

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Ing. Sist. de Telecom., Sonido e Imagen

---



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

**“IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA UNE-  
EN ISO/IEC 17025: 2017 PARA LA  
ACREDITACIÓN EN ISO DE UN  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN EN EL  
ÁREA DE ENERGÍA CC Y BAJA  
FRECUENCIA PARA LA EMPRESA  
DISTRON S.L.”**

*TRABAJO FINAL DE GRADO*

Autor/a:

**Carles Ciscar Agustí**

Tutor/a Académico:

**José Pelegrí Sebastiá**

Cotutor/a:

**Marco Martínez García**

*GANDIA, Septiembre 2021*

Implementación de la Norma UNE-ENISO/IEC 17025: 2017 para la acreditación en ISO de un laboratorio de calibración en el área de energía CC y baja frecuencia para la empresa DISTRON S.L.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

## **RESUMEN**

El propósito de este TFG consiste en el desarrollo de un laboratorio de calibración desde cero, para ello se ha tenido que implantar un sistema de gestión adaptado según los requisitos de la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017. A lo largo del proyecto se explica cómo está compuesto el sistema de gestión del laboratorio de calibración, en él se ha implementado el Manual de la Calidad, Procedimientos y Registros necesarios para cumplir con los requisitos de la Norma.

## **PALABRAS CLAVE**

Calibración, ISO 17025, Incertidumbre, Laboratorio, Trazabilidad.

## **ABSTRACT**

The purpose of this TFG consists of the development of a calibration laboratory from scratch, for which it has had to implement a management system adapted according to the requirements of the UNE-EN ISO / IEC 17025: 2017 Standard. Throughout the project, it is explained how the management system of the calibration laboratory is composed, in it the Quality Manual, Procedures and Records necessary to comply with the requirements of the Standard have been implemented.

## **KEYWORDS**

Calibration, ISO 17025, Uncertainty, Laboratory, Traceability.

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	2
Palabras clave .....	2
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>Keywords</b> .....	2
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>CAPÍTULO 1. PARTE TEÓRICA. DESARROLLO DE LA MEMORIA</b> .....	6
<b>1.1 ADAPTACIÓN DE LA NORMA ISO/IEC 17025 AL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN</b> .....	7
<b>1.1.1 NORMA ISO/IEC 17025</b> .....	7
<b>1.1.2 DIAGRAMA DE LOS PROCEDIMIENTOS CON SUS FORMULARIOS Y REGISTROS</b> .....	8
<b>1.2 DESARROLLO DEL MANUAL DE CALIDAD</b> .....	10
<b>CAPÍTULO 2. PARTE PRÁCTICA. Ejemplo de una calibración de una pinza amperimétrica</b> .....	17
1.1 Descripción de los programas utilizados para la calibración .....	18
1.2 Diagrama de flujo de una calibración .....	19
1.3 Desarrollo de la práctica .....	20
1.3.1 Cálculo de incertidumbres .....	22
1.3.2 Calibración de la pinza amperimétrica .....	23
1.3.3 Certificado de calibración .....	37
1.3.4 Documentos cumplimentados para la realización de la calibración.....	39
<b>CONCLUSIONES</b> .....	45
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	46
<b>ANEXO</b> .....	48

## Tabla de Figuras

Figura 1. Equipo calibrador y estación base.....	21
Figura 2. Pinza Amperimétrica FLUKE 353.....	22
Figura 3. Interfaz del programa EA015.....	23
Figura 4. Interfaz del programa ProCal. ....	24
Figura 5. Selección del tipo de calibración. ....	24
Figura 6. Pantalla para introducir el nombre del fabricante del equipo a calibrar.....	25
Figura 7. Lista de los equipos de Fluke registrados en el programa. ....	25
Figura 8. Trazabilidad de los equipos calibradores e incertidumbre aplicada. ....	26
Figura 9. Información relativa a la calibración. ....	27
Figura 10. Selección del tipo de lectura.....	27
Figura 11. Bloqueo de pantalla.....	28
Figura 12. Bloqueo de la pantalla en la pinza amperimétrica.....	28
Figura 13. Rangos y corrientes aplicables a la calibración.....	29
Figura 14. Aplicaciones en cascada ProCal y EA015 para mejor visualización.....	30
Figura 15. Colocación de la pinza amperimétrica en la bobina x10. ....	30
Figura 16. Aplicación de 1000A DC en la bobina x50. ....	31
Figura 17. Colocación de la pinza amperimétrica en la bobina x50. ....	31
Figura 18. aplicación de 20A AC en la bobina x10.....	32
Figura 19. Resultados de la calibración.....	33
Figura 20. Introducción de posibles comentarios en el certificado de calibración.....	34
Figura 21. Comentarios más específicos de la calibración realizada.....	34
Figura 22. Selección del estado de la calibración realizada. ....	35
Figura 23. Ejemplo de fallo en calibración.....	35
Figura 24. Generador de número de certificado de calibración.....	36

