: considerando que el valor verdadero no puede ser determinado, en la práctica se utiliza el valor convencionalmente verdadero.

[UNE 66180:2008]

3.16.- Evaluación de las competencias

Valoración de las competencias y habilidades de un individuo, mediante diferentes métodos (entrevistas individuales, diagnósticos, autodiagnósticos, pruebas, etc.).

[UNE 66180:2008]

3.17.- Evaluación de los proveedores

Examen sistemático y objetivo que demuestra si un proveedor o subcontratista tiene la capacidad para suministrar un producto o servicio conforme a los requisitos establecidos.

[UNE 66180:2008]

3.18.- Equipo de medición

Instrumento de medición, software, patrón de medida, material de referencia o aparato auxiliar, o una combinación de estos, necesario para llevar a cabo un proceso de medición.

NOTA 1: Los equipos de medición generalmente tienen varias características metrológicas.

NOTA 2: Las características metrológicas pueden ser el objeto de la calibración.

[UNE 66180:2008]

3.19.- Función metrológica

Función con responsabilidades administrativas y técnicas para definir el sistema de gestión de las mediciones.

[UNE 66180:2008]

3.20.- Gestión integrada

Parte de la gestión general de la organización que determina y aplica la política integrada de gestión. Surge de la integración de las gestiones de los distintos sistemas normalizados de gestión disponibles en la organización.

[UNE 66180:2008]

3.21.- Gestión metrológica

Actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la confirmación metrológica de los equipos de medida y los procesos de medición.

NOTA 1: Incluye el establecimiento de la política y de los objetivos, la gestión de los recursos, la planificación, el control y el aseguramiento de la confirmación metrológica de los equipos de medida y de los procesos de medición así como de la mejora del desempeño del sistema de gestión de las mediciones.

[UNE 66180:2008]

3.22.- Incertidumbre de medida (U)

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

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

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

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

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

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.23.- Incertidumbre de uso (U_u)

Parámetro que caracteriza el intervalo de valores, definido normalmente como un intervalo simétrico; en el que, a partir de los valores obtenidos en el proceso de medición, puede utilizarse de forma normal y fiable el instrumento en el proceso de medición por el cual se ha seleccionado.

NOTA: La incertidumbre de uso de un instrumento se obtiene siempre a partir de la calibración y para su obtención se deben tener en cuenta, tanto las condiciones de utilización previstas para el instrumento (aplicación o no de correcciones de calibración, número de reiteraciones a tomar en la obtención de las medidas, condiciones ambientales normales en el ambiente de utilización del instrumento...), como las propias características metrológicas del mismo.

[UNE 66180:2008]

3.24.- Indicador

Datos o conjunto de datos que ayudan a medir objetivamente la evolución un proceso o de una actividad.

[UNE 66715]

3.25.- Intervalo de indicaciones

Conjunto de valores comprendido entre las dos indicaciones extremas.

NOTA 1 El intervalo de indicaciones se expresa generalmente citando el valor inferior y el superior, por ejemplo, 99 V a 201 V.

NOTA 2 Para ciertas magnitudes se utiliza la expresión proveniente del inglés “rango de indicaciones”, mientras que para otras se utiliza “campo de indicaciones”.

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.26.- Intervalo nominal de indicaciones

Conjunto de valores comprendidos entre dos indicaciones extremas redondeadas o aproximadas, que se obtiene para una configuración particular de los controles del instrumento o sistema de medida y que sirve para designar dicha configuración

NOTA 1 El intervalo nominal de las indicaciones se expresa generalmente citando el valor inferior y el superior, por ejemplo “100 V a 200 V”.

NOTA 2 En algunos campos, se utiliza el término proveniente del inglés “rango nominal”.

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.27.- Magnitud de influencia

Magnitud que, en una medición directa, no afecta a la magnitud que realmente se está midiendo, pero sí afecta a la relación entre la indicación y el resultado de medida

EJEMPLO 1: La frecuencia en la medición directa de la amplitud constante de una corriente alterna con un amperímetro (también denominado ampérmetro en algunos países).

EJEMPLO 2: La concentración de la cantidad de sustancia de bilirrubina en una medición directa de la concentración de la cantidad de sustancia de hemoglobina en plasma sanguíneo humano.

EJEMPLO 3: La temperatura de un micrómetro utilizado para medir la longitud de una varilla, pero no la temperatura de la propia varilla, que puede aparecer en la definición del mensurando.

EJEMPLO 4: La presión de fondo en la fuente de iones de un espectrómetro de masas durante la medida de una fracción molar.

NOTA 1: Una medición indirecta conlleva una combinación de mediciones directas, cada una de las cuales puede estar a su vez afectada por magnitudes de influencia.

NOTA 2: En la GUM, el concepto “magnitud de influencia” se define de acuerdo con la 2ª edición del VIM, por lo comprende no solo las magnitudes que afectan al sistema de medida, como en esta definición, sino que también incluye aquéllas que afectan a las magnitudes realmente medidas. La GUM tampoco limita este concepto a mediciones directas.

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.28.- Medición

Proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud.

NOTA 1: Las mediciones no son de aplicación a las propiedades cualitativas.

NOTA 2: La medición supone una comparación de magnitudes, e incluye el conteo de entidades.

NOTA 3: Una medición supone una descripción de la magnitud compatible con el uso previsto de un resultado de medida, un procedimiento de medida y un sistema de medida calibrado conforme a un procedimiento de medida especificado, incluyendo las condiciones de medida.

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.29.- Mensurando

Magnitud que se desea medir.

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

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

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

EJEMPLO 1: La diferencia de potencial entre los terminales de una batería puede disminuir cuando se utiliza un voltímetro con una conductancia interna significativa. La diferencia de potencial en circuito abierto puede calcularse a partir de las resistencias internas de la batería y del voltímetro.

EJEMPLO 2: La longitud de una varilla cilíndrica de acero a una temperatura de 23 °C será diferente de su longitud a la temperatura de 20 °C, para la cual se define el mensurando. En este caso, es necesaria una corrección.

NOTA 4: En química, la “sustancia a analizar”, el analito, o el nombre de la sustancia o compuesto, se emplean algunas veces en lugar de “mensurando”. Esta práctica es errónea debido a que estos términos no se refieren a magnitudes.

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.30.- Nivel de madurez

Medida de la capacidad de una organización para alcanzar resultados a través de su conocimiento y experiencias en la aplicación de los sistemas de gestión.

[UNE 66174]

3.31.- Objetivo

Algo ambicionado o pretendido, relacionado con los resultados de un proceso.

[UNE 66175]

3.32.- Plan de Calibración

Organización del conjunto de los patrones, equipos o instrumentos de medida y elementos accesorios existentes en un laboratorio o en general en un centro de medición para efectuar la calibración de los mismos metódicamente, de forma que se pueda asegurar en todo momento la incertidumbre y la trazabilidad de las medidas que se realicen.

[UNE 66180:2008]

3.33.- Proceso

Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

NOTA 1: Los elementos de entrada en un proceso son generalmente resultado de otros procesos.

NOTA 2: Los procesos de la organización son generalmente planificados y puestos en práctica bajo condiciones controladas para aportar valor.

[UNE-EN ISO 9000]

3.34.- Proceso de medición

Conjunto de operaciones para determinar el valor de una magnitud.

[UNE-EN ISO 10012]

3.35.- Repetibilidad (de los resultados de las mediciones)

Grado de concordancia entre resultados de sucesivas mediciones del mismo mesurando, mediciones efectuadas con aplicación de la totalidad de las mismas condiciones de medida.

NOTA 1: Estas condiciones se denominan condiciones de repetibilidad.

NOTA 2: Las condiciones de repetibilidad comprenden:

- *El mismo procedimiento de medida*
- *El mismo observador*
- *El mismo instrumento de medida utilizado en las mismas condiciones*
- *El mismo lugar*
- *Repetición durante un corto periodo de tiempo*

NOTA 3: La repetibilidad puede expresarse cuantitativamente por medio de las características de dispersión de los resultados.

[UNE 66180:2008]

3.36.- Repetibilidad de medida

Precisión de medida bajo un conjunto de condiciones de repetibilidad

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.37.- Reproducibilidad (de los resultados de las mediciones)

Grado de concordancia entre los resultados de las mediciones del mismo mesurando, mediciones efectuadas bajo diferentes condiciones de medida.

NOTA 1: Para que una expresión de la reproducibilidad sea válida, es necesario especificar las condiciones que han variado.

NOTA 2: Las condiciones variables puede comprender:

- *Principio de medida*
- *Método de medida*
- *Observador*
- *Instrumento de medida*
- *Patrón de referencia*
- *Lugar*
- *Condiciones de utilización*
- *Tiempo*

NOTA 3: La reproducibilidad puede expresarse cuantitativamente por medio de las características de la dispersión de los resultados.

NOTA 4: Los resultados aquí considerados son habitualmente resultados corregidos.

[UNE 66180:2008]

3.38.- Requisitos metrológicos del cliente (RMC)

Son aquellos requisitos de medición especificados por el cliente como pertinentes para los procesos relacionados con el cliente.

NOTA 1: Los requisitos metrológicos se deben determinar basándose en los requisitos del cliente, de la organización, y en los requisitos legales y reglamentarios, así como de otras partes interesadas (RM).

NOTA 2: La Norma ISO 1012:2003 utiliza varias acepciones que son equivalentes: Requisitos metrológicos del cliente (RMC), Requisitos metrológicos especificados, requisitos de medición del cliente y en algunas ocasiones, requisitos metrológicos. A lo largo de la norma UNE 66180:2008 donde aparezca RCM también puede incluir requisitos metrológicos de otras partes interesadas (RM).

NOTA 3: Los RMC son todos aquellos requisitos de la organización que precisen de la medición para evaluar la conformidad. Deberían ser expresados en términos de especificaciones en las variables a medir para su cumplimiento.

NOTA 4: En ausencia de un RMC explícito deberá contemplarse el establecimiento de un RM propio.

[UNE 66180:2008]

3.39.- Resultado de una medición

Conjunto de valores de una magnitud atribuidos a un mensurando, acompañados de cualquier otra información relevante disponible

NOTA 1: Un resultado de medida contiene generalmente información relevante sobre el conjunto de valores de una magnitud. Algunos de ellos representan el mensurando mejor que otros. Esto puede representarse como una función de densidad de probabilidad (FDP).

NOTA 2: El resultado de una medición se expresa generalmente como un valor medido único y una incertidumbre de medida. Si la incertidumbre de medida se considera despreciable para un determinado fin, el resultado de medida puede expresarse como un único valor medido de la magnitud. En muchos campos ésta es la forma habitual de expresar el resultado de medida.

NOTA 3: En la bibliografía tradicional y en la edición precedente del VIM, el término resultado de medida estaba definido como un valor atribuido al mensurando y podía entenderse como indicación, resultado no corregido o resultado corregido, según el contexto.

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.40.- Sistema de gestión de las mediciones

Conjunto de elementos interrelacionados, o que interactúan, necesarios para lograr la confirmación metrológica y el control continuo de los procesos de medición.

[UNE 66180:2008]

3.41.- Satisfacción del cliente

Percepción del cliente sobre el grado en que se han cumplido sus requisitos.

NOTA1: Las quejas de los clientes son un indicador habitual de una baja satisfacción del cliente, pero la ausencia de las mismas no implica necesariamente una elevada satisfacción del cliente.

NOTA2: Incluso cuando los requisitos del cliente han sido acordados con el mismo y éstos han sido cumplidos, esto no asegura una elevada satisfacción del cliente.

[UNE-EN ISO 9000]

3.42.- Sensibilidad de un sistema de medida

Cociente entre la variación de una indicación de un sistema de medida y la variación correspondiente del valor de la magnitud medida

NOTA 1 La sensibilidad puede depender del valor de la magnitud medida.

NOTA 2 La variación del valor de la magnitud medida debe ser grande en comparación con la resolución.

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.43.- Tolerancia efectiva (de una magnitud)

Es el intervalo de valores en el que debe encontrarse dicha magnitud para que se acepte como válida considerando la incertidumbre del proceso de medición

[UNE 66180:2008]

3.44.- Tolerancia (de una magnitud)

Es el intervalo de valores en el que debe encontrarse dicha magnitud para que se acepte como válida.

NOTA: La tolerancia es aplicable tanto a una especificación de un producto, de un requisito ambiental o de seguridad y salud laboral, así como a los límites de control de un proceso de realización del producto.

[UNE 66180:2008]

3.45.- Trazabilidad metrológica

Propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida.

NOTA 1 En esta definición, la referencia puede ser la definición de una unidad de medida, mediante una realización práctica, un procedimiento de medida que incluya la unidad de medida cuando se trate de una magnitud no ordinal, o un patrón.

NOTA 2 La trazabilidad metrológica requiere una jerarquía de calibración establecida.

NOTA 3 La especificación de la referencia debe incluir la fecha en la cual se utilizó dicha referencia, junto con cualquier otra información metrológica relevante sobre la referencia, tal como la fecha en que se haya realizado la primera calibración en la jerarquía.

NOTA 4 Para mediciones con más de una magnitud de entrada en el modelo de medición, cada valor de entrada debiera ser metrológicamente trazable y la jerarquía de calibración puede tener forma de estructura ramificada o de red. El esfuerzo realizado para establecer la trazabilidad metrológica de cada valor de entrada debería ser en proporción a su contribución relativa al resultado de la medición.

NOTA 5 La trazabilidad metrológica de un resultado de medida no garantiza por sí misma la adecuación de la incertidumbre de medida a un fin dado, o la ausencia de errores humanos.

NOTA 6 La comparación entre dos patrones de medida puede considerarse como una calibración si ésta se utiliza para comprobar, y si procede, corregir el valor y la incertidumbre atribuidos a uno de los patrones.

NOTA 7 La ILAC considera que los elementos necesarios para confirmar la trazabilidad metrológica son: una cadena de trazabilidad metrológica ininterrumpida a un patrón internacional o a un patrón nacional, una incertidumbre de medida documentada, un procedimiento de medida documentado, una competencia técnica reconocida, la trazabilidad metrológica al SI y los intervalos entre calibraciones (véase ILAC P-10:2002).

NOTA 8 Algunas veces el término abreviado “trazabilidad” se utiliza en lugar de “trazabilidad metrológica” así como para otros conceptos, como trazabilidad de una muestra, de un documento, de un instrumento, de un material, etc., cuando interviene el historial (“traza”) del elemento en cuestión. Por tanto, es preferible utilizar el término completo “trazabilidad metrológica” para evitar confusión.

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.46.- Trazabilidad metrológica a una unidad de medida

Trazabilidad metrológica en la que la referencia es la definición de una unidad de medida mediante su realización práctica.

NOTA: La expresión “trazabilidad al SI” significa trazabilidad metrológica a una unidad de medida del Sistema Internacional de Unidades.

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.47.- Validación

Verificación de que los requisitos especificados son adecuados para un uso previsto.

EJEMPLO: Un procedimiento de medida habitualmente utilizado para la medición de la concentración en masa de nitrógeno en agua, puede también validarse para la medición en el suero humano.

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

3.48.- Verificación

Aportación de evidencia objetiva de que un elemento satisface los requisitos especificados.

EJEMPLO 1: La confirmación de que un material de referencia declarado homogéneo lo es para el valor y el procedimiento de medida correspondientes, para muestras de masa de valor hasta 10 mg.

EJEMPLO 2: La confirmación de que se satisfacen las propiedades de funcionamiento declaradas o los requisitos legales de un sistema de medida.

EJEMPLO 3: La confirmación de que puede alcanzarse una incertidumbre objetivo.

NOTA 1: Cuando sea necesario, es conveniente tener en cuenta la incertidumbre de medida.

NOTA 2: El elemento puede ser, por ejemplo, un proceso, un procedimiento de medida, un material, un compuesto o un sistema de medida.

NOTA 3: Los requisitos especificados pueden ser, por ejemplo, las especificaciones del fabricante.

NOTA 4: En metrología legal, la verificación, tal como la define el VIML [53], y en general en la evaluación de la conformidad, puede conllevar el examen, marcado o emisión de un certificado de verificación de un sistema de medida.

NOTA 5: No debe confundirse la verificación con la calibración. No toda verificación es una validación.

NOTA 6: En química, la verificación de la identidad de una entidad, o de una actividad, requiere una descripción de la estructura o las propiedades de dicha entidad o actividad.

[VIM, 3ª edición 2008 (CEM)]

4. DESCRIPCIÓN

4.1.- AENOR

AENOR, entidad española, privada, independiente, sin ánimo de lucro, reconocida en los ámbitos nacional, comunitario e internacional, contribuye, mediante el desarrollo de las actividades de normalización y certificación (N+C), a mejorar la calidad en las empresas, sus productos y servicios, así como proteger el medio ambiente y, con ello, el bienestar de la sociedad.

Se constituyó en 1986, coincidiendo con la incorporación de España a la Comunidad Económica Europea, la apertura de fronteras suponía una gran oportunidad y un tremendo reto para los productos españoles.

Hasta esa fecha, las labores de normalización eran responsabilidad del Instituto de de Racionalización y Normalización (IRANOR), entidad pública creada en 1945 dependiente del Centro Superior de Investigaciones Científicas. Sectores económicos y administración pública coincidieron en la necesidad de que nuestro país dispusiese de una organización similar a las que ya existían en otros países europeos. Así, se trasladó a la iniciativa privada las actividades de normalización y certificación con la constitución de una organización privada e independiente y sin fines lucrativos. El objetivo era difundir la cultura de la calidad entre el tejido productivo español para así mejorar su competitividad.

Primeros pasos en normalización.

En el primer año se crearon los primeros 24 comités técnicos de normalización, en su mayoría traspaso de las actividades técnicas de IRANOR, y se partió de un cuerpo normativo de 7.810 normas, también heredado de aquel organismo. Un año más tarde, AENOR asumía la representación de España ante los organismos europeos (CEN, CENELEC y ETSI) e internacionales (ISO e IEC).

Actualmente, son más de 200 los comités técnicos de normalización en los que participan cerca de 6.000 expertos. Su trabajo es reconocido internacionalmente, como lo demuestra

que cada vez sean más las normas desarrolladas en España que sirven de referencia en la elaboración de normas europeas e internacionales.

Actividad en certificación.

También en 1986 se creó la infraestructura básica para desarrollar la actividad de certificación, entonces circunscrita exclusivamente a la certificación de producto. Así, los primeros comités técnicos de certificación fueron los de plásticos y aparatos domésticos. Paulatinamente se fueron creando comités hasta alcanzar los 70 actuales. La certificación de producto, en la primera década, se refería a material de construcción y eléctrico. Es a finales de los 90 cuando se inicia en nuevos campos como la alimentación, la artesanía o los servicios.

En 1989 se comenzó a certificar sistemas de gestión según la norma UNE-EN ISO 9001 y desde entonces su proyección ha sido imparable hasta superar los 26.000 certificados. En la década de los 90 esta certificación era fundamentalmente demandada por las organizaciones puramente industriales, pero a partir del año 2000, con la publicación ese año de una nueva versión de la Norma ISO 9001, se abre el abanico a las organizaciones de servicios y a las pymes.

En 1992, la celebración de la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro supuso el inicio de las políticas ambientales. Ese mismo año, AENOR inició su actividad en este campo y emitió sus primeros certificados de sistemas de gestión ambiental en 1994. De esta certificación, la segunda de sistemas de gestión más implantada, AENOR ha emitido 6.900 certificados.

Por su carácter asociativo, cualquier entidad y persona física o jurídica, pública o privada, que tenga interés en el desarrollo de la normalización o la certificación puede ser miembro de AENOR.

Actualmente, la base asociativa de AENOR está compuesta por más de 800 miembros que representan a la práctica totalidad del tejido productivo de nuestro país. Entre ellos figuran las principales asociaciones empresariales, primeras empresas españolas y una buena representación de Administraciones Públicas de todos los niveles.

Además de participar activamente en las actividades de AENOR, ser miembro de esta entidad permite:

- Adquirir normas y publicaciones o inscripción en cursos de formación con descuentos.
- Recibir mensualmente la revista UNE, anualmente el catálogo de normas y el Informe Anual.
- En función de su tipología, hay cuatro categorías de miembros:
- Individuales: personas físicas.
- Miembros corporativos: organizaciones empresariales y asociaciones de consumidores de ámbito estatal.
- Miembros adheridos: empresas e instituciones.
- Miembros de honor: personas físicas o jurídicas que reciben esta consideración como reconocimiento al servicio de los fines de la Asociación.

4.2.- NORMAS ISO

ISO (International Standardization Organization) es una entidad internacional con sede en Ginebra, está compuesta por una federación de organismos nacionales que representa a cada uno de los países participantes, a su vez estos organismos constituyen las oficinas de normalización de cada país, como por ejemplo AENOR en España, AFNOR en Francia, DIN en Alemania,... etc. Se creó para dar más eficacia a las normas nacionales.

Su nombre ISO se debe a que "International Organization for Standardization" (Organización Internacional de Normalización) tendría diferentes abreviaturas al ser traducido a las diferentes lenguas ("OIN" en español, "IOS" en Inglés, "OIN" en francés,... etc.) por lo que sus fundadores decidieron darle un único nombre para cualquier uso y en cualquier país. Escogieron "ISO", derivado del griego "isos", que significa "igual". Cualquiera que sea el país, sea cual sea el idioma, la forma corta del nombre de la organización siempre será ISO.

Las normas técnicas realizan una enorme y positiva contribución en la mayoría de los aspectos de nuestras vidas, con ellas somos capaces de garantizar las características deseables de los productos y servicios, tales como la calidad, respeto al medio ambiente, seguridad, fiabilidad, eficiencia y capacidad de intercambio, así mismo, también tiene una influencia directa en el coste del producto final.

Cuando los productos, servicios, sistemas, maquinaria y dispositivos funcionan bien, con seguridad y cumplen con nuestras expectativas, tendemos a dar por sentado el beneficio y ser conscientes del papel de las normas. Sin embargo, cuando las normas están ausentes, nos arriesgamos por tanto a que los productos resulten ser de mala calidad, no funcionen correctamente, sean incompatibles con el equipo que ya tenemos, no sean fiables e incluso en algunos casos puedan llegar a resultar peligrosos.

4.3.- NORMAS UNE

Las normas **UNE** (Una Norma Española) son normas técnicas que se elaboran en el seno de AENOR, la entidad legalmente responsable de su desarrollo, a través de los Comités Técnicos de Normalización en los que están presentes todas las partes interesadas.

AENOR facilita su desarrollo colaborando con empresas, administraciones públicas, organismos de investigación y agentes sociales, en el seguimiento del desarrollo tecnológico, participación en trabajos de normalización y difusión de los resultados de los mismos.

La participación en los Comités Técnicos de Normalización, CTN, de AENOR le posibilita el acceso y la capacidad de influir en el contenido de las normas europeas e internacionales.

Los CTN están constituidos por un presidente, un secretario, generalmente perteneciente a alguna asociación empresarial, y una serie de vocales que constituyen una representación equilibrada de todas aquellas entidades que tienen interés en la normalización de un tema en concreto, lo que garantiza la transparencia, apertura y consenso en su trabajo.

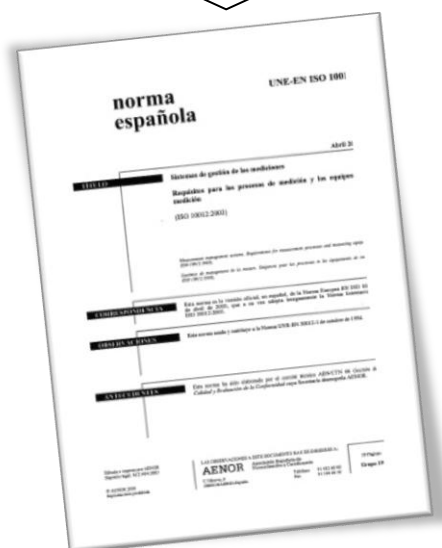
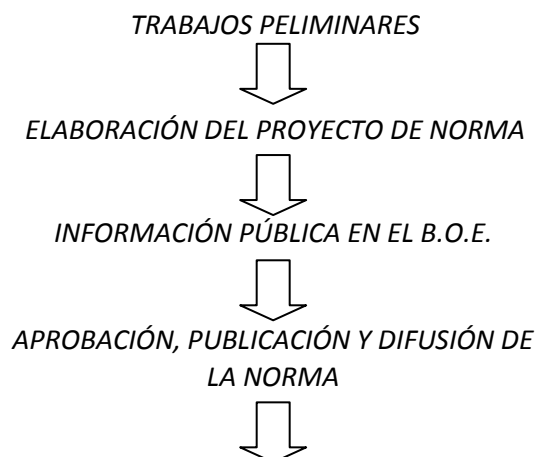
El proceso de elaboración de una norma UNE está sometido a una serie de fases que permiten asegurar que el documento final es fruto del consenso, y que cualquier persona,

aunque no pertenezca al órgano de trabajo que la elabora, puede emitir sus opiniones o comentarios.

Antes de su aprobación, en el Boletín Oficial del Estado BOE se publica la relación mensual de proyectos UNE sometidos a un periodo de Información Pública, durante el cual cualquier persona o entidad interesada podrá presentar observaciones.

Las observaciones deben comunicarse por escrito a AENOR. Una vez analizados los comentarios recibidos en esta fase, el comité redactará el texto final, que será aprobado finalmente y será publicado como norma UNE por AENOR, notificado en el B.O.E. y finalmente será promocionado y comercializado a través de los servicios comerciales de AENOR.

A continuación se describe brevemente el proceso de elaboración de una norma UNE:



4.4.- NORMA UNE-EN ISO 10012:2003 “SISTEMA DE GESTIÓN DE LAS MEDICIONES. REQUISITOS PARA LOS PROCESOS DE MEDICIÓN Y LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN”.

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 10012 de abril de 2003, que a su vez adopta íntegramente la norma Internacional ISO 10012:2003. Ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 66 *Gestión de la calidad y evaluación de conformidad* cuya Secretaría desempeña AENOR. Anula y sustituye a la Norma UNE-EN 30012-1 de octubre de 1994.

Esta norma Internacional especifica requisitos genéricos y proporciona orientación para la gestión de los procesos de medición y para la confirmación metrológica del equipo de medición utilizado para apoyar y demostrar el cumplimiento de requisitos metrológicos. Especifica los requisitos de gestión de la calidad de un sistema de gestión de las mediciones que puede ser utilizado por una organización que lleva a cabo mediciones como parte de su sistema de gestión global y para asegurar que se cumplen los requisitos metrológicos.

Esta norma Internacional no está prevista para ser utilizada como requisito para demostrar la conformidad con las normas ISO 9000, ISO14001 o cualquier otra norma. Las partes interesadas pueden acordar la utilización de esta norma Internacional como entrada para cumplir los requisitos del sistema de gestión de las mediciones en actividades de certificación. Tampoco está prevista para ser un sustituto u una adición de los requisitos de norma ISO/IEC 17025 (existen otras normas y guías para elementos particulares que afectan a los resultados de las mediciones, por ejemplo, detalles de los métodos de medición, competencia del personal y comparaciones entre laboratorios).

4.5.- NORMA UNE 66180:2008 “SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD. GUÍA PARA LA GESTIÓN Y EVALUACIÓN METROLÓGICA”.

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 66 “*Gestión de la calidad y evaluación de conformidad*” cuya Secretaría desempeña AENOR.

Esta norma está basada en la Norma UNE-EN ISO10012 y especifica las directrices para la gestión, operación y evaluación de los procesos metrológicos operativos y de soporte necesarios de un sistema de gestión de las mediciones para aquellas organizaciones que deseen mejorar la eficiencia de su gestión metrológica, como parte de su sistema de gestión de la calidad.

En la norma se especifican varias directrices para desarrollar:

- La descripción y gestión de los procesos y actividades del sistema de gestión de las mediciones y, por tanto, del sistema de gestión de la organización.
- La evaluación interna o externa del nivel de madurez del sistema de gestión de las mediciones, tanto por elementos como a nivel global.
- La identificación de oportunidades de mejora del sistema de gestión de las mediciones.
- Las directrices contenidas en la norma son genéricas y aplicables a cualquier tipo de organización que lleve a cabo procesos de medición con el fin de evidenciar el cumplimiento de sus requisitos metrológicos, tengan o no implantado un sistema de gestión de las mediciones conforme a la Norma UNE-EN ISO 10012 o un sistema de gestión de la calidad conforme a la Norma UNE-EN ISO 9001.
- Esta norma es una herramienta de gestión que permite a las organizaciones:
 - Profundizar en el entendimiento y aplicación de los requisitos de un sistema de gestión de las mediciones según la Norma UNE-EN ISO 10012, así como los requisitos metrológicos contenidos en otras normas de gestión.
 - Conocer el nivel de madurez del sistema de gestión de las mediciones.
 - Establecer objetivos de mejora medibles.
 - Establecer planes de mejora.
 - Medir, parcial o totalmente, la mejora en el desempeño del sistema de gestión de las mediciones, así como evidenciar su grado de avance entre evaluaciones sucesivas.

También permite a los usuarios de modelos de evaluación del sistema de gestión de la calidad basados en la Norma UNE 66174, profundizar en la evaluación de los requisitos metrológicos de su sistema de gestión de la calidad, facilitando la identificación de planes de mejora de la gestión metrológica que puedan mejorar los resultados de su evaluación de su sistema de gestión.

Esta norma también puede ser utilizada por laboratorios de ensayo y calibración usuarios de la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025 para evaluar y mejorar el nivel de madurez de su sistema de gestión de las mediciones como parte de su sistema de gestión de la calidad.

4.6.- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN (REBT).

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión fue aprobado tras deliberación del Consejo de Ministros y reflejado en el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto (B.O.E. núm. 224, 18-09-2002) a propuesta del Ministerio de Ciencia y Tecnología, con el informe favorable del Ministerio de Administraciones Públicas y de acuerdo con el Consejo de Estado.

Este reglamento sustituye al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión de 1973.

La entrada en vigor de este nuevo reglamento es el 18 de septiembre de 2003, si bien se podrá aplicar de forma voluntaria desde el 18 de septiembre de 2002.

La estructura del reglamento consta de tres partes fundamentales:

- Real Decreto:
RD842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Articulado del Reglamento de Baja Tensión:
El Reglamento está dividido en 29 artículos que describen el objetivo, el campo de aplicación, el alcance y las características fundamentales del reglamento.
- Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC):

En total son 51 instrucciones, que van de la BT 01 a la BT 51, son de carácter concreto y en ellas se desarrollan los artículos antes descritos.

En los Artículos 1 y 2 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), que se muestran a continuación, se desarrollan el Objeto y Campo de Aplicación del reglamento:

Artículo 1. Objeto.

El presente Reglamento tiene por objeto establecer las condiciones técnicas y garantías que deben reunir las instalaciones eléctricas conectadas a una fuente de suministro en los límites de baja tensión, con la finalidad de:

- a) Preservar la seguridad de las personas y los bienes.*
- b) Asegurar el normal funcionamiento de dichas instalaciones y prevenir las perturbaciones en otras instalaciones y servicios.*
- c) Contribuir a la fiabilidad técnica y a la eficiencia económica de las instalaciones.*

Artículo 2. Campo de aplicación.

1. El presente Reglamento se aplicará a las instalaciones que distribuyan la energía eléctrica, a las generadoras de electricidad para consumo propio y a las receptoras, en los siguientes límites de tensiones nominales:

- a) Corriente alterna: igual o inferior a 1.000 voltios.*
- b) Corriente continua: igual o inferior a 1.500 voltios.*

2. El presente Reglamento se aplicará:

- a) A las nuevas instalaciones, a sus modificaciones y a sus ampliaciones.*
- b) A las instalaciones existentes antes de su entrada en vigor que sean objeto de modificaciones de importancia, reparaciones de importancia y a sus ampliaciones.*

- c) *A las instalaciones existentes antes de su entrada en vigor, en lo referente al régimen de inspecciones, si bien los criterios técnicos aplicables en dichas inspecciones serán los correspondientes a la reglamentación con la que se aprobaron.*

Se entenderá por modificaciones o reparaciones de importancia las que afectan a más del 50 por 100 de la potencia instalada. Igualmente se considerará modificación de importancia la que afecte a líneas completas de procesos productivos con nuevos circuitos y cuadros, aun con reducción de potencia.

3. Asimismo, se aplicará a las instalaciones existentes antes de su entrada en vigor, cuando su estado, situación o características impliquen un riesgo grave para las personas o los bienes, o se produzcan perturbaciones importantes en el normal funcionamiento de otras instalaciones, a juicio del órgano competente de la Comunidad Autónoma.

4. Se excluyen de la aplicación de este Reglamento las instalaciones y equipos de uso exclusivo en minas, material de tracción, automóviles, navíos, aeronaves, sistemas de comunicación, y los usos militares y demás instalaciones y equipos que estuvieran sujetos a reglamentación específica.

5. Las prescripciones del presente Reglamento y sus instrucciones técnicas complementarias (en adelante ITCs) son de carácter general unas, y específico, otras.

Las específicas sustituirán, modificarán o complementarán a las generales, según los casos.

6. No se aplicarán las prescripciones generales, sino únicamente prescripciones específicas, que serán objeto de las correspondientes ITC's, a las instalaciones o equipos que utilizan «muy baja tensión» (hasta 50 V en corriente alterna y hasta 75 V en corriente continua), por ejemplo las redes informáticas y similares, siempre que su fuente de energía sea autónoma, no se alimenten de redes destinadas a otros suministros, o que tales instalaciones sean absolutamente independientes de las redes de baja tensión con valores por encima de los fijados para tales pequeñas tensiones.

[Fuente: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (suplemento del B.O.E. núm. 224, 18-09-2002)]

5. PROCESO DE IDENTIFICACIÓN REQUISITOS DE CLIENTE (RC).

Este proceso tiene dos entradas, por un lado la normativa y reglamentación específica que le es de aplicación a la empresa instaladora habilitada en baja tensión y, por otro, requisitos adicionales que le pueden ser exigidos por parte del titular de las instalaciones eléctricas. Tiene una única salida, basada en la identificación de los requisitos de medición del cliente, para finalmente, en segundo proceso, expresar estos requisitos de medición en requisitos metrológicos de cliente (RMC).

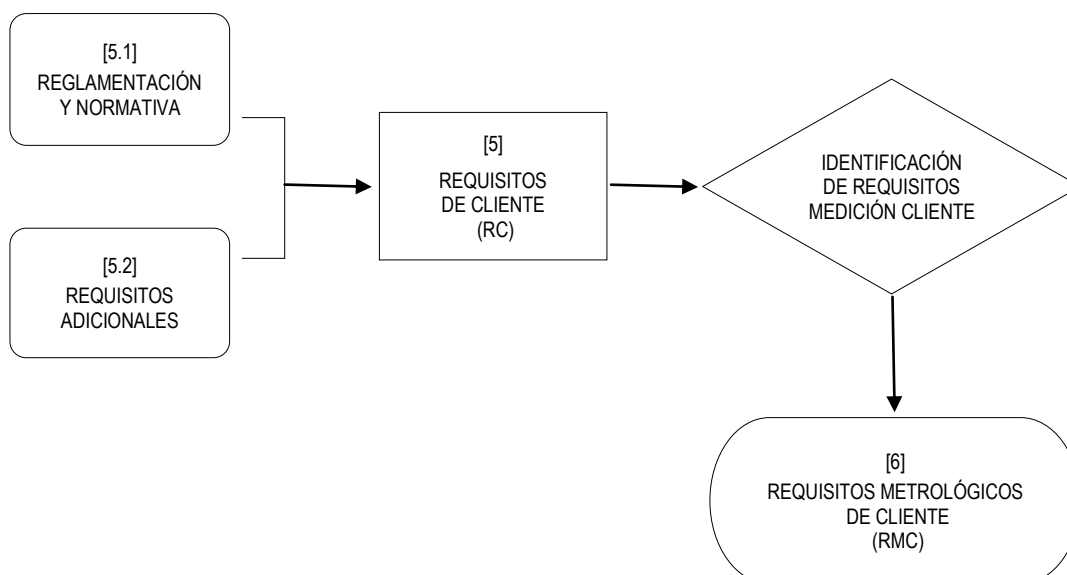


Figura 2: Modelo de identificación de los requisitos metrológicos de cliente (RMC).
(Fuente: Elaboración propia)

Este proceso da cumplimiento al punto 5.2, del apartado a), de la norma UNE-EN 10012:

5.2 Enfoque al cliente [UNE-EN ISO 10012:2003]

La dirección de la función metrológica debe de asegurarse de que:

- Los requisitos de medición del cliente se determinan y se convierten en requisitos metrológicos
- El sistema de gestión de las mediciones cumple con los requisitos metrológicos de los clientes, y
- Puede demostrarse el cumplimiento de los requisitos especificados por el cliente.

5.1.- NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN ESPECÍFICA DE APLICACIÓN A LA EMPRESA INSTALADORA HABILITADA EN BAJA TENSIÓN.

En esta apartado se realiza un estudio detallado de la reglamentación, normativa y otros requisitos adicionales que le son de aplicación a la empresa instaladora habilitada en baja tensión.

Aquí se identificarán los procesos de medida junto con las especificaciones para las variables a medir.

5.1.1.- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN (RD 842/2002, DE 2 DE AGOSTO) REBT.

El Reglamento Electrotécnico para baja tensión (RD 842/2002, de 2 de agosto), en su artículo 22 y la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-03, expresan la obligación de la empresa instaladora en baja tensión a disponer de una serie de medios técnicos para la efectuar las pruebas y ensayos reglamentarios de las instalaciones, así como la obligación de la empresa instaladora a mantener los equipos de medición en condiciones óptimas de uso y que sean utilizados conforme a la legislación que les sea de aplicación.

En la ITC-BT-03 del REBT se enumeran los medios técnicos mínimos requeridos para obtener la autorización de Instalador en Baja Tensión, agrupados en dos apartados, según las dos categorías existentes que clasifican a la empresa instaladora:

Categoría Básica (IBTB): Los instaladores de esta categoría podrán realizar, mantener, y reparar las instalaciones eléctricas para baja tensión en edificios, industrias, infraestructuras y, en general, todas las comprendidas en el ámbito del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, exceptuando todas aquellas reservadas a la categoría de especialista (IBTE).

Categoría Especialista (IBTE): Los instaladores y empresas instaladoras de la categoría especialista podrán realizar, mantener y reparar las instalaciones de la categoría Básica y, además, las correspondientes a:

- Sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios.
- Sistemas de control distribuido.
- Sistemas de supervisión, control y adquisición de datos.
- Control de procesos.
- Líneas aéreas o subterráneas para distribución de energía.
- Locales con riesgo de incendio o explosión.
- Quirófanos y salas de intervención.
- Lámparas de descarga en alta tensión, rótulos luminosos y similares.
- Instalaciones generadoras de baja tensión, que estén contenidas en el ámbito del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y su Instrucciones Técnicas Complementarias.

En los certificados de calificación individual y de instalador deberán constar expresamente la modalidad o modalidades de entre las citadas para las que haya sido autorizado, en caso de no serlo para la totalidad de las mismas.

5.1.1.1.- MEDIOS TÉCNICOS DE LA CATEGORÍA BÁSICA (IBTB):

- Telurómetro.
- Medidor de aislamiento, según ITC-MIE-BT-19.
- Multímetro o tenaza, para las siguientes magnitudes:
 - Tensión alterna y continua hasta 500 V.
 - Intensidad alterna y continua hasta 20 A.
 - Resistencia.
- Medidor de corrientes de fuga, con resolución mejor o igual que 1 mA.

- Detector de tensión.
- Analizador/registrator de potencia y energía para corriente alterna trifásica, con capacidad de medida de las siguientes magnitudes: potencia activa; tensión alterna; intensidad alterna; factor de potencia.
- Equipo verificador de la sensibilidad de disparo de los interruptores diferenciales, capaz de verificar la característica intensidad-tiempo.
- Equipo verificador de la continuidad de conductores.
- Medidor de impedancia de bucle, con sistema de medición independiente o con compensación del valor de la resistencia de los cables de prueba y con una resolución mejor o igual que $0,1 \Omega$.
- Herramientas comunes y equipo auxiliar.
- Luxómetro con rango de medida adecuado para el alumbrado de emergencia.

5.1.1.2.- MEDIOS TÉCNICOS DE LA CATEGORÍA ESPECIALISTA (IBTE):

Además de los medios anteriores para la categoría básica, los Instaladores Autorizados en baja tensión deberán contar con los siguientes, según proceda:

- Analizador de redes, de armónicos y de perturbaciones de red.
- Electrodo para la medida del aislamiento de los suelos.
- Aparato comprobador del dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento de los quirófanos.

Los medios técnicos que se establecen en la categoría básica deberán ser propiedad de la propia empresa instaladora, quien debe garantizar en todo momento su funcionamiento y calibración. Los medios específicos para la categoría especialista pueden ser propiedad de otros, siempre que el usuario final pueda acreditar el estado de calibración y funcionamiento de los equipos.

5.1.2.- INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN (ITC).

En este apartado se recogen las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) más relevantes ó que por su naturaleza son de aplicación para la empresa instaladora en el desempeño de sus competencias en materia de Metrología:

- ITC-BT-03 “Instaladores Autorizados en baja Tensión”.
- ITC-BT-04 “Documentación y puesta en servicio de las instalaciones”.
- ITC-BT-05 “Verificaciones e inspecciones”.
- ITC-BT-18 “Instalaciones de puesta a tierra”.
- ITC-BT-19 “Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales”.
- ITC-BT-24 “Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra los contactos directos e indirectos”.
- ITC-BT-27 “Instalaciones interiores en viviendas. Locales que contienen una bañera o ducha”.
- ITC-BT-28 “Instalaciones en locales de pública concurrencia”.
- ITC-BT-38 “Instalaciones con fines especiales. Requisitos particulares para la instalación eléctrica en quirófanos y salas de intervención”.

5.1.3.- NORMAS UNE DE REFERENCIA EN REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN (ITB-BT 02).

En este apartado se recogen las normas UNE más relevantes ó que por su naturaleza son de aplicación para la empresa instaladora en el desempeño de sus competencias en materia de Metrología:

- UNE-HD 60364-1:2009 “Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 1: Principios fundamentales, determinación de las características generales, definiciones”.

(Esta norma anula y sustituye a las normas UNE 20460-1:2003 y UNE 20460-3:1996, antes de 01/05/2011).

- UNE-HD 60364-4-41:2010:2009 “Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 4-41: Protección para garantizar la seguridad. Protección contra choques eléctricos”.

(Esta norma anula y sustituye a las normas UNE 20460-4-41:1998, UNE 20460-4-41/1M: 2003 y UNE 20460-4-47:2006).

- UNE-HD 60364-5-54:2011 “Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5-54: Selección e instalación de los equipos eléctricos. Puesta a tierra, conductores de protección y conductores equipotencialidad”.

(Esta norma anula y sustituye a la norma UNE 20460-5-54:1990).

- UNE-HD 60364-6:2009 “Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 6: Verificación”.

(Esta norma anula y sustituye a la norma UNE 20460-6-61:2003, antes de 01/09/2009).

- UNE 20315:2004 “Bases de toma de corriente y clavijas para usos domésticos y análogos”.

(Esta norma anula y sustituye a la norma UNE 20315:1994).

- UNE 60998-2-1:2005 “Dispositivos de conexión para circuitos de baja tensión para usos domésticos y análogos. Parte 2-1: Requisitos particulares para dispositivos de conexión independientes con órganos de apriete con tornillo”.

(Esta norma anula y sustituye a la norma UNE 60998-2-1:1996, antes de 01/03/2007).

5.1.4.- VERIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS PREVIA A SU PUESTA EN SERVICIO.

La verificación de las instalaciones eléctricas previa a su puesta en servicio comprende dos fases, una primera fase que no requiere efectuar medidas y que se denomina “*verificación por examen*”, y una segunda fase denominada “*Verificaciones mediante medidas y ensayos*” que

requiere la utilización de equipos de medida para los ensayos y es en la que centraremos nuestro estudio.

(El alcance de esta verificación se detalla en la ITC-BT-19 y en la norma UNE-HD 60364-6:2009. Adicionalmente la ITC-BT-18 establece las verificaciones a realizar en las puestas a tierra.)

En la Guía Técnica de Aplicación para la verificación de las instalaciones eléctricas (GUÍA-BT-4), del Ministerio de Ciencia y Tecnología, se describe el procedimiento de los ensayos y pruebas a realizar en esta fase de la verificación, y son las siguientes:

- Medida de continuidad de los conductores de protección.
- Medida de resistencia de puesta a tierra.
- Medida de resistencia de aislamiento de los conductores.
- Medida de la resistencia de aislamiento de los suelos y paredes, cuando se utilice este sistema de protección.
- Medida de la rigidez eléctrica.

Adicionalmente hay que considerar otras medidas y comprobaciones que son necesarias para garantizar que se han adoptado convenientemente los requisitos de protección contra choques eléctricos:

- Medida de las corrientes de fuga.
- Medida de la impedancia de bucle.
- Medida de la tensión de contacto y comprobación de los interruptores diferenciales.
- Comprobación de las secuencias de fase.

5.1.4.1.- MEDIDA DE CONTINUIDAD DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN.

Este ensayo debe ser realizado con un instrumento capaz de generar una tensión sin carga comprendida entre 4 y 24 voltios de tensión continua en vacío. Los circuitos objeto de ensayo

deben estar libres de tensión. Si la medida se efectúa a dos hilos es necesario descontar la resistencia de los cables de conexión del valor de resistencia medido.

En la figura 2 se muestra el proceso de medición de la resistencia óhmica del conductor de protección que une dos bases de enchufe, mediante un comprobador de baja tensión multifunción, el cual, también es válido para otros procesos de medida.

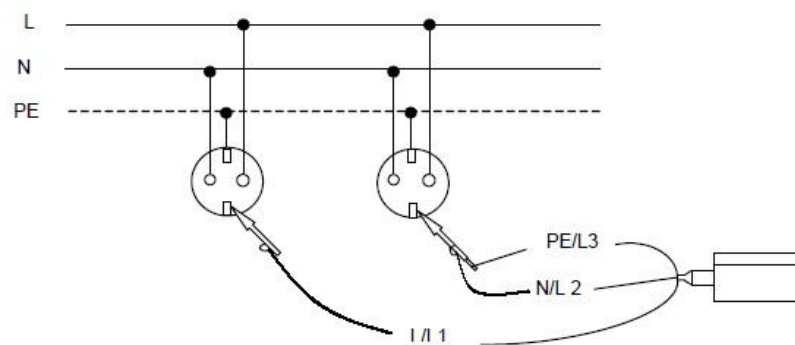


Figura 3: Medida de la resistencia de un conductor de protección.
(Fuente: GUÍA-BT-ANEXO 4 [Ministerio de Ciencia y Tecnología, sep. 2003])

No obstante este proceso de medición se podría llevar a cabo con un simple ohmímetro con medida de resistencia a dos hilos, que sería suficiente para esta verificación. Con la lectura del ohmímetro y conocida la longitud de los conductores se puede deducir la sección.

La ITC-BT-38, aplicable a quirófanos y salas de intervención, requiere unos límites especiales para los valores de resistencia de los conductores de protección y de los conductores utilizados para las uniones de equipotencialidad. En concreto la impedancia entre el embarrado común de puesta a tierra de cada quirófano o sala de intervención y las conexiones a masa, o los contactos a tierra de las bases de toma de corriente, no deberá de exceder de 0,2 ohmios. Además todas las partes metálicas accesibles han de estar unidas al embarrado de equipotencialidad mediante conductores de cobre aislados e independientes con una impedancia entre partes y el embarrado de equipotencialidad que no deberá exceder de 0,1 ohmios.

5.1.4.2.- MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA.

(Las condiciones de medida y su periodicidad se indican en la ITC-BT-18)

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad de cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por el Director de la Obra o la empresa instaladora en el momento de dar el alta a la instalación para su puesta en marcha o funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno este más seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.

En los lugares en los que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

Estas medidas se efectúan mediante un Telurómetro, que inyecta una intensidad de corriente alterna conocida, a una frecuencia superior a los 50 Hz, y mide la caída de tensión, de forma que el cociente entre la tensión medida y la corriente inyectada nos da el valor de la resistencia de puesta a tierra.

La conexión se efectúa a tres terminales, tal y como se indica en la figura 3, de forma que la intensidad se inyecta entre E y H, y la tensión se mide entre E y ES. El electrodo de puesta a tierra está representado por R_E , mientras que los otros dos electrodos hincados en el terreno son dos picas auxiliares de unos 30 cm de longitud que se suministran con el propio Telurómetro, por lo que también deben ser considerados como parte del instrumento de medida. Para realizar la medición los tres electrodos han de estar situados en línea recta.

Durante la medición, el electrodo de puesta a tierra cuya resistencia (R_E) se desea medir debe estar desconectado a los conductores de puesta a tierra (E/ES) y la distancia entre (S) y la pica auxiliar (H) ha de ser al menos de 20 m. Los cables no se deben cruzar entres si para evitar errores en la medición por acoplamientos capacitivos.

La medición efectuada se puede considerar como correcta si cuando se desplaza la pica auxiliar (S) de su lugar de hincado un par de metros a izquierda y derecha en la línea recta formada por los tres electrodos el valor de resistencia medido no experimenta variación alguna. En caso contrario es necesario ampliar la distancia entre los electrodos d medida hasta que se cumpla el requisito anterior.

Utilizando el Telurómetro también podemos medir la resistividad del terreno, para ello debemos de disponer de un Telurómetro que nos permita una conexión a cuatro terminales.

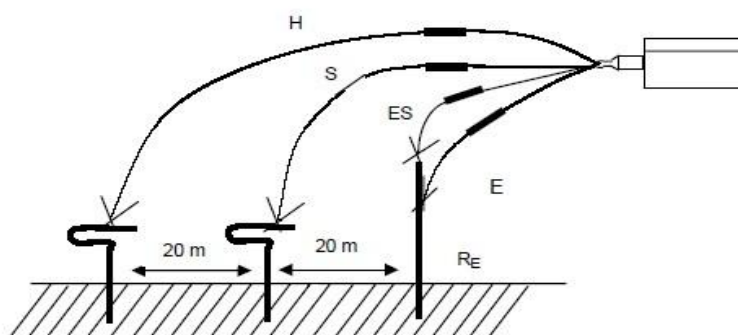


Figura 4: Medida de la resistencia de puesta a tierra R_E .
(Fuente: GUÍA-BT-ANEXO 4 [Ministerio de Ciencia y Tecnología, sep. 2003])

5.1.4.3.- MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.

Conocemos como resistencia de aislamiento, a la resistencia que existe entre dos partes conductoras independientes de un aparato o instalación o entre una parte conductora y la armadura o carcasa de protección del aparato o instalación en cuestión.

Las medidas de la resistencia de aislamiento, deben ser realizadas antes de conectar la tensión general de la instalación. Todos los interruptores deben de estar cerrados y las cargas desconectadas, para que el resultado final de la medición no se vea influenciado por ninguna carga.

Las instalaciones deberán de presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla 1.

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy baja tensión de seguridad (MBTS) Muy baja tensión de protección (MBTP)	250	$\geq 0,25$
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	$\geq 0,5$
Superior a 500 V	1000	$\geq 1,0$

Tabla 1: Valores mínimos de resistencia de aislamiento de una instalación.
(Fuente: GUÍA-BT-ANEXO 4 [Ministerio de Ciencia y Tecnología, sep. 2003])

Este aislamiento se entiende para una instalación en la cual la longitud del conjunto de canalizaciones y cualquiera que sea el número de conductores que las componen no exceda de 100 m. Cuando la longitud exceda de este valor, y la instalación lo permita, se puede fraccionar la instalación en partes de aproximadamente 100 m de longitud, bien por seccionamiento, desconexión, retirada de fusibles o apertura de interruptores, cada una de las partes en que la instalación ha sido fraccionada debe presentar una resistencia de aislamiento que cumpla con los requisitos de la tabla anterior.

Cuando no sea posible realizar el fraccionamiento en tramos de 100 m de longitud, anteriormente descrito, el valor de la resistencia de aislamiento mínimo admisible será el indicado en la tabla 1 dividido por la longitud total de la canalización, expresada esta última en unidades de hectómetros.

Si las masas de los aparatos receptores están unidas al conductor neutro (redes T-N), se suprimirán estas conexiones durante la medición, restableciéndose una vez finalizado el proceso de medición.

Cuando la instalación tenga circuitos con dispositivos electrónicos, en dichos circuitos los conductores de fase y neutro estarán unidos entre sí durante la medición.

La medición se efectuará con un megóhmetro, que no es más que un generador de corriente continua, capaz de suministrar las tensiones de ensayo especificadas en la tabla anterior con una corriente de 1 mA para una carga igual a la mínima resistencia de aislamiento especificada para cada tensión.

El proceso de medición se puede realizar de dos formas distintas:

a) Medida de la resistencia de aislamiento global de una instalación con respecto a tierra.

Durante la primera medición, los conductores, incluido el conductor neutro o compensador, estarán aislados de tierra, así como de la fuente de alimentación de energía a la cual estén unidos habitualmente. Es importante recordar que estas medidas se efectúan por tanto en circuitos sin tensión, o mejor dicho desconectados de su fuente de tensión habitual, ya que en caso contrario se podría averiarse el comprobador de baja tensión o megóhmetro. La tensión de prueba es la tensión continua generada por el propio megóhmetro.

La medición de aislamiento con relación a tierra, se efectuará uniendo e ésta el polo positivo del megóhmetro y dejando, en principio, todos los receptores conectados y sus mandos en posición “paro”, asegurándose que no existe falta de continuidad eléctrica en la parte de la instalación que se verifica; los dispositivos de interrupción intercalados en la parte de la instalación que se verifica se pondrán en la posición de “cerrado” y los cortacircuitos fusibles instalados como en servicio normal a fin de garantizar la continuidad eléctrica del aislamiento. Todos los conductores se conectarán entre sí incluyendo el conductor neutro o compensador, en el origen de la instalación que se verifica y a este punto se conectará el polo negativo del megóhmetro.

Cuando la resistencia de aislamiento obtenida resultara inferior al valor que le corresponda, se admitirá que la instalación es, no obstante correcta, si se cumplen las siguientes condiciones:

- Cada aparato receptor presenta una resistencia de aislamiento por lo menos igual al valor señalado por la norma particular del producto que lo concierna o en su defecto 0,5 M Ω .
 - Desconectados los aparatos receptores, la resistencia de aislamiento de la instalación es superior a lo indicado anteriormente.
- b) Medida de resistencia de aislamiento de dos conductores entre sí.

La segunda medición a realizar corresponde a la resistencia de aislamiento entre conductores polares, se efectúa después de haber desconectado todos los receptores, quedando los interruptores y cortacircuitos fusibles en la misma posición que la señalada anteriormente para la medición del aislamiento con relación a tierra. La medida de la resistencia de aislamiento se efectuará sucesivamente entre los conductores tomados de dos en dos, comprendiendo el conductor neutro o compensador.

Para las instalaciones que empleen muy baja tensión de protección (MBTP) o de seguridad (MBTS) se deben comprobar los valores de la resistencia de aislamiento para la separación de estos circuitos con las partes activas de otros circuitos, y también con tierra si se trata de MBTS, aplicando en ambos casos los mínimos de la tabla 1.

5.1.4.4.- MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DE SUELOS Y PAREDES.

Uno de los sistemas que se utiliza para la protección contra contactos indirectos en determinados locales y emplazamientos no conductores se basa en que, en caso de defecto de aislamiento básico o principal de las partes activas, se prevenga el contacto simultáneo con partes que puedan estar a tensiones diferentes, utilizando para ello suelos y paredes aislantes con una resistencia de aislamientos no inferior a:

- 50 K Ω , si la tensión nominal de la instalación no es superior a 500 V.
- 100 K Ω , si la tensión nominal de la instalación es superior a 500 V.

(Estas medidas de resistencia de aislamiento tienen una aplicación singular en las ITC-BT-27 e ITC-BT-38).

Según la ITC-BT-27 las bañeras y duchas metálicas deben considerarse partes conductoras externas susceptibles de transferir tensiones, y por tanto deben conectarse equipotencialmente al conductor de protección al que se conectarán también la puesta a tierra de las bases de corriente, las partes conductoras accesibles de los equipos de clase 1 que estén aislados en los volúmenes de protección 1, 2, y 3, así como cualquier otra canalización metálica que esté en el interior de estos volúmenes. Esta descripción para bañeras y duchas metálicas no es aplicable si se demuestra que dichas partes están aisladas de la estructura y de otras partes del edificio, para lo cual la resistencia de aislamiento entre la superficie metálica de baños y duchas y la estructura del edificio debe ser como mínimo de 100 K Ω .

Otro caso particular es la ITC-BT-38 sobre instalaciones eléctricas en quirófanos y salas de intervención que establece que sus suelos serán del tipo antielectroestático y su resistencia de aislamiento no deberá de exceder de 1 M Ω , salvo que se asegure que un valor superior, pero que siempre inferior a 100 M Ω , no favorezca la acumulación de cargas electroestáticas peligrosas.

La resistencia de aislamiento se debe medir con un megóhmetro entre un electrodo de unas dimensiones especificadas que se apoya sobre el suelo o la pared a medir y el conductor de protección de tierra de la instalación.

Para comprobar los valores anteriores deben hacerse al menos tres medidas en el mismo local, una de estas mediciones estando situado el electrodo, aproximadamente a 1m de un elemento conductor accesible en el local. Las otras dos mediciones se efectuarán a distancias superiores. Esta serie de tres mediciones debe repetirse para cada superficie importante del local.

Se utilizará para las medidas un megóhmetro capaz de suministrar en vacío una tensión de unos 500 V de corriente continua (100 V si la tensión nominal de la instalación es superior a 500 V).

Se pueden utilizar dos tipos de electrodos para la medición (del tipo 1, o del tipo 2), aunque es recomendable utilizar electrodos del tipo 1.

El electrodo de tipo 1 está constituido por una placa metálica cuadrada de 250 mm de lado y un papel o tela hidrófila mojada y escurrida de unos 270 mm de lado que se coloca entre la placa y la superficie a ensayar. Durante la medición se aplica a la placa una fuerza de 750 N ($\approx 76,5$ Kg) o 250 N ($\approx 25,5$ Kg) según se trate de paredes o suelos.

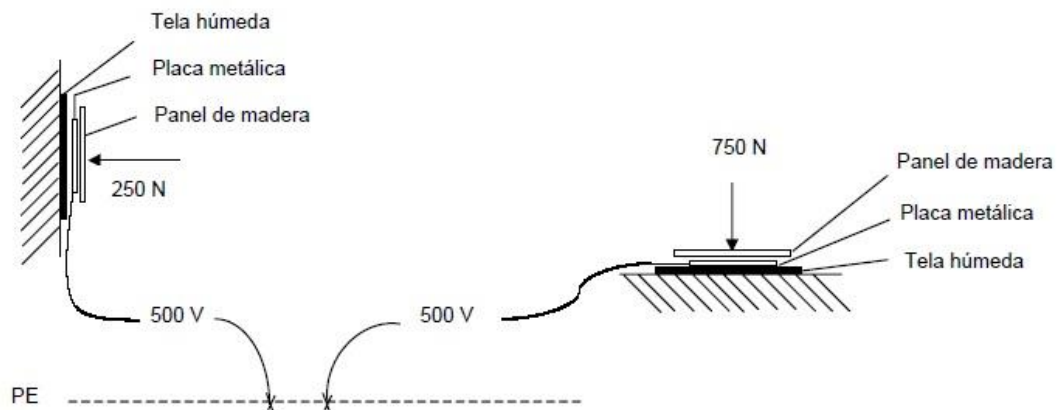


Figura 5: Medida de la resistencia de aislamiento en suelos y paredes.
(Fuente: GUÍA-BT-ANEXO 4 [Ministerio de Ciencia y Tecnología, sep. 2003])

El electrodo de medida tipo 2 está constituido por un triángulo metálico, donde los puntos de contacto con el suelo o pared están colocados próximos a los vértices de un triángulo equilátero. Cada una de las piezas de contacto que le sostiene, está formada por una base flexible que garantiza, cuando está sometido al esfuerzo anteriormente indicado, un contacto íntimo con la superficie a ensayar de aproximadamente 900 mm², presentando una resistencia inferior a 5000Ω. En este caso antes de efectuar la medición, la superficie a ensayar se moja o se cubre con una tela húmeda. Durante la medición, se aplica sobre el triángulo metálico una fuerza de 750 N ($\approx 76,5$ Kg) o 250 N ($\approx 25,5$ Kg) según se trate de suelos o paredes.

En la ITC-BT-01, en la definición de “suelo o pared no conductor”, se expone un procedimiento de medida de aislamiento, que se realiza con la instalación bajo tensión, y es especialmente útil para utilizar en aquellos lugares donde sea problemático para el uso de la misma el corte de la alimentación.

Se considerará suelo o pared no susceptible de propagar potenciales al que presenta una resistencia igual o superior a 50.000 Ω si la tensión nominal de la instalación es ≤ 500 V y una resistencia igual o superior a 100.000 Ω si es superior a 500 V.

La medida de aislamiento de un suelo se efectúa recubriendo el suelo con una tela húmeda cuadrada de aproximadamente 270 mm de lado, sobre la que se y cargada con una masa M de, aproximadamente, 75 Kg (peso medio de una persona).

A continuación, se mide la tensión con ayuda de un voltímetro de gran resistencia interna (R_i no inferior a 3.000 Ω) de manera sucesiva entre:

- Entre un conductor de fase y la placa metálica (U_2).
- Entre este mismo conductor de fase y una toma de tierra, eléctricamente distinta T, de resistencia despreciable con relación a R_i , se mide la tensión U_1 .

La resistencia buscada viene dada por la fórmula:

$$R_s = R_i \cdot \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right)$$

Se deben efectuar al menos tres mediciones en el mismo local, una de las cuales debe de ser sobre una superficie situada a 1 m de un elemento conductor, si existe, en el local considerado.

Ninguna de estas tres medidas puede ser inferior a 50.000 Ω para poder considerar el suelo como no conductor.

Si el neutro de la instalación está aislado de tierra, es necesario, para poder realizar esta medición poner temporalmente a tierra una de las fases no utilizada para la mismas.

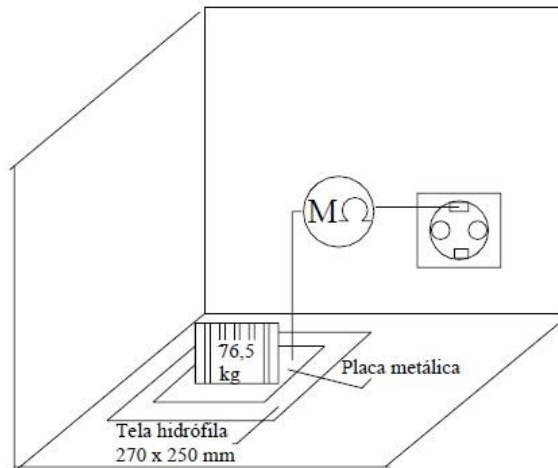


Figura 6: Medida de la resistencia de aislamiento de un suelo, según procedimiento ITC-BT-01.
(Fuente: GUÍA-BT-ANEXO 4 [Ministerio de Ciencia y Tecnología, sep. 2003])

5.1.4.5.- MEDIDA DE LA RIGIDEZ DIELECTRICA.

Este ensayo se efectúa a los materiales contruidos “in situ” y no sometidos a ensayos tipo por el fabricante. En la ITC-BT- 19 Apdo. 2.9, se describe el procedimiento para la medida de la rigidez dieléctrica de una instalación.

Por lo que respecta a la rigidez dieléctrica de una instalación, ha de ser tal, que desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de $2U + 1000 \text{ V}$ a frecuencia industrial (50 Hz), siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1.500 V. Este ensayo se realizará para cada uno de los conductores incluido el neutro o compensador, con relación a tierra y entre conductores, salvo para aquellos materiales en los que se justifique que haya sido realizado dicho ensayo previamente por el fabricante.

Este ensayo se efectúa mediante un generador de corriente alterna (AC), frecuencia de 50 Hz, capaz de suministrar la tensión de ensayo requerida.

Durante este ensayo los dispositivos de interrupción se pondrán en la posición de “cerrado” y los cortacircuitos fusibles instalados como en “servicio normal” a fin de garantizar la continuidad del circuito eléctrico a ensayar.

Este ensayo no se realizará en instalaciones correspondientes a locales que presenten riesgo de incendio o explosión.

Durante el ensayo, la corriente suministrada por el generador, que es la que se fuga a tierra a través del aislamiento, no puede ser superior a la del conjunto de la instalación o a la de cada uno de los circuitos en que esta pueda dividirse a efectos de su protección o debido a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

5.1.4.6.- MEDIDA DE CORRIENTES DE FUGA.

La prueba de corriente de fuga es conveniente efectuarla para cada uno de los circuitos protegidos con interruptores diferenciales, a la tensión de servicio de la instalación y con los receptores conectados. Los valores medidos deben ser igualmente inferiores a la mitad de la sensibilidad de los interruptores diferenciales instalados para la protección de cada uno de los circuitos. Mediante este método es posible detectar un circuito o receptor que presente un defecto de aislamiento o que tenga una corriente de fugas superior a la de la sensibilidad de los interruptores diferenciales de protección, en cuyo caso sería necesario puentearlos para poder localizar el circuito o receptor averiado.

La medida se efectúa mediante una tenaza amperimétrica de sensibilidad de sensibilidad mínima de 1 mA, que se coloca abrazando los conductores activos (de fase y el neutro), de forma que la tenaza mide la suma vectorial de las corrientes que pasan por todos los conductores que abraza, si la suma total no es cero, la instalación tiene una corriente de fuga que circulará por los conductores de puesta a tierra de los receptores instalados aguas abajo del punto de medida. Este tipo de pinzas suelen llevar un filtro que nos permite hacer la medida de la frecuencia de red (50 Hz) o para intensidades alta frecuencia.

Es importante no confundir la corriente de defecto con la corriente de fuga, ya que esta última se da en mayor o menor medida en todo tipo de receptores en condiciones normales de funcionamiento, sobretodo en receptores que lleven filtros para combatir interferencias, como los formados por condensadores conectados a tierra. Un ejemplo son los balastos electrónicos de alta frecuencia asociados a fluorescentes.

5.1.4.7.- MEDIDA DE LA IMPEDANCIA DE BUCLE.

La medición del valor de impedancia de bucle es necesaria para comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas de protección basados en la utilización de fusibles o interruptores automáticos en sistemas de distribución TN, e IT principalmente.

Estos sistemas de protección requieren determinar la intensidad de cortocircuito prevista fase tierra, para comprobar que para ese valor de intensidad de cortocircuito el tiempo de actuación del dispositivo de protección de máxima intensidad es menor que un tiempo especificado. Este tiempo depende del esquema de distribución utilizado y de la tensión fase y tierra, U_0 , de la instalación, tal y como se especifica en la ITC-BT-24.

U_0 (V)	Tiempos de interrupción (s)
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

Tabla 2: Tiempos de interrupción máximos especificados para esquemas TN
(Fuente: GUÍA-BT-ANEXO 4 [Ministerio de Ciencia y Tecnología, sep. 2003])

Tensión nominal de la instalación [U_0/U] (V)	Tiempo de interrupción (s)	
	Neutro no distribuido	Neutro distribuido
230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1000	0,1	0,2

Tabla 3: Tiempos de interrupción máximos especificados para esquemas IT (después de un primer defecto).
(Fuente: GUÍA-BT-ANEXO 4 [Ministerio de Ciencia y Tecnología, sep. 2003])

Los parámetros que intervienen en estas comprobaciones son los siguientes:

Z_s es la impedancia del bucle de defecto, incluyendo la de la fuente, la del conductor activo hasta el punto de defecto y la del conductor de protección, desde el punto de defecto hasta la fuente.

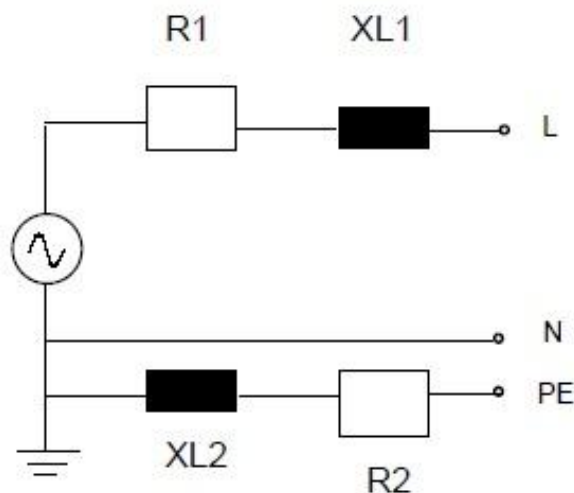


Figura 7: Concepto de impedancia de bucle en una instalación.
(Fuente: GUÍA-BT-ANEXO 4 [Ministerio de Ciencia y Tecnología, sep. 2003])

Para el esquema TN de la figura 7 se tendría que:

$$Z_s = (R_1 + R_2) + j \cdot (X_{L1} + X_{L2})$$

$$|Z_s| = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_{L1} + X_{L2})^2}$$

Donde,

U_0 es la tensión nominal entre fase y tierra, valor eficaz en corriente alterna.

I_{cc} es la corriente prevista de cortocircuito a tierra.

I_a es la corriente de actuación del dispositivo de protección por máxima intensidad.

Se debe cumplir que: $I_a \leq I_{cc}$, además la característica tiempo-corriente del interruptor debe garantizar su actuación en tiempos inferiores a los establecidos en las tablas.

Los medidores de impedancia de bucle son instrumentos que miden directamente el valor de esta impedancia y que calculan mediante un procesador el valor de la intensidad de cortocircuito prevista.

Durante este tipo de pruebas es necesario puentear provisionalmente cualquier interruptor diferencial instalado aguas arriba del punto de prueba. Esta medición se debe efectuar con la instalación en tensión. Como estas mediciones se efectúan a dos hilos es necesario desconectar la resistencia de los cables de conexión de la medida.

Además de la medida de la impedancia de bucle entre fase y tierra (L-PE), también es posible mediante estos instrumentos determinar la impedancia de bucle entre cualquier fase y el conductor neutro (L-N), así como entre dos fases cualesquiera para instalaciones trifásicas.

El principio de un medidor de impedancia de bucle consiste en cargar el circuito en el punto de prueba mediante una resistencia calibrada que se conecta durante un tiempo muy breve,

del orden de milisegundos, de forma que circula una corriente conocida. El instrumento mide la tensión antes y durante el tiempo que circula la corriente, siendo la diferencia entre ambas, la caída de tensión en el circuito ensayado, finalmente el cociente entre la caída de tensión y el valor de la corriente de carga nos da el valor de la impedancia de bucle.

5.1.4.8.- MEDIDA DE LA TENSIÓN DE CONTACTO Y COMPROBACIÓN DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES.

Cuando el sistema de protección contra choques eléctricos está confiado a interruptores diferenciales, como es habitual cuando se emplean sistemas de distribución del tipo T-T se debe cumplir la siguiente condición:

$$R_A \times I_a \leq U$$

Donde,

R_A es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.

I_a es la corriente diferencial-residual asignada del diferencial.

U es la tensión de contacto límite convencional (50, 24 V u otras, según los casos).

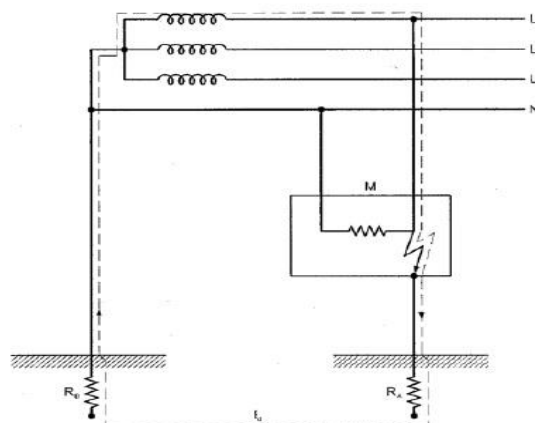


Figura 8: Instalación TT con un defecto a tierra.
(Fuente: GUÍA-BT-ANEXO 4 [Ministerio de Ciencia y Tecnología, sep. 2003])

Para garantizar la seguridad de la instalación se tienen que cumplir dos condiciones:

- a) La tensión de contacto que se pueda presentar en la instalación en función de los diferenciales instalados sea menor que el valor límite convencional (50 V ó 24 V).

Para realizar esta comprobación se realiza la medición de la tensión de contacto:

En la práctica los medidores de impedancia de bucle que sirven también para medir el valor de la tensión de contacto no suelen ser capaces de medir únicamente el valor de la resistencia R_A , sino que miden también el valor de la impedancia de todo el bucle indicado en la figura anterior (figura 7) incluyendo la resistencia de tierra del centro de transformación (R_B), de forma que se obtiene un valor superior al valor buscado de R_A . Finalmente el medidor multiplica ese valor por la intensidad asignada del interruptor diferencial que nosotros hayamos seleccionado para obtener así la tensión de contacto:

$$U_c = Z_s \cdot I_a$$

Donde,

U_c es la tensión de contacto calculada por el instrumento de medida.

Z_s es la impedancia de bucle de defecto (mayor que la resistencia de puesta a tierra R_A).

I_a es la intensidad diferencial asignada que hemos programado en el instrumento de medida.

Como la impedancia de bucle es siempre mayor que la de puesta a tierra el valor de la tensión de contacto medida siempre será mayor que el valor real y estaremos del lado de la seguridad. Obviamente la instalación es segura si la tensión de contacto medida es menor que la tensión de contacto límite convencional.

- b) Los diferenciales deben de funcionar correctamente.

La comprobación de diferenciales requiere de un equipo capaz de inyectar a través del diferencial bajo prueba una corriente de fuga especificada y conocida, que según su valor

deberá hacer disparar al diferencial. Para hacer la prueba, el comprobador se conecta en cualquier base de enchufe aguas abajo del diferencial a ensayar, estando la instalación en servicio. Además cuando se dispare el diferencial el comprobador debe de ser capaz de medir el tiempo que ha tardado en disparar desde el instante en que se inyecta la corriente de fuga.

Normalmente estos equipos inyectan una corriente senoidal, pero para comprobar algunos diferenciales especiales a veces es necesario también que sean capaces de inyectar corriente alterna rectificada de media onda o una corriente continua.

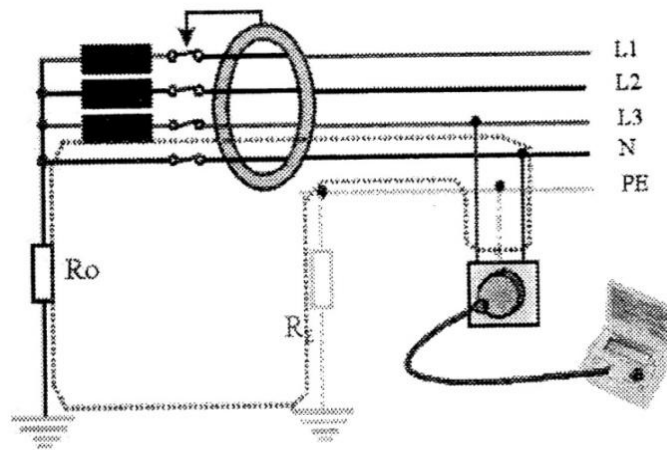


Figura 9: Conexión equipo de prueba para la comprobación de interruptor diferencial.
(Fuente: GUÍA-BT-ANEXO 4 [Ministerio de Ciencia y Tecnología, sep. 2003])

Las pruebas habituales para comprobar el funcionamiento de un interruptor diferencial del tipo general son las siguientes:

- Se inyecta una intensidad mitad de la intensidad diferencial residual asignada, con un ángulo de fase de corriente respecto de la onda de tensión de 0° , y el diferencial debe disparar en menos de 200 ms.
- Se repite la prueba anterior con un ángulo de fase de 180° y el diferencial no debe disparar.

- Se inyecta una intensidad igual a la intensidad diferencial residual asignada, con un ángulo de fase de corriente respecto de la onda de tensión de 0° , y el diferencial debe disparar en menos de 200 ms.
- Se repite la prueba anterior con un ángulo de desfase de 180° , y el diferencial debe disparar en menos de 200 ms.
- Diferencial residual asignada, con un ángulo de fase de corriente respecto de la onda de tensión de 0° , y el diferencial debe disparar en menos de 150 ms.
- Se inyecta una intensidad igual a cinco veces la intensidad onda de tensión de 0° , y el diferencial debe disparar en menos de 40 ms.
- Se repite la prueba anterior con un ángulo de fase de 180° y el diferencial debe disparar en menos de 40 ms.

Para los diferenciales selectivos tipo S las pruebas tienen otros límites de aceptación.

5.1.4.9.- COMPROBACIÓN DE LA SECUENCIA DE FASES.

La secuencia de fases es la que hace que un motor trifásico gire en uno u otro sentido, según si está conectado en secuencia directa o inversa.

Esta comprobación se efectúa mediante un equipo específico o utilizando un comprobador multifunción de baja tensión que tenga esta capacidad. Esta medida es necesaria por ejemplo si se van a conectar motores trifásicos, de forma que se asegure que la secuencia de fases es directa antes de conectar el motor.

La mayoría de estos equipos específicos para la comprobación de la secuencia de fases también pueden ser utilizados como comprobadores de tensión, ya que si no se iluminan las tres luces que nos indican la correspondiente secuencia de fases, significa que falta una fase.



Figura 10: Comprobador de secuencia de fases.
(Fuente: *Medios Técnicos para los Instaladores Autorizados [Ediciones Experiencia, 2005]*)

5.2.- REQUISITOS ADICIONALES

5.2.1.- REGISTRO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN

Consiste en registrar las instalaciones eléctricas en baja tensión de nueva ejecución, ampliaciones o modificaciones de importancia.

Para ello la empresa instaladora habilitada que ha efectuado la instalación eléctrica en baja tensión ha de cumplir con los siguientes requisitos:

- Presentación de la documentación requerida en el apartado 5 de la ITC-BT-04 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Ser empresa habilitada en baja tensión y estar registrada como tal en el Principado de Asturias.
- Abono de la tasa correspondiente.

Documentación que debe presentar:

- En su caso, Certificado expedido por Organismo de Control.

- Memoria Técnica de Diseño (MTD) elaborada, sellada y firmada por empresa instaladora habilitada en baja tensión o en su caso, Proyecto de Instalación y Certificado de Dirección de Obra, redactados y firmados por técnico competente y visados por Colegio Oficial cuando proceda.
- Certificado de Instalación expedido por empresa instaladora habilitada en baja tensión y firmado por un instalador perteneciente a la misma.

Una vez finalizados los trámites de registro, y según apartado 5 de la ITC-BT-04 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, el órgano competente de la Comunidad Autónoma deberá diligenciar las copias del Certificado de Instalación y , en su caso, del certificado de inspección inicial, devolviendo cuatro al empresa instaladora, dos para sí y las otras dos para la propiedad (el titular), a fin de que esta pueda, a su vez, quedarse con una copia y entregar la otra a la compañía suministradora, requisito sin el cual ésta no podrá suministrar energía a la instalación, salvo lo indicado en el Artículo 18.3 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

5.2.1.1.- CERTIFICADO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN.

Certifica que la empresa en la que presta sus servicios ha ejecutado esta instalación de acuerdo con las prescripciones del vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y, en su caso con las especificaciones particulares aprobadas a la Compañía eléctrica, así como, según corresponda, con el Proyecto o la Memoria Técnica de Diseño (MTD), habiendo realizado las verificaciones establecidas en la norma (UNE-20460.6.61) en relación con la ITC-BT-05 con resultado satisfactorio.

Es obligación de la empresa instaladora, habilitada en baja tensión, entregar el anexo de usuario al titular de la instalación.

A continuación se muestra el formato de Certificado de Instalación Eléctrica de Baja Tensión que se utiliza en el Principado de Asturias:

Formato de Certificado de Instalación Eléctrica de Baja Tensión:

CERTIFICADO DE INSTALACION ELECTRICA DE BAJA TENSION									
(ART. 18 REBT e ITC BT 04)									
1 - TITULAR									
NOMBRE / RAZON SOCIAL							CIF		
DIRECCIÓN									
LOCALIDAD					CODIGO POSTAL				
PROVINCIA					TELEFONO				
2 - DATOS DE LA INSTALACIÓN									
DIRECCIÓN									
LOCALIDAD					CODIGO POSTAL				
MUNICIPIO									
USO A QUE SE DESTINA									
POT. MAX. ADM. (S. N.)		W		I. G.		A		TENSIÓN V	
POT. MAX. ADM. (S. C.)		W		I. G.		A		TENSIÓN V	
LG/ADI	SN	SC	CLASIFIC. DE LA INSTALAC.			TIERRA	PRESUP.		
LONG.			NUEVA			Ω	€		
SECC.			AMPL.			DEFINITIVA			
COND.			REFOR.			TEMPORAL		DE	A
REVISION PERIODICA DE LA INSTALACION CADA					AÑOS		PRIMERA REVISION		
3 - DOCUMENTACION TECNICA (MEMORIA / PROYECTO / DIRECCION DE OBRA)									
DOC	COLEGIADO / INSTALADOR			COLEGIO			Nº VISADO / EXP.		FECHA
4 - CERTIFICADO DEL ORGANISMO DE CONTROL									
NOMBRE / RAZON SOCIAL									
Nº DE OCA		FECHA CERTIFICADO			Nº CERTIFICADO				
D.									
NIF									
EMPR. INSTAL. A LA QUE PERTENECE									
Nº DE CERT. EMPRESA INSTALADORA					CATEGORIA		BASICA (IBTB)		
TF.							ESPECIALISTA (IBTE)		
FAX					M1	M2	M3	M4	M5
E-MAIL					M6	M7	M8	M9	
<p>Certifica que la empresa en la que presta sus servicios ha ejecutado esta instalación de acuerdo con las prescripciones del vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y, en su caso con las especificaciones particulares aprobadas a la Compañía eléctrica, así como, según corresponda, con el Proyecto o la Memoria Técnica de Diseño, habiendo realizado las verificaciones establecidas en la norma (UNE-20460.6.61) en relación con la ITC BT 05 con resultado satisfactorio. Declara que ha entregado el anexo de usuario al titular de la instalación.</p> <p style="text-align: center;">..... a de de 200</p>									
REV. - 02 (10-07)									

(Fuente: Página web del Gobierno del Principado de Asturias [<https://sede.asturias.es>])

5.2.1.2.- MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN (MTD).