## INTRODUCCIÓN

DISTRON S.L. es una empresa que se dedica a la comercialización de componentes, equipos electrónicos y equipos informáticos (bien de marcas comerciales o bien ensamblados en la empresa). También presta servicios de mantenimiento informático, mantenimiento y calibración de sensores de gas y oxígeno. Además, se tiene el asesoramiento más técnico para definir bien las necesidades del cliente/a, así como la atención al servicio posventa correspondiente y la gestión de reparaciones, pasando todo esto por el proceso de distribución propiamente dicho.

Además de todos los servicios nombrados, la empresa consideraba necesario la ampliación de sus servicios, por lo que decidió desarrollar el servicio de Laboratorio de Calibración de Equipos de Electricidad CC y Baja Frecuencia. La mejora de este servicio es lo que justifica el desarrollo de este proyecto.

La necesidad en la ampliación de este servicio viene como ya he dicho por ofrecer otro servicio más en la empresa, el cual da más valor al servicio de venta y postventa. Lo que genera una mayor confianza en sus clientes.

Este servicio de calibración de equipos da un mayor prestigio a la empresa y, por tanto, para ella era necesaria su creación ya que anteriormente DISTRON S.L. subcontractaba dicho servicio a otras empresas lo que suponía alargar en el tiempo la entrega del equipo al cliente y un mayor coste.

La implementación del laboratorio de calibración en la empresa DISTRON S.L. se ha ceñido a los requisitos establecidos en la Norma ISO/IEC 17025 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, a partir de la cual se ha desarrollado un Manual y Política de Calidad, Procedimientos, Formularios y Registros necesarios para su cumplimiento.

Por tanto, este proyecto se dividió en dos partes principales:

- La primera, consiste en el desarrollo de los documentos (Manual y Política de Calidad, Procedimientos, Formularios y Registros) necesarios para la creación del laboratorio de calibración.
- La segunda, se encuentra la calibración real de una pinza amperimétrica.

# **CAPÍTULO 1. PARTE TEÓRICA. DESARROLLO DE LA MEMORIA**

## **1.1 ADAPTACIÓN DE LA NORMA ISO/IEC 17025 AL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

El objetivo principal de este proyecto es la adaptación de la Norma ISO/IEC 17025 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración (de ahora en adelante Norma ISO/IEC 17025) para la implementación del laboratorio de calibración en la empresa DISTRON S.L., por tanto, en nuestro caso solo nos ceñiremos al apartado de calibración de dicha norma.

Para ello, en primer lugar, se ha realizado una lectura exhaustiva de dicha norma, a partir de la cual hemos realizado la implementación de un Manual de Calidad, Procedimientos, Formulario y Registros tal y como nos exige la norma.

### **1.1.1 NORMA ISO/IEC 17025**

Este documento tiene el objetivo de promover la confianza en la operación de los laboratorios, este documento contiene requisitos que permiten a los laboratorios demostrar que operan de forma competente y que tienen la capacidad de generar resultados válidos. Los laboratorios que cumplen con este documento también operaran en general de acuerdo con los principios de la Norma ISO 9001. <sup>[1]</sup>

Esta norma requiere que el laboratorio planifique e implemente acciones para abordar los riesgos y las oportunidades. Al abordar los riesgos y las oportunidades se establece una base para incrementar la eficiencia del sistema de gestión, lograr mejores resultados y prevenir efectos negativos. El laboratorio es responsable de decidir qué riesgo y oportunidades es necesario abordar. <sup>[1]</sup>

Esta norma facilitará la cooperación entre los laboratorios y otros organismos, y ayudará al intercambio de información y experiencia, así como también a la armonización de normas y procedimientos. La aceptación de resultados entre países se facilita si los laboratorios cumplen con el presente documento. <sup>[1]</sup>

---

<sup>[1]</sup> Norma ISO/IEC 17025: 2017 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

Como bien nos dice la Norma ISO/IEC 17025 el desarrollo de ésta garantiza la confianza en la operación de los laboratorios demostrando que éstos son competentes y generan resultados validos, por tanto, con la aplicación de esta, el laboratorio de calibración de Distron S.L. también lo será.

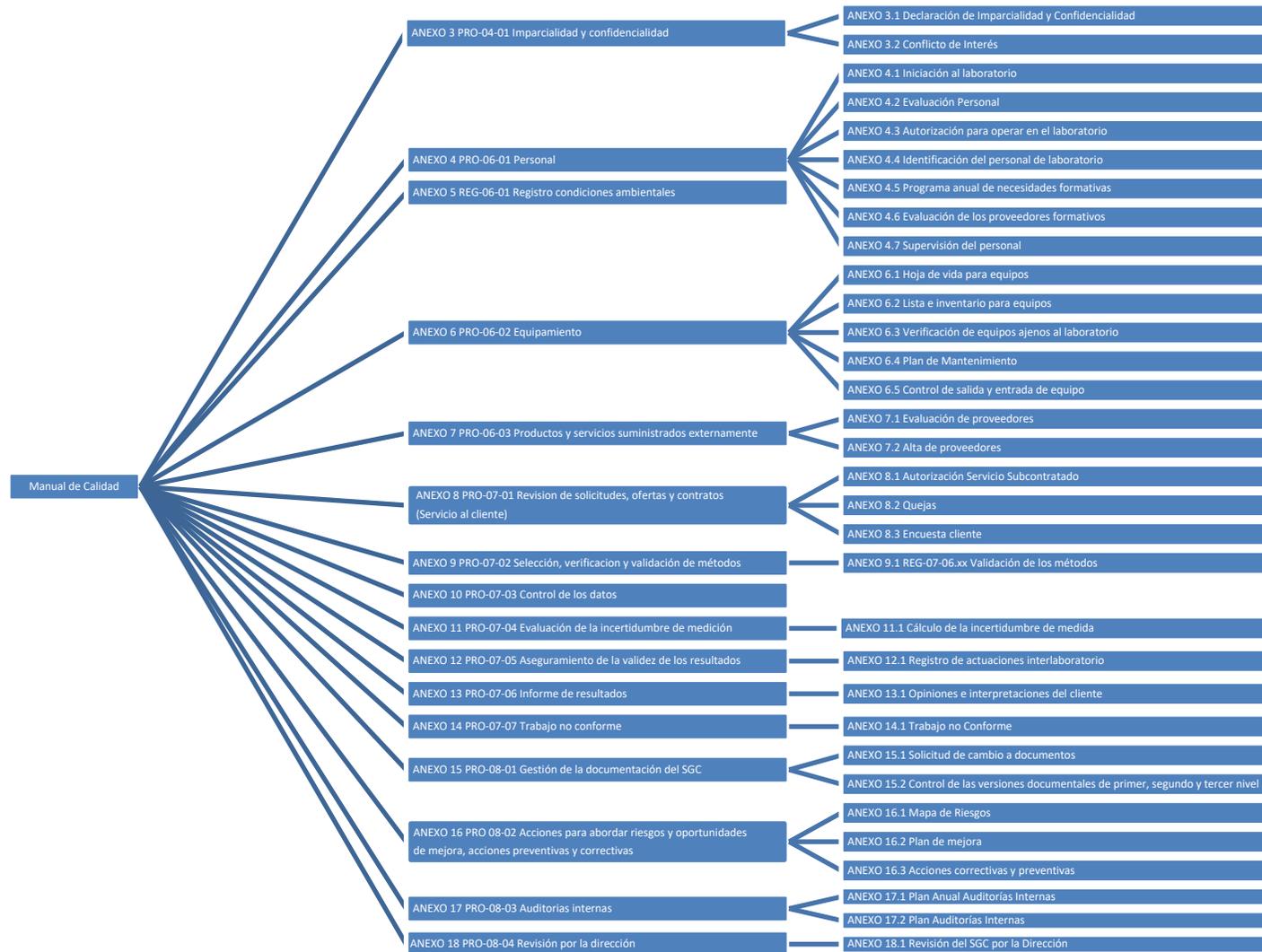
Para garantizar que nuestro laboratorio demuestra dicha competencia, hemos realizado la adaptación de dicha norma en un Manual de Calidad, el cual nos servirá para generar los procedimiento, formularios y registros necesario para el correcto funcionamiento del laboratorio de calibración.