La Memoria Técnica de Diseño (MTD) se redactará sobre impresos, según modelo determinado por el Órgano competente de la Comunidad Autónoma, con objeto de proporcionar los principales datos y características de diseño de las instalaciones.

El instalador autorizado para la categoría de la instalación correspondiente o el técnico titulado competente que firme dicha Memoria será directamente responsable de que la misma se adapte a las exigencias reglamentarias.

- En especial, se incluirán los siguientes datos:
- Los referentes al propietario.
- Identificación de la persona que firma la memoria y justificación de su competencia.
- Emplazamiento de la instalación.
- Uso al que se destina.
- Relación nominal de los receptores que se prevea instalar y su potencia.
- Cálculos justificativos de las características de la línea general de alimentación, derivaciones individuales y líneas secundarias.
- Sus elementos de protección y sus puntos de utilización.
- Pequeña memoria descriptiva.
- Esquema unifilar de la instalación y características de los dispositivos de corte y protección adoptados, puntos de utilización y secciones de los conductores.
- Croquis de su trazado.

A continuación se muestra el formato de la Memoria Técnica de Diseño de Instalación Eléctrica de Baja Tensión (MTD) que se utiliza en el Principado de Asturias:

Formato de Memoria Técnica de Diseño de Instalación Eléctrica de Baja Tensión (MTD):

MEMORIA TECNICA DE DISEÑO DE INSTALACIÓN ELECTRICA DE BAJA TENSION

1 - TITULAR			
NOMBRE / RAZON SOCIAL			
DIRECCIÓN			
LOCALIDAD		CODIGO POSTAL	
PROVINCIA		TELEFONO	

2 - DATOS DE LA INSTALACIÓN			
DIRECCIÓN			
LOCALIDAD		CODIGO POSTAL	
MUNICIPIO			
USO A QUE SE DESTINA		SUPERF.	
POTENCIA MAX ADM. (Suministro normal)		TENSIÓN	
POTENCIA MAX ADM. (Suministro complementario)		TENSIÓN	
NUEVA <input type="checkbox"/>	AMPLIACION <input type="checkbox"/>	REFORMA <input type="checkbox"/>	CLASIFICACION DE LA INSTALACION <input type="checkbox"/>
Nº DE SUMINISTROS		PRESUPUESTO	

3 - AUTOR DE LA MEMORIA			
D.		NIF	
DIRECCIÓN			
LOCALIDAD		CODIGO POSTAL	
PROVINCIA		TELEFONO	
EMPR. INSTAL. A LA QUE PERTENECE			
Nº DE EMPRESA INSTALADORA		CATEGORIA	BASICA (IBTB)
			ESPECIALISTA (IBTE)
COLEGIO PROFESIONAL			
Nº DE COLEGIADO			

..... A DE DE 200

4 - DATOS MÁS SIGNIFICATIVOS DE LA INSTALACIÓN

4.1 - CLASIFICACION DE LA INSTALACIÓN

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Genérica | <input type="checkbox"/> Fuentes y piscinas |
| <input type="checkbox"/> Publica concurrencia | <input type="checkbox"/> Obras |
| <input type="checkbox"/> Riesgo de incendio o explosión | <input type="checkbox"/> Temporal y ferias |
| <input type="checkbox"/> Local/emplazamiento mojado | <input type="checkbox"/> Viviendas |
| <input type="checkbox"/> Tensiones especiales | <input type="checkbox"/> Caravanas |
| <input type="checkbox"/> Generadores | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Cercas eléctricas | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Maquinas de elevación | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Otros | <input type="checkbox"/> |

4.2 - SISTEMA DE INSTALACIÓN

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Aéreo | <input type="checkbox"/> En bandeja |
| <input type="checkbox"/> Subterráneo | <input type="checkbox"/> Bajo canales protectoras |
| <input type="checkbox"/> Fijado sobre paredes | <input type="checkbox"/> Bajo molduras |
| <input type="checkbox"/> Bajo tubo visto | <input type="checkbox"/> Empotrado en estructuras |
| <input type="checkbox"/> Bajo tubo empotrado | <input type="checkbox"/> Canalización prefabricada |
| <input type="checkbox"/> En huecos de la construcción | <input type="checkbox"/> Otros |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4.3 - SISTEMA DE NEUTRO

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> TN-S | <input type="checkbox"/> TT |
| <input type="checkbox"/> TN-C | <input type="checkbox"/> IT |
| <input type="checkbox"/> TN-C-S | <input type="checkbox"/> |

4.4 - PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

- | | |
|---------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Ninguna | <input type="checkbox"/> Categoría III |
| <input type="checkbox"/> Categoría I | <input type="checkbox"/> Categoría IV |
| <input type="checkbox"/> Categoría II | <input type="checkbox"/> |

4.5 - PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Aislamiento | <input type="checkbox"/> Alejamiento |
| <input type="checkbox"/> Envoltentes | <input type="checkbox"/> Dispositivo de corriente diferencial residual |
| <input type="checkbox"/> obstáculos | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4.6 - PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Corte automático de la alimentación | <input type="checkbox"/> Conexiones equipotenciales |
| <input type="checkbox"/> Empleo de equipos clase II o aislamiento equivalente | <input type="checkbox"/> Separación eléctrica |
| <input type="checkbox"/> Emplazamiento no conductor | <input type="checkbox"/> Dispositivo de máxima corriente |
| <input type="checkbox"/> Puesta a tierra | <input type="checkbox"/> Dispositivo por tensión de defecto |
| <input type="checkbox"/> Dispositivo de corriente diferencial residual | <input type="checkbox"/> |

4.7 - ALUMBRADO DE EMERGENCIA

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Evacuación | <input type="checkbox"/> Reemplazamiento |
| <input type="checkbox"/> Anti pánico | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Zonas de alto riesgo | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4.8 - OBSERVACIONES

BT - 03A REV. - 01 (09-03)

(Fuente: Página web del Gobierno del Principado de Asturias [<https://sede.asturias.es>])

5.2.1.3.- INSTALACIONES QUE REQUIEREN DE MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO (MTD).

Requerirán Memoria Técnica de Diseño (MTD) todas las instalaciones (sean nuevas, ampliaciones o modificaciones) no incluidas en los grupos indicados en el apartado 3 de la ITC-BT-04 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Es decir, requerirán de Memoria Técnica de Diseño todas aquellas instalaciones de baja tensión que no precisen de elaboración de proyecto para su ejecución.

5.2.1.4.- OBLIGACIONES EN MATERIA DE INFORMACIÓN Y RECLAMACIONES.

Las empresas instaladoras en baja tensión deben cumplir las obligaciones de información de los prestadores y las obligaciones en materia de reclamaciones establecidas, respectivamente, en los artículos 22 y 23 de la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.

6. REQUISITOS METROLÓGICOS DEL CLIENTE (RMC)

Nos encontramos en uno de los puntos álgidos del proyecto, en esta etapa vamos a determinar y a especificar los requisitos de seguimiento y medición, que incluyen todos aquellos involucrados en la verificación del cumplimiento de la normativa y los originados en los diferentes procesos de medición.

Definiremos los requisitos metrológicos de los procesos de medida, identificando estos procesos junto con sus tolerancias admisibles e incertidumbres de uso.

6.1.- PROCESOS DE MEDIDA

En este apartado se ha elaborado el mapa de procesos de medida, que se muestra en la figura 11, este mapa de procesos tiene una sola entrada que son los requisitos de cliente (RC) y una única salida que son los requisitos metrológicos de cliente (RCM).

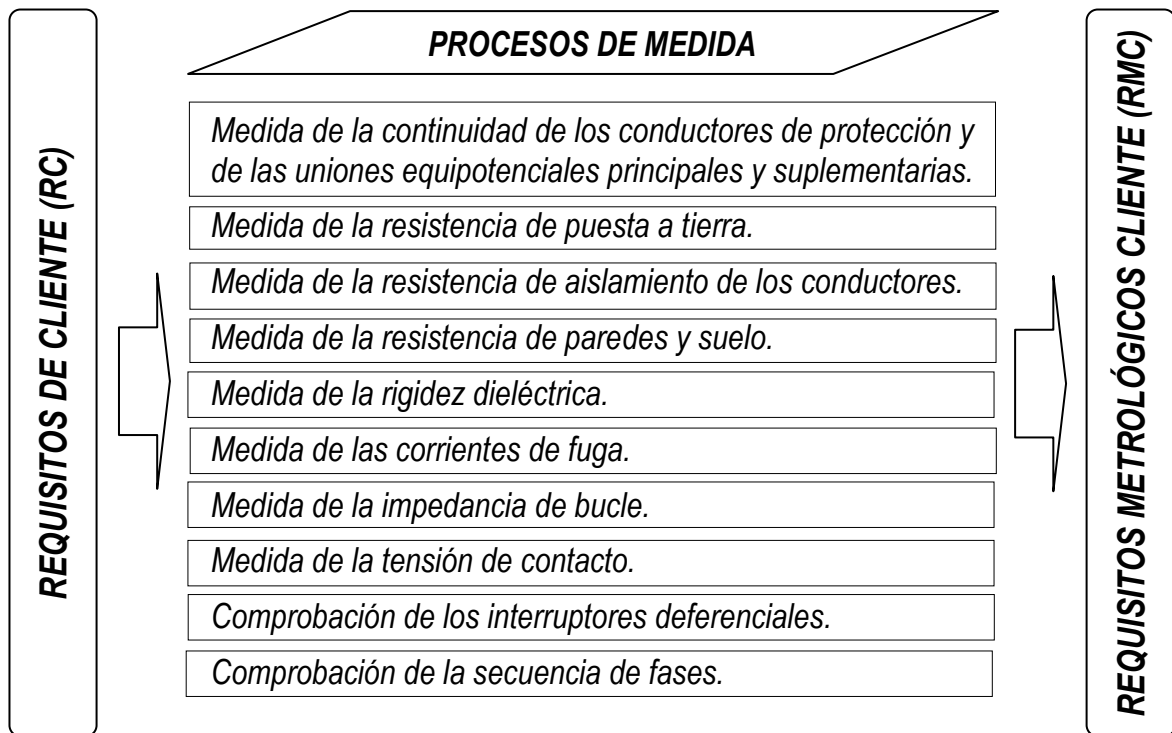


Figura 11: Mapa de procesos de medida.
(Fuente: Elaboración propia)

6.2.- IDENTIFICACIÓN DE REQUISITOS METROLÓGICOS DE CLIENTE (RMC).

Tomando como base el mapa de procesos de medida de la figura 11, se han de identificar y evaluar adecuadamente todas las magnitudes de influencia que puedan afectar a dichos procesos, así como, los métodos de medición, las mediciones necesarias para la conformidad del producto y las habilidades y cualificaciones requeridas por el personal que realiza las mediciones.

En este apartado también se van a definir las principales características de los procesos de medida, lo cual, llegados a este punto, nos permitirá ayudar a la empresa instaladora a decidir qué equipo (o equipos) es el más idóneo para utilizar en cada proceso de medida y además podremos determinar si es posible (o lo más adecuado) tener un equipo para cada proceso de medida o por el contrario, en algunos casos, contar con un solo equipo multifunción que sea capaz de realizar varios procesos de medida.

En la tabla 4, que se muestra al final del capítulo, se relacionan los procesos de medida con las magnitudes a medir, junto con los requisitos metrológicos (Rango de medida, división de escala del instrumento, incertidumbre de uso) que son de aplicación y se deben de cumplir en cada uno de los procesos de medida.

La relación entre los procesos de medida y los equipos utilizados en las mediciones se establece en la tabla 5, que se muestra al final del capítulo, en esta tabla también se indica el rango de utilización de los mismos.

PROCESOS DE MEDICIÓN	R.M.C.	MAGNITUDES DE MEDIDA						Límites e.m.p. Tolerancias ... Etc.
		TENSIÓN (V)	CORRIENTE (A)	RESISTENCIA (Ω)	LONGITUD (m)	FUERZA (N)	TIEMPO (S)	
Medida de la continuidad de los conductores de protección y de las uniones equipotenciales principales y suplementarias	Rango	(0 - 24) DC	(0 - 20) DC					Impedancia máxima 0,1 Ω e n las partes metálicas y 0,2 Ω en las bases de toma de corriente.
	D.E.		0,1					
	Tolerancia	< 12	> 0,12	> 0,1				
Medida de la resistencia de puesta a tierra	Rango							Resistencia no inferior a 100 KΩ. Frecuencia superior a 50 Hz. Distancia entre sonda y pica > 20 m.
	D.E.							
	Tolerancia							
Medida de la resistencia de aislamiento de los conductores	Rango	(0 - 1000) DC	0 - 0.001		0 - 100			Ver tabla 1, G1A-BT-NEXO4 Rev.1 Sep.2003
	D.E.							
	Tolerancia		1x10 ⁻³	≤ 0,25x10 ⁶		0 - 750		
Medida de la resistencia de paredes y suelos, cuando se utilice este sistema de protección	Rango	(0 - 1000) DC						Resistencia de aislamiento no inferior a 50 KΩ si U<500 V AC, y no inferior a 100 KΩ si U> 500 V AC
	D.E.							
	Tolerancia			> 50x10 ³				
Medida de la rigidez dieléctrica	Rango	(ZU+1000) AC				0 - 60		Debe resistir una prueba de tensión (2U+1000) V AC durante al menos 1 minuto.
	D.E.							
	Tolerancia	> 1500 AC						
Medida de las corrientes de fuga	Rango							Valores medidos deben ser inferiores a la mitad de la sensibilidad de los interruptores diferenciales.
	D.E.		0,1x10 ⁻³					
	Tolerancia							
Medida de la impedancia de bucle	Rango	(0 - 1000) AC				0 - 0,8		Debe cumplir tiempos de interrupción ITC-BT-24. Ver tablas 2 y 3 de la GUIA-BT-ANEXO4 Rev.
	D.E.							
	Tolerancia		la ≤ Icc			= 0,1		
Medida de la tensión de contacto	Rango							Se debe cumplir la siguiente condición RaxlasU
	D.E.							
	Tolerancia	> 24						
Comprobación de los interruptores diferenciales	Rango							Se inyectan corrientes de fuga especificadas y conocidas que hacen disparar al diferencial.
	D.E.							
	Tolerancia							
Comprobación de la secuencia de fases	Rango							Asegurar que la secuencia de fases es directa antes de conectar un motor.
	D.E.							
	Tolerancia							

Tabla 4: Identificación de requisitos de medición del cliente.
(Fuente: Elaboración propia)

RELACIÓN PROCESOS DE MEDIDA - EQUIPOS		
<u>PROCESOS DE MEDIDA</u>	<u>EQUIPOS UTILIZADOS</u>	<u>RANGOS DE MEDIDA</u>
Medida de la continuidad de los conductores de protección y de las uniones equipotenciales principales y suplementarias	Analizador de redes Polímetro	0 Ω – 99 Ω
Medida de la resistencia de puesta a tierra	Telurómetro	0 Ω – 2000 Ω
Medida de la resistencia de aislamiento de los conductores	Analizador de redes	0,01 M Ω – 300 M Ω
Medida de la resistencia de paredes y suelos.	Analizador de redes	0,01 M Ω – 1 M Ω
Medida de la rigidez dieléctrica*	Voltímetro	0 V – 1800 V
Medidas de la corriente de fuga	Detector de fugas + Voltímetro	
Medida de la impedancia de bucle	Analizador de redes	0 Ω – 10 K Ω
Medida de la tensión de contacto	Analizador de redes	0 V – 50 V
Comprobación de los interruptores diferenciales	Analizador de redes	10 mA – 30 mA – 100 mA – 300 mA – 500 mA
Comprobación de la secuencia de fases	Fasímetro ó Analizador de redes	----

* Cuando el ensayo es destructivo.

Tabla 5: Relación procesos de medida con equipos.
(Fuente: Elaboración propia)

6.3.- FICHAS IDENTIFICATIVAS DEL PROCESO DE MEDIDA


Para facilitar la identificación y evaluación de cada proceso de medida se han creado una serie de fichas específicas para cada proceso de medida, en ellas se detallan entre otros los siguientes datos:

- Código asignado al proceso de medida.
- Descripción.
- Requisitos metrológicos (Magnitud, rango de medida, división de escala,.. etc.)
- Responsable.
- Fecha de alta (inicio de la actividad del proceso).
- Equipos de medida asignados.

Estas fichas son generadas fácilmente desde la aplicación GesMet y pueden ser imprimidas para su archivo si esto se considerase oportuno.

Al final del capítulo se ofrece un modelo de formato de Ficha de Proceso de Medida, pudiendo variarse tanto los contenidos como el mismo formato, ya que se ofrece a modo orientativo.

Ejemplo formato ficha proceso de medida:

 GesMet	 UNIVERSIDAD DE OVIEDO	FICHA DE PROCESO DE MEDICIÓN	CÓDIGO FORMATO: CF-XXXXX Página 1 de 1
--	--	---	---

Fecha de impresión: 17-jun-12

Elaborado por: Jefe de mantenimiento
Alta de proceso: 24/05/2012

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
PDM001	MEDIDA DE LA CONTINUIDAD DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN Y DE LAS UNIONES EQUIPOTENCIALES PRINCIPALES Y SUPLEMENTARIAS

MAGNITUD	Unidades	RANGO	D.E.	Tolerancia	OBSERVACIONES
RESISTENCIA	Ω	-			
CORRIENTE DC	A	0 - 20	0,1	> 0,1	CORRIENTE SUPERIOR A 0,2 A
TENSIÓN DC	V	0 - 24		< 12	TENSIÓN MENOR DE 12 V

EQUIPOS DE MEDIDA ASIGNADOS:

E0007	MULTIMETRO DIGITAL
E0008	ANALIZADOR DE REDES

OBSERVACIONES:

Debe verificarse que los conductores no se hayan cortado durante el proceso de instalación y que las cañerías y cajas tengan continuidad eléctrica para su puesta a tierra.

Elaborado

Jefe de mantenimiento
Responsable del proceso

vebe

Responsable Función Metroológica

(Fuente: Elaboración propia)

7. REQUISITOS METROLÓGICOS DE LOS EQUIPOS (USO).

En este apartado analizaremos los procesos de medida e identificaremos los equipos de medida que intervienen en cada uno de ellos junto con sus tolerancias admisibles e incertidumbres de uso (U_u).

Las características de los equipos de medición incluyen todos los parámetros que identifican al instrumento y nos manifiestan las condiciones de respuesta del mismo ante diversas condiciones de uso.

En este apartado vamos a definir las principales características de los equipos de medida que se suelen encontrar en los catálogos comerciales de los fabricantes, para llegados a este punto, poder ayudar a la empresa instaladora a decidir si tener un equipo para cada proceso de medición o por el contrario, en algunos casos, contar con un solo equipo multifunción que sea capaz de realizar varios procesos.

7.1.- INTRODUCCIÓN A LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDAS ELÉCTRICAS

A continuación haremos una breve descripción de los equipos de medida eléctrica que existen actualmente en el mercado.

7.1.1.- INSTRUMENTOS ANALÓGICOS

Los instrumentos de medida analógicos son aparatos de medición que presentan o muestran la información de salida como una función continua de la magnitud de medida, es decir, convierten la magnitud eléctrica objeto de medición en una señal analógica función continua en el tiempo. Estos aparatos constan de un sistema transductor y un sistema indicador.

El sistema transductor convierte la magnitud objeto de medición en una señal eléctrica y suele estar constituido por un circuito eléctrico que adapta los parámetros de la señal eléctrica recibida para aplicarla al sistema indicador, que es el que convierte la magnitud que se mide en una fuerza que desplaza a una aguja u a otro tipo de indicador móvil a lo largo de una escala graduada.

Dependiendo del sistema indicador los instrumentos de medida analógicos pueden ser de diferentes tipos:

7.1.1.1.- MAGNETOELÉCTRICOS

La aguja del sistema indicador se desplaza por la acción mutua de un campo magnético fijo, producido por un imán permanente, y otro campo magnético móvil producido por una bobina.

Pueden ser de dos tipos:

- **De imán móvil**, cuando este elemento es el que se mueve, ya casi no se utilizan y por su bajo coste, se utilizaban como instrumentos de tablero y amperímetros de automóvil.
- **De bobina móvil (o cuadro móvil)**, estos aparatos sólo miden corriente continua, a no ser que lleven diodos rectificadores. Tienen una escala uniforme, un campo de medida o alcance muy extenso y una notable sensibilidad de funcionamiento, aunque los campos magnéticos exteriores afectan a las mediciones.

7.1.1.2.- ELECTROMAGNÉTICOS O DE HIERRO MÓVIL

La aguja del sistema indicador se desplaza gracias a la acción que ejerce un campo creado por la bobina al ser atravesada por la corriente a medir, sobre una o más plaquitas móviles de hierro dulce (material magnético no remanente) a la que se encuentra fijada la aguja.

Estos aparatos pueden medir corriente continua o alterna, indistintamente, y en el caso de corriente alterna miden valores eficaces.

7.1.1.3.- ELECTRODINÁMICOS O DINAMOMÉTRICOS

Estos aparatos están constituidos por dos bobinas concéntricas, una fija y otra móvil, atravesadas por la corriente que se desea medir, y el movimiento de la aguja se produce por la acción mutua entre los campos magnéticos creados en la bobina móvil y en la fija.

Se emplean tanto para medir corriente continua como alterna, en cuyo caso miden valores eficaces, siendo su principal utilización como amperímetros, voltímetros y vatímetros con elevadas clases de exactitud. Les afectan los campos magnéticos externos, a no ser que se construyan blindados.

7.1.1.4.- DE INDUCCIÓN

Consisten en un electroimán conectado a una corriente alterna, que crea un campo eléctrico variable que a su vez induce unas corrientes llamadas de Foucault en la parte móvil. Esta parte móvil consiste en un elemento metálico generalmente un disco de aluminio y que trata de girar hasta una posición en la que el flujo magnético aumenta, a su vez un muelle antagonista proporciona el par resistente necesario para que la guja indicadora se detenga en una determinada posición de la escala graduada.

Por su propio principio de funcionamiento estos aparatos solo miden corriente alterna de la misma frecuencia a la que han sido calibrados, y se utilizan como voltímetros y amperímetros de tablero de bajas clases de exactitud. Las variaciones de temperatura influyen mucho en el resultado de las mediciones debido a las consiguientes variaciones de la resistencia de los arrollamientos y del aumento de resistencia en las trayectorias de las corrientes de Foucault al calentarse el disco.

7.1.1.5.- ELECTROESTÁTICOS

Están constituidos por un condensador de capacidad variable, una de sus armaduras es fija y otra móvil. Al aplicar una tensión entre las armaduras, estas se cargan eléctricamente y se produce una fuerza de atracción o repulsión entre ellas que hace que gire la armadura móvil, sobre la que se encuentra la aguja indicadora, hasta la posición en que la energía del campo eléctrico sea máxima.

Se utilizan casi exclusivamente como voltímetros y miden tanto para la medición de corriente continua como corriente alterna, en cuyo caso miden los valores eficaces, siendo los únicos aparatos capaces de medir altas tensiones externas que pueden ir desde 1 V hasta los

600.000 V. Magnitudes de influencia como la temperatura, la frecuencia y los campos magnéticos externos, no influyen en el resultado de las mediciones, en cambio si les influyen de manera muy considerable los campos eléctricos, aún cuando estos campos sean débiles.

7.1.1.6.- ELECTROTÉRMICOS

Se basan en el efecto Joule producido en un conductor al paso de una corriente eléctrica y que origina una deformación del conductor. Los más utilizados consisten en una lámina bimetálica constituida por dos tiras metálicas de distinto coeficiente de dilatación, soldadas longitudinalmente, al pasar la corriente a través de ellas el metal de mayor coeficiente de dilatación sufre un alargamiento mayor que el otro y se produce una curvatura en la lamina transmitiendo el movimiento a la aguja indicadora.

Se utilizan tanto para la medición de corriente continua como de corriente alterna, en este caso miden valores eficaces. Suelen emplearse para obtener valores medios cuando hay continuas variaciones de tensión y de intensidad, ya que la desviación de la aguja hasta alcanzar la posición de equilibrio es lenta (a veces tarda hasta 15 minutos).

7.1.2.- INSTRUMENTOS DIGITALES

Son instrumentos de medición en los que la magnitud que deseamos medir es recibida en forma de signos discretos codificados, y los valores se indican en forma de cifras numéricas. Dicho de otra manera, un medidor digital mide una cantidad analógica o continua contando la cantidad de valores discretos que representan el valor de su magnitud y nos da una cifra numérica que representa la medida.

Par a realizar esta operación de medición, los aparatos digitales solo toman algunos valores de la magnitud objeto de medición (muestreo), a continuación estos valores son codificados por medio de un dispositivo llamado “*convertidor analógico/digital*” (*Analog Digital Converter*), que divide la señal analógica en bandas de valores y a cada una de las cuales se les asigna un código, por lo general binario. La forma común de capturar y procesar los datos consiste en muestrear las ondas de tensión y corriente y obtener los valores instantáneos en cada uno

de los puntos de muestreo, con lo que en cada punto se obtiene un valor numérico. Después se procesan los valores numéricos de uno o varios ciclos, obteniéndose los valores eficaces, las potencias o cualquier otra información requerida.

Los valores más importantes que definen la resolución y la precisión de un instrumento digital son la frecuencia de muestreo (F_s) y el número de bits de cada adquisición puntual. A veces también se usa el termino inverso de la frecuencia de muestreo que es el periodo de muestreo (T_s) y en mediciones de red se usa el número de muestras por ciclo (N).

La mayoría de los instrumentos digitales no pueden registrar todas las muestras que miden, lo que hacen es presentar promedios de mediciones durante intervalos de tiempo, esto hace que un parámetro muy importante para comparar los resultados de determinadas mediciones o para poder interpretar dichos resultados, es el “tiempo mínimo de promedio” (TMP), sobre todo en los casos en que la magnitud objeto de medida varía durante el intervalo de la medición.

En la figura 12 se observa un ejemplo de muestreo de una onda de tensión sinusoidal.

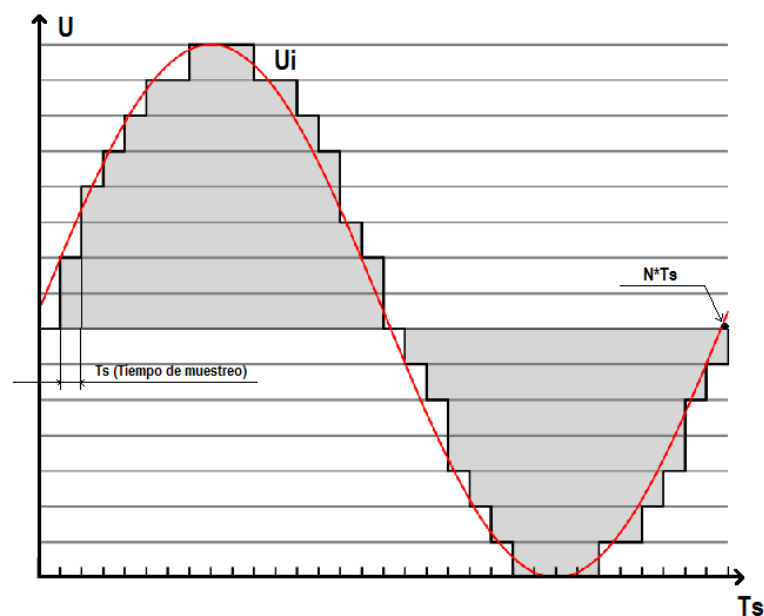


Figura 12: Muestreo de una onda sinusoidal

(Fuente: Medios Técnicos para los Instaladores Autorizados [Ediciones Experiencia, 2005] y elaboración propia)

Básicamente se pueden distinguir tres categorías de instrumentos digitales:

7.1.2.1.- INSTRUMENTOS SIMPLES

Estos instrumentos miden una sola variable eléctrica y la muestran en el indicador digital (display), no tienen capacidad de registro ni de comunicación con otros dispositivos.

7.1.2.2.- INSTRUMENTOS CON REGISTRO

Estos instrumentos son capaces de medir más de una variable, obtienen otras variables por cálculo y registran determinados valores, bien periódicamente o gobernados por un disparador “trigger”, todo ello programable generalmente desde un teclado.

7.1.2.3.- INSTRUMENTOS CON REGISTRO Y COMUNICACIONES

Miden, calculan y registran variables, y además disponen de algún sistema de comunicación, generalmente están conectados a un ordenador u otro tipo de periférico, que permite el procesamiento de los datos.

En la mayoría de los casos la presentación de las mediciones en el dispositivo visualizador se hace por medio de un conjunto de dígitos que se forman con 7 segmentos (LED's o cristal líquido), estos segmentos forman un ocho por cada dígito del dispositivo visualizador (display) y dependiendo de los segmentos excitados eléctricamente se forma un número del 0 al 9 en cada dígito, unidos todos los dígitos del dispositivo visualizador (display) se representa el resultado de la medición. Cada segmento es controlado por un circuito eléctrico con lo que cada dígito necesita de 7 circuitos eléctricos para su funcionamiento. Por otra parte cuantos más dígitos tenga el dispositivo visualizador (display) permite mejorar la resolución del instrumento ó aumentar su alcance y se podrá conseguir un mejor índice de clase, pero como para cada dígito se necesitan 7 circuitos eléctricos, al aumentar el número de dígitos se complica la decodificación y la circuitería del instrumento.

Existe un manera de duplicar el intervalo de indicaciones del instrumento de medición sin complicar demasiado el cableado y la electrónica y es añadiendo a la izquierda del display el número 1, formado por dos segmentos verticales derechos que se excitan con un solo circuito eléctrico, lo que se conoce como medio dígito. De esta forma este dígito puede tomar valor 1 cuando el circuito este excitado ó 0 cuando no lo esté.

Por ejemplo, en un instrumento de medición con tres dígitos con el que normalmente se obtiene una lectura máxima de 999 Um (unidades de medida), si añadimos el medido dígito a la izquierda del display se consigue obtener una lectura máxima de 1999 Um, con lo que efectivamente hemos duplicado el intervalo de indicaciones del instrumento. Hay que tener en cuenta que en este tipo de instrumentos de tres dígitos y medio cuando el valor de la magnitud objeto de medición supera el valor máximo de 1999 Um, solo el medio dígito presentara el valor 1 indicando que lo que se desea medir supera el valor máximo de la escala (sobreescala) y si la lectura es menor a las 1000 Um el medio dígito no se enciende o toma el valor 0.

7.1.3.- CARACTERÍSTICAS COMUNES DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN

Las características de los instrumentos de medición incluyen todos los parámetros que identifican al instrumento y nos manifiestan las condiciones de respuesta del mismo ante diferentes magnitudes de influencia.

Aquí trataremos de definir aquellas características principales que se suelen encontrar en los catálogos comerciales.

7.1.3.1.- Rango de medida o Intervalo de indicaciones (*Range*)

Se entiende por rango de medida al conjunto de valores comprendido entre las dos indicaciones extremas, el intervalo de indicaciones se expresa generalmente citando el valor inferior y el superior, por ejemplo, 99 V a 201 V. Para ciertas magnitudes se utiliza la

expresión proveniente del inglés “rango de indicaciones”, mientras que para otras se utiliza “campo de indicaciones”.

Si nos referimos por ejemplo al rango de un Multímetro, los rangos son las distintas escalas que el instrumento tiene para dar una lectura adecuada dentro de la resolución del mismo.

El rango siempre debe ir acompañado de las condiciones nominales de funcionamiento (temperatura, humedad,... etc.), en las que se aseguran las condiciones de funcionamiento durante una medición para que el instrumento funcione conforme a su diseño.

7.1.3.2.- Alcance o fondo de escala (span, input full scale – FS–)

Es la diferencia entre los límites superior e inferior del rango de medida, también se puede expresar como el máximo valor de lectura en la escala en uso del equipo de medición. Dicho alcance siempre es igual al rango de medida menos el valor de una operación matemática. Por ejemplo, en un voltímetro de 3 dígitos en el rango de 0-1000 V se tiene una resolución de 1 V, y el alcance es de 999 V.

7.1.3.3.- Salida a fondo de escala (full scale output – FSO–)

Diferencia entre las salidas para los valores extremos del campo de medida.

7.1.3.4.- Índice de clase (respecto a la magnitud de medida)

Es un valor numérico, referido al valor del fondo de escala, común para todos aquellos aparatos (o sus accesorios) cuya precisión es la misma. Este número corresponde al límite superior del error intrínseco cuando se realiza la medición en las condiciones nominales de funcionamiento, y equivale también al error en tanto por ciento del instrumento en cualquier punto dentro del rango de medida.

La norma UNE 21319:1974 fija los límites del error intrínseco respecto a la magnitud de medida, y que se muestran en la tabla 5, estando el equipo de medición bajo las condiciones de referencia y siendo utilizado dentro del rango de media:

Índice de clase respecto a la magnitud de medida	0,2	0,5	1,0	1,5	2,5	5,0
Límites del error	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,5\%$	$\pm 1,0\%$	$\pm 1,5\%$	$\pm 5,5\%$	$\pm 5,0\%$

Tabla 6: Límites del error intrínseco respecto a la magnitud de medida.
(Fuente: Medios Técnicos para los Instaladores Autorizados [Ediciones Experiencia, 2005] y elaboración propia)

Como el índice de clase está referido al fondo de escala, si medimos en la parte baja de la misma se pierde precisión porcentual, por lo que siempre debemos de tratar de escoger una escala en la que el aparato nos dé la medida en el último tercio de la escala, para obtener el mínimo error.

Ejemplo,

Queremos realizar una medición de una magnitud de 6 V, para ello utilizaremos un Multímetro de clase 1 que dispone de dos escalas, la primera con fondo de escala de 10 V y la segunda con fondo de escala de 100 V.

En la primera medición utilizaremos la escala de 0-10 V, al ser el Multímetro de índice de clase 1 (error $\pm 1\%$) estaremos cometiendo un error intrínseco de 0,1 V ($1\% \times 10V = 0,1V$) y la medida sería $6 V \pm 0,1 V$, mientras que en la segunda medición, utilizando la escala de 0-100 V el error intrínseco sería de 1 V ($1\% \times 100V = 1V$), y la medida sería $6 V \pm 1 V$. En este ejemplo se observa que una mala elección de la escala puede hacer que se cometan errores muy elevados en la medición.

7.1.3.5.- Resolución o sensibilidad

Por definición representa el cociente entre la variación de una indicación de un sistema de medida y la variación correspondiente del valor de la magnitud medida.

Es la cantidad más pequeña que se puede medir con un equipo de medición, es decir el menor cambio de la magnitud objeto de medición que el aparato es capaz de detectar. En el caso de instrumentos digitales la resolución va ligada al número de bits del convertidor A/D, a la calidad del adaptador de señal previo y al número de dígitos del display indicador.

Utilizando la siguiente ecuación podemos calcular la resolución de un instrumento de n bits en un determinado rango de medida $U_{m\acute{a}x}-U_{m\acute{i}n}$.

$$\text{Resolución} = \frac{U_{m\acute{a}x}-U_{m\acute{i}n}}{2^n}$$

Ejemplo,

La resolución máxima de un equipo de medida con un rango de 0-1000 V y con un convertidor A/D de 10 bits sería de 976 mV/punto ($1000/1024=976$), es decir, con un convertidor de 10 bits se pueden obtener $2^{10}=1024$ puntos, o sea que se pueden medir 1024 valores distintos dentro del rango de medida, como en este caso el rango es de de 0-1000 V la resolución es la calculada anteriormente, 976 mV/punto.

7.1.3.6.- Resolución del display

En los instrumentos digitales la resolución del display es el menor cambio de la magnitud objeto de medición que el aparato es capaz de detectar y la podemos calcular como:

$$\text{Resolución display} = \frac{\text{Alcance de la escala}}{\text{nº de posibles valores}}$$

Hay distinguir muy bien entre la resolución del instrumento de medida y la resolución del display, ya que lo que marca la máxima resolución del equipo de medida es el convertidor A/D.

Ejemplo,

En un Multímetro de 10 dígitos basado en un convertidor de 10 bits (1024 puntos) que puede mostrar 100.000 cuentas o posibles valores (desde 00000 hasta 99.999), se tendrá una resolución en el display de 1 mV en la escala de 100 V. 2 mV en la escala de 200 V y 10 mV en la escala de 1000 V, sin embargo quien marca la máxima resolución del equipo de medición es el convertidor A/D con los 1024 puntos, es decir que la resolución del equipo será de 97 mV/punto en la escala de 100 V ($100/1024=97$), 195 mV/punto en la escala de 200 V ($200/1024=195$) y 976 mV/punto en la escala de 1000 V ($1000/1024=976$).

7.1.4.- CONCEPTOS METROLÓGICOS GENERALES DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN.

Se analizaran tanto las definiciones formales como aquellas de carácter más intuitivo que permitan al instalador autorizado tener la base metrológica adecuada para, más adelante, cumplir con la elaboración y posterior realización de su Plan de Confirmación Metrológica.

7.1.4.1.- Exactitud y Precisión

La Exactitud y la Precisión son, junto con la Incertidumbre, los conceptos más importantes en metrología, con significados diferentes y bien definidos, aunque en el lenguaje de calle se utilicen habitualmente como sinónimos. Así pues, una medición puede ser precisa y, al mismo tiempo, inexacta.

Definimos Exactitud como la concordancia entre el resultado de la medición (*valor medido VM*) y el valor convencionalmente verdadero del mensurando (*valor de referencia VR*).

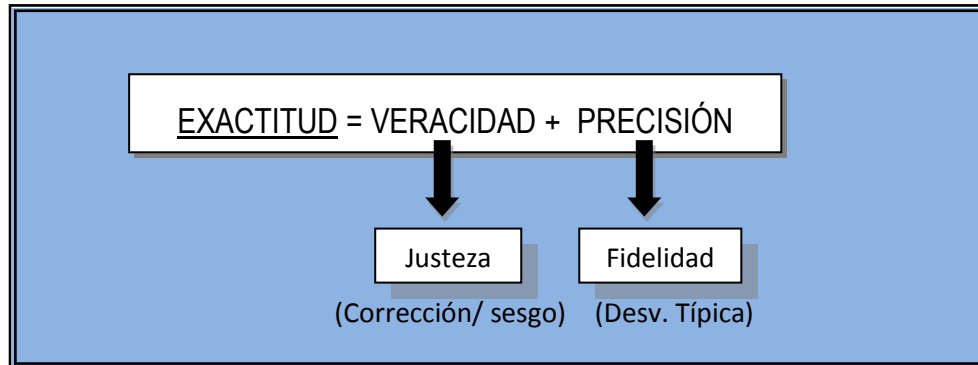


Figura 13: Definición de Exactitud.
(Fuente: Elaboración propia)

Como vemos en la expresión anterior podemos descomponer el término Exactitud en la combinación de otros dos, Veracidad y Precisión, que definimos a continuación:

El Vocabulario Internacional de Metrología (VIM) define la precisión como la proximidad entre las indicaciones o valores medidos de un mismo mensurando, obtenidos en mediciones repetidas, bajo condiciones especificadas.

La Precisión de una medida suele expresarse numéricamente mediante medidas de dispersión tales como la desviación típica o la varianza. Por ello, cuanto más estrecha sea la distribución de resultados, menor será la desviación típica de la misma y mayor la precisión de la medida. La Precisión depende pues únicamente de la distribución de los resultados y no está relacionada con el valor convencionalmente “verdadero” de la medición.

Es sinónimo de fidelidad y se define como: el grado de coincidencia existente entre los resultados de una medición obtenidos en condiciones estipuladas. Se expresa normalmente en términos de desviación típica.

Por su parte, la Veracidad viene definida como la proximidad entre el valor medido y el valor “verdadero” del mensurando. Así pues, una medición es más exacta cuanto más pequeño es el error de medida.

Es sinónimo de Justeza y se define como: el grado de concordancia existente entre el valor obtenido de una serie de resultados y el valor del mesurando aceptado como referencia. Se mide en términos de error sistemático total.

Considerando mediciones individuales, la más próxima al valor verdadero será la más veraz. Sin embargo, tras una serie de mediciones repetidas, será la distancia desde el valor medio de la distribución de valores observados, habitualmente el resultado, hasta el valor “verdadero”; es decir el sesgo (valor estimado del error sistemático), la que caracterizará la Veracidad de la medición. La dispersión de la distribución de los valores, estimada por su desviación típica, caracterizará, como dijimos antes, la Precisión.

Así pues, en mediciones repetidas, la Veracidad depende solamente de la posición del valor medio (resultado) de la distribución de valores, no jugando papel alguno en ella la Precisión.

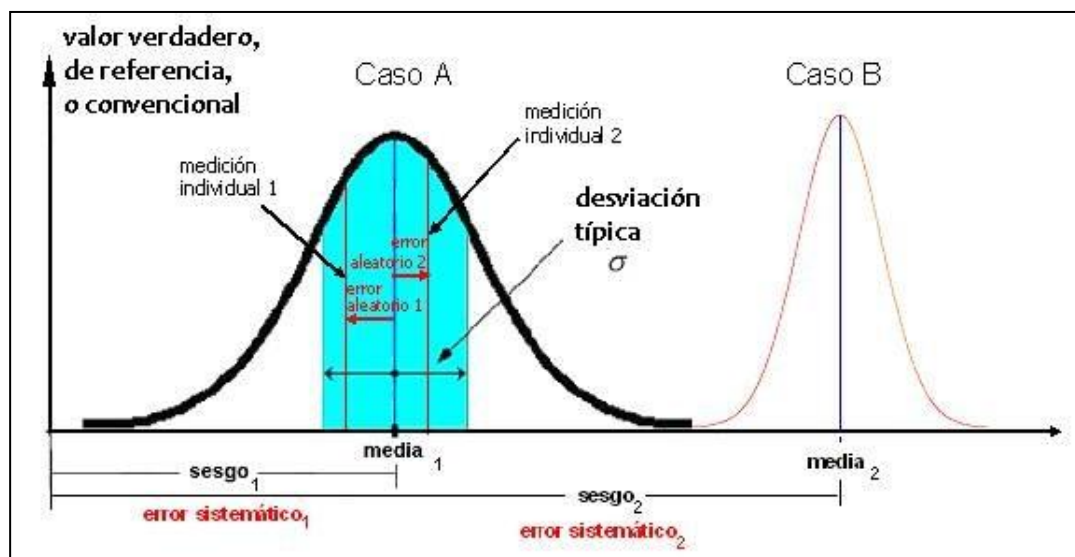


Figura 14: Ejemplo de diferencia entre exactitud y precisión.
(Fuente: Revista Española de Metrología – e-midia [CEM, <http://www.e-medida.com>])

En efecto, observando la Figura 14 vemos que:

La medición individual 1 es más veraz que la medición individual 2, ya que el valor obtenido está más próximo al valor “verdadero”.

Cuando se realizan series de mediciones repetidas, solo el valor medio obtenido juega un papel de cara a la Veracidad, independientemente de la precisión. Así, el valor medio obtenido en el Caso A es más veraz que el obtenido en el Caso B, por poseer menor sesgo respecto al valor verdadero.

Estos conceptos acostumbran a representarse de forma gráfica acudiendo a la analogía de los disparos sobre una diana, considerando el centro de dicha diana como el valor verdadero o de referencia (Figura 14).

Así, en el caso 1 de la Figura 14 se observa una gran dispersión en los disparos, pudiendo asociárseles una distribución uniforme o rectangular. Este hecho refleja falta de Precisión, a lo que se añade falta de Veracidad, dado el sesgo observado, al encontrarse el valor central de la distribución alejado del valor verdadero. En el caso 2 los disparos están mucho más agrupados, pero el punto medio de todos ellos se encuentra de nuevo alejado del centro de la diana. En este caso, existe buena Precisión (los puntos están muy agrupados, sugiriendo una distribución normal o gaussiana), pero falta de Veracidad, debido al sesgo (error sistemático) existente entre el valor medio y el valor verdadero (centro de la diana). En el caso 3, el valor medio de los disparos coincide con el centro de la diana (buena Veracidad), aunque con bastante dispersión (falta de Precisión): la distribución es normal en lugar de rectangular. En el último caso, los disparos están muy agrupados en torno al centro de la diana (su distribución de probabilidad es muy estrecha), siendo este el caso ideal de buena Precisión y mucha Veracidad (resultado no sesgado), en este último caso podríamos afirmar que la medida es bastante exacta (veraz y precisa).

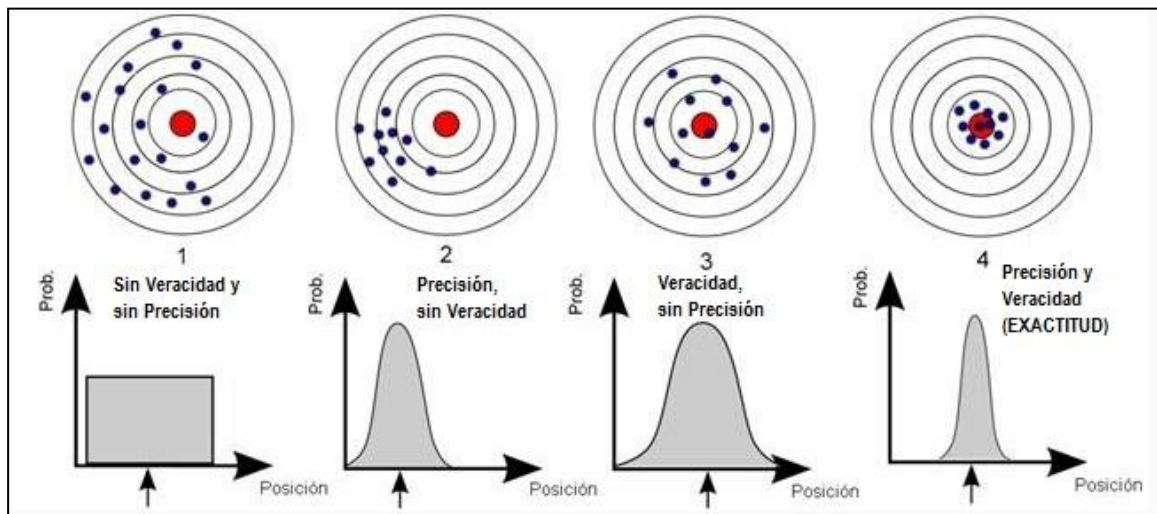


Figura 15: (Arriba) resultados de cuatro series de disparos a un blanco y (Abajo) las correspondientes funciones de densidad de probabilidad.

(Fuente: Revista Española de Metrología – e-media [CEM, <http://www.e-medida.com>] y elaboración propia)

Tras lo aquí visto podemos concluir que, en efecto, pueden darse todas las combinaciones posibles de Veracidad y Precisión, siendo compatible la existencia de una de ellas con la falta de la otra. Lo anterior es aplicable tanto a resultados de medida como a los instrumentos utilizados en la obtención de dichos resultados.

7.1.4.2.- Calibración

El Vocabulario Internacional de Metrología (VIM 3ª edición, 2008) da la siguiente definición del término calibración:

“Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación”

Y hace las siguientes aclaraciones:

“NOTA 1: Una calibración puede expresarse mediante una declaración, una función de calibración, un diagrama de calibración, una curva de calibración o una tabla de calibración. En algunos casos, puede consistir en una corrección aditiva o multiplicativa de la indicación con su incertidumbre correspondiente”.

“NOTA 2: Conviene no confundir la calibración con el ajuste de un sistema de medida, a menudo llamado incorrectamente “autocalibración”, ni con una verificación de la calibración”.

“NOTA 3: Frecuentemente se interpreta que únicamente la primera etapa de esta definición corresponde a la calibración”.

Hasta aquí la definición formal de Calibración, pero nosotros intentaremos expresar un poco mejor este concepto. En palabras llanas la Calibración es simplemente la relación en términos de comparación entre nuestro instrumento de medición que deseamos calibrar y el patrón o los patrones de referencia que utilizamos en la calibración.

El doble objetivo de la calibración está relacionado con los términos de Veracidad y Precisión, detallados anteriormente, de la siguiente forma:

- La Calibración asegura la Trazabilidad metrológica de los resultados, es decir, asegura su Veracidad, determinando las correcciones a las lecturas de un instrumento o al valor asignado a un patrón.
- La Calibración determina la Precisión de las lecturas del instrumento o del valor de un patrón mediante la estimación de su Incertidumbre de calibración.

Es muy importante, como se indica la nota 2 de la definición, no confundir la Calibración de un equipo de medición con el ajuste del mismo, es decir, una vez calibrado el sistema de medida se debe hacer un análisis o estudio del certificado o informe de calibración resultante y este ha de ser “verificado” y “confirmado” de modo que se asegure que el instrumento cumple con los requisitos metrológicos de calibración (RM calibración) asignados al instrumento, esta es una de las fases finales de la Confirmación Metrológica.

En la página 119, de la presente memoria, se muestra un ejemplo de certificado de calibración de un Multímetro Digital.

7.1.4.3.- Trazabilidad metrológica

De manera análoga, el Vocabulario Internacional de Metrología (VIM 3ª edición, 2008) da esta definición del término:

“Propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida”

Y hace las siguientes aclaraciones:

“NOTA 1: En esta definición, la referencia puede ser la definición de una unidad de medida, mediante una realización práctica, un procedimiento de medida que incluya la unidad de medida cuando se trate de una magnitud no ordinal, o un patrón”.

“NOTA 2: La trazabilidad metrológica requiere una jerarquía de calibración establecida”.

“NOTA 3: La especificación de la referencia debe incluir la fecha en la cual se utilizó dicha referencia, junto con cualquier otra información metrológica relevante sobre la referencia, tal como la fecha en que se haya realizado la primera calibración en la jerarquía”.

“NOTA 4 Para mediciones con más de una magnitud de entrada en el modelo de medición, cada valor de entrada debiera ser metrológicamente trazable y la jerarquía de calibración puede tener forma de estructura ramificada o de red. El esfuerzo realizado para establecer la trazabilidad metrológica de cada valor de entrada debería ser en proporción a su contribución relativa al resultado de la medición.

“NOTA 5: La trazabilidad metrológica de un resultado de medida no garantiza por sí misma la adecuación de la incertidumbre de medida a un fin dado, o la ausencia de errores humanos”.

“NOTA 6: La comparación entre dos patrones de medida puede considerarse como una calibración si ésta se utiliza para comprobar, y si procede, corregir el valor y la incertidumbre atribuidos a uno de los patrones”.

“NOTA 7: La ILAC considera que los elementos necesarios para confirmar la trazabilidad metrológica son: una cadena de trazabilidad metrológica ininterrumpida a un patrón internacional o a un patrón nacional, una incertidumbre de medida documentada, un procedimiento de medida documentado, una competencia técnica reconocida, la trazabilidad metrológica al SI y los intervalos entre calibraciones (véase ILAC P-10:2002)”.

“NOTA 8: Algunas veces el término abreviado “trazabilidad” se utiliza en lugar de “trazabilidad metrológica” así como para otros conceptos, como trazabilidad de una muestra, de un documento, de un instrumento, de un material, etc., cuando interviene el historial (“traza”) del elemento en cuestión. Por tanto, es preferible utilizar el término completo “trazabilidad metrológica” para evitar confusión”.

Como fácilmente puede intuirse de la propia definición el concepto de Trazabilidad (recogido expresamente como requisito en la Norma UNE-EN 10012:2003 y en la Norma UNE-EN ISO 9001:2000) viene asociado a una cadena ininterrumpida de comparaciones (calibraciones) que va subiendo en la escala metrológica de cada una de sus magnitudes de medida hasta alcanzar el patrón nacional o internacional correspondiente y donde todas sus incertidumbres están correctamente determinadas.

Tenemos distintas posibilidades para incorporar nuestros equipos, y por consiguiente nuestras mediciones, a la cadena de trazabilidad metrológica. Partimos del principio de que nuestro equipo no es, en general, de una elevada calidad metrológica, por lo que en buena lógica recurriremos a obtener la trazabilidad metrológica a un laboratorio de calibración, en algunos caso puede que necesitemos recurrir a un laboratorio que este acreditado por una Entidad Nacional de Acreditación (en España es ENAC) y en otros muchos casos esto no será necesario.

Obviamente, si nuestras posibilidades y necesidades nos lo permiten, optaremos por un laboratorio acreditado, ya que intrínsecamente le está reconocida su trazabilidad para la magnitud específica dentro del alcance de su acreditación. Sin embargo, no siempre tenemos disponible un laboratorio acreditado por proximidad, plazos de entrega o cuestiones económicas y en estos casos podemos recurrir a laboratorios no acreditados, siempre y cuando nos garantice la trazabilidad metrológica de las mediciones. Esta última garantía

siempre se puede obtener por la justificación del laboratorio no acreditado de que sus patrones de medida gozan de trazabilidad metrológica mediante una copia de los certificados o informes de calibración de los mismos.

También podemos recurrir al nivel del patrón nacional para solicitar la calibración de nuestro equipo de medida y obtener de este modo la trazabilidad metrológica de las mediciones. Cabe señalar que el Centro Español de Metrología (CEM) o los laboratorios asociados que custodian los patrones nacionales no pueden negarse a realizar dicha calibración, si bien su actividad principal no es ésta y debería recurrirse a este extremo para obtener la trazabilidad metrológica solo en determinadas situaciones en que otros laboratorios no pueden completar con su alcance.

Por lo tanto, tener un criterio adecuado a nuestras necesidades reales de calibración nos facilitará enormemente la realización de nuestras calibraciones externas y nos permitirá desarrollar un plan de confirmación metrológica acorde a las mismas.

En la actualidad la infraestructura metrológica española está formada por el Centro Español de Metrología (CEM) y los Laboratorios Asociados a él (en la actualidad ROA, I. Óptica-CSIC, INTA, LMRI-CIEMAT, LCOE e ISCIII). Todos ellos forman la cúspide de la pirámide metrológica nacional, donde se establecen y mantienen los patrones primarios de las unidades de medida correspondientes al Sistema Internacional de Unidades (Sistema SI), declarado de uso legal en España por Ley 3/1985, de 18 de marzo, de Metrología.

La diseminación de las unidades de medida por todo el país, desde el nivel primario hasta las mediciones realizadas en la industria, el comercio, la ciencia, la educación o los servicios, manteniendo una trazabilidad demostrable a los patrones nacionales, se realiza mediante el concurso de laboratorios de calibración, la mayoría de ellos acreditados por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC). Este conjunto de laboratorios, junto con la propia ENAC, constituye parte importante de la infraestructura metrológica española.

Su funcionamiento correcto es vital para la interconexión de todas las capas de la sociedad, en las cuales se realizan diariamente multitud de mediciones de diversa índole, con distinta trascendencia para los ciudadanos. Puede decirse que esta infraestructura permite garantizar

la validez de todas las mediciones realizadas en España, así como la compatibilidad de éstas con las realizadas fuera de nuestras fronteras, aspecto básico para el reconocimiento internacional de nuestros intercambios comerciales y de nuestras contribuciones científico-técnicas.

Todos los integrantes de este sistema trabajan coordinadamente para garantizar la misión que tienen encomendada de manera conjunta, bajo la supervisión del Consejo Superior de Metrología (CSM), órgano superior de asesoramiento y coordinación del Estado en materia de metrología científica, técnica, histórica y legal, cuya Secretaría corresponde al Centro Español de Metrología.

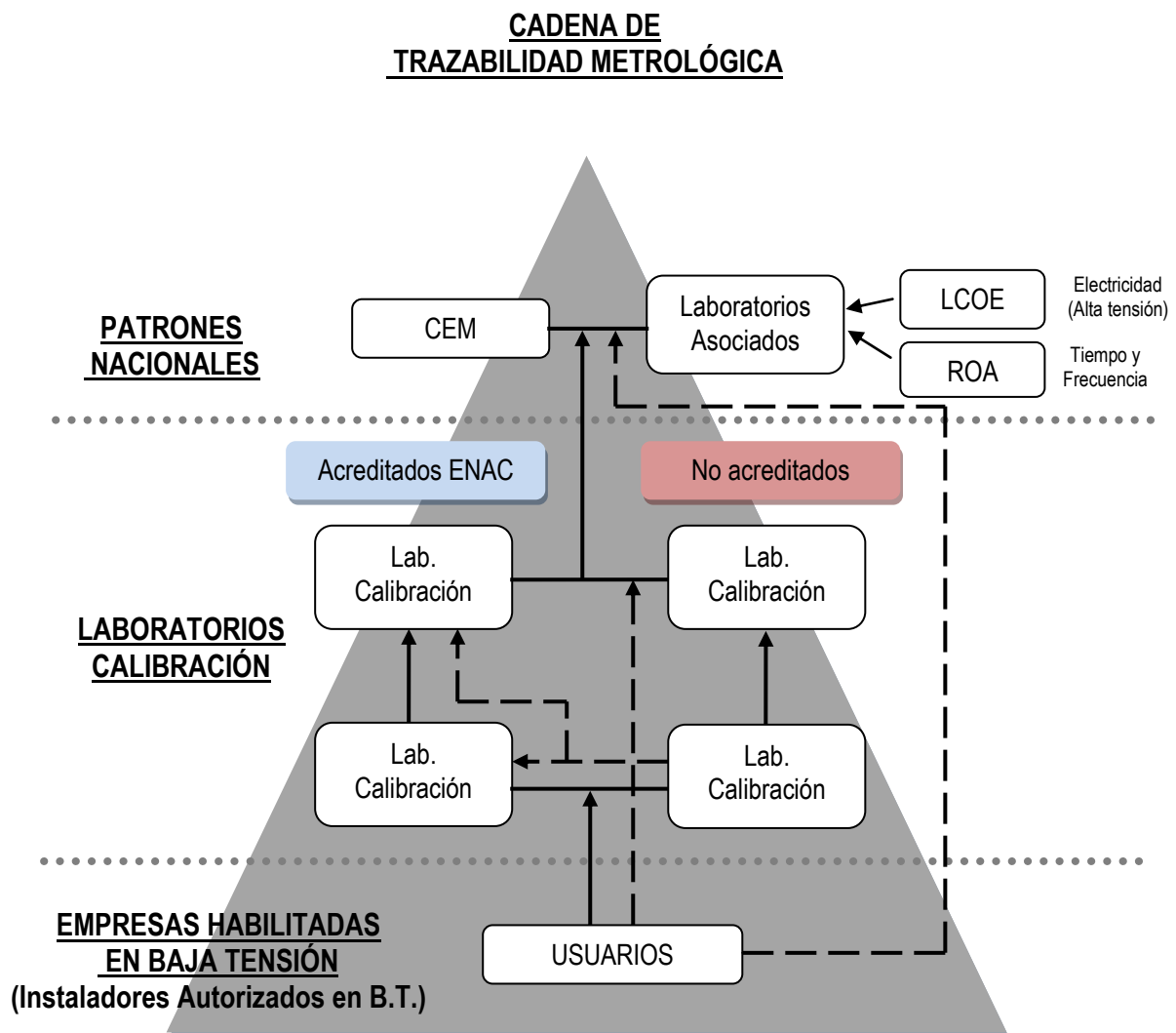


Figura 16: Cadena de trazabilidad metrológica.
(Fuente: Centro Español de Metrología, CEM [<http://www.cem.es>] y elaboración propia)

7.1.4.4.- Incertidumbre de medida

Veamos de nuevo la expresión que recoge el Vocabulario Internacional de Metrología (VIM 3ª edición, 2008):

“Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza”.

Y las aclaraciones que nos hace:

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

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

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

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

Como vemos en la definición, el concepto de medir en términos absolutos una determinada magnitud no existe y siempre va unida a un concepto de incertidumbre de medida que tiene características de probabilidad matemática.

Podemos definir el concepto de Incertidumbre de Medida como el valor de un intervalo, generalmente simétrico, dentro del cual se encuentra. Con una alta probabilidad, el valor verdadero de la magnitud objeto de medición.

Como consecuencia directa de la definición tenemos que:

- La incertidumbre de medida va unida al resultado de una medición.
- La incertidumbre de medida tiene característica de probabilidad.
- Es muy importante distinguir entre 2 tipos: Incertidumbre de Calibración (U_c), que proviene del certificado o informe de calibración y la Incertidumbre de Uso (U_{uso}) la cual debemos calcular según nos indica la Norma UNE-EN 66180:2008 en el punto 7.3.1, y que normalmente será de un orden de magnitud superior al de la obtenida durante la calibración, salvo que las condiciones de utilización (condiciones ambientales y otras magnitudes de influencia) coincidan con las de calibración y, además se utilice el instrumento con sumo cuidado, o el instrumento presente una estabilidad tal que le haga inmune a dichos efectos. Por lo general la Incertidumbre de Uso se podrá calcular como: $U_{uso} = |\text{corrección}| + |U_c| + \dots$ otros.

Por eso siempre que hablamos del resultado de una medición (M) debemos de estimar el resultado de la misma en términos de probabilidad, ya que vendrá representada por un valor (VM) que representa el valor más probable de la magnitud de medida y la correspondiente componente de incertidumbre asociada a dicha medición ($\pm I$).

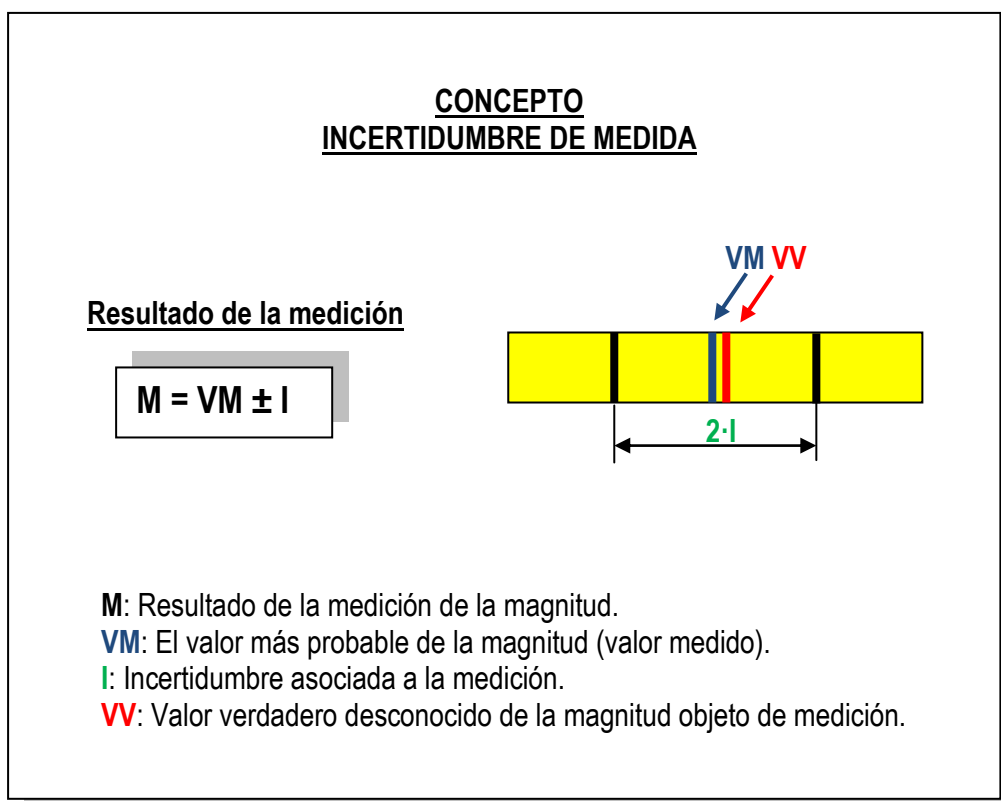


Figura 17: Concepto de Incertidumbre de Medida.
(Fuente: Elaboración propia)

7.1.4.5.- Tolerancia

La Tolerancia viene expresada por el intervalo de valores asociados a una medida que nos permite determinar que la misma está dentro de unas especificaciones determinadas y que nuestro producto es conforme a lo pactado con anterioridad con el cliente.

Principalmente podemos distinguir entre dos tipos, o dos definiciones, de Tolerancia:

Tolerancia (de una magnitud)

“Es el intervalo de valores en el que debe encontrarse dicha magnitud para que se acepte como válida”

[UNE 66180:2008]

En la figura 18 veremos un ejemplo de esta definición.

Tolerancia efectiva (de una magnitud)

“Es el intervalo de valores en el que debe encontrarse dicha magnitud para que se acepte como válida considerando la incertidumbre del proceso de medición”

[UNE 66180:2008]

Es muy importante distinguir entre estas dos definiciones, además de tener una adecuada relación entre la incertidumbre de medida y la tolerancia para garantizar que nuestro producto cumple con las especificaciones.

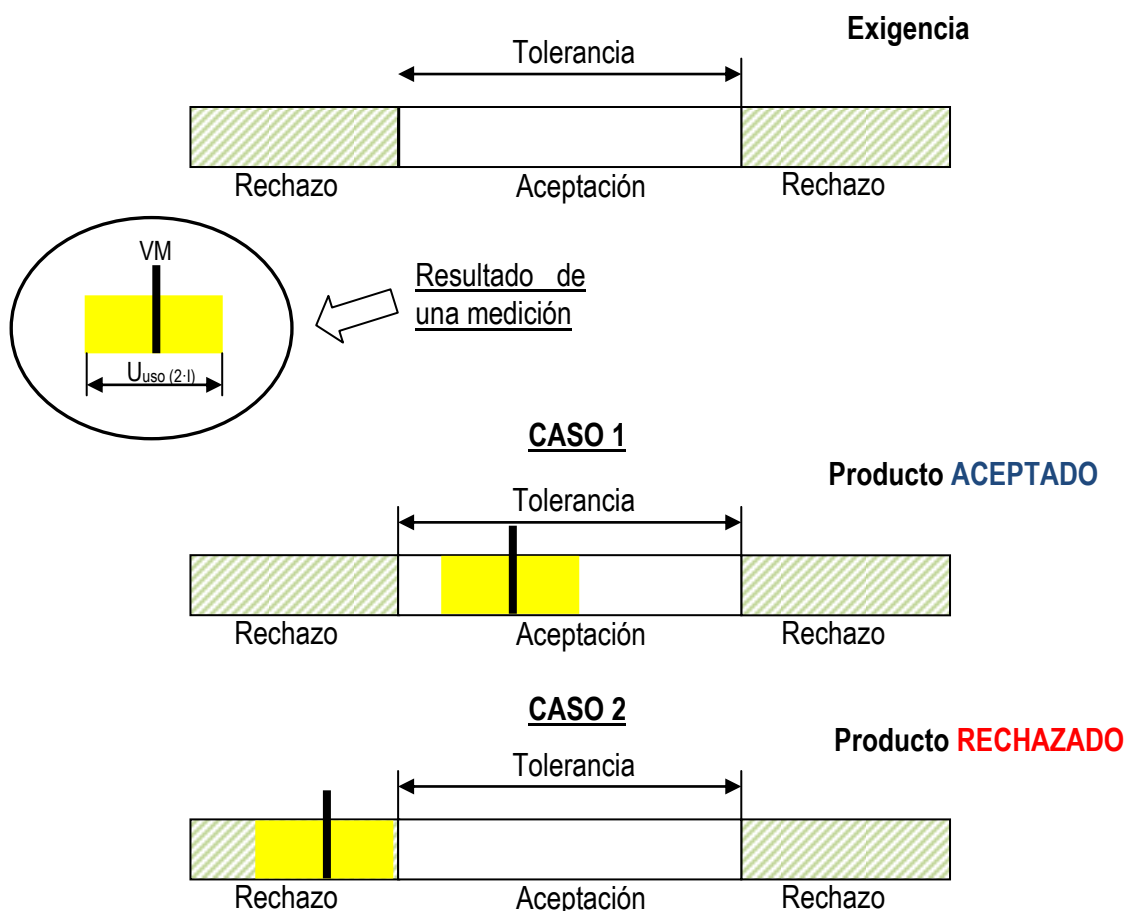


Figura 18: Ejemplo concepto de Tolerancia (de una magnitud).
(Fuente: Elaboración propia)

Cuando el intervalo de incertidumbre está contenido en el intervalo de tolerancia, se está en condiciones de afirmar, casi con seguridad, que el valor verdadero del mensurando es admisible (caso 1). Cuando los intervalos de incertidumbre y de tolerancia son disjuntos, hay seguridad casi total en rechazar el mensurando (caso 2). Pero cuando los intervalos de incertidumbre y de tolerancia se solapan en parte, es decir, cuando poseen una parte común y otra no común, la determinación de aceptación o rechazo es dudosa.

Es lo que ocurre en el siguiente ejemplo (caso 3), el valor medido (VM) está dentro de la tolerancia, pero se desconoce cuál es el valor real de la magnitud objeto de medición, aunque sabemos que con una alta probabilidad (normalmente del 95%, con $K=2$) está dentro del intervalo de valores acotado por la Incertidumbre de Medida (I), en este caso la Incertidumbre de Uso (U_{uso}).

Teniendo en cuenta esto, observamos que en el ejemplo existe la posibilidad de que el producto deba ser rechazado ya que una parte de los posibles valores del resultado de la medición están fuera del intervalo de valores de la tolerancia.

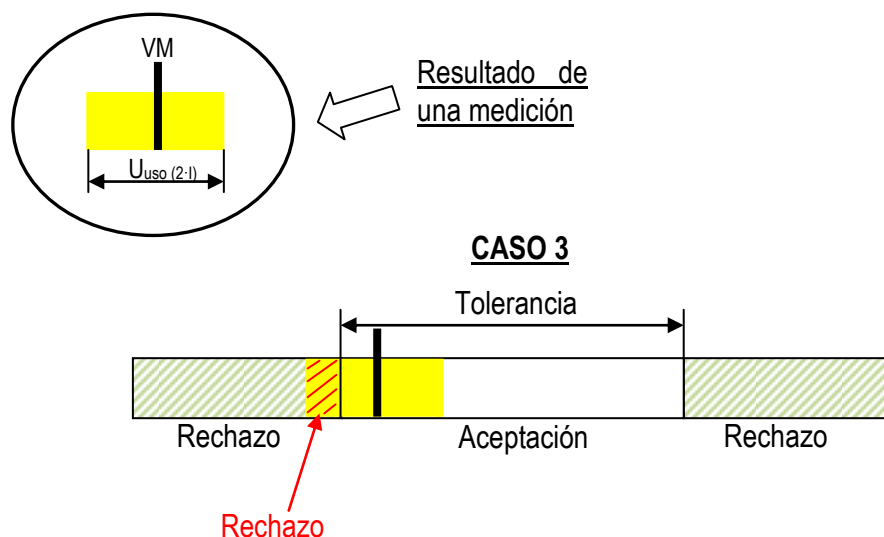


Figura 19: Ejemplo de solape entre Tolerancia e Incertidumbre
(Fuente: Elaboración propia)

En la práctica se opta por un criterio de seguridad que consiste en rechazar cualquier mensurando en situación dudosa, lo que resulta adecuado siempre que el intervalo de incertidumbre sea varias veces inferior al de tolerancia. Esto equivale a definir como intervalo de decisión para los valores medidos el correspondiente a: $T - 2U$ (Tolerancia efectiva), limitando el valor del cociente de ambos intervalos (Tolerancia e Incertidumbre).

Un criterio habitual es establecer el criterio de aceptación cuando el intervalo de valores de la incertidumbre es de 3 a 10 veces menor que el intervalo de valores de la tolerancia de la magnitud objeto de medición (esto es válido siempre que no existan otros factores que puedan añadir errores durante el proceso de medición).

En estos casos suele ser frecuente y recomendado considerar admisible los valores representados en la figura 20.

RELACIÓN TOLERANCIA – INCERTIDUMBRE

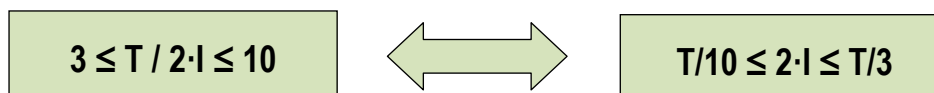


Figura 20: Relación entre Tolerancia e Incertidumbre de medida.
(Fuente: Elaboración propia)

Teniendo en cuenta la relación anterior, para valores superiores a diez exigirían instrumentos de medida muy costosos, y la reducción del límite inferior por debajo de tres supondría un rechazo importante de productos que probablemente serían correctos.

TOLERANCIA EFECTIVA

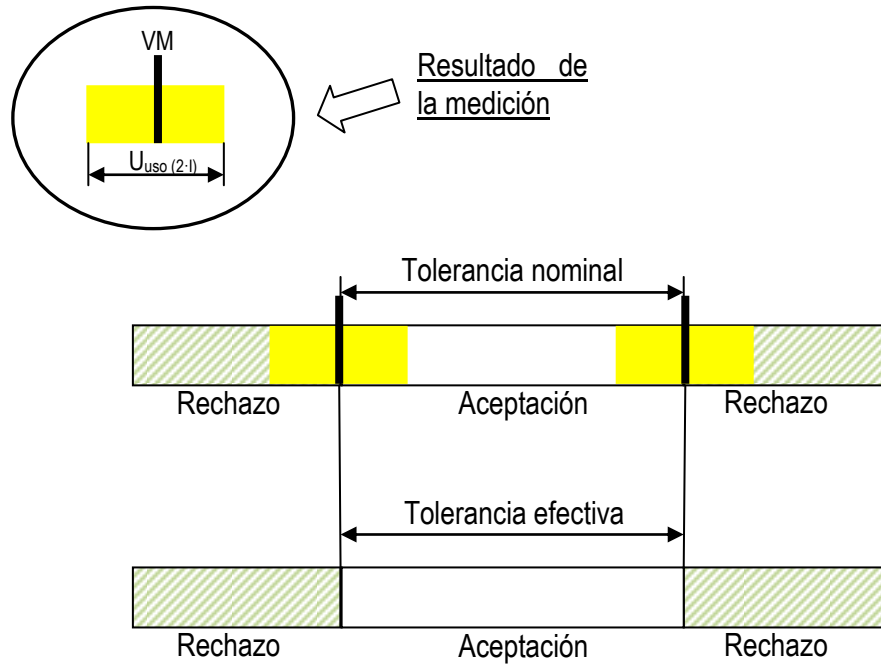


Figura 21: Ejemplo de Tolerancia efectiva.
(Fuente: Elaboración propia)

8. REQUISITOS METROLÓGICOS DE LOS EQUIPOS (CALIBRACIÓN)

En este apartado elaboraremos un plan de Confirmación Metrológica adecuado, que nos permita gestionar todos los procesos y equipos de medida (incluidos los patrones), en el que definiremos los requisitos metrológicos de calibración de los equipos de medida, aplicando una relación eficaz entre las tolerancias admisibles para las mediciones y las incertidumbres de calibración de los instrumentos de medida, teniendo en cuenta tanto costes metrológicos como costes económicos.

El objetivo es claro, estudiar el equipo y la medición que se debe realizar con él.

Para ello se determinan las características metrológicas que debe de poseer el equipo de medida y que permitan dar cumplimiento a los requisitos metrológicos del equipo para su uso previsto, definidos en el apartado anterior (apartado 7) y expresados a través de especificaciones asociadas a la medida (tolerancias, valores límite,..etc.).

Estos requisitos metrológicos de calibración también se suelen llamar “*criterios de aceptación y rechazo*” y son los límites permisibles que tendremos en cuenta para decidir inequívocamente si los resultados de la calibración del equipo de medición permiten confirmar que dicho equipo es capaz de garantizar el cumplimiento de los requisitos metrológicos para el proceso de medición al que está asignado.

8.1.- PLAN DE CONFIRMACIÓN METROLÓGICA

En este apartado vamos a desarrollar el concepto genérico, su implantación y desarrollo en la empresa habilitada en baja tensión del Plan de Confirmación Metrológica.

8.1.1.- DEFINICIÓN

Podemos definir el Plan de Confirmación Metrológica como:

La herramienta que nos permite gestionar y organizar los procesos de medición y el conjunto de patrones e instrumentos de medida de una empresa, para realizar la Confirmación

Metrológica de los mismos, de forma que se pueda asegurar la trazabilidad y la incertidumbre de las mediciones que con ellos se realicen.

Como vemos se trata de obtener una clasificación de todos nuestros patrones e instrumentos de medida, ordenados por áreas metrológicas, relacionados entres sí y que nos permita conocer en todo momento el estado de cualquiera de ellos.

8.1.2.- FUNCIONES DEL PLAN DE CONFIRMACIÓN METROLÓGICA

El Plan de Confirmación Metrológica tiene como principales funciones:

- Asegurar la precisión de las medidas.
- Obtener las correcciones de calibración.
- Conocer la evolución en el tiempo de los patrones e instrumentos de medida (Deriva).
- Garantizar las incertidumbres.
- Asegurar la trazabilidad.

8.1.3.- ORGANIZACIÓN DEL PLAN DE CONFIRMACIÓN METROLÓGICA

Para conseguir el ordenamiento que se pretende con el Plan de Confirmación Metrológica lo organizaremos de acuerdo a la siguiente estructura, que más adelante iremos desarrollando punto por punto.

8.1.3.1.- Inventario de equipos.

8.1.3.2.- Diagrama de niveles.

8.1.3.3.- Procedimientos internos (calibración/verificación).

8.1.3.4.- Archivo de resultados.

8.1.3.5.- Evaluación de los resultados.

8.1.3.1.- INVENTARIO

Dentro de este apartado recogeremos los formatos que nos identifican a cada uno de los instrumentos, a través de los correspondientes listados, etiquetas de identificación y calibración y las fichas de equipo definidas para cada uno de ellos.

8.1.3.1.1.- LISTADO DE EQUIPOS

Documento en el que se recoge de manera ordenada la relación completa de los instrumentos de medida de la empresa instaladora habilitada en baja tensión.

La mínima información que debe aparecer en este documento es el código de identificación del instrumento y una descripción del mismo como se recoge en el ejemplo de formato de listado al final de este apartado.

La elección del código de identificación es libre, pero se aconseja emplear una codificación que nos reporte la máxima información posible sobre el instrumento. Este código debe identificar inequívocamente a dicho instrumento.

8.1.3.2.- FICHA DE EQUIPO

Para cada uno de los equipos elaboraremos una ficha individual donde detallaremos las características esenciales de los mismos.

La información mínima que debe reflejar será la marca, el modelo, número de serie y código interno del equipo de medida, si bien toda aquella información adicional que se recoge a continuación nos servirá para caracterizar a cada uno de ellos.

- Marca
- Modelo
- Número de serie
- Código equipo
- Características metrológicas

- Fecha de adquisición
- Fecha de puesta en servicio
- Fecha de calibración y próxima calibración
- Fecha de la confirmación metrológica
- Mantenimiento
- Condiciones de uso
- Responsable
- Ubicación
- ... Etc.

Al final de este apartado se ofrece un modelo de formato de Ficha de equipo, pudiendo variarse tanto los contenidos como el mismo formato, ya que se ofrece a título informativo.

8.1.3.3.- ETIQUETAS

Las Etiquetas de identificación y calibración sirven para informarnos de manera inmediata sobre el estado de cada uno de los equipos de medida. En buena lógica, deben de estar localizadas sobre el propio instrumento, salvo en aquellos casos en el que el sentido común nos dice que la colocación sobre el propio instrumento afecte al mismo o a sus características metrológicas por una posible alteración de las mismas.



Se incluyen a continuación un ejemplo de cada una de ellas (el más básico posible), siendo indiferentes cuestiones tales como tamaño, color ó calidad de acabado.

Lo realmente importante es que cumplan con el fin para el que han sido elaboradas: identificar un equipo de medida e informar sobre su estado actual de calibración o uso.

Una buena práctica es identificar las etiquetas mediante un código de colores, como por ejemplo:



- Blanco: Equipo en condiciones de uso normales y dentro de su período de calibración.
- Azul o Amarilla: Equipo con alguna limitación de uso en sus características metrológicas.
- Rojo: Equipo fuera de uso por avería, pérdida de especificaciones, fuera de plazo de calibración,.. etc.

Ejemplo formato: Etiqueta de Identificación:

  GesMet	ETIQUETA IDENTIFICACIÓN
RESPONSABLE:	CÓDIGO:
EQUIPO:	



(Fuente: elaboración propia)

Ejemplo formato: Etiqueta de Calibración:

  GesMet	ETIQUETA CALIBRACIÓN
DATOS CALIBRACIÓN:	CÓDIGO:
FECHA CALIBRACIÓN:	PROX. CALIBRACIÓN:



(Fuente: elaboración propia)

Ejemplo formato: Etiqueta Fuera de Uso

  GesMet	EQUIPO FUERA DE USO
CÓDIGO:	
EQUIPO:	

(Fuente: elaboración propia)

Ejemplo formato: Etiqueta Limitación de Uso

		EQUIPO CON LIMITACIÓN DE USO
CÓDIGO:		
LIMITACIÓN USO:		

(Fuente: elaboración propia)

Ejemplo formato: Etiqueta Confirmación Metrológica:

		ETIQUETA CONFIRMACIÓN METROLÓGICA	
		EQUIPO:	
RESULTADO:		CÓDIGO:	
MAGNITUD:		FECHA:	

(Fuente: elaboración propia)

8.1.3.4.- DIAGRAMA DE NIVELES

Sin ser uno de los requisitos específicos de la norma UNE-EN 10012:2003, la representación gráfica que nos relaciona todos los instrumentos de medida de una misma área metrológica nos facilitará mucho el seguimiento del PLAN DE CONFIRMACIÓN METROLÓGICA.

Esta información se recoge en los llamados Diagramas de Niveles que podrían definirse como siguen:

“Gráfico en el que figuran agrupados y ordenados por niveles de calibración todos los patrones, instrumentos y accesorios de medida formando grupos de calibración”.

Como podemos ver en el siguiente ejemplo todos los instrumentos están clasificados en función de su nivel metrológico representando el nivel 0, o de referencia, el de los patrones cuya trazabilidad se obtiene mediante calibraciones externas y el nivel 1, o de trabajo, aquel

que nos sirve para definir los instrumentos de uso cotidiano. Además, el diagrama nos muestra las relaciones existentes entre los distintos equipos a la hora de realizar las posteriores calibraciones internas.

Así mismo nos informa de los códigos de identificación de los equipos. Los plazos de calibración establecidos y los procedimientos empleados para desarrollar las calibraciones internas. Aporta, de manera ilustrada, información inmediata sobre un área específica de los distintos niveles de medida de una empresa.

8.1.3.5.- PROCEDIMIENTOS INTERNOS (CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN)

En el caso de ser definidas calibraciones, verificaciones o cualquier otro tipo de comprobación de carácter interno por disponer de medios adecuados para la realización de las mismas, se deben de elaborar los correspondientes documentos que recojan la sistemática empleada para tal función.