En primer lugar, como ya se ha comentado, hemos realizado una lectura detallada de dicha norma, a partir de la cual hemos elaborado el **Manual de Calidad** ([Anexo 1](#)) que seguirá el servicio de calibración de nuestra empresa.

A continuación, vamos a desarrollar punto por punto el trabajo realizado a partir de la Norma ISO/IEC 17025.

### **1.1.2 DIAGRAMA DE LOS PROCEDIMIENTOS CON SUS FORMULARIOS Y REGISTROS**

Implementación de la Norma UNE-ENISO/IEC 17025: 2017 para la acreditación en ISO de un laboratorio de calibración en el área de energía CC y baja frecuencia para la empresa Distron S.L.



## 1.2 DESARROLLO DEL MANUAL DE CALIDAD

Este Manual de Calidad lo podemos ver en el [Anexo 1](#), pero para el desarrollo de este punto en concreto, nos vamos a centrar en aquellos apartados y subapartados, los cuales han requerido de la creación y desarrollo de unos procedimientos, formularios y registros.

En el Manual de Calidad desarrollado para DISTRON S.L. se ha incluido la descripción de la política de calidad, el sistema documental de la calidad, la estructura de la empresa y la descripción de las funciones, procesos y elementos relativos a la calidad y el modo como la empresa cumple la Norma ISO/IEC 17025 y la Norma ISO/IEC 9001 en su última edición en vigor.

Todos y cada uno de los procedimientos, formularios y registros que a continuación mostramos, se han desarrollado a partir de las directrices que nos marca la Norma ISO/IEC 17025. Todos ellos se aplicarán al servicio de laboratorio de calibración que se lleva a cabo dentro del departamento de mantenimiento y reparación.

### ✓ Requisitos Generales

- **Imparcialidad y confidencialidad** (apartados 4.1 y 4.2 en referencia al [Anexo 1](#))

En este primer punto contamos con el procedimiento **Imparcialidad y confidencialidad** ([Anexo 3](#)). Como se puede observar en el Anexo 3 está compuesto de cuatro apartados, los cuales hacen referencia a la imparcialidad y confidencialidad ya que en DISTRON S.L. uno de los objetivos es garantizar que las actividades del laboratorio de calibración se lleven a cabo de una manera imparcial y confidencial. Este procedimiento se ha creado con la finalidad de describir cómo actuar ante tal situación si la hubiese y de qué manera llegar a una solución.

Al igual que el procedimiento, también se han creado los formularios de **Declaración de imparcialidad y confidencialidad** ([Anexo 3.1](#)), el cual se cumplimentará antes de empezar a trabajar en el laboratorio por el empleado cuyas funciones sean realizadas dentro de dicho laboratorio de calibración. Por su parte, el de **Conflicto de interés** ([Anexo 3.2](#)), se cumplimentará en el momento que se detecte algún tipo de interés respecto empleado-cliente.

## ✓ Requisitos Relativos a los Recursos

- **Recursos personales** (apartado 6.2 en referencia al [Anexo 1](#))

El objetivo de este procedimiento, es describir y unificar lo relacionado con los empleados del laboratorio de calibración de DISTRON S.L. el procedimiento utilizado es el **Personal** ([Anexo 4](#)). Esto quiere decir, la selección del personal, la iniciación en el trabajo del laboratorio a modo de prácticas, la evaluación técnica hacia el trabajador, su autorización para dicho trabajo en caso de que sea apto para ello, y en este caso, la firma de la **Declaración de imparcialidad y confidencialidad** ([Anexo 3.1](#)).