Dicha sistemática se recoge en los procedimientos internos que deben seguir y, al menos, contener los apartados que se describen a continuación.

OBJETO: Breve descripción sobre el fin del procedimiento que se va a especificar.

ALCANCE: Relación de los instrumentos y rangos de medida a los que afecta dicho procedimiento.

REFERENCIAS: Enumeración de los documentos tomados como base para la elaboración de dicho procedimiento. Suelen ser Normas, Guías, procedimientos generales de elaboración de documentación, especificaciones de equipos, manuales,..etc.

EQUIPOS EMPLEADOS: Relación detallada de todos y cada uno de los instrumentos de medida y accesorios que intervienen en el proceso de calibración o verificación.

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO: Se detallará de manera clara y ordenada todas las fases de realización del procedimiento específico, en lo relativo tanto a fase previa de acondicionamiento, comprobación de los equipos de medida y la posterior realización del mismo lo más detallada posible para poder realizarla de manera sistemática y metódica.

TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS: Una vez realizada la sistemática expuesta en el apartado anterior debe de recogerse en los correspondientes formatos de tomas de datos para su almacenamiento y posterior toma de decisiones.

Dentro del propio tratamiento de los resultados, toma especial relevancia, como ya hemos visto anteriormente, la estimación de la incertidumbre de la medida que acabamos de realizar para una completa caracterización de la misma.

Al final del apartado se adjunta un formato de ejemplo de Hoja de Toma de Datos.

EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS: Definir como se mostrará la información obtenida en la realización del procedimiento de calibración o verificación con el fin de poder valorar posteriormente dichos resultados.

Como componente adicional es buena costumbre incluir en este apartado la frecuencia con que se realizan dichas calibraciones o verificaciones, de carácter interno, para el procedimiento específico que estamos definiendo.

Como vemos por los apartados detallados, la elaboración de un procedimiento interno para la calibración o verificación de nuestros equipos no debe, en ningún caso, ser el motivo de retraso o incumplimiento dentro de un PLAN DE CONFIRMACIÓN METROLÓGICA, ya que la sistemática de todos ellos es tan simple como se ha descrito.

8.1.3.6.- ARCHIVO DE RESULTADOS

Uno de los requisitos exigidos por la Norma UNE-EN ISO 10012:2003 y en general por cualquier sistema de calidad (UNE ISO 9001) implica el registro y almacenamiento de los datos obtenidos en cualquier parte del proceso que afecten a la calidad del producto, en nuestro caso a la calidad de las mediciones. Así pues, siendo el PLAN DE CONFIRMACIÓN METROLÓGICA una parte más de nuestro sistema de calidad, debe cumplir con esta exigencia y deberemos en todo momento registrar u guardar todas las actuaciones en cualquier momento.

Se incluye un formato de ejemplo al final del apartado.


En nuestro caso particular utilizaremos para el archivo de resultados la herramienta “GesMet”, se trata de una aplicación sencilla, intuitiva y de fácil manejo que nos permitirá la automatización de los procesos en los que están implicados los equipos de medición facilitando la confirmación metrológica de los mismos y el archivo de resultados.

8.1.3.7.- EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

En realidad, todo lo anteriormente expuesto carecería de significado si no somos capaces de obtener información que nos ayude a tomar decisiones relativas al estado de nuestro PLAN DE CONFIRMACIÓN METROLÓGICA, es decir al estado y funcionamiento de nuestros equipos de medida, lo que se traduce en una correcta Confirmación Metrológica de los equipos de medida.

El proceso de Confirmación Metrológica se basa en una serie de decisiones en función de los resultados obtenidos que merece consideración especial y se analizará en detalle en el capítulo 9 de la presente memoria.

Ejemplo formato: INDICE PROCEDIMIENTO INTERNO

PROCEDIMIENTO INTERNO DE CALIBRACIÓN	
CALIBRACIÓN DE VOLTÍMETROS ANALÓGICOS DE TENSIÓN CONTINUA	CÓD.: PC-XXXX 
<u>INDICE</u>	
1. OBJETO	
2. ALCANCE	
3. REFERENCIAS	
4. EQUIPOS EMPLEADOS	
5. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO	
5.1.- PREPARACIÓN	
5.2.- REALIZACIÓN	
6. TRATAMIENTO DE RESULTADOS	
6.1.- FORMATO DE HOJA DE TOMA DE DATOS	
6.2.- CÁLCULO DE INCERTIDUMBRES	
7. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS	

(Fuente: Elaboración propia)

Ejemplo formato: FICHA DE EQUIPOS

 	<h2 style="margin: 0;">FICHA DE EQUIPOS</h2>	Código formato: CF-XXXX
		Página X de X
CÓDIGO DE EQUIPO		
Nombre del Equipo	Descripción del Equipo:	
Fabricante:		
Modelo:		Número de serie:
DATOS METROLÓGICOS		
MAGNITUD		DIVISIÓN ESCALA
RANGO		INCERT. MÁX.
CALIBRACIONES A REALIZAR		
DESCRIPCIÓN:	Periodicidad	
Fecha:	VºBº	
Responsable Equipo		

(Fuente: Elaboración propia)

8.2.- CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

El propósito de este apartado es establecer los requisitos específicos que han tenerse en cuenta para la elaboración (calibraciones internas) e interpretación de los informes y certificados de calibración, con el objeto de proporcionar a la empresa instaladora habilitada en baja tensión una información completa que permita la comparación de resultados y la Confirmación Metrológica de su parque de instrumentos. Además hemos de tener en cuenta el reconocimiento mutuo de certificados, especialmente entre los firmantes del Acuerdo Multilateral de Reconocimiento EA.

Los requisitos generales sobre certificados de calibración se definen en la norma UNE-17025 “Criterios Generales de Acreditación. Competencia técnica de los Laboratorios de Calibración”

A continuación se recogen requisitos específicos tanto de contenido técnico como de formato para la elaboración de los certificados de calibración ENAC. Estos requisitos tienen carácter obligatorio para un laboratorio cuando emite los certificados de calibración para calibraciones cubierta por la acreditación ENAC.

Tomando como base estos requisitos de los laboratorios de calibración ENAC lo haremos extensible a todos los certificados e informes de calibración en general.

8.2.1.- FORMATO

El propósito de este apartado es establecer un formato normalizado al que se deben de ajustar los certificados de calibración, tanto de calibraciones internas como externas, ya sean bajo un alcance cubierto por acreditación ENAC o no, con el objeto de proporcionar a la empresa instaladora una información completa de la calibración de sus equipos que le permita la comparación de los resultados y la Confirmación Metrológica de su parque de instrumentos.

8.2.1.1.- FORMATO Y CONTENIDO DE LA PRIMERA PÁGINA

Los certificados de calibración deberán ajustarse a un formato normalizado que a continuación se describe y en ellos deberá de aparecer:

- El término “Certificado de Calibración”.
- Logotipo ENAC-Calibración y número o números de acreditación (en el caso de ser un certificado acreditado por ENAC)
- Nombre y dirección del laboratorio que emite el certificado. El laboratorio podrá incluir si lo desea su logotipo en esta primera página.
- Identificación única del certificado por medio de un número asignado por el propio laboratorio por orden cronológico de emisión de certificados.
- Identificación única de la página y del total de las páginas (por medio de la indicación “*página X de X páginas*”).
- Identificación del número de Anexos (si estos se paginan independientemente del certificado).
- Clara identificación del instrumento objeto de calibración por referencia a: tipo de instrumento, marca, modelo, nº de serie,.. etc.
- Peticionario: nombre y dirección del cliente.
- Fecha o fechas de la realización de la calibración.
- Fecha de emisión del certificado de calibración.
- Nombre y firma del/los signatario/s autorizado/s.
- Declaración de expedición del certificado cumpliendo con las condiciones de la acreditación (en el caso de certificados acreditados por ENAC).
- Declaración de la no reproducibilidad del certificado si no es en su totalidad.
- Declaración de que el certificado solo afecta al/los instrumento/s objeto de la calibración

Al final del apartado se presenta un formato normalizado de un certificado de calibración (si la calibración está cubierta por la acreditación ENAC se utilizaría el logotipo de ENAC y en caso contrario utilizaríamos el mismo formato pero sin el Logotipo ENAC)

8.2.1.2.- FORMATO DEL RESTO DEL CERTIFICADO

Cada una de las páginas del resto del certificado deberá indicar:

- Número de certificado de calibración.
- Número de la página y el total de páginas del certificado.

Los anexos que forman parte del certificado podrán paginarse independientes del certificado siempre y cuando cada una de las páginas de dicho anexo quede perfectamente identificada.

Los laboratorios de calibración acreditados por ENAC podrán incluir en sus certificados de calibración una declaración como la siguiente:

“ENAC es uno de los organismos de acreditación firmantes del Acuerdo Multilateral EA-Calibración para el reconocimiento mutuo de los certificados de calibración”.

Contenido técnico:

Además de lo anteriormente enumerado, los certificados de calibración deberán incluir, al menos, la siguiente información:

- Declaración de la trazabilidad del laboratorio
- Valores de las condiciones ambientales en las que se realiza la calibración.
- Identificación del procedimiento o especificación empleado.
- Valor/es nominal/es, resulta/dos, de la/s medición/es e incertidumbre/es con su/s factor/es de cobertura.

La incertidumbre asociada a los resultados no podrá ser inferior a la admitida y registrada como Capacidad de Medida y Calibración (CMC) para el laboratorio emisor.

En los certificados acreditados por ENAC se puede consultar dicha Capacidad de Medida y Calibración (CMC) en la siguiente dirección: <http://www.enac.es>

El documento EA04/02 sobre la Expresión de la Incertidumbre de Medida en Calibración ha establecido la forma en que debe expresarse la incertidumbre que se facilita en los certificados de calibración y que, para una hipótesis de normalidad asumible, queda como sigue:

“La incertidumbre de medida expandida facilitada se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de la medida por el factor de cobertura $K=2$, que corresponde a una probabilidad de cobertura aproximada del 95% para una distribución normal. La incertidumbre típica de la medida se ha determinado de acuerdo con la publicación EA-4/02”.

Los resultados de la calibración puede recogerse en forma de tabla, indicando en general, los siguientes valores:

- Valor de referencia.
- Lectura del instrumento.
- Corrección de calibración (diferencia entre el valor de referencia y la lectura del instrumento).
- Incertidumbre de calibración.

8.2.2.- CONDICIONES ESPECIALES

Requisitos adicionales para certificados que contienen Declaraciones de Conformidad con Especificaciones.

Un laboratorio de calibración puede emitir certificados de calibración que declaren la conformidad de un instrumento a especificaciones de carácter metrológico. La especificación deberá estar claramente identificada en una norma nacional o internacional a ser especificada por el fabricante.

Si el valor medido (corrección de calibración) más la incertidumbre de medida (incertidumbre de calibración) supera la tolerancia especificada, aunque el valor medido en si mismo caiga dentro de la tolerancia, no se puede probar el cumplimiento ni tampoco el incumplimiento con la especificación. En estos casos no debe indicarse en el certificado ninguna declaración de conformidad sino solo los valores medidos y su incertidumbre asociada.

El certificado solo se referirá a magnitudes metrológicas y hará constar expresamente las cláusulas de las especificaciones cuyo cumplimiento se certifica.

Cuando se emita una declaración con una especificación omitiendo los resultados de medida y las incertidumbres asociadas, el laboratorio debe registrar los resultados y mantenerlos para posibles referencias futuras.

8.2.3.- AJUSTE DE LOS INSTRUMENTOS

Si como consecuencia de una calibración, y a petición o previo consentimiento del cliente, se realizan ajustes a un instrumento, los resultados de la posterior calibración deberán aparecer en el certificado de calibración junto con los ajustes realizados.

8.2.4.- VALIDEZ DE LA CALIBRACIÓN

Si durante la calibración, antes de la misma o después de ella, se percibe algún factor de inestabilidad significativo en el instrumento objeto de calibración que pudiera afectar a la validez de los resultados de la calibración, se deberá indicar esta circunstancia en el certificado de calibración que se emita y en casos extremos, el laboratorio rechazará la emisión del certificado de calibración informando al cliente de tal circunstancia.

Etiquetas de calibración

Un laboratorio de calibración puede emitir etiquetas para los equipos que calibra, siempre y cuando:

- La etiqueta corresponda con la calibración realizada en la fecha indicada en la etiqueta.

- La etiqueta ni indique en si misma conformidad con una especificación o aprobación de calidad.

En el caso de que el laboratorio emita la etiqueta de calibración la siguiente información ha de aparecer en la misma de forma indeleble:

- Identificación del instrumento.
- Fecha de calibración.
- Número del certificado de calibración.

8.2.5.- EJEMPLO DE FORMATO CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN (MULTÍMETRO DIGITAL)

A continuación se muestra un ejemplo de certificado de calibración de un Multímetro digital bajo acreditación ENAC.

Ejemplo formato: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN (Para Multímetro digital)



Nº Número/os de acreditación
(Este logotipo ira solo en el caso de certificados cubiertos bajo la acreditación ENAC)

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of Calibration

Número:
Number

Página 1 de 5 páginas
Page 1 of 5 pages

NOMBRE DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

(En calibraciones internas será la propia empresa habilitada en baja tensión)

Dirección del laboratorio de calibración



OBJETO

Item

MULTÍMETRO DIGITAL

MARCA

Mark

FLUKE

MODELO

Model

115

IDENTIFICACIÓN

Identification

xxxxxx (poner nº de serie o cód. identificativo)

SOLICITANTE

Applicant

EMPRESA INSTALADORA EN B.T.
(poner la dirección de la empresa)

FECHA/S DE CALIBRACIÓN

Date/s of Calibration

XX/XX/XXXX (poner fecha de calibración)

Signatario/s autorizado/s

Autorised Signatory/ies

Fecha de Emisión

Date of issue

Nombre, cargo y firma de la persona/s responsable/s de la calibración.

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del Laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales.

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite y de ENAC.

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national standards.

This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory and ENAC.

(Este texto ira solo en el caso de certificados cubiertos bajo la acreditación ENAC)



(Este logotipo ira solo en el caso de certificados cubiertos bajo la acreditación ENAC)

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of Calibration

Número:

Number

Página 2 de 3 páginas

Page 2 of 3 pages

CALIBRACIÓN:

No se realizó ningún ajuste del instrumento. Se mantuvo en el laboratorio atemperándose al menos veinticuatro horas antes de proceder a su calibración, manteniéndose encendido al menos el tiempo mínimo recomendado por el fabricante.

La calibración se ha realizado por medida directa de tensión continua, intensidad continua, tensión alterna, intensidad alterna y resistencia, de acuerdo al procedimiento de calibración PCXXXXX (identificar cód. procedimiento).

Durante la calibración el instrumento se mantuvo en condiciones ambientales de temperatura (20 ± 3) °C y humedad relativa menor del 70%.

Se ha empleado como patrón el calibrador multifunción FLUKE 5520 A (identificar el patrón), código EPXXX (identificar cód. patrón).

INCERTIDUMBRES:

“La incertidumbre de medida expandida facilitada se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medida por el factor de cobertura $K=2$, que corresponde a una probabilidad de cobertura aproximada del 95% para una distribución normal. La incertidumbre típica de la medida se ha determinado de acuerdo con la publicación EA-4/02”.

Los valores e incertidumbres asignados corresponden al momento de la medición, no considerándose la estabilidad del instrumento a más largo plazo

TRAZABILIDAD:

Los patrones empleados tienen trazabilidad a patrones nacionales reconocidos por ENAC.

ENAC es uno de los organismos de acreditación firmantes del Acuerdo Multilateral EA-Calibración para el reconocimiento mutuo de certificados de calibración.

OBSERVACIONES:

Se emite etiqueta de calibración junto con el presente certificado.

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del Laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales.

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite y de ENAC.

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national standards.

This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory and ENAC.

(Este texto ira solo en el caso de certificados cubiertos bajo la acreditación ENAC)



(Este logotipo ira solo en el caso de certificados cubiertos bajo la acreditación ENAC)

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of Calibration

Número:
Number

Página_3_ de_5_ páginas
Page_3_of_5_pages

RESULTADOS OBTENIDOS:

TENSIÓN CONTINUA				
TENSIÓN APLICADA	ESCALA	LECTURA INSTRUMENTO	CORRECCIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA
20 mV	200 mV	20,0 mV	0,0 mV	±0,29%
180 mV	20 mV	180,3 mV	-0,3 mV	±0,03%
-180 mV	200 mV	-180,4 mV	0,4 mV	±0,03%
0,2 V	2 V	0,200 V	0,000 V	±0,29%
1,8 V	2 V	1,805 V	-0,005 V	±0,03%
-1,8 V	2 V	-1,805 V	0,005 V	±0,03%
2 V	20 V	2,01 V	-0,1 V	±0,29%
10 V	20 V	10,07 V	-0,07 V	±0,06%
-10 V	20 V	-10,07 V	0,07 V	±0,06%
18 V	20 V	18,13 V	-0,13 V	±0,03%
-18 V	20 V	-18,12 V	0,12 V	±0,03%
20 V	20 V	19,9 V	0,1 V	±0,29%
180 V	20 V	179,8 V	0,2 V	±0,03%
-180 V	20 V	-179,9 V	-0,1 V	±0,03%
100 V	1000 V	99 V	1 V	±0,58%
900 V	1000 V	898 V	2 V	±0,06%
-900 V	1000 V	-899 V	-1 V	±0,06%

INTENSIDAD CONTINUA				
INTENSIDAD APLICADA	ESCALA	LECTURA INSTRUMENTO	CORRECCIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA
180 µA	200 µA	180,4 µA	-0,4 µA	±0,04%
1,8 mA	2 mA	1,805 mA	-0,005 mA	±0,03%
18 mA	20 mA	18,05 mA	-0,05 mA	±0,03%
18 mA	20 mA	-18,06 mA	0,06 mA	±0,29%
-180 mA	200 mA	-0,4 mA	-0,4 mA	±0,03%
5 A	10 A	5,17 A	-0,17 A	±0,54%
9 A	10 V	9,78 A	-0,78 A	±0,95%

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del Laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales.

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite y de ENAC.

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national standards.

This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory and ENAC.

(Este texto ira solo en el caso de certificados cubiertos bajo la acreditación ENAC)



(Este logotipo ira solo en el caso de certificados cubiertos bajo la acreditación ENAC)

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of Calibration

Número:
Number

Página_4_ de_5_páginas
Page_4_of_5_pages

RESULTADOS OBTENIDOS:

TENSIÓN ALTERNA (*)				
TENSIÓN APLICADA	ESCALA	LECTURA INSTRUMENTO	CORRECCIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA
20 mV 50 Hz (*)	200 mV	19,8 mV	0,2 mV	±0,29%
20 mV 1 KHz (*)	200 mV	19,8 mV	0,2 mV	±0,29%
180 mV 50 Hz (*)	200 mV	181,6 mV	-1,6 mV	±0,04%
180 mV 1 KHz (*)	200 mV	180,1 mV	-0,1 mV	±0,04%
1,8 V 50 Hz (*)	2 V	1,815 V	-0,015 V	±0,04%
1,8 V 1 KHz (*)	2 V	1,813 V	-0,013 V	±0,04%
2 V 50 Hz (*)	20 V	1,99 V	0,01 V	±0,29%
10 V 50 Hz (*)	20 V	10,12 V	-0,12 V	±0,06%
18 V 50 Hz (*)	20 V	18,23 V	-0,23 V	±0,04%
18 V 1 KHz (*)	20 V	18,41 V	-0,41 V	±0,04%
180 V 50 Hz (*)	200 V	181,0 V	-1,0 V	±0,09%
180 V 1 KHz (*)	200 V	183,3 V	-3,3 V	±0,04%
675 V 50 Hz (*)	750 V	675 V	0 V	±0,25%
675 v 1 KHz (*)	750 V	685 V	-10 V	±0,17%

Los datos marcados (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación.

INTENSIDAD CONTINUA				
INTENSIDAD APLICADA	ESCALA	LECTURA INSTRUMENTO	CORRECCIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA
180 µA 50 Hz (*)	200 µA	181,5 µA	-1,5 µA	±0,19%
180 µA 1 KHz (*)	200 µA	180,2 µA	-0,2 µA	±0,39%
1,8 mA 50 Hz (*)	2 mA	1,816 mA	-0,016 mA	±0,12%
1,8 mA 1 KHz (*)	2 mA	1,804 mA	-0,004 mA	±0,21%
18 mA 50 Hz	20 mA	18,16 mA	-0,16 mA	±0,07%
18mA 1 KHz	20 mA	18,03 mA	-0,03 mA	±0,10%
180 mA 50 Hz	200 mA	181,5 mA	-1,5 mA	±0,07%
180 mA 1 KHz	200 mA	180,3 mA	-0,3 mA	±0,14%
9 A 50 Hz	10 A	9,86 A	-0,86 A	±0,66%
9 A1 KHz	10 A	9,71 A	-0,71 A	±0,89%

Los datos marcados (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación.

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del Laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales.

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite y de ENAC.

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national standards.

This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory and ENAC.

(Este texto ira solo en el caso de certificados cubiertos bajo la acreditación ENAC)



(Este logotipo ira solo en el caso de certificados cubiertos bajo la acreditación ENAC)

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of Calibration

Número:

Number

Página_5_ de_5_páginas

Page_5_of_5_pages

RESULTADOS OBTENIDOS:

TENSIÓN CONTINUA				
RESISTENCIA APLICADA	ESCALA	LECTURA INSTRUMENTO	CORRECCIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA
0 Ω (*)	200 Ω	0,4 Ω	-0,4 Ω	$\pm 0,059 \Omega$
180 K Ω	200 Ω	179,5 Ω	0,5 Ω	$\pm 0,03\%$
1,8 K Ω	2 K Ω	1,797 K Ω	0,003 K Ω	$\pm 0,03\%$
18 K Ω	20 K Ω	17,96 K Ω	0,04 K Ω	$\pm 0,03\%$
180 K Ω	200 K Ω	178,2 K Ω	1,8 K Ω	$\pm 0,03\%$
1,8 M Ω	2 M Ω	1,788 M Ω	0,012 K Ω	$\pm 0,07\%$
18 M Ω	20 M Ω	18,08 M Ω	-0,08 K Ω	$\pm 1,32\%$

Los datos marcados (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación.

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del Laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales.

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite y de ENAC.

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national standards.

This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory and ENAC.

(Este texto ira solo en el caso de certificados cubiertos bajo la acreditación ENAC)

(Fuente: Metrología en las Pymes [Fundación ITMA, 2003] y elaboración propia)

9. PROCESO DE CONFIRMACIÓN METROLÓGICA

Definidos los requisitos metrológicos exigibles a los equipos de medición en el Plan de Confirmación Metrológica e identificadas las características metrológicas de estos equipos (CMEM) a través de las componentes (corrección + incertidumbre de calibración) de su certificado de calibración, desarrollaremos en este capítulo las ideas generales para interpretar y evaluar toda la información suministrada por el mismo, con el fin de determinar la conformidad o no (verificación metrológica) del instrumento para su uso previsto, de acuerdo con las especificaciones requeridas y definidas con anterioridad, a su calibración, en forma de requisitos metrológicos de calibración (también llamados criterios de aceptación y rechazo).

La planificación del proceso de Confirmación Metrológica se establece en el ámbito de los requerimientos metrológicos de las instalaciones de baja tensión y de los requisitos específicos para los instaladores autorizados en baja tensión (ITC-BT-03).

El proceso de Confirmación Metrológica contempla las actuaciones necesarias (calibración + verificación) para asegurar que el equipo de medición es conforme a los requisitos correspondientes a su uso previsto, nosotros utilizaremos como fuente de información el propio certificado de calibración, donde obtendremos una completa información sobre las características metrológicas del equipo de medición (CMEM) actuales, que nos servirán para verificar si el equipo de medición cumple las exigencias y criterios de aceptación y rechazo establecidos para su uso previsto (RM equipos-calibración).

La organización deberá establecer y documentar, en el marco de su proceso general de confirmación metrológica, las actuaciones relacionadas con la verificación metrológica de los equipos de medida, cuyo objetivo es determinar la coherencia mediante comparaciones directas entre los requisitos metrológicos (criterios de aceptación y rechazo) y los resultados de calibración, antes de confirmar el equipo para su uso previsto.

Al final del capítulo se ofrece un modelo de formato de Informe de Verificación Metrológica, pudiendo variarse tanto los contenidos como el mismo formato, ya que se ofrece a modo orientativo.

La decisión sobre el estado de confirmación de un determinado equipo de medida para un proceso de medición determinado contemplará las tres situaciones siguientes:

- a) Equipo confirmado (Apto) para el proceso de medición, entendiéndose como tal el caso en el que se han valorado positivamente los resultados de la verificación metrológica.

- b) Equipo confirmado con limitaciones (limitación de uso) para el proceso de medición, entendiéndose como tal el caso en el que se han valorado previamente los resultados de la verificación metrológica, pero el instrumento presenta limitaciones que no permiten utilizarlo en todo su alcance.

- c) Equipo que no puede ser confirmado para el proceso de medición (No apto), es el caso en que los resultados de la verificación metrológica no son favorables.

En estos casos se deben tomar las acciones oportunas al respecto (Anomalía/No conformidad). En algunos casos es posible hacer un ajuste o reparación del equipo e iniciar de nuevo el ciclo de recalibración y en otros casos será necesario rechazar (Fuera de uso) el equipo para el proceso de medición al que estaba asignado.

En el siguiente diagrama de flujo se recoge lo expuesto anteriormente:

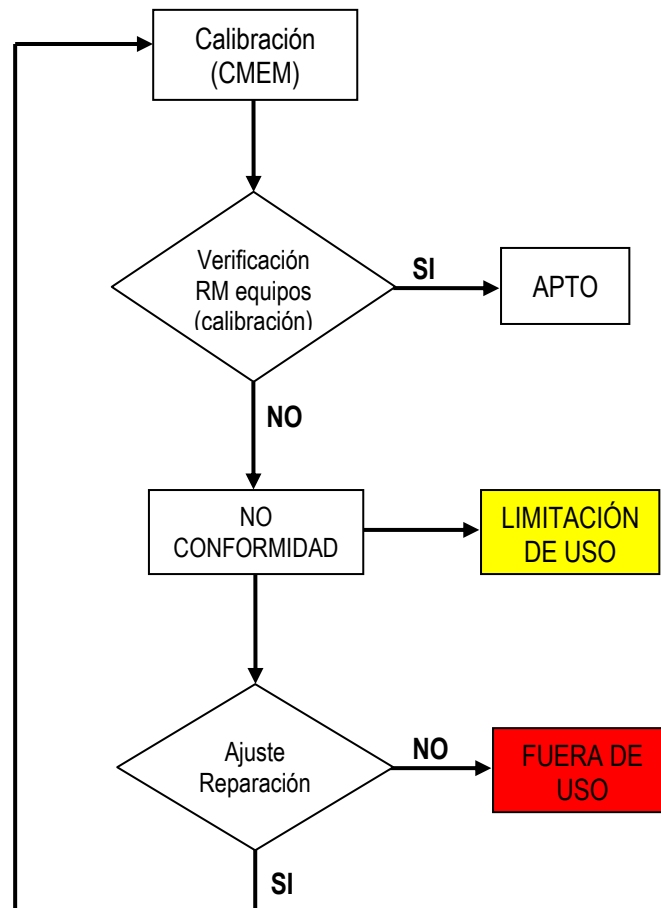
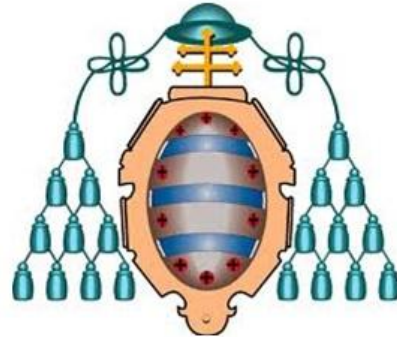


Figura 22: Diagrama de flujo del proceso de Confirmación Metrológica.
(Fuente: Elaboración propia)



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA
DE GIJÓN

DOCUMENTO 2

estudio económico

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	144
2. CRITERIOS DE RENTABILIDAD	145
3. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO.....	147
3.1.- INVERSIÓN.....	147
3.2.- PLAN FINANCIERO	148
3.3.- RENOVACIÓN DEL INMOVILIZADO	148
3.4.- COBROS.....	148
3.5.- PAGOS.....	149
4. EVALUACIÓN FINANCIERA	158
4.1.- HIPÓTESIS 1.....	158
4.2.- HIPÓTESIS 2.....	167
5. CONCLUSIONES FINALES	177

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como finalidad evaluar la rentabilidad de la inversión del proyecto, teniendo como premisa la importancia de una adecuada gestión metrológica en la empresa ya que, como veremos a lo largo del estudio, influye directamente sobre la rentabilidad económica de la empresa instaladora.

Una adecuada Gestión Metrológica nos permite minimizar los costes asociados al riesgo de mediciones incorrectas. El presente estudio está basado en un caso ideal en el que la gestión metrológica tienen un eficacia del 100% siendo despreciables los costes asociados a mediciones incorrectas.

Se recoge en este anexo un análisis pormenorizado de los flujos anuales monetarios que se generan en la ejecución y explotación del proyecto. Establecida una relación de los flujos netos, se reducen a unos índices o variables de evaluación que permiten apreciar la rentabilidad.

Las variables que definen la inversión son tres:

- Pago de la inversión (K), es el número de unidades monetarias que el inversor debe desembolsar para conseguir que el proyecto empiece a funcionar.
- Vida útil del proyecto (n), es una estimación del número de años durante los cuales la inversión realizada genera rendimiento.
- Flujos de caja (R_i), resultado de efectuar la diferencia entre los costes y los cobros, ya sean ordinarios o extraordinarios, para cada año de vida útil del proyecto.

2. CRITERIOS DE RENTABILIDAD

Los métodos de evaluación empleados, utilizando los parámetros antes mencionados, serán:

2.1.- Valor Actual Neto (VAN), es la rentabilidad absoluta y se obtiene tomando como referencia el año cero, o momento de pago de la inversión. En el momento que el VAN es positivo la inversión comienza a ser rentable.

Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$VAN = -K + Ri \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}$$

Donde,

K= Pago de la inversión.

Ri= Flujos de caja.

i= tipo de interés bancario.

2.2.- Relación beneficio/inversión (Q), se trata de un índice de de rentabilidad relativa que indica la ganancia neta del proyecto por cada unidad monetaria invertida en el mismo. Se calcula dividiendo VAN entre K.

$$Q = \frac{VAN}{K}$$

- 2.3.- Plazo de recuperación, representa el intervalo de tiempo en años que transcurre desde el inicio del proyecto hasta que la suma de los cobros actualizados sea igual a la suma de los pagos actualizados. El proyecto se hace más interesante cuanto menor sea este plazo de recuperación.
- 2.4.- Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), es el tipo de interés que haría que el valor del VAN fuese nulo. Para que la inversión sea rentable, este valor debe ser mayor que el tipo de interés de mercado.

3. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

3.1.- Inversión

La cuantía de la inversión a realizar, teniendo en cuenta que nuestro estudio se basa en el coste total de la gestión metrológica en la empresa, es de 11.876,57 €.

Esta inversión incluye la compra de los equipos de medida junto con la primera calibración de los mismos (la primera calibración se debe de realizar antes de la puesta en servicio de los equipos) y una partida adicional de 3.000,00 € dedicada a formación, asesoramiento y la puesta en marcha del proyecto.

En la tabla siguiente vemos con más detalle el montante total de la inversión:

EQUIPOS DE MEDIDA	Coste del equipo	Coste de calibración	Formación, asesoramiento y puesta en marcha
MULTIMETRO DIGITAL	255,53 €	142,49 €	3.000,00 €
ANALIZADOR DE REDES	4.343,98 €	419,00 €	
TELURÓMETRO	936,94 €	150,90 €	
MEDIDOR DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y CONDUCTIVIDAD	681,41 €	150,90 €	
COMPROBADOR DE DIFERENCIALES, BUCLE, LINEA Y CORTOCIRCUITO	789,30 €	0,00 €	
LUXÓMETRO DIGITAL	205,86 €	175,00 €	
DETECTOR DE TENSIÓN Y CONTINUIDAD	28,39 €	0,00 €	
ELECTRODO DE AISLAMIENTO PARA SUELOS NO CONDUCTORES	49,13 €	0,00 €	
COMPROBADOR DEL VIGILANTE DE AISLAMIENTO DE QUIROFANOS	179,72 €	0,00 €	
PINZA AMPERIMÉTRICA	198,74 €	169,28 €	

* Los precios marcados con 0,00 € se refieren a equipos cuya calibración es conjunta con otro instrumento o que no requieren de calibración.

	7.669,00 €	1.207,57 €	3.000,00 €
TOTAL	11.876,57 €		

Tabla 1: Montante total de la inversión
(Fuente: elaboración propia)

3.2.- Plan financiero

A efectos del presente estudio se consideran dos hipótesis de financiación:

- Hipótesis 1: Financiación propia
- Hipótesis 2: Financiación mediante crédito bancario, con reintegro en 2 años al 6 % de interés, por valor de la mitad de la inversión.

3.3.- Renovación del inmovilizado

Se considera que por lo general, salvo casos particulares, la vida útil de los equipos será de 10 años y su valor residual del 10 %.

3.4.- Cobros

- Cobros ordinarios, son debidos a la actividad normal de la empresa instaladora.

En nuestro caso particular es la cuantía que la empresa instaladora dedicará íntegramente a la gestión metrológica y se considera su valor en el 7,2 % de los cobros ordinarios anuales de la empresa.

En nuestro caso,

Cobros ordinarios anuales de la empresa instaladora = 50.000,00 €

Cobros ordinarios dedicados íntegramente a la gestión metrológica = 3.600,00 €

- Cobros extraordinarios, proceden de la venta de los equipos una vez llegado al fin de su vida útil y suponen un 10 % de su valor inicial.

3.5.- Pagos

- Pagos ordinarios, son debidos a los costes totales de la gestión metrológica (C_{TGM}), provienen de las calibraciones periódicas, mantenimientos, reparaciones, horas de personal,...etc., y también son debidos a los gastos derivados de posibles mediciones incorrectas.

Para nuestro estudio expresaremos los costes totales de la gestión metrológica (C_{TGM}) en forma de función matemática y se calcularán para el periodo de un año, de esta forma obtendremos los pagos ordinarios anuales.

Los costes totales anuales de la gestión metrológica (C_{TGM}) se pueden calcular a partir de la suma de 5 componentes que son las siguientes:

- a) Coste asociado a los mantenimientos de los equipos de medida (C_{man}).
- b) Coste asociado a las reparaciones de los equipos de medida (C_{rep}).
- c) Horas de dedicación del personal a tareas de gestión metrológica (C_{per}).
- d) Coste anual asociado a las calibraciones periódicas de los equipos de medida (C_{cal}).
- e) Coste asociado a mediciones incorrectas (C_{med}).

La ecuación del coste total anual de la gestión metrológica (C_{TGM}) vendría dada por la siguiente expresión:

$$C_{TGM} = C_{man} + C_{rep} + C_{per} + C_{cal} + C_{med}$$

A continuación explicaremos con más detalle cada uno de las componentes que forman la ecuación total del coste de la gestión metrológica (C_{TGM}):

C_{man}

Costes asociados al mantenimiento de los equipos de medida.

Se estiman en un porcentaje del 6% sobre el P.V.P. inicial de cada uno de los equipos de medida y se calculan teniendo en cuenta el porcentaje de uso de cada equipo individualmente.

$$C_{\text{man}} = \sum_{i=0}^n P_{\text{mani}}$$

$$P_{\text{mani}} = 0,06 \cdot \text{PVP} \cdot \% \text{Uso}$$

C_{rep}

Costes asociados a la reparación de los equipos de medida.

Se estiman en un porcentaje del 5% sobre el P.V.P. inicial de cada uno de los equipos de medida y se calcula teniendo en cuenta el porcentaje de uso de cada equipo individualmente.

$$C_{\text{rep}} = \sum_{i=0}^n P_{\text{repi}}$$

$$P_{\text{repi}} = 0,05 \cdot \text{PVP} \cdot \% \text{Uso}$$

C_{per}

Costes asociados a las horas de dedicación anuales del personal a funciones de confirmación metrológica de los equipos de medida.

Este apartado es uno de los más complejos del estudio. Para el presente estudio se ha considerado que es el propio Instalador Autorizado quien lleva a cabo la confirmación metrológica de los equipos, responsabilizándose el mismo de la Función Metrológica, con unos honorarios de 25 €/h.

Para el cálculo se han tenido en cuenta los siguientes factores de influencia:

$$C_{per} = C_{uso} \cdot P_{cal_per} \cdot C_{cj}$$

Donde,

C_{uso} – Costes asociados al uso de los equipos de medida, tienen una relación directamente proporcional con el tiempo de dedicación a funciones de gestión metrológica y se expresan en función del porcentaje de uso de cada uno de los equipos de medida.

$$C_{uso} = \%Uso$$

P_{cal_per} – Coste asociado a los intervalos de calibración, tienen una relación inversamente proporcional con el tiempo de dedicación a funciones de gestión metrológica y se expresan en función de los intervalos de calibración de cada uno de los equipos de medida.

$$P_{cal_per} = \frac{1}{\text{Intervalo de calibración}}$$

C_{cj} – Costes asociados a la complejidad de los equipos de medida. Se estima una relación directamente proporcional entre el P.V.P. y la complejidad del equipo de medida con un factor de proporcionalidad del 2%.

$$C_{cj} = PVP \cdot 0.02$$

C_{cal}

Costes anuales asociados a la calibración periódica de los equipos de medida. Este coste tiene una relación inversamente proporcional al tiempo de dedicación a funciones de gestión metrológica.

Se expresa en función de los intervalos de calibración y del coste de calibración de cada uno de los equipos de medida.

$$C_{cal} = \sum_{i=0}^n P_{cali}$$

$$P_{cali} = \frac{1}{\text{Intervalo de calibración}} \cdot \text{coste de calibración}$$

C_{med}

Costes asociados a mediciones incorrectas. Este coste viene dado por el número de reclamaciones a causa de mediciones incorrectas y los costes para el tratamiento de cada una de ellas.

$$C_{med} = N_{recla} \cdot (C_{Trecla} + C_{Mrecla} + C_{otros})$$

Donde,

N_{recla} – Número de reclamaciones por mediciones incorrectas.

C_{Trecla} – Coste de gestión para el tratamiento de la reclamación.

C_{Mrecla} – Coste asociado a la repetición de las mediciones.

C_{otros} – Otros costes asociados a la gestión metrológica como pueden ser: una nueva definición de los intervalos de calibración, nuevos requisitos metrológicos de calibración,... etc.

Como hemos dicho con anterioridad, basamos nuestro estudio en un caso ideal, en el que la gestión metrológica tiene una efectividad del 100%, con lo cual el número de reclamaciones por mediciones incorrectas se estima nulo y nos queda,

$$C_{med} = 0$$

Finalmente, una vez detalladas las 5 componentes que conforman la ecuación para el cálculo de los costes totales anuales de la gestión metrológica (C_{TGM}) recordamos una vez más la ecuación:

$$C_{TGM} = C_{man} + C_{rep} + C_{per} + C_{cal} + C_{mi}$$

Ecuación para el cálculo del coste anual
de la Gestión Metrológica (C_{GM})
(Fuente: elaboración propia)

Aplicando esta ecuación a los valores que tenemos asignados a nuestro proyecto se obtienen los resultados que se muestran a continuación en la tabla 2.

COSTES ORDINARIOS (ANUALES)												
EQUIPOS DE MEDIDA	Costes equipos	Intervalo de calibración (meses)	Coste calibraciones	C _{cal}	% Uso	C _{man}	C _{rep}	C _{per}	C _{GM} (1 ^{er} año)	C _{GM} (años sucesivos)		
MULTÍMETRO DIGITAL	255,53 €	12	142,49 €	142,49 €	100,00	15,33 €	12,78 €	51,11 € 2 h/año	398,02 €	221,70 €		
ANALIZADOR DE REDES	4.343,98 €	12	419,00 €	419,00 €	20,00	52,13 €	43,44 €	173,76 € 7 h/año	4.762,98 €	688,33 €		
TELURÓMETRO	936,94 €	12	150,90 €	150,90 €	50,00	28,11 €	23,42 €	93,69 € 3,8 h/año	1.087,84 €	296,13 €		
MEDIDOR DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y CONDUCTIVIDAD	681,41 €	12	150,90 €	150,90 €	20,00	8,18 €	6,81 €	27,26 € 1,1 h/año	832,31 €	193,15 €		
COMPROBADOR DE DIFERENCIALES, BUCLE, LINEA Y CORTOCIRCUITO	789,30 €	12	0,00 €	0,00 €	30,00	14,21 €	11,84 €	47,36 € 1,9 h/año	789,30 €	73,40 €		
LUXÓMETRO DIGITAL	205,86 €	12	175,00 €	175,00 €	20,00	2,47 €	2,06 €	8,23 € 0,3 h/año	380,86 €	187,76 €		
DETECTOR DE TENSIÓN Y CONTINUIDAD	28,39 €	0,00 €	100,00	1,70 €	1,42 €	28,39 €	3,12 €		
ELECTRODO DE AISLAMIENTO PARA SUELOS NO CONDUCTORES	49,13 €	12	0,00 €	0,00 €	5,00	0,15 €	0,12 €	0,49 € 0 h/año	49,13 €	0,76 €		
COMPROBADOR DEL VIGILANTE DE AISLAMIENTO DE QUIROFANOS	179,72 €	12	0,00 €	0,00 €	5,00	0,54 €	0,45 €	1,8 € 0,1 h/año	179,72 €	2,79 €		
PINZA AMPERIMÉTRICA	198,74 €	12	169,28 €	169,28 €	100,00	11,92 €	9,94 €	39,75 € 1,6 h/año	368,02 €	230,89 €		
TOTAL	7.669,00 €		1.207,57 €			134,74 €	112,28 €	443,45 €	8.876,57 €	1.898,03 €		

* Los precios marcados con 0,00 € se refieren a equipos cuya calibración es conjunta con otro instrumento o que no requieren de calibración.

Tabla 1: Costes ordinarios anuales.
(Fuente: elaboración propia)



Gráfica 1: Costes de inversión.
(Fuente: elaboración propia)



Gráfica 2: Costes ordinarios anuales.
(Fuente: elaboración propia)

- Costes extraordinarios, son el resultado de la obsolescencia y reposición de alguno de los equipos a los 10 años de uso y se cifra en un 75% del valor de los mismos.

4. EVALUACIÓN FINANCIERA

Se analizó la viabilidad de la inversión sobre las dos hipótesis de financiación expuestas en el plan financiero (punto 3.2, apartado 3, del presente anexo).

4.1.- Hipótesis 1: Toda la financiación parte de la financiación propia.

Datos de costes, beneficios y flujos de caja

PAGOS

AÑO	INVERSIÓN	PAGOS ORDINARIOS	PAGOS EXTRAORDINARIOS	TOTAL PAGOS
0	11.876,57 €			-11.876,57 €
1		1.898,03 €		-1.898,03 €
2		1.898,03 €		-1.898,03 €
3		1.898,03 €		-1.898,03 €
4		1.898,03 €		-1.898,03 €
5		1.898,03 €		-1.898,03 €
6		1.898,03 €		-1.898,03 €
7		1.898,03 €		-1.898,03 €
8		1.898,03 €		-1.898,03 €
9		1.898,03 €		-1.898,03 €
10		1.898,03 €	8.001,75 €	-9.899,78 €
11		1.898,03 €		-1.898,03 €
12		1.898,03 €		-1.898,03 €
13		1.898,03 €		-1.898,03 €
14		1.898,03 €		-1.898,03 €
15		1.898,03 €		-1.898,03 €

COBROS

AÑO	COBROS ORDINARIOS	COBROS EXTRAORDINARIOS	TOTAL COBROS
0			0,00 €
1	3.600,00 €		3.600,00 €
2	3.600,00 €		3.600,00 €
3	3.600,00 €		3.600,00 €
4	3.600,00 €		3.600,00 €
5	3.600,00 €		3.600,00 €
6	3.600,00 €		3.600,00 €
7	3.600,00 €		3.600,00 €
8	3.600,00 €		3.600,00 €
9	3.600,00 €		3.600,00 €
10	3.600,00 €	1.056,13 €	4.656,13 €
11	3.600,00 €		3.600,00 €
12	3.600,00 €		3.600,00 €
13	3.600,00 €		3.600,00 €
14	3.600,00 €		3.600,00 €
15	3.600,00 €		3.600,00 €

FLUJOS DE CAJA

AÑO	PAGOS	COBROS	FLUJO
0	-11.876,57 €		-11.876,57 €
1	-1.898,03 €	3.600,00 €	1.701,97 €
2	-1.898,03 €	3.600,00 €	1.701,97 €
3	-1.898,03 €	3.600,00 €	1.701,97 €
4	-1.898,03 €	3.600,00 €	1.701,97 €
5	-1.898,03 €	3.600,00 €	1.701,97 €
6	-1.898,03 €	3.600,00 €	1.701,97 €
7	-1.898,03 €	3.600,00 €	1.701,97 €
8	-1.898,03 €	3.600,00 €	1.701,97 €
9	-1.898,03 €	3.600,00 €	1.701,97 €
10	-9.899,78 €	4.656,13 €	-5.243,65 €
11	-1.898,03 €	3.600,00 €	1.701,97 €
12	-1.898,03 €	3.600,00 €	1.701,97 €
13	-1.898,03 €	3.600,00 €	1.701,97 €
14	-1.898,03 €	3.600,00 €	1.701,97 €
15	-1.898,03 €	3.600,00 €	1.701,97 €

VAN= 774,97 €

TIR= 7%

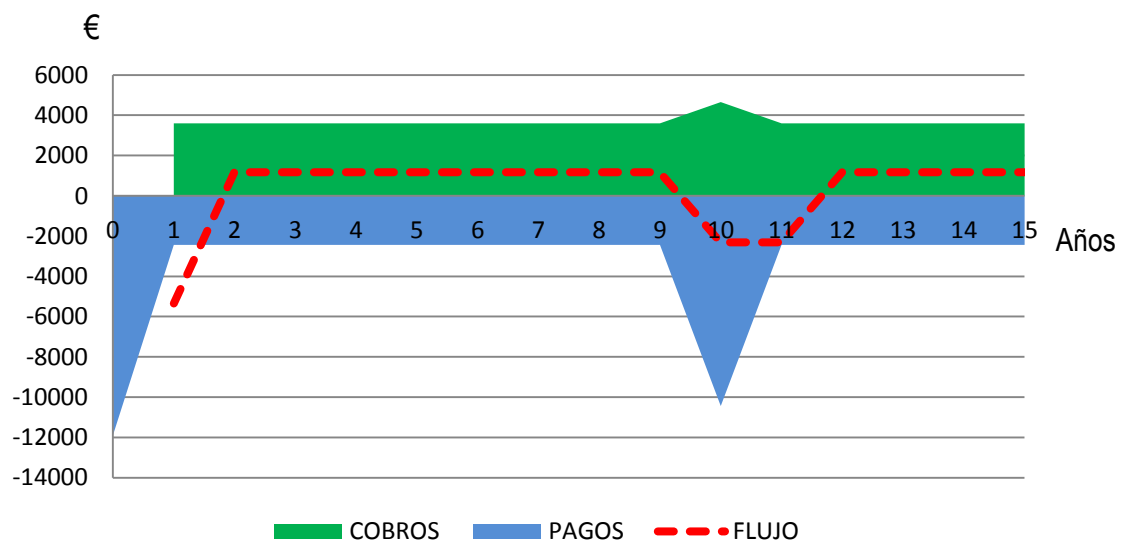


Figura 1: Representación de cobros, pagos y flujos de caja.

(Fuente: elaboración propia)

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

A continuación se detalla el análisis de sensibilidad en la hipótesis 1, donde se han supuesto los siguientes casos:

- CASO 1: Disminución de los pagos ordinarios anuales a través de los intervalos de calibración del analizador de redes.
- CASO 2: Aumento de los pagos ordinarios anuales a través del porcentaje de uso del analizador de redes.

CASO 1

Aumento del intervalo de calibración del analizador de redes a 18 meses, manteniendo constantes el resto de hipótesis:

FLUJOS DE CAJA

AÑO	PAGOS	COBROS	FLUJO
0	-11.876,57 €		-11.876,57 €
1	-1.700,45 €	3.600,00 €	1.899,55 €
2	-1.700,45 €	3.600,00 €	1.899,55 €
3	-1.700,45 €	3.600,00 €	1.899,55 €
4	-1.700,45 €	3.600,00 €	1.899,55 €
5	-1.700,45 €	3.600,00 €	1.899,55 €
6	-1.700,45 €	3.600,00 €	1.899,55 €
7	-1.700,45 €	3.600,00 €	1.899,55 €
8	-1.700,45 €	3.600,00 €	1.899,55 €
9	-1.700,45 €	3.600,00 €	1.899,55 €
10	-9.702,20 €	4.656,13 €	-5.046,07 €
11	-1.700,45 €	3.600,00 €	1.899,55 €
12	-1.700,45 €	3.600,00 €	1.899,55 €
13	-1.700,45 €	3.600,00 €	1.899,55 €
14	-1.700,45 €	3.600,00 €	1.899,55 €
15	-1.700,45 €	3.600,00 €	1.899,55 €

VAN= 2.693,98 €

TIR= 10%

Aumento de los intervalos de calibración del analizador de redes a 24 meses, manteniendo constantes el resto de hipótesis:

FLUJOS DE CAJA

AÑO	PAGOS	COBROS	FLUJO
0	-11.876,57 €		-11.876,57 €
1	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
2	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
3	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
4	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
5	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
6	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
7	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
8	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
9	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
10	-9.603,40 €	4.656,13 €	-4.947,27 €
11	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
12	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
13	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
14	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
15	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €

VAN= 3.653,48 €

TIR= 11%

Aumento del intervalo de calibración del analizador de redes a 30 meses, manteniendo constantes el resto de hipótesis:

FLUJOS DE CAJA

AÑO	PAGOS	COBROS	FLUJO
0	-11.876,57 €		-11.876,57 €
1	-1.542,38 €	3.600,00 €	2.057,62 €
2	-1.542,38 €	3.600,00 €	2.057,62 €
3	-1.542,38 €	3.600,00 €	2.057,62 €
4	-1.542,38 €	3.600,00 €	2.057,62 €
5	-1.542,38 €	3.600,00 €	2.057,62 €
6	-1.542,38 €	3.600,00 €	2.057,62 €
7	-1.542,38 €	3.600,00 €	2.057,62 €
8	-1.542,38 €	3.600,00 €	2.057,62 €
9	-1.542,38 €	3.600,00 €	2.057,62 €
10	-9.544,13 €	4.656,13 €	-4.888,00 €
11	-1.542,38 €	3.600,00 €	2.057,62 €
12	-1.542,38 €	3.600,00 €	2.057,62 €
13	-1.542,38 €	3.600,00 €	2.057,62 €
14	-1.542,38 €	3.600,00 €	2.057,62 €
15	-1.542,38 €	3.600,00 €	2.057,62 €

VAN= 4.229,19 €

TIR= 12%

Aumento del intervalo de calibración del analizador de redes a 36 meses, manteniendo constantes el resto de hipótesis:

FLUJOS DE CAJA

AÑO	PAGOS	COBROS	FLUJO
0	-11.876,57 €		-11.876,57 €
1	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
2	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
3	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
4	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
5	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
6	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
7	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
8	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
9	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
10	-9.504,61 €	4.656,13 €	-4.848,48 €
11	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
12	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
13	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
14	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
15	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €

VAN= 4.612,99 €

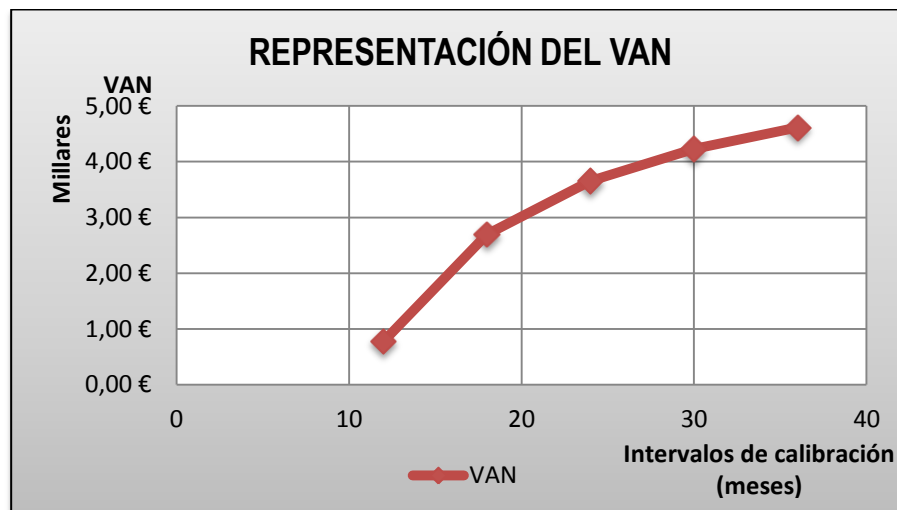
TIR= 12%

Conclusiones: se observa, como era de esperar, que la rentabilidad es sensible a los cambios en los intervalos de calibración.

La gráfica 3 demuestra que existe una zona muy sensible a la variación del intervalo de calibración del analizador de redes (manteniendo constantes el resto de hipótesis, incluido el riesgo de mediciones incorrectas). Esta zona está comprendida entre el intervalo de calibración de 12 a 24 meses, en ella la rentabilidad aumenta considerablemente junto con el aumento del intervalo de calibración del equipo de medida. A partir de aquí, superados los 24 meses, entramos en una zona donde se produce una pequeña saturación y la rentabilidad deja de aumentar en los porcentajes que lo hacía antes, además debemos de tener en cuenta que al aumentar el intervalo de calibración el riesgo de mediciones incorrectas aumenta considerablemente.

Intervalo de calibración Analizador de Redes	12	18	24	30	36
VAN*	774,97 €	2.693,98 €	3.653,48 €	4.229,19 €	4.612,99 €
VAN* / K	0,065	0,227	0,308	0,356	0,388
TIR	7%	10%	11%	12%	12%

* Tipo de interés del capital al 6%.



Gráfica 3: Representación del VAN en el CASO 1 de la hipótesis 1.
(Fuente: elaboración propia)

CASO 2

Aumento del porcentaje de uso del analizador de redes en un 10%, manteniendo constantes el resto de hipótesis:

FLUJOS DE CAJA

AÑO	PAGOS	COBROS	FLUJO
0	-11.876,57 €		-11.876,57 €
1	-2.032,70 €	3.600,00 €	1.567,30 €
2	-2.032,70 €	3.600,00 €	1.567,30 €
3	-2.032,70 €	3.600,00 €	1.567,30 €
4	-2.032,70 €	3.600,00 €	1.567,30 €
5	-2.032,70 €	3.600,00 €	1.567,30 €
6	-2.032,70 €	3.600,00 €	1.567,30 €
7	-2.032,70 €	3.600,00 €	1.567,30 €
8	-2.032,70 €	3.600,00 €	1.567,30 €
9	-2.032,70 €	3.600,00 €	1.567,30 €
10	-10.034,45 €	4.656,13 €	-5.378,32 €
11	-2.032,70 €	3.600,00 €	1.567,30 €
12	-2.032,70 €	3.600,00 €	1.567,30 €
13	-2.032,70 €	3.600,00 €	1.567,30 €
14	-2.032,70 €	3.600,00 €	1.567,30 €
15	-2.032,70 €	3.600,00 €	1.567,30 €

VAN= -532,91 €

TIR= 5%

Aumento del porcentaje de uso del analizador de redes en un 20%, manteniendo constantes el resto de hipótesis:

FLUJOS DE CAJA

AÑO	PAGOS	COBROS	FLUJO
0	-11.876,57 €		-11.876,57 €
1	-2.167,36 €	3.600,00 €	1.432,64 €
2	-2.167,36 €	3.600,00 €	1.432,64 €
3	-2.167,36 €	3.600,00 €	1.432,64 €
4	-2.167,36 €	3.600,00 €	1.432,64 €
5	-2.167,36 €	3.600,00 €	1.432,64 €
6	-2.167,36 €	3.600,00 €	1.432,64 €
7	-2.167,36 €	3.600,00 €	1.432,64 €
8	-2.167,36 €	3.600,00 €	1.432,64 €
9	-2.167,36 €	3.600,00 €	1.432,64 €
10	-10.169,11 €	4.656,13 €	-5.512,98 €
11	-2.167,36 €	3.600,00 €	1.432,64 €
12	-2.167,36 €	3.600,00 €	1.432,64 €
13	-2.167,36 €	3.600,00 €	1.432,64 €
14	-2.167,36 €	3.600,00 €	1.432,64 €
15	-2.167,36 €	3.600,00 €	1.432,64 €

VAN= -1.840,80 €

TIR= 3%

Aumento del porcentaje de uso del analizador de redes en un 30%, manteniendo constantes el resto de hipótesis:

FLUJOS DE CAJA

AÑO	PAGOS	COBROS	FLUJO
0	-11.876,57 €		-11.876,57 €
1	-2.302,02 €	3.600,00 €	1.297,98 €
2	-2.302,02 €	3.600,00 €	1.297,98 €
3	-2.302,02 €	3.600,00 €	1.297,98 €
4	-2.302,02 €	3.600,00 €	1.297,98 €
5	-2.302,02 €	3.600,00 €	1.297,98 €
6	-2.302,02 €	3.600,00 €	1.297,98 €
7	-2.302,02 €	3.600,00 €	1.297,98 €
8	-2.302,02 €	3.600,00 €	1.297,98 €
9	-2.302,02 €	3.600,00 €	1.297,98 €
10	-10.303,77 €	4.656,13 €	-5.647,64 €
11	-2.302,02 €	3.600,00 €	1.297,98 €
12	-2.302,02 €	3.600,00 €	1.297,98 €
13	-2.302,02 €	3.600,00 €	1.297,98 €
14	-2.302,02 €	3.600,00 €	1.297,98 €
15	-2.302,02 €	3.600,00 €	1.297,98 €

VAN= -3.148,68 €

TIR= 1%

Aumento del porcentaje de uso del analizador de redes en un 40%, manteniendo constantes el resto de hipótesis:

FLUJOS DE CAJA

AÑO	PAGOS	COBROS	FLUJO
0	-11.876,57 €		-11.876,57 €
1	-2.436,69 €	3.600,00 €	1.163,31 €
2	-2.436,69 €	3.600,00 €	1.163,31 €
3	-2.436,69 €	3.600,00 €	1.163,31 €
4	-2.436,69 €	3.600,00 €	1.163,31 €
5	-2.436,69 €	3.600,00 €	1.163,31 €
6	-2.436,69 €	3.600,00 €	1.163,31 €
7	-2.436,69 €	3.600,00 €	1.163,31 €
8	-2.436,69 €	3.600,00 €	1.163,31 €
9	-2.436,69 €	3.600,00 €	1.163,31 €
10	-10.438,44 €	4.656,13 €	-5.782,31 €
11	-2.436,69 €	3.600,00 €	1.163,31 €
12	-2.436,69 €	3.600,00 €	1.163,31 €
13	-2.436,69 €	3.600,00 €	1.163,31 €
14	-2.436,69 €	3.600,00 €	1.163,31 €
15	-2.436,69 €	3.600,00 €	1.163,31 €

VAN= -4.456,57 €

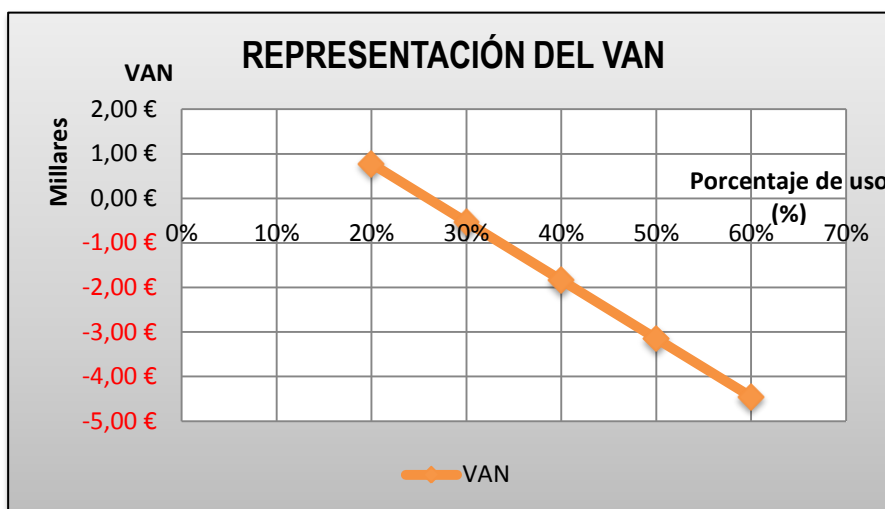
TIR= -2%

Conclusiones: se observa, como era de esperar (ya que habíamos calculado y asignado los costes de gestión metrológica para un porcentaje de uso del 20%), que la rentabilidad es sensible ante cambios en los porcentajes de uso del equipo de medida.

La gráfica 4 demuestra una disminución de la rentabilidad (manteniendo constantes el resto de hipótesis, incluido el riesgo de mediciones incorrectas) prácticamente lineal y directamente proporcional a la frecuencia de uso del equipo de medida.

Frecuencia de uso Analizador de Redes	20%	30%	40%	50%	60%
VAN*	774,97 €	-532,91 €	-1.840,80 €	-3.148,68 €	-4.456,57 €
VAN* / K	0,065	-0,045	-0,155	-0,265	-0,375
TIR	7%	5%	3%	1%	-2%

* Tipo de interés del capital al 6%.



Gráfica 4: Representación del VAN en el CASO 2 de la hipótesis 1.
(Fuente: elaboración propia)

4.2.- Hipótesis 2: Se considera una financiación con recursos ajenos de un 50% de la inversión (5.938,29 €), mediante un préstamo (con sistema de amortización de cuota fija) de una entidad bancaria, a devolver en 2 años, con un interés de 6% y una comisión de apertura del 1 %.

Para mantener la rentabilidad en unas condiciones muy parecidas a las de la hipótesis 1 nos vemos obligados a incrementar en un 5,89 % (200,00 €) los cobros ordinarios.

Análisis del préstamo

MESES	FECHA	COM Y GASTOS	INTERESES	AMORTIZACIÓN	PAGO TOTAL	SALDO PENDIENTE
0	01/07/2012	59,38			59,38	5.938,29
1	01/08/2012		29,69	233,50	263,19	5.704,79
2	01/09/2012		28,52	234,66	263,19	5.470,13
3	01/10/2012		27,35	235,84	263,19	5.234,29
4	01/11/2012		26,17	237,02	263,19	4.997,27
5	01/12/2012		24,99	238,20	263,19	4.759,07
6	01/01/2013		23,80	239,39	263,19	4.519,68
7	01/02/2013		22,60	240,59	263,19	4.279,09
8	01/03/2013		21,40	241,79	263,19	4.037,29
9	01/04/2013		20,19	243,00	263,19	3.794,29
10	01/05/2013		18,97	244,22	263,19	3.550,07
11	01/06/2013		17,75	245,44	263,19	3.304,64
12	01/07/2013		16,52	246,67	263,19	3.057,97
13	01/08/2013		15,29	247,90	263,19	2.810,07
14	01/09/2013		14,05	249,14	263,19	2.560,93
15	01/10/2013		12,80	250,38	263,19	2.310,55
16	01/11/2013		11,55	251,64	263,19	2.058,91
17	01/12/2013		10,29	252,89	263,19	1.806,02
18	01/01/2014		9,03	254,16	263,19	1.551,86
19	01/02/2014		7,76	255,43	263,19	1.296,43
20	01/03/2014		6,48	256,71	263,19	1.039,73
21	01/04/2014		5,20	257,99	263,19	781,74
22	01/05/2014		3,91	259,28	263,19	522,46
23	01/06/2014		2,61	260,58	263,19	261,88
24	01/07/2014		1,31	261,88	263,19	0,00

PAGOS TOTALES	
PRINCIPAL	5.938,29 €
COMISIONES Y GASTOS	59,38 €
INTERESES	378,24 €
TOTAL	6.375,91 €

Datos de costes, beneficios y flujos de caja

PAGOS

AÑO	INVERSIÓN	PAGOS			
		ORDINARIOS	EXTRAORD.	PRÉSTAMO	TOTALES
0	11.876,57 €			59,38 €	-11.935,95 €
1		1.898,03 €		263,19 €	-2.161,22 €
2		1.898,03 €		263,19 €	-2.161,22 €
3		1.898,03 €		263,19 €	-2.161,22 €
4		1.898,03 €		263,19 €	-2.161,22 €
5		1.898,03 €		263,19 €	-2.161,22 €
6		1.898,03 €		263,19 €	-2.161,22 €
7		1.898,03 €		263,19 €	-2.161,22 €
8		1.898,03 €		263,19 €	-2.161,22 €
9		1.898,03 €		263,19 €	-2.161,22 €
10		1.898,03 €	8.001,75 €	263,19 €	-10.162,97 €
11		1.898,03 €			-1.898,03 €
12		1.898,03 €			-1.898,03 €
13		1.898,03 €			-1.898,03 €
14		1.898,03 €			-1.898,03 €
15		1.898,03 €			-1.898,03 €

COBROS

AÑO	COBROS		
	ORDINARIOS	EXTRAORDINARIOS	TOTALES
0			0,00 €
1	3.800,00 €		3.800,00 €
2	3.800,00 €		3.800,00 €
3	3.800,00 €		3.800,00 €
4	3.800,00 €		3.800,00 €
5	3.800,00 €		3.800,00 €
6	3.800,00 €		3.800,00 €
7	3.800,00 €		3.800,00 €
8	3.800,00 €		3.800,00 €
9	3.800,00 €		3.800,00 €
10	3.800,00 €	1.056,13 €	4.856,13 €
11	3.800,00 €		3.800,00 €
12	3.800,00 €		3.800,00 €
13	3.800,00 €		3.800,00 €
14	3.800,00 €		3.800,00 €
15	3.800,00 €		3.800,00 €

FLUJOS DE CAJA

AÑO	PAGOS	COBROS	FLUJO
0	-11.935,95 €		-11.935,95 €
1	-2.161,22 €	3.800,00 €	1.638,78 €
2	-2.161,22 €	3.800,00 €	1.638,78 €
3	-2.161,22 €	3.800,00 €	1.638,78 €
4	-2.161,22 €	3.800,00 €	1.638,78 €
5	-2.161,22 €	3.800,00 €	1.638,78 €
6	-2.161,22 €	3.800,00 €	1.638,78 €
7	-2.161,22 €	3.800,00 €	1.638,78 €
8	-2.161,22 €	3.800,00 €	1.638,78 €
9	-2.161,22 €	3.800,00 €	1.638,78 €
10	-10.162,97 €	4.856,13 €	-5.306,84 €
11	-1.898,03 €	3.800,00 €	1.901,97 €
12	-1.898,03 €	3.800,00 €	1.901,97 €
13	-1.898,03 €	3.800,00 €	1.901,97 €
14	-1.898,03 €	3.800,00 €	1.901,97 €
15	-1.898,03 €	3.800,00 €	1.901,97 €

VAN= 720,94 €

TIR= 7%

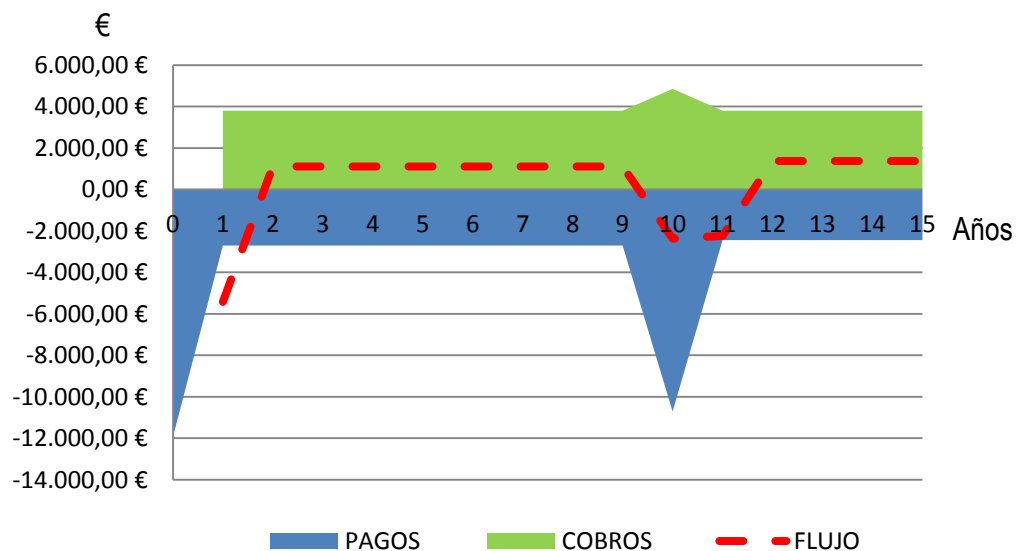


Figura 2: Representación de pagos, cobros y flujos de caja.
(Fuente: elaboración propia)

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

A continuación se detalla el análisis de sensibilidad en la hipótesis 2, donde se han supuesto los siguientes casos:

- CASO 1: Disminución de los pagos ordinarios anuales a través del plazo de calibración del analizador de redes.
- CASO 2: Aumento de los pagos ordinarios anuales a través del porcentaje de uso del analizador de redes.

CASO 1

Aumento del intervalo de calibración del analizador de redes a 18 meses, manteniendo constantes el resto de hipótesis:

FLUJOS DE CAJA

AÑO	PAGOS	COBROS	FLUJO
0	-11.935,95 €		-11.935,95 €
1	-1.963,64 €	3.800,00 €	1.836,36 €
2	-1.963,64 €	3.800,00 €	1.836,36 €
3	-1.963,64 €	3.800,00 €	1.836,36 €
4	-1.963,64 €	3.800,00 €	1.836,36 €
5	-1.963,64 €	3.800,00 €	1.836,36 €
6	-1.963,64 €	3.800,00 €	1.836,36 €
7	-1.963,64 €	3.800,00 €	1.836,36 €
8	-1.963,64 €	3.800,00 €	1.836,36 €
9	-1.963,64 €	3.800,00 €	1.836,36 €
10	-9.965,39 €	4.856,13 €	-5.109,26 €
11	-1.700,45 €	3.800,00 €	2.099,55 €
12	-1.700,45 €	3.800,00 €	2.099,55 €
13	-1.700,45 €	3.800,00 €	2.099,55 €
14	-1.700,45 €	3.800,00 €	2.099,55 €
15	-1.700,45 €	3.800,00 €	2.099,55 €

VAN= 2.639,94 €

TIR= 10%

Aumento del plazo de calibración del analizador de redes a 24 meses, manteniendo constantes el resto de hipótesis:

FLUJOS DE CAJA

AÑO	COSTES	BENEFICIOS	FLUJO
0	-11.876,57 €		-11.876,57 €
1	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
2	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
3	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
4	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
5	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
6	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
7	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
8	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
9	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
10	-9.603,40 €	4.656,13 €	-4.947,27 €
11	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
12	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
13	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
14	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €
15	-1.601,65 €	3.600,00 €	1.998,35 €

VAN= 3.653,48 €

TIR= 11%

Aumento del intervalo de calibración del analizador de redes a 30 meses, manteniendo constantes el resto de hipótesis:

FLUJOS DE CAJA

AÑO	PAGOS	COBROS	FLUJO
0	-11.935,95 €		-11.935,95 €
1	-1.805,57 €	3.800,00 €	1.994,43 €
2	-1.805,57 €	3.800,00 €	1.994,43 €
3	-1.805,57 €	3.800,00 €	1.994,43 €
4	-1.805,57 €	3.800,00 €	1.994,43 €
5	-1.805,57 €	3.800,00 €	1.994,43 €
6	-1.805,57 €	3.800,00 €	1.994,43 €
7	-1.805,57 €	3.800,00 €	1.994,43 €
8	-1.805,57 €	3.800,00 €	1.994,43 €
9	-1.805,57 €	3.800,00 €	1.994,43 €
10	-9.807,32 €	4.856,13 €	-4.951,19 €
11	-1.542,38 €	3.800,00 €	2.257,62 €
12	-1.542,38 €	3.800,00 €	2.257,62 €
13	-1.542,38 €	3.800,00 €	2.257,62 €
14	-1.542,38 €	3.800,00 €	2.257,62 €
15	-1.542,38 €	3.800,00 €	2.257,62 €

VAN= 4.175,15 €

TIR= 12%

Aumento del intervalo de calibración del analizador de redes a 36 meses, manteniendo constantes el resto de hipótesis:

FLUJOS DE CAJA

AÑO	COSTES	BENEFICIOS	FLUJO
0	-11.876,57 €		-11.876,57 €
1	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
2	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
3	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
4	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
5	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
6	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
7	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
8	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
9	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
10	-9.504,61 €	4.656,13 €	-4.848,48 €
11	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
12	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
13	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
14	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €
15	-1.502,86 €	3.600,00 €	2.097,14 €

VAN= 4.612,99 €

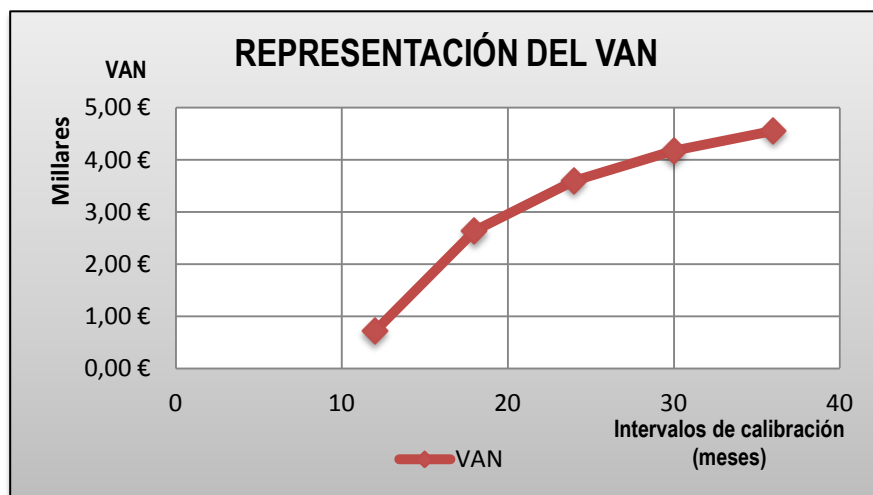
TIR= 12%

Conclusiones: se observa, como era de esperar al igual que sucedía en la hipótesis 1, que la rentabilidad es sensible a los cambios en los intervalos de calibración.

La gráfica 5 demuestra que existe una zona muy sensible a la variación de los intervalos de calibración del analizador de redes (manteniendo constantes el resto de hipótesis, incluido el riesgo de mediciones incorrectas). Esta zona sigue estando comprendida entre el intervalo de calibración de 12 a 24 meses, en ella la rentabilidad aumenta considerablemente junto con el aumento del intervalo de calibración del equipo de medida. A partir de aquí, superados los 24 meses, se repite la situación anterior (hipótesis 1) y entramos en una zona de pequeña saturación, en la cual la rentabilidad no aumenta en los mismos porcentajes que lo hacía antes de entrar en esta zona, además tenemos que tener en cuenta que al aumentar el intervalo de calibración el riesgo de mediciones incorrectas aumenta considerablemente.

Plazo calibración Analizador de Redes	12	18	24	30	36
VAN*	720,94 €	2.639,94 €	3.599,45 €	4.175,15 €	4.558,95 €
VAN* / K	0,061	0,222	0,303	0,352	0,384
TIR	7%	10%	11%	12%	12%

* Tipo de interés del capital al 6%.



Gráfica 5: Representación del VAN en el CASO 1 de la hipótesis 2.
(Fuente: elaboración propia)

CASO 2

Aumento del porcentaje de uso del analizador de redes en un 10%, manteniendo constantes el resto de hipótesis:

FLUJOS DE CAJA

AÑO	PAGOS	COBROS	FLUJO
0	-11.935,95 €		-11.935,95 €
1	-2.295,89 €	3.800,00 €	1.504,11 €
2	-2.295,89 €	3.800,00 €	1.504,11 €
3	-2.295,89 €	3.800,00 €	1.504,11 €
4	-2.295,89 €	3.800,00 €	1.504,11 €
5	-2.295,89 €	3.800,00 €	1.504,11 €
6	-2.295,89 €	3.800,00 €	1.504,11 €
7	-2.295,89 €	3.800,00 €	1.504,11 €
8	-2.295,89 €	3.800,00 €	1.504,11 €
9	-2.295,89 €	3.800,00 €	1.504,11 €
10	-10.297,64 €	4.856,13 €	-5.441,51 €
11	-2.032,70 €	3.800,00 €	1.767,30 €
12	-2.032,70 €	3.800,00 €	1.767,30 €
13	-2.032,70 €	3.800,00 €	1.767,30 €
14	-2.032,70 €	3.800,00 €	1.767,30 €
15	-2.032,70 €	3.800,00 €	1.767,30 €

VAN= -586,95 €

TIR= 5%

Aumento del porcentaje de uso del analizador de redes en un 20%, manteniendo constantes el resto de hipótesis:

FLUJOS DE CAJA

AÑO	PAGOS	COBROS	FLUJO
0	-11.935,95 €		-11.935,95 €
1	-2.430,55 €	3.800,00 €	1.369,45 €
2	-2.430,55 €	3.800,00 €	1.369,45 €
3	-2.430,55 €	3.800,00 €	1.369,45 €
4	-2.430,55 €	3.800,00 €	1.369,45 €
5	-2.430,55 €	3.800,00 €	1.369,45 €
6	-2.430,55 €	3.800,00 €	1.369,45 €
7	-2.430,55 €	3.800,00 €	1.369,45 €
8	-2.430,55 €	3.800,00 €	1.369,45 €
9	-2.430,55 €	3.800,00 €	1.369,45 €
10	-10.432,30 €	4.856,13 €	-5.576,17 €
11	-2.167,36 €	3.800,00 €	1.632,64 €
12	-2.167,36 €	3.800,00 €	1.632,64 €
13	-2.167,36 €	3.800,00 €	1.632,64 €
14	-2.167,36 €	3.800,00 €	1.632,64 €
15	-2.167,36 €	3.800,00 €	1.632,64 €

VAN= -1.894,83 €

TIR= 3%

Aumento del porcentaje de uso del analizador de redes en un 30%, manteniendo constantes el resto de hipótesis:

FLUJOS DE CAJA

AÑO	PAGOS	COBROS	FLUJO
0	-11.935,95 €		-11.935,95 €
1	-2.565,21 €	3.800,00 €	1.234,79 €
2	-2.565,21 €	3.800,00 €	1.234,79 €
3	-2.565,21 €	3.800,00 €	1.234,79 €
4	-2.565,21 €	3.800,00 €	1.234,79 €
5	-2.565,21 €	3.800,00 €	1.234,79 €
6	-2.565,21 €	3.800,00 €	1.234,79 €
7	-2.565,21 €	3.800,00 €	1.234,79 €
8	-2.565,21 €	3.800,00 €	1.234,79 €
9	-2.565,21 €	3.800,00 €	1.234,79 €
10	-10.566,96 €	4.856,13 €	-5.710,83 €
11	-2.302,02 €	3.800,00 €	1.497,98 €
12	-2.302,02 €	3.800,00 €	1.497,98 €
13	-2.302,02 €	3.800,00 €	1.497,98 €
14	-2.302,02 €	3.800,00 €	1.497,98 €
15	-2.302,02 €	3.800,00 €	1.497,98 €

VAN= -3.202,72 €

TIR= 1%

Aumento del porcentaje de uso del analizador de redes en un 40%, manteniendo constantes el resto de hipótesis:

FLUJOS DE CAJA

AÑO	PAGOS	COBROS	FLUJO
0	-11.935,95 €		-11.935,95 €
1	-2.699,88 €	3.800,00 €	1.100,12 €
2	-2.699,88 €	3.800,00 €	1.100,12 €
3	-2.699,88 €	3.800,00 €	1.100,12 €
4	-2.699,88 €	3.800,00 €	1.100,12 €
5	-2.699,88 €	3.800,00 €	1.100,12 €
6	-2.699,88 €	3.800,00 €	1.100,12 €
7	-2.699,88 €	3.800,00 €	1.100,12 €
8	-2.699,88 €	3.800,00 €	1.100,12 €
9	-2.699,88 €	3.800,00 €	1.100,12 €
10	-10.701,63 €	4.856,13 €	-5.845,50 €
11	-2.436,69 €	3.800,00 €	1.363,31 €
12	-2.436,69 €	3.800,00 €	1.363,31 €
13	-2.436,69 €	3.800,00 €	1.363,31 €
14	-2.436,69 €	3.800,00 €	1.363,31 €
15	-2.436,69 €	3.800,00 €	1.363,31 €

VAN= -4.510,60 €

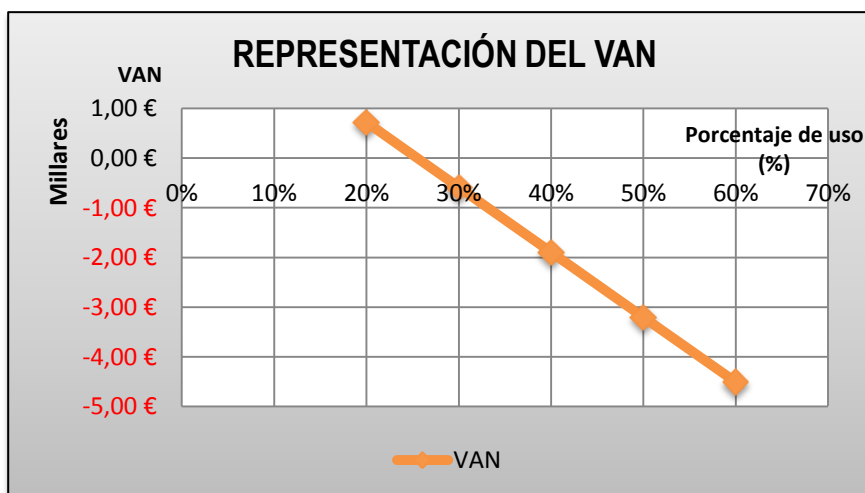
TIR= -1%

Conclusiones: se observa, igual que en la hipótesis 1 (ya que habíamos calculado y asignado los costes de gestión metrológica para un porcentaje de uso del 20%), que la rentabilidad es sensible ante cambios en los porcentajes de uso del equipo de medida.