Dentro de este procedimiento, en el [Anexo 4](#) hemos desarrollado los diferentes formularios que son necesarios de cumplimentar por parte del encargado o del trabajador. Todos estos formularios se pueden observar en los siguientes anexos:

[ANEXO 4.1](#) - Formulario FORM-06-01.xx Iniciación al laboratorio.

[ANEXO 4.2](#) - Formulario FORM-06-02.xx Evaluación personal.

[ANEXO 4.3](#) - Formulario FORM-06-03.xx Autorización para operar en el laboratorio.

[ANEXO 4.4](#) - Formulario FORM-06-04.xx Identificación del personal del laboratorio.

[ANEXO 4.5](#) - Formulario FORM-06-05.xx Programa anual de necesidades formativas.

[ANEXO 4.6](#) - Formulario FORM-06-06.xx Evaluación de las necesidades del formación.

[ANEXO 4.7](#) - Formulario FORM-06-07.xx Supervisión del personal.

- **Instalaciones y condiciones ambientales** (apartado 6.3 en referencia al [Anexo 1](#))

En este caso tenemos en cuenta el **Registro condiciones ambientales** ([Anexo 5](#)) que se ha creado con la finalidad de tener un registro de la temperatura que se da antes, durante y después de finalizar la calibración.

- **Equipamientos** (apartado 6.4 en referencia al [Anexo 1](#))

Para este apartado se ha desarrollado el procedimiento **Equipamiento** ([Anexo 6](#)) en cual se definen los criterios para la evaluación de los equipos que se encuentran en el laboratorio. En él podemos encontrar los formularios que a continuación nombramos, los cuales son cumplimentados por el encargado del laboratorio.

[ANEXO 6.1](#) – Formulario FORM-06-08.xx Hoja de vida para equipos.

[ANEXO 6.2](#) – Registro REG-06-09.xx Lista e inventario de equipos.

[ANEXO 6.3](#) – Formulario FORM-06-10.xx Verificación de equipo ajenos al laboratorio.

[ANEXO 6.4](#) – Formulario FORM-06-11.xx Plan de mantenimiento.

[ANEXO 6.5](#) – Formulario FORM-06-12.xx Control de salida y entrada de equipos.

- **Productos y servicios suministrados externamente** (apartado 6.6 en referencia al [Anexo 1](#))

El siguiente procedimiento **Productos y servicios suministrados externamente** ([Anexo 7](#)) regula las actividades encaminadas a asegurar que los productos y servicios adquiridos por DISTRON S.L. cumplan con los requisitos especificados, contribuyendo a asegurar que los equipos y servicios suministrados por DISTRON S.L a sus clientes cumplan con las características, calidad y prestaciones de acuerdo con las condiciones de suministro previstos, previamente acordados.

Así mismo establece los criterios para la selección, evaluación inicial y continua de los proveedores en función de su capacidad para el correcto suministro de los productos o servicios solicitados. Para este procedimiento se han elaborado los siguientes formularios:

[ANEXO 7.1](#) - Formulario FORM-06-13.xx Evaluación de proveedor.

[ANEXO 7.2](#) - Formulario FORM-06-14.xx Alta de proveedor.

#### ✓ Requisitos Relativos del Proceso

- **Revisión de solicitudes, ofertas y contratos** (apartado 7.1 en referencia al [Anexo 1](#))

El presente procedimiento, **Procedimiento revisión de solicitudes, ofertas y contratos (Servicio al cliente)** ([Anexo 8](#)) se ha elaborado teniendo como objetivo principal describir como prestar el servicio al cliente y tramitar ofertas y contratos para la cartera de clientes de la que dispone DISTRON S.L.

Para que este servicio sea de calidad con respecto al servicio que se le presta al cliente hemos creado los siguientes formularios:

[ANEXO 8.1](#) - Formulario FORM-07-01.xx Autorización servicio subcontratado.

[ANEXO 8.2](#) - Formulario FORM-07-02.xx Quejas.

[ANEXO 8.3](#) - Formulario FORM-07-03.xx Encuesta cliente.

- **Selección, verificación y validación de métodos** (apartado 7.2 en referencia al [Anexo 1](#))

El presente procedimiento **Selección, verificación y validación de métodos** ([Anexo 9](#)) sirve para establecer los puntos a seguir en cuanto a la selección, verificación y validación de los métodos de calibración que se utilizan en laboratorio de calibración con el fin de elegir el más apropiado para el desarrollo del trabajo, para ello hemos creado el siguiente registro:

[ANEXO 9.1](#) – Registro REG-07-02.xx Validación de los métodos.