La gráfica 6 demuestra una disminución de la rentabilidad (manteniendo constantes el resto de hipótesis, incluido el riesgo de mediciones incorrectas) prácticamente lineal y directamente proporcional a la frecuencia de uso del equipo de medida.

Frecuencia de uso Analizador de Redes	20%	30%	40%	50%	60%
VAN*	720,94 €	-586,95 €	-1.894,83 €	-3.202,72 €	-4.510,60 €
VAN* / K	0,061	-0,049	-0,16	-0,27	-0,38
TIR	7%	5%	3%	1%	-1%

* Tipo de interés del capital al 6%.



Gráfica 6: Representación del VAN en el CASO 2 de la hipótesis 2.
(Fuente: elaboración propia)

5. CONCLUSIONES FINALES

Como conclusión final podemos decir que existen 3 factores importantes a tener en cuenta en el análisis financiero del proyecto, que son:

- Costes asociados a mediciones incorrectas.
- Intervalos de calibración de los equipos de medida.
- Porcentajes de uso de los equipos de medida.

El primero de ellos está directamente relacionado con el segundo, ya que al aumentar los intervalos de calibración también aumentamos el riesgo de los costes asociados a mediciones incorrectas. Cuanto más se alargue el intervalo de calibración es posible que transcurra más tiempo hasta que se detecten las posibles mediciones incorrectas, con el consiguiente perjuicio económico que se irá incrementando a medida que vaya pasando el tiempo.

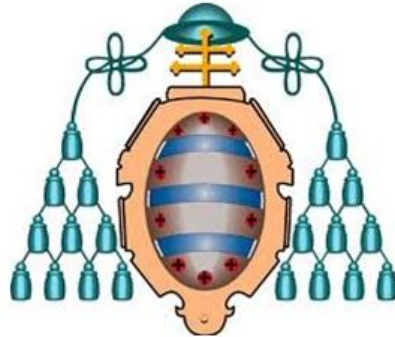
Un adecuado estudio de la deriva entre calibraciones, junto con una buena gestión metrológica de los equipos de medida, nos puede llevar a un compromiso óptimo entre ambos factores que garantice la bondad de las mediciones a la vez que nos permita mejorar la rentabilidad del proyecto.

Como se ha demostrado en el análisis de sensibilidad, en cualquiera de las dos hipótesis, existe una zona muy sensible a la variación de los intervalos de calibración (manteniendo constantes el resto de hipótesis, incluido el riesgo de mediciones incorrectas), comprendido entre los 12 a los 24 meses. Superados los 24 meses entramos en una zona de pequeña saturación, en la cual la rentabilidad no aumenta en los mismos porcentajes que lo hacía con anterioridad. Es importante tener en cuenta que al aumentar el plazo de calibración el riesgo de mediciones incorrectas aumenta considerablemente.

El tercer factor se define en porcentaje y se refiere a la frecuencia de uso del equipo de medida durante el intervalo de un año.

Como se ha demostrado en el análisis de sensibilidad, en cualquiera de las dos hipótesis, se observa que la rentabilidad es sensible ante cambios en los porcentajes de uso de los equipos de medida.

Se comprobó que hay un aumento progresivo de los costes ordinarios junto con el aumento del porcentaje de uso de los equipos, lo que repercute en una disminución de la rentabilidad (manteniendo constantes el resto de hipótesis, incluido el riesgo de mediciones incorrectas) prácticamente lineal y directamente proporcional a la frecuencia de uso del equipo de medida.



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA
DE GIJÓN

DOCUMENTO 3

pliego de condiciones

INDICE

COMENTARIO.....	181
1.- CONDICIONES GENERALES	181
1.1.- OBJETO	181
1.2.- ALCANCE.....	181
1.3.- DISPOSICIONES GENERALES.....	182
2.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES	183
2.1.- ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS, CALIBRACIONES Y MATERIALES.....	183
2.2.- ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN	185
2.2.1.- CONDICIONES DE SOFTWARE	185
2.2.2.- CODICIONES DEL HARDWARE	185
3.- CLAUSULAS ADMINISTRATIVAS PARTICULARES	186
3.1.- CONDICIONES ECONÓMICAS	186
3.2.- GARANTIA DE CUMPLIMIENTO Y FIANZA	186
3.3.- PLAZO DE EJECUCIÓN Y FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO	187

COMENTARIO

Dado el carácter del proyecto algunas de las cláusulas administrativas particulares solo afectarán en caso de que la Empresa Instaladora opte por subcontratar la prestación de un servicio integral de Gestión Metrológica, este servicio incluiría la compra de los equipos de medición.

1.- CONDICIONES GENERALES

1.1.- OBJETO

El presente pliego tiene por objeto, con carácter general, definir las condiciones generales que han de regir en el desarrollo y ejecución del proyecto Elaboración y valoración económica de un procedimiento de gestión metrológica para equipos de instaladores autorizados en baja tensión siguiendo la norma UNE-EN ISO 10012:2003.

Este pliego será complementado y le serán de aplicación con todas aquellas normas oficiales sobre la materia, aunque no sean de obligado cumplimiento.

1.2.- ALCANCE

El carácter general y el alcance del proyecto están fijados en los siguientes documentos:

Documento 1: Memoria.

Documento 2: Estudio Económico.

Documento 3: Pliego de Condiciones.

1.3.- DISPOSICIONES GENERALES

Además de lo especificado en este pliego, serán de aplicación las siguientes disposiciones:

- *Guía para la Gestión y Evaluación Metrológica*. UNE 66180. AENOR, 2008.
- *Guía Técnica de Aplicación del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Anexos para la verificación de instalaciones eléctricas (GUÍA-BT-ANEXO 4)*. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Edición Septiembre 2003, Rev. 1.
- *Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT)*. Boletín Oficial del Estado (B.O.E.), 18 de septiembre de de 2002, núm. 224, pág. 33084.
- *Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio*. Boletín Oficial del Estado (B.O.E.), 22 de mayo de de 2010, núm. 125, pág. 44861.
- *Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51*. Suplemento del Boletín Oficial del Estado (B.O.E.), 18 de septiembre de 2002, suplemento del número 224.
- *Reglamento de proyectos fin de carrera*. Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón. Julio 2010.
- *Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición*. UNE-EN ISO 10012:2003. AENOR, 2003
- *Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, términos asociados*. 3ª edición 2008, Centro Español de Metrología (CEM).

2.- PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

2.1.- ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS, CALIBRACIONES Y MATERIALES.

EQUIPOS: todos los equipos cumplirán con las especificaciones técnicas y reglamentarias que les sean de aplicación, cualquier característica o especificación que figure en uno sólo de los documentos del proyecto, aún sin figurar en los otros, es igualmente obligatoria.

En todo caso los equipos podrán ser sometidos a estudio y aprobación y se podrá exigir cuantos catálogos, referencias, informes y certificados se estimen necesarios. Si la información no se considerase suficiente, se podrán exigir los ensayos oficiales oportunos de los equipos a utilizar.

Los equipos necesarios para el desarrollo del proyecto son los que se detallan a continuación, permitiéndose otros modelos de diferentes fabricantes siempre que sus especificaciones y clases metrológicas sean equivalentes o superiores a lo establecido en la tabla 1.

DESIGNACIÓN	FABRICANTE	MARCA	MODELO
MULTÍMETRO DIGITAL	KOBAN	KOBAN	KM 97R
ANALIZADOR DE REDES	METREL	METREL	KMI 2292
TELURÓMETRO	METREL	METREL	KMI 2124
MEDIDOR DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y CONDUCTIVIDAD	METREL	METREL	KMI 2123
COMPROBADOR DE DIFERENCIALES, BUCLE, LÍNEA Y CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO	METREL	METREL	KMI 2120
LUXÓMETRO DIGITAL	KOBAN	KOBAN	KL 1330
DETECTOR DE TENSIÓN Y CONTINUIDAD	KOBAN	KOBAN	KTF 8
ELECTRODO DE AISLAMIENTO PARA SUELOS NO CONDUCTORES	METREL	METREL	KMA 3010
COMPROBADOR DEL VIGILANTE DE AISLAMIENTO DE QUIRÓFANOS	METREL	METREL	KMA 3104
PINZA AMPERIMÉTRICA	KOBAN	KOBAN	KP 04

Tabla 2: Equipos necesarios para la ejecución del proyecto.

Las marcas comerciales tienen carácter orientativo y a efectos de composición de precios.

Los aparatos, máquinas y demás útiles que sean necesarios en la ejecución del proyecto, reunirán las mejores condiciones para su funcionamiento.

CALIBRACIONES: las calibraciones de los equipos de medida serán realizadas preferentemente en laboratorios acreditados por ENAC, si esto no fuera posible se enviarán a otros laboratorios siempre que estos acrediten la trazabilidad de las mediciones a patrones nacionales ó internacionales.

MATERIALES ELÉCTRICOS: Para el montaje eléctrico y el suministro de los materiales, se seguirá el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. núm. 224 de 18 de septiembre) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC'S, BT 01 a BT 51). Suplemento del Boletín Oficial del Estado (B.O.E. de 18 de septiembre de 2002, suplemento del número 224).

MATERIALES NO ESPECIFICADOS EN EL PRESENTE CAPÍTULO: los demás materiales que se empleen en la ejecución del proyecto y que no hayan sido específicamente tratados en el presente capítulo, serán de robada calidad entre los de su clase, en armonía con las aplicaciones que hayan de recibir y con las adecuadas características que exige su correcta conservación, utilización y servicio. Deberán de cumplir con las exigencias que figuran en la Memoria y demás documentos que conforman el proyecto, así como las condiciones que, aún no figurando explícitamente, sean necesarias para cumplir y respetar el espíritu e intención del proyecto.

En todo caso estos materiales podrán ser sometidos a estudio y aprobación y se podrá exigir cuantos catálogos, referencias, informes y certificados se estimen necesarios. Si la información no se considerase suficiente, se podrán exigir los ensayos oficiales oportunos de los materiales a utilizar.

2.2.- ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN

Para la ejecución del proyecto se utilizará una aplicación informática, creada a tal efecto, y denominada con el nombre “GesMet”, de su utilización se derivan una serie de condiciones que limitan de alguna forma las condiciones de utilización de la misma y que son las siguientes:

2.2.1.- CONDICIONES DE SOFTWARE

El sistema operativo será Microsoft Windows XP o superior.

La aplicación está basada en Microsoft Office Access 2007 y se puede ejecutar sin necesidad de instalar el programa Access 2007 en el equipo del usuario, utilizando el programa Access 2007 Runtime que está disponible gratuitamente en el centro de descargas de Microsoft.

La aplicación ha de ser probada y validada antes de su uso inicial con el objeto de garantizar su integridad y la validez de los resultados de las mediciones.

Se crearán copias de seguridad con el objeto de salvaguardar la programación, asegurar el acceso y proveer el nivel de trazabilidad necesario, protegiendo los registros almacenados para prevenir el acceso no autorizado o la modificación de dichos registros.

2.2.2.- CODICIONES DEL HARDWARE

Estos requerimientos se refieren al soporte físico mínimo para el correcto funcionamiento del programa.

ORDENADOR: Es posible ejecutar la aplicación en cualquier tipo de ordenador de fabricación actual (superior al año 2000), si bien, el modelo del mismo puede influir notablemente sobre la velocidad de ejecución.

TARJETA GRÁFICA: No hay limitaciones.

TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS: La aplicación está pensada para trabajar sobre la unidad de disco duro, aumentando en este caso la rapidez del entorno por la posibilidad de lecturas a disco más rápidas, no obstante no hay ningún problema para su instalación sobre dispositivos con almacenamiento extraíble, ejecutándose correctamente el programa aunque con una velocidad de ejecución menor.

3.- CLAUSULAS ADMINISTRATIVAS PARTICULARES

3.1.- CONDICIONES ECONÓMICAS

BASE FUNDAMENTAL

Como base fundamental de estas condiciones económicas de carácter general, se establece el principio de que la empresa subcontratada para los trabajos debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que estos se hayan ejecutado con arreglo y sujeción al Proyecto, Condiciones Generales y Particulares que rijan el desarrollo y ejecución de los trabajos contratados.

3.2.- GARANTIA DE CUMPLIMIENTO Y FIANZA

GARANTIA

El plazo de garantía será de un año contado a partir de la finalización de los trabajos.

Se podrá exigir, por parte de la Empresa Instaladora, a la empresa subcontratada la presentación de referencias bancarias o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de esta reúne todas las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del contrato. Dichas referencias, si le son pedidas, las presentará la empresa subcontratada antes de la firma del contrato.

FIANZA

Que podrá exigir la empresa subcontratada a la Empresa Instaladora, para que responda del cumplimiento de lo contratado, y que será de un 10% del presupuesto de los trabajos contratados.

La Empresa Instaladora dispondrá de siete días hábiles a partir de la fecha de comunicación para hacer efectivo el pago de la fianza.

DEVOLUCIÓN DE LA FIANZA

La fianza depositada será devuelta por parte de la empresa subcontratada en un plazo que no excederá de ocho días hábiles, una vez finalizados los trabajos previstos siempre que no exista ninguna reclamación, deuda o indemnización pendiente en el momento del cobro.

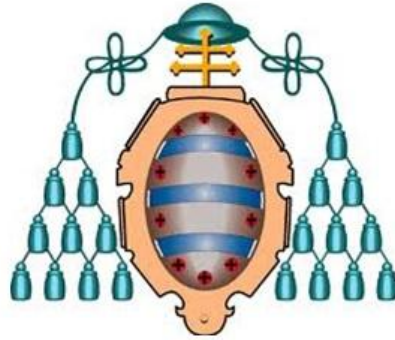
3.3.- PLAZO DE EJECUCIÓN Y FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO

El plazo de ejecución de los trabajos se fijará en el contrato, el cual se formalizará mediante documento privado en general, que podrá elevarse a elección de escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes. Será de cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasionen la extensión del documento en que se consigne la contrata.

Gijón, Julio 2012

El alumno,

Fdo.: Jesús Ángel Álvarez Cueva



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA
DE GIJÓN

Conclusiones

CONCLUSIONES

A continuación se exponen las conclusiones obtenidas en la elaboración del presente trabajo referente a la gestión metrológica de los equipos de medida de las empresas instaladoras autorizadas en baja tensión en el Principado de Asturias.

a) Desde el punto de vista de la Empresa Instaladora (Instalador Autorizado).

El proyecto puede ser utilizado a modo de guía de ayuda por las Empresas Instaladoras, lo que le permitirá seleccionar, utilizar, gestionar y confirmar metrológicamente de una manera eficiente y eficaz los equipos de medida que toda empresa instaladora debe poseer para estar legalmente autorizada, así como los procesos de medida en los que actúan estos equipos, y de esta manera permitirle realizar de una manera óptima el desempeño su actividad.

Es una herramienta que facilita, de manera sencilla, a las Empresas Instaladoras un camino hacia el proceso de confirmación metrológica de sus equipos de medida, ya que, una adecuada gestión metrológica de los mismos asegura que el equipo es adecuado para su uso previsto, facilitando la gestión del riesgo de obtener resultados de medición incorrectos y minimizando los costes asociados a estas mediciones incorrectas.

Para ello se ha desarrollado una aplicación de base de datos (anexo I), denominada con el nombre "GesMet", es una aplicación sencilla, intuitiva y de fácil manejo que nos permite la automatización de los procesos en los que están implicados los equipos de medida, facilitando la confirmación metrológica de los mismos y el archivo de resultados.

Por último se posibilita a las empresas instaladoras que así lo deseen en la certificación de su sistema de gestión de las mediciones con el sello AENOR, conforme a los requisitos de la norma internacional UNE-EN ISO 10012:2003, con la posibilidad de integrarlo de forma coherente con sus actuales sistemas de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad y salud entre otros.

En cuanto a la rentabilidad económica que supondría la implantación del presente procedimiento de gestión metrológica por parte de las empresas instaladoras se han identificado y evaluado 3 factores importantes a tener en cuenta en el análisis financiero del proyecto.

Estos factores son:

- Costes asociados a mediciones incorrectas.
- Intervalos de calibración de los equipos de medida.
- Porcentajes de uso de los equipos de medida.

El primero de ellos está directamente relacionado con el segundo, ya que al aumentar los intervalos de calibración también aumentamos el riesgo de los costes asociados a mediciones incorrectas. Cuanto más se alargue el intervalo de calibración es posible que transcurra más tiempo hasta que se detecten las posibles mediciones incorrectas, con el consiguiente perjuicio económico que se irá incrementando a medida que vaya pasando el tiempo.

Un adecuado estudio de la deriva entre calibraciones, junto con una buena gestión metrológica de los equipos de medida, nos puede llevar a un compromiso óptimo entre ambos factores que garantice la bondad de las mediciones a la vez que nos permita mejorar la rentabilidad del proyecto.

En el estudio económico se han realizado varias simulaciones, bajo ciertas hipótesis, que dan como resultado, y así se demuestra en el análisis de sensibilidad, que el intervalo de calibración óptimo de los equipos de medida debe de estar fijado entre los 12 a los 24 meses. Superados los 24 meses entramos en una zona de pequeña saturación, en la cual la rentabilidad financiera no aumenta en porcentajes significativos y es importante tener en cuenta que al aumentar el intervalo de calibración el riesgo de mediciones incorrectas aumenta considerablemente.

b) Desde el punto de vista del cliente (cliente externo ó usuario) de la Empresa Instaladora.

El primer paso es conocer las necesidades de los clientes, normalmente estos quieren un producto de calidad y al mejor precio (o un precio razonable).

Para ello se identificaron los requisitos de cliente (RC) asociados a las especificaciones del servicio que prestan las empresas instaladoras habilitadas en baja tensión, en base al RD 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (R.B.T.), sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT-03) y su relación con otras normas de aplicación en el ámbito de las instalaciones de baja tensión.

De aquí se extraen y se identifican los procesos de medida junto con las especificaciones para las variables a medir.

c) Desde el punto de vista de la normas UNE-EN ISO 10012:2003 y UNE 66180:2008.

Se posibilita a la empresa Instaladora en la certificación de su sistema de gestión de las mediciones con el sello AENOR, conforme a los requisitos de la norma internacional UNE-EN ISO 10012:2003, con la posibilidad de integrarlo de forma coherente con sus actuales (en caso de disponer de alguno) sistemas de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad y salud entre otros.

d) Desde el punto de vista del autor.

La elaboración de este proyecto, en la búsqueda de información (datos técnicos, ofertas, consejos,... etc.), me ha servido para entrar en contacto con el “mundo real”, el mundo de la empresa, a través de los encuentros y las conversaciones mantenidas con las diferentes partes implicadas: empresas instaladoras, laboratorios de calibración, proveedores,... etc.

He conocido las dificultades económicas por las que atraviesan en estos momentos muchas de las más de 700 empresas instaladoras autorizadas que actualmente trabajan en el Principado de Asturias, lo cual lleva consigo que estas empresas no puedan dedicar tiempo

para formarse e informarse y recursos para dedicar personal a tareas, a mi juicio, tan importantes como puede ser la Gestión Metrológica.

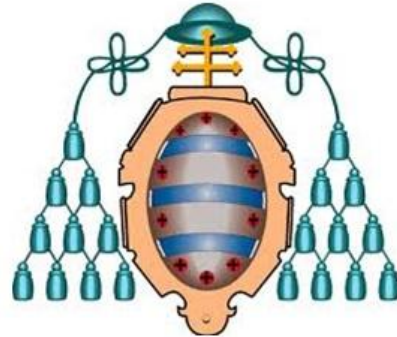
Con una adecuada Gestión Metrológica la Empresa Instaladora tendría minimizadas las posibilidades de mediciones incorrectas o erróneas mejorando los resultados del desempeño de la organización, lo que le ayudaría a conseguir entre otras cosas:

- Ahorro en términos económicos (equipos, calibraciones,... etc.).
- Ahorro en costes de personal (disminución de las posibles mediciones incorrectas, menor dedicación a la repetición de ensayos y pruebas,... etc.).
- Mejora la confianza de los clientes ó usuarios (garantías, prestigio, fama,.. etc.).
- Posibilita la certificación en un sistema de gestión normalizado de AENOR (UNE-EN ISO 10012:2003).
- Posibilita la automatización de los procesos de medida (ahorro de energía, mejora la gestión,... etc.)

La conclusión final, después de analizar toda la información recogida, es una carencia o falta de información y formación en el área de la metrología dentro del mundo de la industria en general y en las empresas instaladoras habilitadas en baja tensión en particular.

Como resultado del proyecto la implantación de este procedimiento de gestión metrológica favorecerá la incorporación de la cultura metrológica en la gestión empresarial dentro de las empresas instaladoras habilitadas en baja tensión, y a su vez extenderá esta cultura a otras empresas de diversos sectores que se sumen al camino ya iniciado por las primeras.

A si mismo ayudará a las empresas instaladoras que opten por la implantación de este procedimiento de gestión metrológica en la búsqueda de la eficacia y eficiencia en la consecución de sus objetivos, incluidos como no puede ser de otra forma los resultados financieros y les servirá también para garantizar y mejorar el cumplimiento de los requisitos de los clientes y de las autoridades reguladoras correspondientes.



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA
DE GIJÓN

Referencias

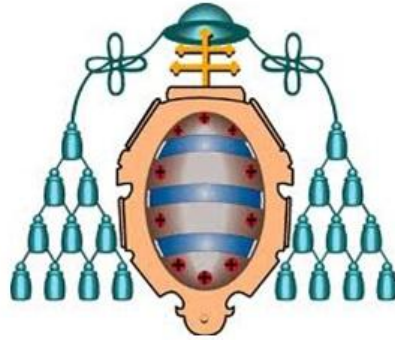
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AENOR. *Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición*. UNE-EN ISO 10012:2003. Madrid: AENOR, 2003
- AENOR. *Guía para la gestión y evaluación metrológica*. UNE 66180. Madrid: AENOR, 2008.
- Centro Español de Metrología. *Revista Española de Metrología – e-medida* [en línea]. CEM, 2012. Disponible en <http://www.e-medida.com>
- España. *Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT)*. Boletín Oficial del Estado (B.O.E.), 18 de septiembre de 2002, núm. 224, pág. 33084.
- España. *Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51*. Suplemento del Boletín Oficial del Estado (B.O.E.), 18 de septiembre de 2002, suplemento del número 224.
- España. *Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio*. Boletín Oficial del Estado (B.O.E.), 22 de mayo de de 2010, núm. 125, pág. 44861.

- *Guía Técnica de Aplicación del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Anexos para la verificación de instalaciones eléctricas (GUÍA-BT-ANEXO 4).* Ministerio de Ciencia y Tecnología. Edición Septiembre 2003, Rev. 1.
- *Metrología en las PYMES – Guía práctica.* José María Fernández Arango y Carmen M^a Garrandés López. Fundación ITMA, 2004.
- *Metrología y Ensayos – Verificación de productos.* Enrique Ortea Varela, 2009.
- *Proyecto “Optimización de la gestión metrológica en la empresa”.* Fundación ITMA, 2011.
- *Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, términos asociados.* 3^a edición 2008, Centro Español de Metrología (CEM).

REFERENCIAS A PÁGINAS WEB

- Asociación Española de Normalización (AENOR). Disponible en www.aenor.es
- Administración del Principado de Asturias. Disponible en <http://www.asturias.es>
- Catálogo de instrumentos de medida FLUKE. Disponible en <http://www.fluke.com>
- Catálogo de instrumentos de medida TEMPER. Disponible en <http://www.temper.es>
- Centro Español de Metrología (CEM). Disponible en <http://www.cem.es>
- Entidad Nacional de Acreditación (ENAC). Disponible en <http://www.enac.es>
- Fundación ITMA (Instituto Tecnológico de Materiales de Asturias). Disponible en www.itma.es
- International Organization for Standardization (ISO). Disponible en www.iso.org



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA
DE GIJÓN

ANEXO I

manual GesMet



GesMet

MANUAL DE USUARIO

Herramienta GestMet

Revisión 0

Julio 2012

INDICE

0. GENERALIDADES	3
1. INICIO DE SESIÓN	4
2. PANTALLA INICIO	5
3. PROCESOS DE MEDIDA	6
4. EQUIPOS DE MEDIDA.....	10
5. PROVEEDORES	16
6. INDICADORES	18
7. CONSULTAS.....	20

0. Generalidades

GesMet es una aplicación desarrollada para el proyecto fin de carrera titulado *"Elaboración y valoración económica de un procedimiento de gestión metrológica para equipos de medida de instaladores autorizados en baja tensión siguiendo la Norma UNE 10012:2003"*, ha sido elaborada y diseñada por el alumno Jesús Ángel Álvarez Cueva de la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón. Se trata de una herramienta elaborada con carácter no comercial, para uso docente y sin otro fin que su presentación en el proyecto fin de carrera. Esta aplicación no incluye información privada o confidencial que afecte a la protección de datos de carácter personal.

La herramienta GesMet sirve de soporte a los procesos metrológicos operativos de la gestión metrológica para las empresas habilitadas en baja tensión (instaladores autorizados), basándose en la gestión de los equipos de medición, requisitos metrológicos de cliente y requisitos metrológicos de calibración, gestión de las calibraciones y de los procesos de medida,... etc. Se trata de una aplicación sencilla, intuitiva y de fácil manejo que nos permitirá la automatización de los procesos en los que están implicados los equipos de medida facilitando la confirmación metrológica de los mismos y el archivo de resultados.

La aplicación está basada en Microsoft Office Access 2007 y se puede ejecutar sin necesidad de instalar el programa Access 2007 en el equipo del usuario. Se puede distribuir junto con Access 2007 Runtime que está disponible gratuitamente en el centro de descargas de Microsoft.

Enlace para la descarga:

<http://www.microsoft.com>

La herramienta ha de ser probada y validada antes de su uso inicial con el objeto de garantizar su integridad y la validez de los resultados de las mediciones, además por parte de la organización se deberá garantizar la confidencialidad de los datos (proveedores, clientes,... etc.) que puedan ser almacenados en la misma.

Se crearán copias de seguridad con el objeto de salvaguardar la programación, asegurar el acceso y proveer el nivel de trazabilidad necesario, protegiendo los registros almacenados para prevenir el acceso no autorizado o la modificación de dichos registros.

1. Inicio de sesión

Para empezar a utilizar GesMet, pincharemos sobre el icono de la aplicación



Una vez hecho esto, y antes de entrar a la aplicación, nos saldrá una pantalla pidiendo que introduzcamos la clave de acceso o contraseña de la base de datos (figura 1). La base de datos está cifrada con una contraseña, de esta manera el software está protegido y sólo el personal autorizado podrá hacer uso de la aplicación, garantizando por parte de la organización la confidencialidad de los datos (proveedores, clientes,... etc.) que puedan ser almacenados en la misma.

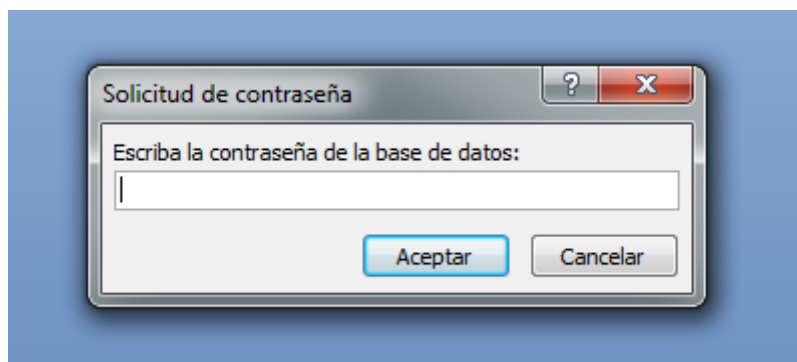


Figura 1

En nuestro caso particular, se trata de una herramienta elaborada con carácter no comercial, para uso docente y sin otro fin que su presentación en el proyecto fin de carrera, además no incluye información privada o confidencial que afecte a la protección de datos de carácter personal y por eso eliminaremos esta primera pantalla dejando el acceso libre a todas aquellas personas que por diversos motivos puedan participar en la evaluación del proyecto.

2. Pantalla inicio

Una vez iniciada la sesión el usuario accede a la pantalla de inicio, denominada "PANEL DE CONTROL PRINCIPAL", desde la que puede acceder a todos los procesos que se gestionan dentro de la aplicación a través de los siguientes formularios:

- Procesos de medida
- Equipos
- Proveedores
- Indicadores
- Consultas
- Unidades de medida

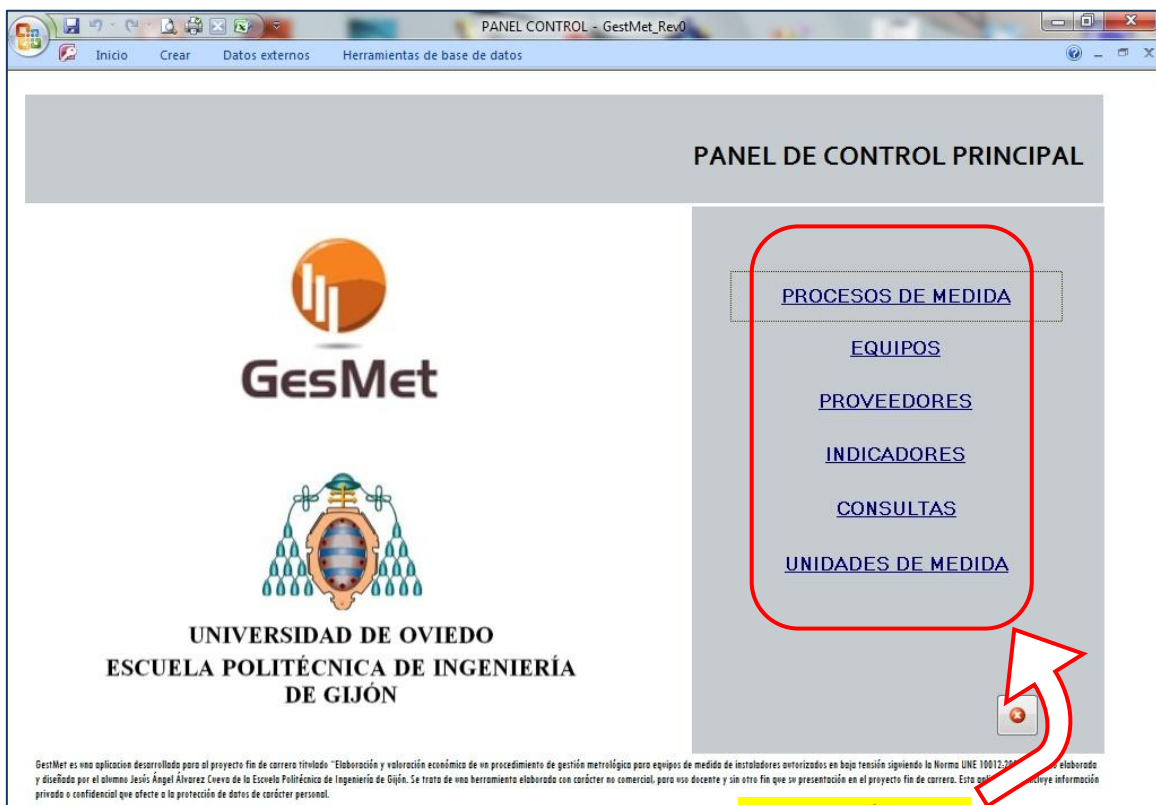
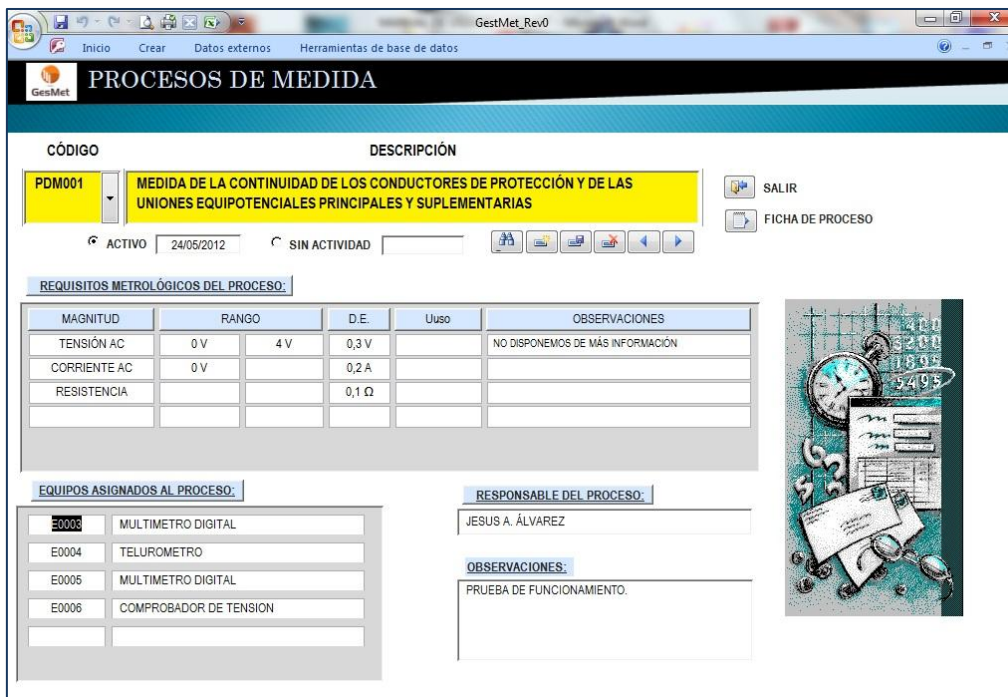


Figura 2

Para acceder a los mismos se pincha directamente (figura 2) sobre el acceso directo, en forma de hipervínculo, correspondiente al formulario al que queremos entrar.

3. PROCESOS DE MEDIDA

Al pinchar sobre el acceso directo correspondiente, "PROCESOS DE MEDIDA", se accede a un formulario desde el cual se puede visualizar (figura 3) el proceso de medida que deseamos, posteriormente, una vez seleccionado, se podrán agregar y modificar los datos correspondientes a este proceso de medida.





MAGNITUD	RANGO	D.E.	Uso	OBSERVACIONES
TENSIÓN AC	0 V 4 V	0,3 V		NO DISPONEMOS DE MÁS INFORMACIÓN
CORRIENTE AC	0 V	0,2 A		
RESISTENCIA		0,1 Ω		

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
E0003	MULTIMETRO DIGITAL
E0004	TELUROMETRO
E0005	MULTIMETRO DIGITAL
E0006	COMPROBADOR DE TENSION

Figura 3

Las operaciones que podemos realizar desde este formulario son:

- **Crear nuevo proceso de medida:** Permite introducir un nuevo proceso de medida en la base de datos, para ello pulsamos sobre el botón "Agregar nuevo registro"  y a continuación introducimos los datos correspondientes al proceso de medición: Descripción, requisitos metrológicos (RMC), responsable y si lo deseamos también disponemos de un cuadro de observaciones para cualquier anotación adicional que deseamos añadir. Los equipos asignados al proceso aparecerán de forma automática una vez se asigne el equipo de medida deseado al proceso, esta operación se realiza desde el formulario "Equipos de medida" (ver apartado 2, asignación de procesos de medida).
- **Buscar proceso de medida:** Para la búsqueda de un proceso de medida concreto la herramienta dispone de 3 opciones:

- Opción 1: en el caso de conocer el código asignado al proceso de medida que estamos buscando es suficiente con pulsar el botón "Buscar proceso"  la aplicación nos mostrará automáticamente los datos referentes al proceso de medida seleccionado.
- Opción 2: Podemos ir a una lista desplegable (figura 4) en la que aparecerán todos los procesos de medida existentes en la base de datos, seleccionamos el que nos interesa y automáticamente la aplicación nos presenta en el formulario la información referente al proceso de medida seleccionado.

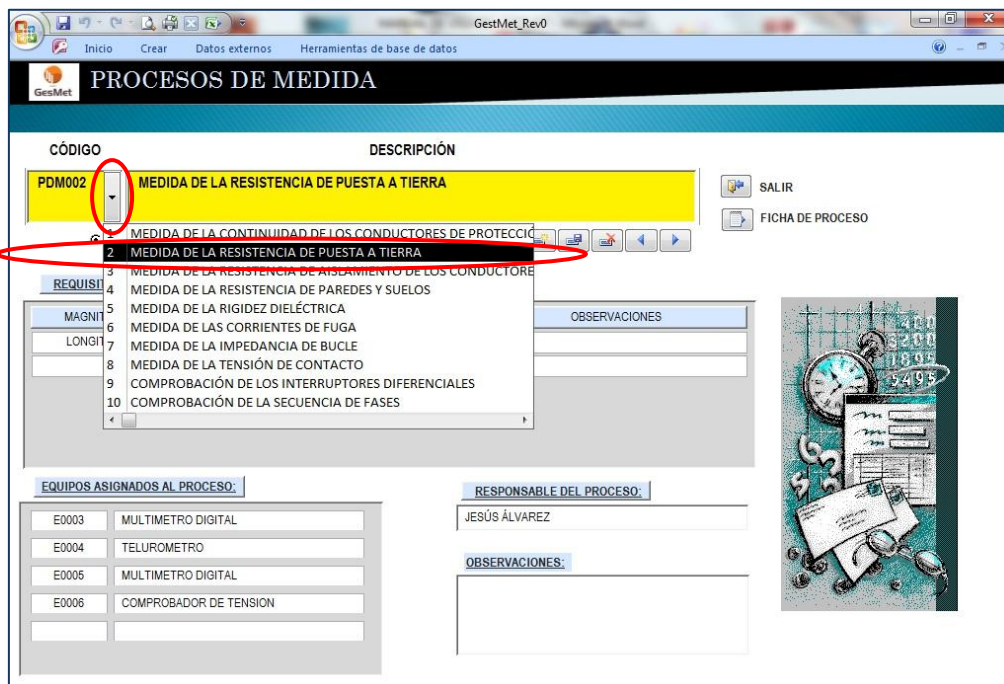





Figura 4

- Opción 3: Podemos utilizar los botones de desplazamiento   para movernos por los diferentes registros de la base de datos.
- Eliminar proceso de medida: Una vez seleccionado el proceso en el formulario se pulsa el botón "Eliminar registro" , antes de ser eliminado definitivamente el proceso de la base de datos nos saldrá una pantalla (figura 5) pidiéndonos la confirmación para eliminar definitivamente el registro seleccionado.

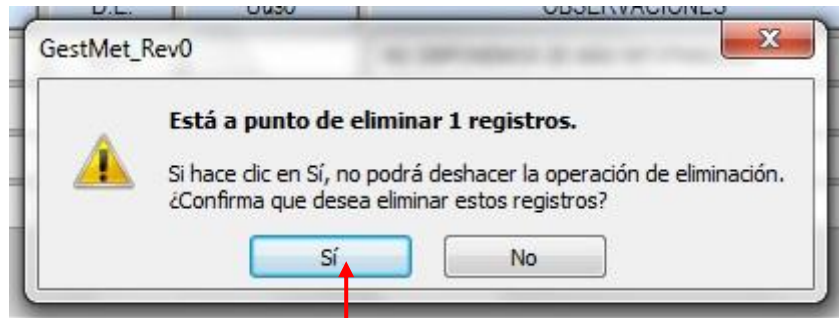




Figura 5

En este momento si le damos a "SI" eliminaremos definitivamente el registro y no habrá posibilidad de recuperación de datos (salvo acudir a la copia de seguridad).

- **Guardar datos proceso:** Para guardar los datos que vayamos introduciendo en la base de datos es conveniente pulsar el botón "Guardar registro"  a medida que vamos introduciendo datos, aunque la aplicación está pensada para que guarde automáticamente toda la información que se vaya registrando ella.
- **Imprimir ficha del proceso:** A través del botón "Ficha de equipo"  podemos visualizar en vista preliminar el informe (figura 6) correspondiente al proceso de medida seleccionado, esta acción nos permite imprimir la ficha del proceso si lo estimamos conveniente.



	FICHA DE PROCESO DE MEDICIÓN	<small>CÓDIGO FORMATO: CF-XXXXX</small> <small>Página 1 de 1</small>
<small>Fecha de impresión: 17-jun-12</small>		
<small>Elaborado por: Jefe de mantenimiento</small> <small>Alta de proceso: 24/05/2012</small>		
<small>CÓDIGO</small>	<small>DESCRIPCIÓN</small>	
PDM001	MEDIDA DE LA CONTINUIDAD DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN Y DE LAS UNIONES EQUIPOTENCIALES PRINCIPALES Y SUPLEMENTARIAS	
<small>MAGNITUD</small>	<small>Unidades</small>	<small>RANGO</small>
RESISTENCIA	Ω	-
CORRIENTE DC	A	0 - 20
TENSIÓN DC	V	0 - 24
<small>D.E.</small>	<small>Tolerancia</small>	<small>OBSERVACIONES</small>
0,1	> 0,1	CORRIENTE SUPERIOR A 0,2 A
< 12	< 12	TENSIÓN MENOR DE 12 V
<small>EQUIPOS DE MEDIDA ASIGNADOS:</small>		
E0007	MULTIMETRO DIGITAL	
E0008	ANALIZADOR DE REDES	
<small>OBSERVACIONES:</small> <small>Debe verificarse que los conductores no se hayan cortado durante el proceso de instalación y que las cañerías y cajas tengan continuidad eléctrica para su puesta a tierra.</small>		
Elaborado	V989	
<small>Jefe de mantenimiento</small> <small>Responsable del proceso</small>	<small>Responsable Función Metrología</small>	

Figura 6

Para imprimir el informe pulsamos sobre el botón "*imprimir*"  y para salir de la vista preliminar entramos en la cinta de opciones del desplegable "*vista preliminar*" (figura 7) y pulsamos sobre el botón "*cerrar vista preliminar*", al hacer esto volvemos de nuevo al formulario "*procesos de medida*".