- **Registros técnicos** (apartado 7.4 en referencia al [Anexo 1](#))

El siguiente procedimiento **Control de los datos** ([Anexo 10](#)) se ha creado para describir el tratamiento de los datos y temas relacionados con la transferencia de datos del laboratorio de calibración. La verificación de los cálculos para la realización de las calibraciones se encuentra protegida para prevenir accesos no deseados de personas no autorizadas, estos cálculos se generan a partir de los datos tomados dentro del proceso de calibración.

- **Evaluación de la incertidumbre** (apartado 7.5 en referencia al [Anexo 1](#))

El presente procedimiento **Evaluación de la incertidumbre de medición** ([Anexo 11](#)) se ha creado con el objetivo de establecer las pautas necesarias para calcular la incertidumbre de medida pertinente a cada instrumento, en él también se explica cada apartado del formulario para el cálculo de incertidumbres en la medición. Para dicho cálculo se ha creado el siguiente formulario:

[ANEXO 11.1](#) – Formulario FORM-07.04.xx Cálculo de la incertidumbre de medida.

- **Aseguramiento de la validez de los resultados** (apartado 7.6 en referencia al [Anexo 1](#))

La creación del procedimiento **Aseguramiento de la validez de los resultados** ([Anexo 12](#)) establece las pautas necesarias para asegurar la validez de los resultados de las calibraciones que se realizan en el laboratorio de calibración de DISTRON S.L.

Con el propósito de comparar resultados con otros laboratorios y asegurar la validez de los resultados del nuestro se ha creado el siguiente registro para tener constancia de las veces que se ha realizado dicha comprobación.

**ANEXO 12.1** – Registro REG-07-02.xx Registro de actuaciones interlaboratorio.

- **Informe de resultados** (apartado 7.7 en referencia al [Anexo 1](#))

El objetivo de este procedimiento **Informe de resultados** ([Anexo 13](#)) es establecer los puntos que tiene que tener el informe de resultados de las calibraciones e informar de los resultados de las calibraciones con exactitud y claridad. Para ello hemos elaborado el registro que citamos a continuación.

**ANEXO 13.1** – Registro REG-07-03.xx Opiniones e interpretaciones del cliente.

- **Trabajo no conforme** (apartado 7.9 en referencia al [Anexo 1](#))

En el siguiente procedimiento **Trabajo no conforme** ([Anexo 14](#)) se describe el control de los trabajos no conformes que hayan podido surgir de los resultados de las calibraciones, de acuerdo a los procedimientos del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) en el laboratorio de calibración en DISTRON S.L. Para cumplir con el punto que nos exige la Norma ISO/IEC 17025 se ha elaborado el siguiente formulario:

**ANEXO 14.1** – Formulario FORM-07-05.xx Trabajo no conforme.

- **Control de los datos y gestión de la información** (apartado 7.10 en referencia al [Anexo 1](#))

El siguiente procedimiento **Gestión de la documentación del SGC** ([Anexo 15](#)) regula la generación, autorización, codificación, circulación y actualización de la documentación técnica de DISTRON S.L de manera que la documentación válida se encuentre en el lugar requerido en todo momento, a fin de ajustarse a la Norma Internacional UNE-EN ISO/IEC 17025 y garantizar a la vez al departamento la flexibilidad necesaria para el ajuste al correcto desempeño de sus funciones.

Es también propósito de este procedimiento dar forma homogénea a los documentos de igual finalidad y de dar estructura sencilla y coherente a la documentación, así como dotar de trazabilidad documental al sistema.

Este procedimiento fija el cumplimiento de los requisitos fijados por la Norma Internacional ISO/IEC 17025 respecto a los registros de calidad, mostrando cómo se formula cada uno de los registros previstos por la norma y como se cumplimentan sus exigencias.

Para satisfacer los requisitos que nos exige la Norma ISO/IEC 17025 se han elaborado los siguientes formularios:

[ANEXO 15.1](#) – Formulario FORM-08-01.01 Solicitud de cambio a documentos.

[ANEXO 15.2](#) – Formulario FORM-08-02.01 Control de versiones documentales de primer, segundo y tercer nivel.

✓ Requisitos del sistema de gestión

- **Acciones para abordar riesgos y oportunidades de mejora, acciones preventivas y correctivas** (apartado 8.7 en referencia al [Anexo 1](#))

En el siguiente procedimiento **Acciones para abordar riesgos y oportunidades de mejora, acciones preventivas y correctivas** ([Anexo 16](#)) se tiene como objetivo identificar riesgos, oportunidades, acciones preventivas y correctivas, así como tener un seguimiento y administración de los mismos. Para cumplir con los requisitos de la Norma ISO/IEC 17025 hemos desarrollado los siguientes formularios:

[ANEXO 16.1](#) – Formulario FORM-08-03.xx Mapa de riesgos.

[ANEXO 16.2](#) – Formulario FORM-08-04.xx Plan de mejora.

[ANEXO 16.3](#) – Formulario FORM-08-05.xx Acciones correctivas y preventivas.

- **Auditorías internas** (apartado 8.10 en referencia al [Anexo 1](#))

Mediante el presente procedimiento **Auditorías internas** ([Anexo 17](#)) se regulan las actividades relativas a la realización de auditorías internas sobre el sistema de la calidad del laboratorio de calibración, la difusión de sus resultados, así como de la definición de acciones correctivas y su correspondiente implantación. Para ello se han desarrollado los siguientes formularios:

[ANEXO 17.1](#) – Formulario FORM-08-06.xx. Plan anual de auditoría.

[ANEXO 17.2](#) – Formulario FORM-08-07.xx. Plan de auditoría.

- **Revisión por la dirección** (apartado 8.11 en referencia al [Anexo 1](#))

El objetivo del siguiente procedimiento **Revisión por la dirección** ([Anexo 18](#)) es describir cómo se gestionan las revisiones por la Dirección de la empresa hacia el laboratorio de calibración. Para conseguir que estas revisiones sean óptimas y de calidad hemos creado el siguiente formulario:

[ANEXO 18.1](#) – Formulario FORM-08-08.xx Revisión del SGC por la Dirección.

## **CAPÍTULO 2. PARTE PRÁCTICA.**

### **EJEMPLO DE UNA CALIBRACIÓN DE UNA PINZA AMPERIMÉTRICA**

## 1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PROGRAMAS UTILIZADOS PARA LA CALIBRACIÓN

En primer lugar, identificamos los programas que se han utilizado para las calibraciones (en este caso para una pinza amperimétrica) y una breve descripción de las funciones que utilizamos a la hora de calibrar. Los programas son los siguientes:



ProCal <sup>[2]</sup> es el software principal para la realización de las calibraciones. En él se encuentran todos los datos almacenados previamente a las calibraciones. ProCal dispone de distintos programas auxiliares de los cuales no todos son utilizados para la realización de las calibraciones. Por tanto, a continuación, solo nombraremos los que se utilizan en esta ocasión.



ProEdit, es el software que utilizamos para añadir y editar los procedimientos de calibración que son necesarios para cada tipo de instrumentos.



ProSet, es el software que utilizamos para editar los parámetros de todo el conjunto de programas que componen el ProCal. También sirve para añadir los equipos patrón con todos sus datos y su trazabilidad. Antes de una calibración, el ProCal verifica que los equipos patrón estén dentro del periodo de calibración y que su trazabilidad sea correcta. Por último, sirve para insertar valores de incertidumbres para diferentes equipos de medición.



ProCal-Track tiene muchas funciones, pero nosotros lo utilizamos para la creación de la ficha de los equipos nuevos que aún no tenemos registrados y para la creación de la ficha de clientes nuevos.