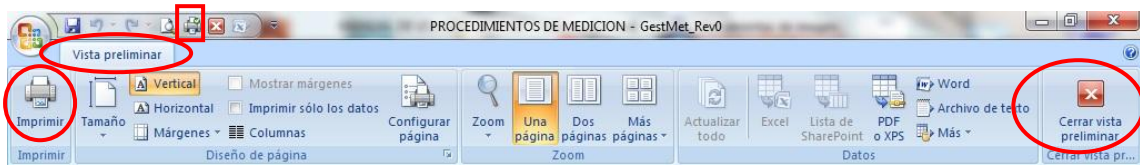

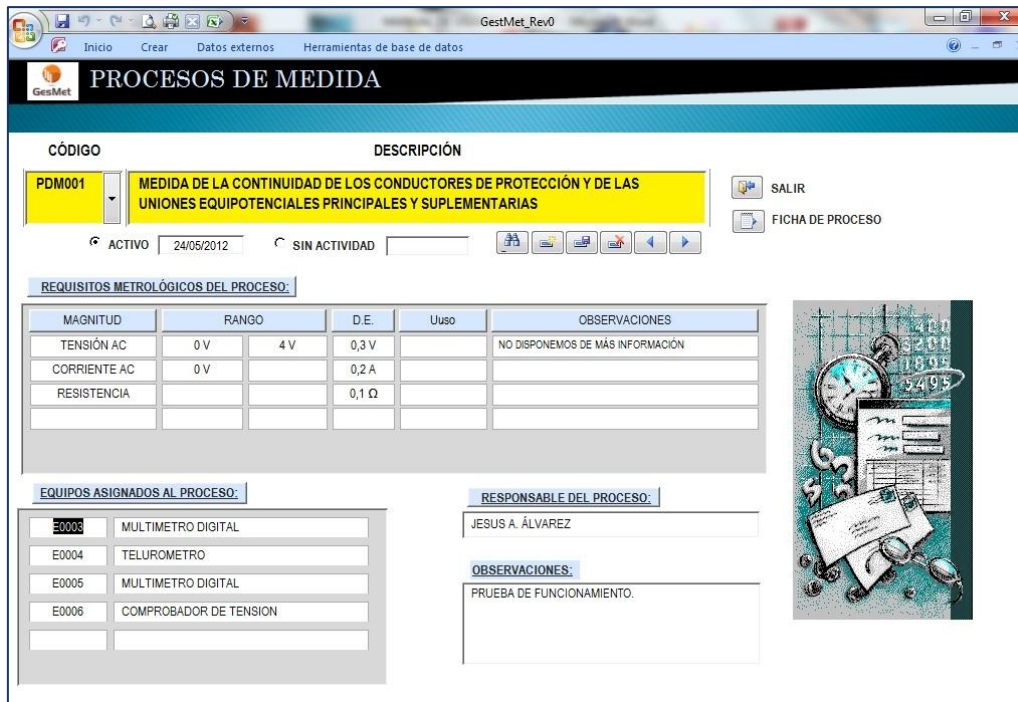


Figura 7

- **Salir** del formulario: para salir del formulario pulsamos sobre el botón "Salir"  que nos lleva de nuevo al "*Panel de control principal*".

4. EQUIPOS DE MEDIDA

Al pinchar sobre el acceso directo correspondiente, "EQUIPOS", se accede a un formulario desde el cual se puede visualizar (figura 8) el equipo de medida que deseamos ver, posteriormente, una vez seleccionado, se podrán agregar y modificar los datos correspondientes a este equipo de medida.



PROCESOS DE MEDIDA

CÓDIGO: PDM001 DESCRIPCIÓN: MEDIDA DE LA CONTINUIDAD DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN Y DE LAS UNIONES EQUIPOTENCIALES PRINCIPALES Y SUPLEMENTARIAS

ACTIVO 24/05/2012 SIN ACTIVIDAD

REQUISITOS METROLÓGICOS DEL PROCESO:

MAGNITUD	RANGO	D.E.	Uuso	OBSERVACIONES
TENSIÓN AC	0 V	4 V	0,3 V	NO DISPONEMOS DE MÁS INFORMACION
CORRIENTE AC	0 V		0,2 A	
RESISTENCIA			0,1 Ω	

EQUIPOS ASIGNADOS AL PROCESO:



- E0003: MULTIMETRO DIGITAL
- E0004: TELUROMETRO
- E0005: MULTIMETRO DIGITAL
- E0006: COMPROBADOR DE TENSION

RESPONSABLE DEL PROCESO: JESUS A. ÁLVAREZ

OBSERVACIONES: PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.

Figura 8




Las operaciones que podemos realizar desde este formulario son:

- **Crear nuevo equipo de medida:** Permite introducir un nuevo equipo de medida en la base de datos, para ello pulsamos sobre el botón "Agregar nuevo registro"  y a continuación introducimos los datos correspondientes al equipo: Descripción, requisitos metrológicos (RMC), responsable y si lo deseamos también disponemos de un cuadro de observaciones para cualquier anotación adicional que deseamos añadir.
- **Buscar equipo de medida:** Para la búsqueda de un proceso de medida concreto la herramienta dispone de 3 opciones:
 - **Opción 1:** en el caso de conocer el código asignado al equipo de medida que estamos buscando es suficiente con pulsar el botón "Buscar equipo" e introducir el código,  la aplicación nos mostrará automáticamente los datos referentes al equipo de medida seleccionado.

- Opción 2: Podemos ir a una lista desplegable (figura 9) en la que aparecerán todos los equipos de medida existentes en la base de datos, seleccionamos el que nos interesa y automáticamente la aplicación nos presenta en el formulario la información referente al equipo de medida seleccionado.



Figura 9

- Opción 3: Podemos utilizar los botones de desplazamiento   para movernos por los diferentes registros de la base de datos.
- **Eliminar** equipo de medida: Una vez seleccionado el equipo en el formulario se pulsa el botón "Eliminar registro" , antes de ser eliminado el equipo definitivamente de la base de datos nos saldrá una pantalla (figura 10) pidiéndonos confirmación para eliminar definitivamente el registro seleccionado.

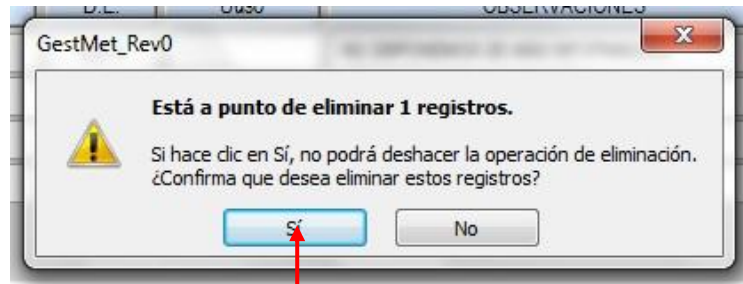


Figura 10

En este momento si le damos a "SI" eliminaremos definitivamente el registro y no habrá posibilidad de recuperación de datos (salvo acudir a la copia de seguridad).

- **Asignación de procesos de medida:** Desde el formulario se puede asignar el equipo a los distintos procesos de medida en los que se utilizará, también podemos eliminar el equipo del proceso para el que está asignado si lo estimásemos conveniente.
 - **Asignación:** para ello pinchamos sobre el desplegable (figura 9) situado a la izquierda del formulario y seleccionamos el proceso de medida que nos interesa, una vez hecho esto nos quedara ligado el equipo al proceso seleccionado de forma automática.
 - **Eliminación:** para ello nos colocamos sobre el proceso que queremos eliminar (figura 11) y presionamos la tecla "supr" (suprimir), al hacer esto el proceso desaparece del formulario y automáticamente quedará desligado del proceso de medida que hemos eliminado.

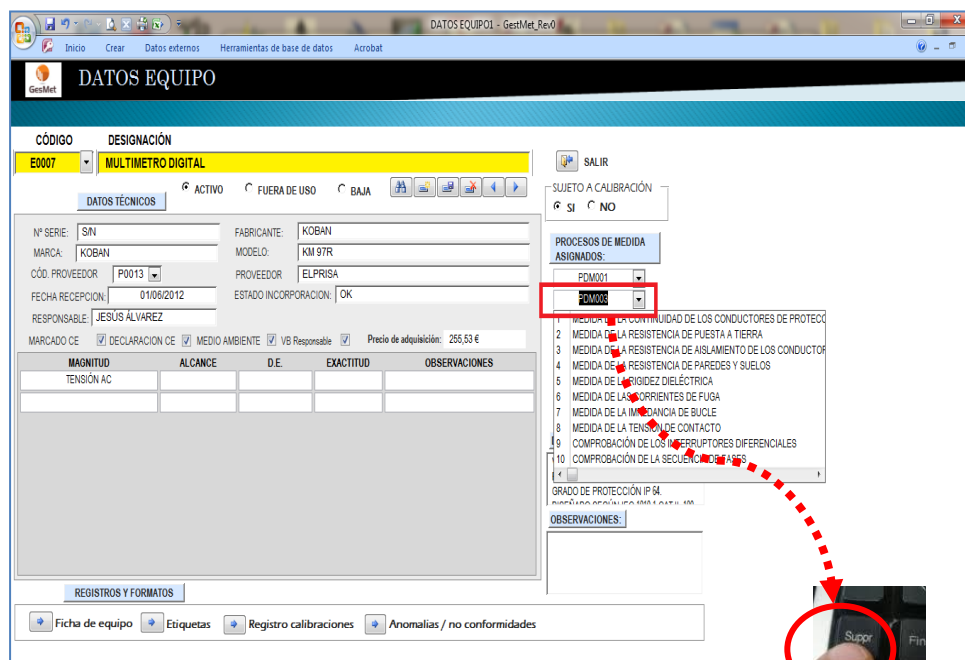



Figura 11

- **Guardar datos equipo:** Para guardar los datos que vayamos introduciendo en la base de datos es conveniente pulsar el botón "Guardar registro"  a medida que vamos introduciendo datos, aunque la aplicación está pensada para que guarde automáticamente toda la información que se vaya registrando ella.
- **Registros y formatos:** En esta parte del formulario disponemos de una serie de botones de acceso directo (figura 12) que nos permiten entrar en los siguientes registros:

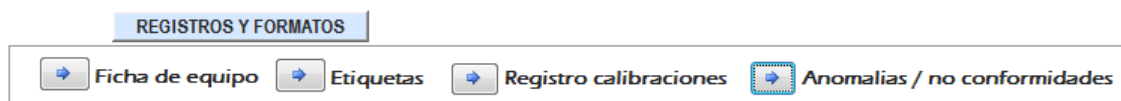



Figura 12

- **Ficha de equipo:** nos presenta el informe "ficha de equipo" en vista preliminar (figura 13) correspondiente al equipo de medida seleccionado, esta acción nos permite imprimir la ficha de equipo si lo estimamos conveniente.

GesMet		FICHA DE EQUIPO		CÓDIGO FORMATO: CF-XXXXX	
				Página 1 de 1	
CÓDIGO DE EQUIPO: E0008					
Nombre del equipo: ANALIZADOR DE REDES					
Descripción del equipo:					
FABRICANTE: METREL					
Nº DE SERIE:		MODELO: KMI 2292			
DATOS METROLÓGICOS					
MAGNITUD	Unidades	ALCANCE	D.E.	Uso	
TENSIÓN AC		0 - 500		±	
INTENSIDAD AC		0 - 20		±	
FRECUENCIA		Pros. 50 Hz y 450 Hz		±	
RESISTENCIA AISLAMIENTO				±	
CONTINUIDAD				±	
RESISTENCIA DE TIERRA				±	
IMPEDANCIA DE LÍNEA				±	
IMPEDANCIA DE BUCLE				±	
SALTO DIFERENCIALES (INTENSIDAD)				±	
SALTO DIFERENCIALES (TIEMPO)				±	
FECHA: 01/06/2012					
VºBº:					
JESÚS ÁLVAREZ Responsable del Equipo					

Figura 13

Para imprimir el informe pulsamos sobre el botón "imprimir"  y para salir de la vista preliminar entramos en la cinta de opciones del desplegable "vista preliminar" (figura 14) y pulsamos sobre el botón "cerrar vista preliminar", al hacer esto volvemos de nuevo al formulario "Equipos".

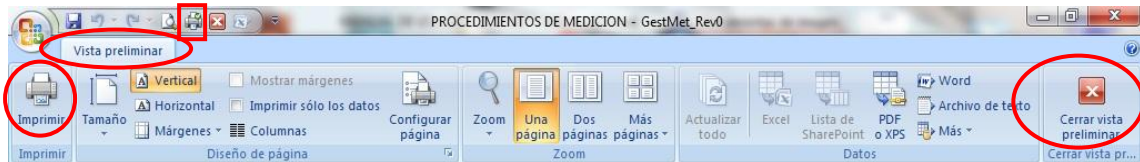


Figura 14

- **Etiquetas:** nos lleva a un formulario (figura 15) desde donde podemos imprimir, según corresponda, las etiquetas identificativas del equipo seleccionado.

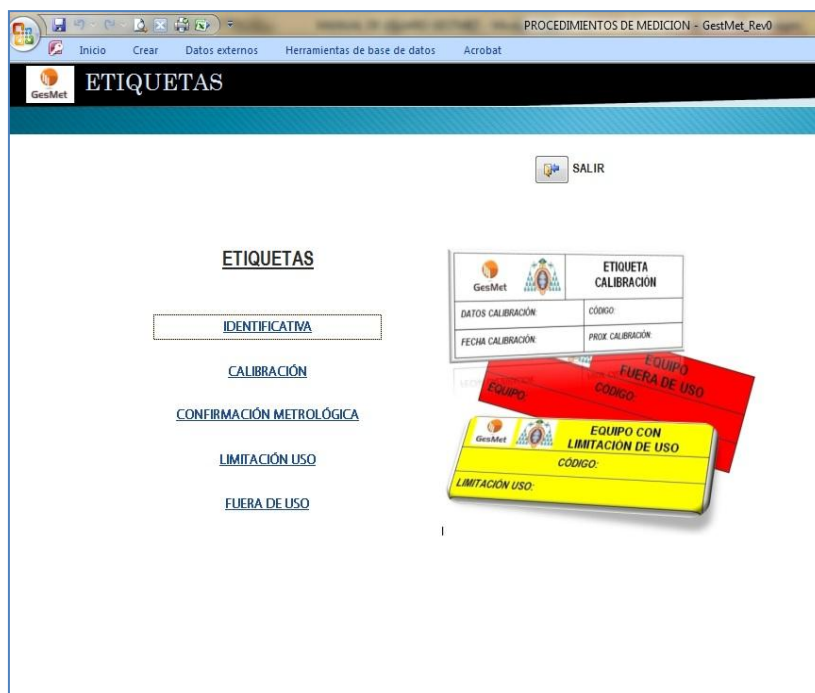


Figura 15

- **Anomalías/no conformidades:** Desde este formulario (figura 16) podremos gestionar todas aquellas anomalías, incidencias, no conformidades y otras actuaciones que afecten al equipo seleccionado en ese momento.



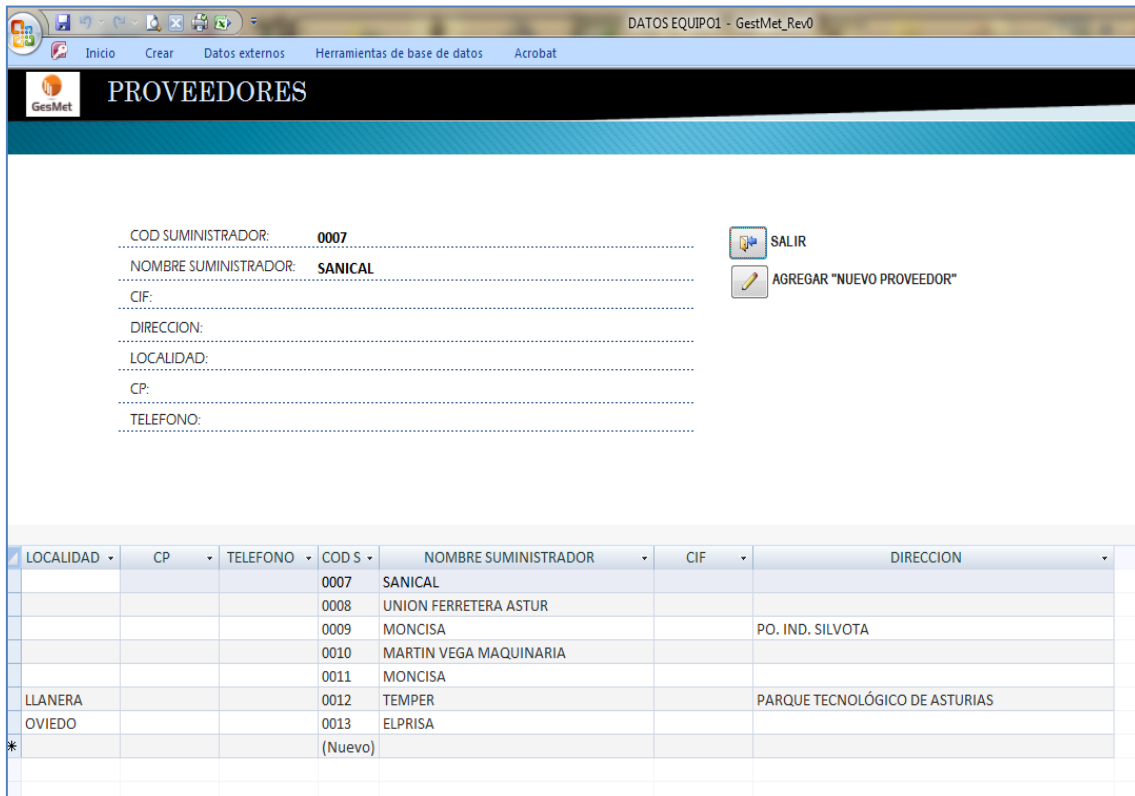


Figura 16

- **Salir** del formulario: para salir del formulario pulsamos sobre el botón "Salir"  que nos lleva de nuevo al "Panel de control principal".

5. PROVEEDORES

Al pinchar sobre el acceso directo correspondiente, "PROVEEDORES", se accede a un formulario desde el cual se pueden visualizar (figura 17) los datos del proveedor que deseamos consultar, posteriormente, una vez seleccionado, se podrán agregar y modificar los datos correspondientes a este proveedor o crear un nuevo proveedor.



The screenshot shows a web browser window with the title 'DATOS EQUIPO1 - GestMet_Rev0'. The page header includes 'Inicio', 'Crear', 'Datos externos', 'Herramientas de base de datos', and 'Acrobat'. The main content area is titled 'PROVEEDORES' and contains a form with the following fields:

- COD SUMINISTRADOR: 0007
- NOMBRE SUMINISTRADOR: SANICAL
- CIF:
- DIRECCION:
- LOCALIDAD:
- CP:
- TELEFONO:

On the right side of the form, there are two buttons: 'SALIR' (with a door icon) and 'AGREGAR "NUEVO PROVEEDOR"' (with a pencil icon).


Below the form is a table with the following columns: LOCALIDAD, CP, TELEFONO, COD S, NOMBRE SUMINISTRADOR, CIF, and DIRECCION. The table contains the following data:

LOCALIDAD	CP	TELEFONO	COD S	NOMBRE SUMINISTRADOR	CIF	DIRECCION
			0007	SANICAL		
			0008	UNION FERRETERA ASTUR		
			0009	MONCISA		PO. IND. SILVOTA
			0010	MARTIN VEGA MAQUINARIA		
			0011	MONCISA		
LLANERA			0012	TEMPER		PARQUE TECNOLÓGICO DE ASTURIAS
OVIEDO			0013	ELPRISA		
*			(Nuevo)			

Figura 17

Este formulario tiene como único fin el definir y documentar a los proveedores externos que han sido evaluados y seleccionados por la función metrológica, basándose en su capacidad para cumplir con los criterios de selección establecidos para asegurar que los servicios y productos suministrados son coherentes con las necesidades y especificaciones del sistema de gestión de las mediciones.

Las operaciones que podemos realizar desde este formulario son:

- **Agregar proveedor:** Permite introducir un nuevo proveedor en la base de datos, para ello pulsamos sobre el botón "Agregar nuevo proveedor"  y a continuación introducimos los datos correspondientes.

- **Seleccionar un proveedor:** vamos a la tabla (figura 18) situada en la parte inferior del formulario y pinchamos sobre la celda correspondiente al proveedor que queremos seleccionar. Vemos que en la parte superior del formulario nos aparecen los datos referentes al proveedor seleccionado (figura 18), una vez hecho esto el usuario podrá modificar los datos que se estime oportunos.

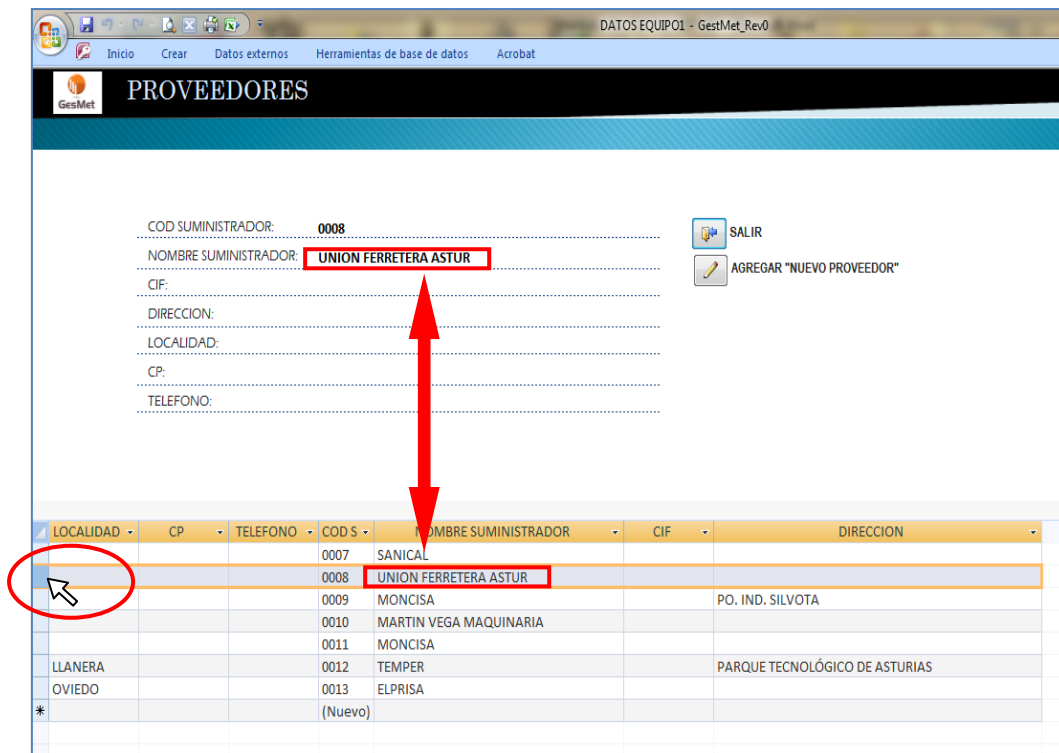



Figura 18

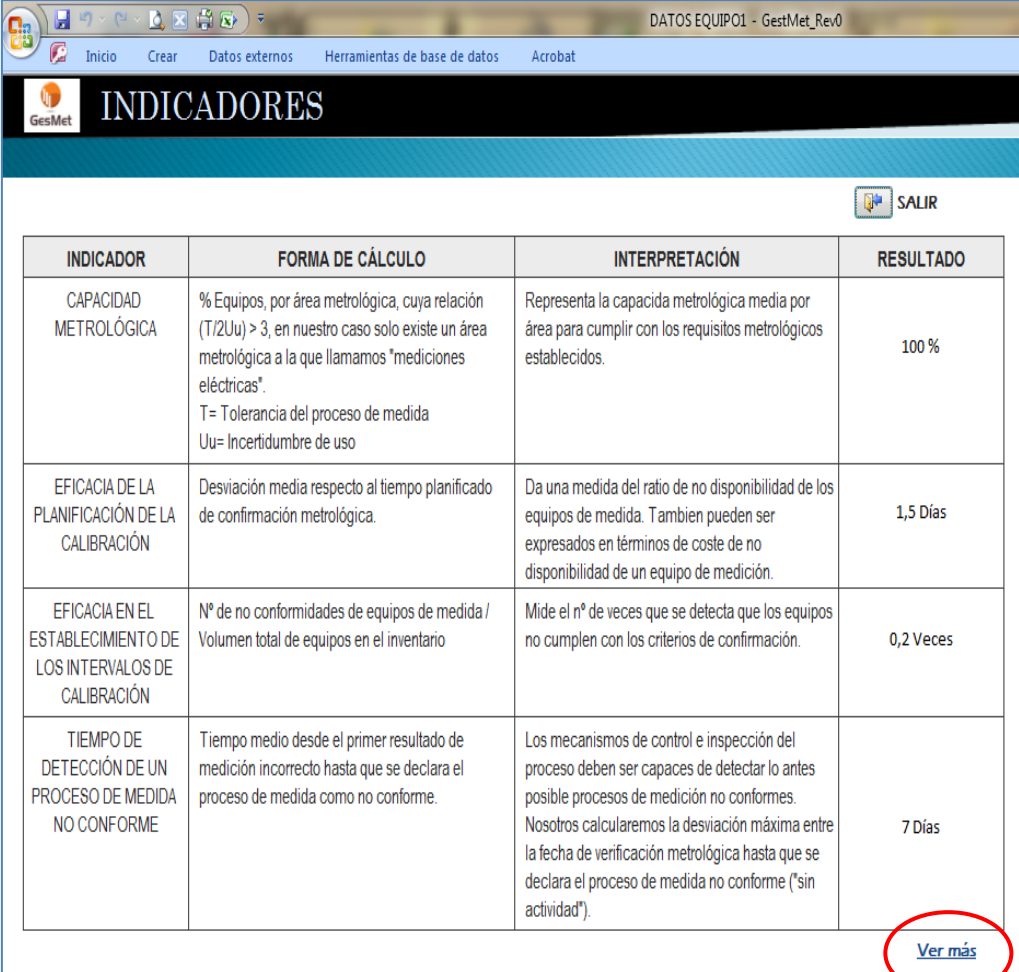
- **Eliminar el proveedor:** Seguimos los mismos paso que en el apartado anterior (figura 18), es decir seleccionamos el proveedor y una vez lo hemos seleccionado pulsamos suprimir.



- **Guardar datos proveedor:** Los información se guarda de forma automática a medida que vamos introduciendo datos, la aplicación está pensada para que guarde automáticamente toda la información que se vaya introduciendo en ella.
- **Salir del formulario:** para salir del formulario pulsamos sobre el botón "Salir"  que nos lleva de nuevo al "Panel de control principal".

6. INDICADORES

Al pinchar sobre el acceso directo correspondiente, "INDICADORES", se accede a un formulario desde el cual se pueden visualizar (figuras 19 y 20) una serie de indicadores tales como: "Capacidad Metrológica", "Eficacia de la Planificación de la Calibración", "Estado de los Equipos", "Estado de los Procesos de Medida",



INDICADOR	FORMA DE CÁLCULO	INTERPRETACIÓN	RESULTADO
CAPACIDAD METROLÓGICA	% Equipos, por área metrológica, cuya relación $(T/2Uu) > 3$, en nuestro caso solo existe un área metrológica a la que llamamos "mediciones eléctricas". T= Tolerancia del proceso de medida Uu= Incertidumbre de uso	Representa la capacidad metrológica media por área para cumplir con los requisitos metrológicos establecidos.	100 %
EFICACIA DE LA PLANIFICACIÓN DE LA CALIBRACIÓN	Desviación media respecto al tiempo planificado de confirmación metrológica.	Da una medida del ratio de no disponibilidad de los equipos de medida. También pueden ser expresados en términos de coste de no disponibilidad de un equipo de medición.	1,5 Días
EFICACIA EN EL ESTABLECIMIENTO DE LOS INTERVALOS DE CALIBRACIÓN	Nº de no conformidades de equipos de medida / Volumen total de equipos en el inventario	Mide el nº de veces que se detecta que los equipos no cumplen con los criterios de confirmación.	0,2 Veces
TIEMPO DE DETECCIÓN DE UN PROCESO DE MEDIDA NO CONFORME	Tiempo medio desde el primer resultado de medición incorrecto hasta que se declara el proceso de medida como no conforme.	Los mecanismos de control e inspección del proceso deben ser capaces de detectar lo antes posible procesos de medición no conformes. Nosotros calcularemos la desviación máxima entre la fecha de verificación metrológica hasta que se declara el proceso de medida no conforme ("sin actividad").	7 Días

[Ver más](#)

Figura 19

Si pinchamos en "Ver más" nos aparece el formulario de la figura 20...

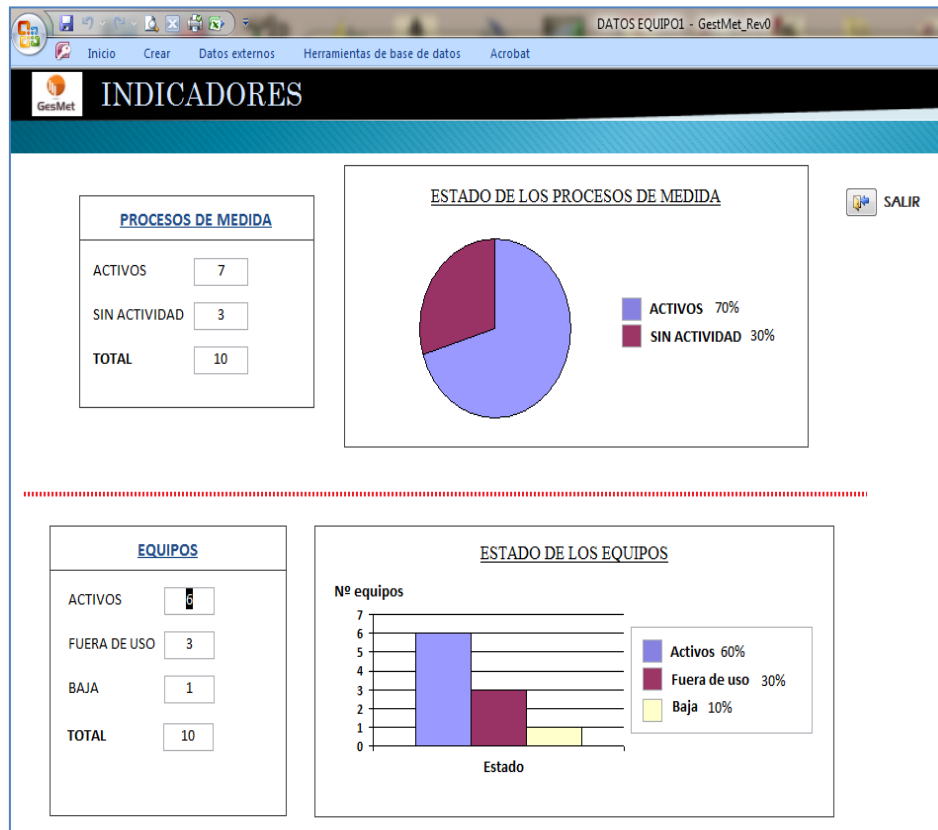



Figura 20

En el formulario también se pueden añadir otros indicadores que a propuesta de la función metrológica crea necesario incluir para el seguimiento y medición de los procesos del sistema de gestión de las mediciones y conocer en qué proporción se están cumpliendo los resultados planificados, pudiendo de esta manera identificar posibles acciones de mejora sobre los mismos.

Para **salir** del formulario pulsamos sobre el botón "Salir"  que nos lleva de nuevo al formulario *"Panel de control principal"*.

7. CONSULTAS

Al pinchar sobre el acceso directo correspondiente, "CONSULTAS", se accede a un formulario desde el cual se pueden visualizar (figura 21), al pinchar sobre el acceso directo correspondiente, una serie de informes tales como: "Listado de Equipos (inventario)", "Próximias Calibraciones", "Coste Calibraciones";... en algunas de ellas es preciso que el usuario utilice el "*Selector de Fechas*" ya que el filtro se realiza utilizando el rango de fechas seleccionadas.

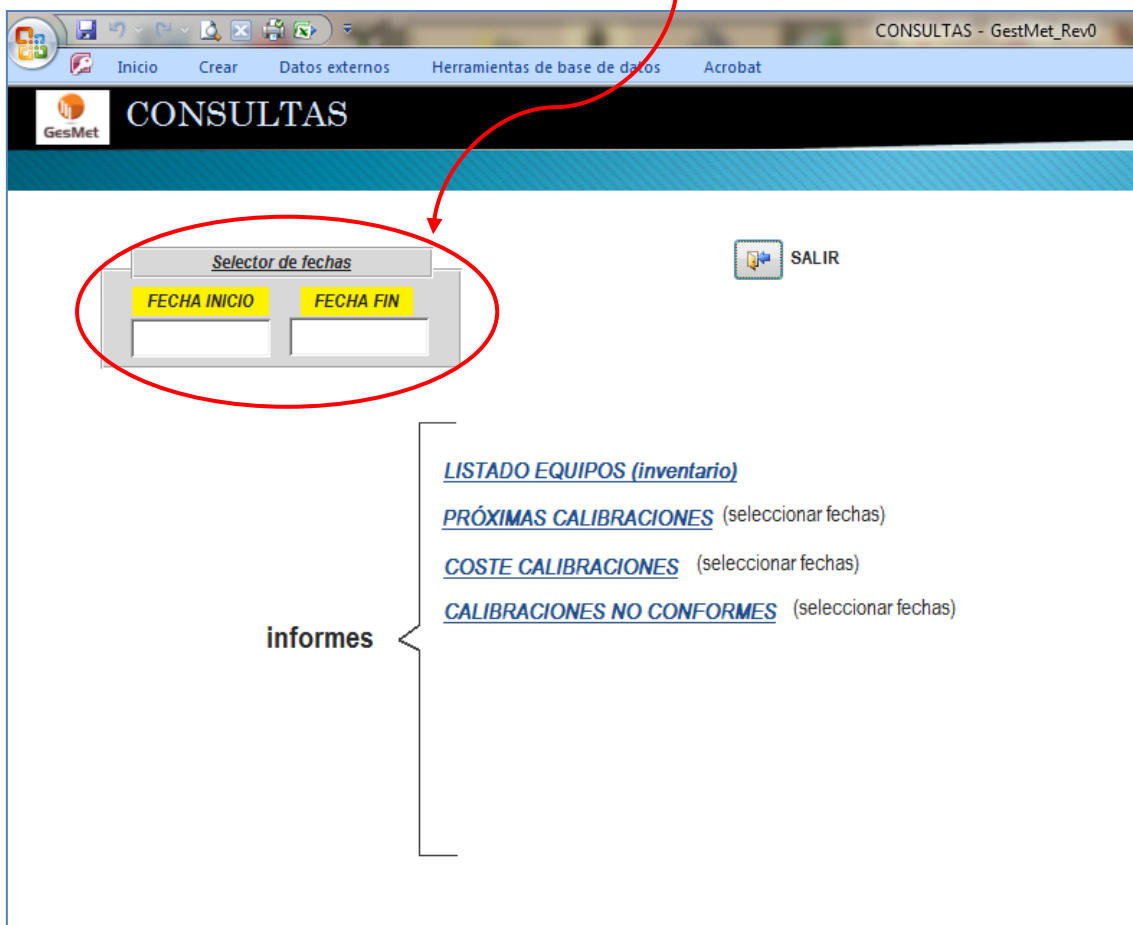



Figura 21

La aplicación está abierta y nos permite la posibilidad de que se pueden crear otras consultas, que a propuesta de la función metrológica crea necesario incluir en el formulario para la planificación y control del sistema de gestión de las mediciones.

Para **salir** del formulario pulsamos sobre el botón "Salir"  que nos lleva de nuevo al formulario "*Panel de control principal*".

Ejemplo informe consulta "Listado Equipos (inventario)":



 		LISTADO EQUIPOS - INVENTARIO (ACTIVOS FIJOS)		CÓDIGO FORMATO: CF-XXXXX
				Página 1 de 1
CÓDIGO	DESIGNACIÓN	Estado	Precio de adquisición	
E0007	MULTIMETRO DIGITAL	LIMITACIÓN DE USO	255,53 €	
E0008	ANALIZADOR DE REDES	ACTIVO	4.343,98 €	
E0009	MEDIDOR DE RESISTENCIA A TIERRA Y RESISTIVIDAD	LIMITACIÓN DE USO	936,94 €	
E0010	MEDIDOR DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y CONDUCTI	ACTIVO	681,41 €	
E0011	COMPROBADOR DE DIFERENCIALES, BUCLE, LÍNEA Y COR	FUERA DE USO	789,30 €	
E0012	LUXÓMETRO DIGITAL	ACTIVO	205,86 €	
E0013	DETECTOR DE TENSIÓN Y CONTINUIDAD.	ACTIVO	28,39 €	
E0014	ELECTRODO DE AISLAMIENTO PARA SUELOS NO CONDUCT	ACTIVO	49,13 €	
E0015	COMPROBADOR DEL VIGILANTE DE AISLAMIENTO DE QUIR	ACTIVO	179,72 €	
E0016	PINZA AMPERIMÉTRICA	ACTIVO		
		TOTAL:	9 Equipos	7.470,26 €

Figura 22

Ejemplo informe consulta "Próximas Calibraciones":



 		LISTADO EQUIPOS PRÓXIMAS CALIBRACIONES <i>Entre el 01/05/2012 y el 01/06/2013</i>		CÓDIGO FORMATO: CF-X000X Página 1 de 1	
CÓDIGO	DESIGNACIÓN	PRÓX. GAL.	LABORATORIO*	IMPORTE*	
E0007	MULTIMETRO DIGITAL	03/07/2012	ITMA	100,00 €	
E0007	MULTIMETRO DIGITAL	10/07/2012	LCOE	142,49 €	
* Datos de la última calibración.					
				TOTAL: 2 Equipos (242,49 €)	

Figura 23

Ejemplo informe consulta "Coste Calibraciones":



 		LISTADO EQUIPOS COSTE CALIBRACIONES Entre el <u>01/05/2012</u> y el <u>01/06/2013</u>		CÓDIGO FORMATO: CF-XXXXX
			Página 1 de 1	
CÓDIGO	DESIGNACIÓN	LABORATORIO	IMPORTE	
E0007	MULTIMETRO DIGITAL	ITMA	100,00 €	
E0007	MULTIMETRO DIGITAL	LCOE	142,49 €	
			TOTAL:	242,49 €

Figura 24

Ejemplo informe consulta "Calibraciones No Conformes":



 		LISTADO EQUIPOS CALIBRACIONES NO CONFORMES Entre el <u>01/05/2012</u> y el <u>01/06/2013</u>		CÓDIGO FORMATO: CF-XXXXX
			Página 1 de 1	
CÓDIGO	DESIGNACIÓN	CALIBRACIÓN	MAGNITUD	ESTADO
E007	MULTIMETRO DIGITAL	04/06/2012	RESISTENCIA	LIMITACIÓN DE USO
E007	MULTIMETRO DIGITAL	01/06/2012	CORRIENTE AC	LIMITACIÓN DE USO
TOTAL:				2 Equipos

Figura 25

8. UNIDADES DE MEDIDA

Al pinchar sobre el acceso directo correspondiente, "UNIDADES DE MEDIDA", se despliega un formulario (figura 26) desde el cual se pueden visualizar todas las unidades de medida existentes en la base de datos. Desde este formulario el usuario podrá añadir otras unidades que necesitara y no estuvieran definidas en la base de datos, la única condición para ello es que no se repita el símbolo de la unidad de medida.






NOMBRE	SIMBOLO
AMPERIO	A
KILOAMPERIO	KA
KILOVOLTIO	KV
INTENSIDAD LUMINOSA	Lux
MEGAOHMIO	MΩ
VOLTIO	V
OHMIO	Ω
*	

Figura 26

Los menús desplegables del resto de formularios se alimentan de esta base de datos, por lo que no se podrán visualizar unidades de medida que no se hayan creado previamente desde este formulario.

Las operaciones que podemos realizar desde este formulario son:

- **Agregar una nueva unidad de medida:** Permite introducir una nueva unidad de medida en la base de datos, para ello pulsamos sobre el botón "nueva unidad de medida"  y a continuación introducimos los datos correspondientes.
- **Eliminar una unidad de medida:** Seleccionamos la unidad de medida que queremos eliminar y pulsamos el botón "eliminar" .
- **Guardar datos proveedor:** Los información se guarda de forma automática a medida que vamos introduciendo datos, la aplicación está pensada para que guarde automáticamente toda la información que se vaya introduciendo en ella.

- **Salir** del formulario: para salir del formulario pulsamos sobre el botón "Salir"  que nos lleva de nuevo al "*Panel de control principal*".

Para cualquier aclaración o dificultad que pueda surgir durante la utilización de la herramienta rogamos nos lo hagan saber a través del correo:
chuscueva@hotmail.com