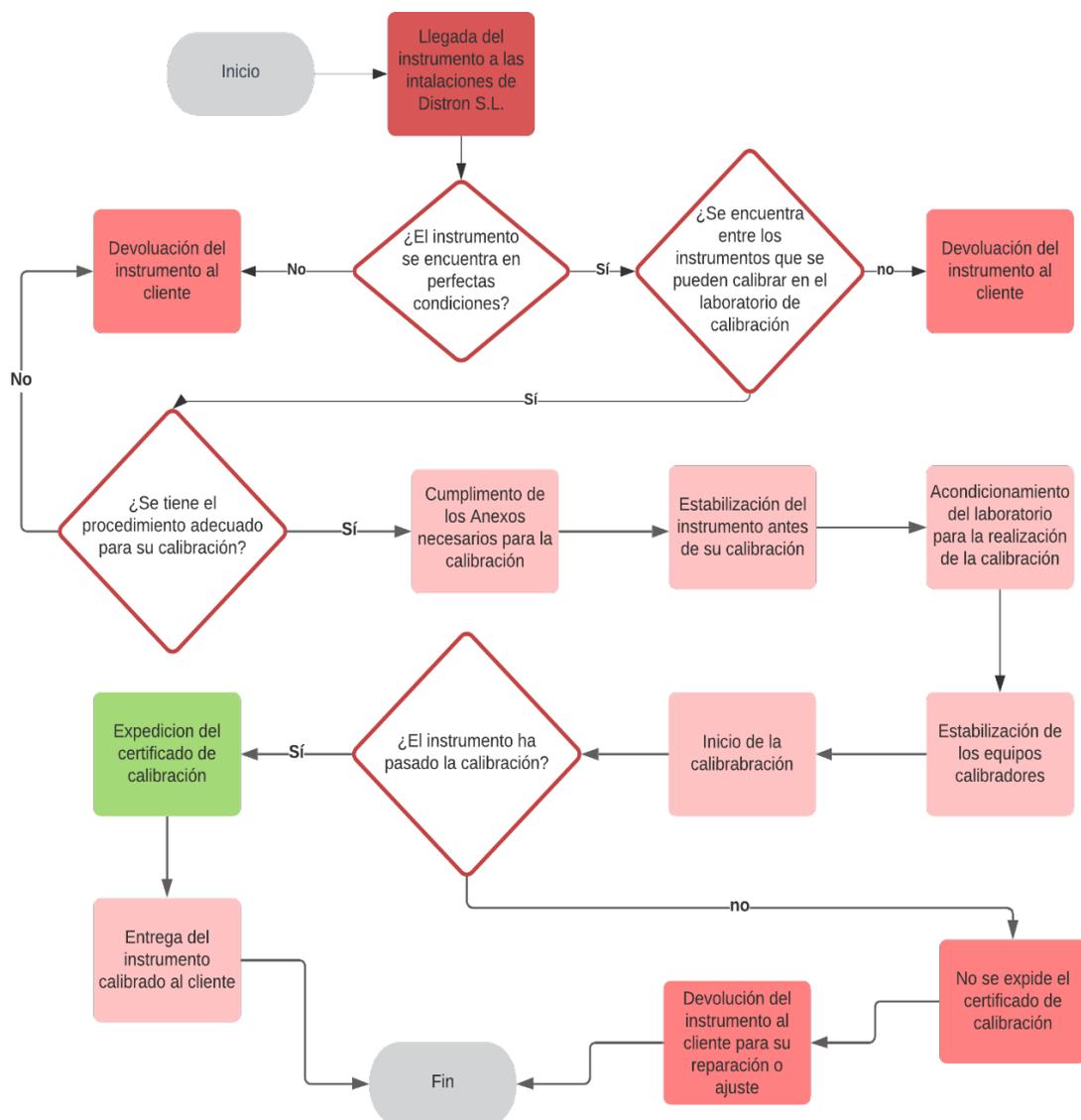
---

[2] Manual de usuario del programa ProCal  
[https://www.transmille.com/file\\_upload/3041A-Extended-Specifications-V1-62.pdf](https://www.transmille.com/file_upload/3041A-Extended-Specifications-V1-62.pdf)



EA015 [3], es el programa que utilizamos para la estación de trabajo donde colocamos la pinza amperimétrica y otros instrumentos para su calibración.

## 1.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA CALIBRACIÓN



[3] Manual de usuario del programa EA015

<https://transmillecalibration.com/wp-content/uploads/2018/05/EA015-Operation-Manual-V1-10.pdf>

### 1.3 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Una vez explicado cuales son los programas que se utilizan para las calibraciones y visto el diagrama de flujo de trabajo, pasamos a la parte práctica de este proyecto.

Para empezar, lo primero que debemos hacer es comprobar que la temperatura y humedad ambiente se encuentre en el rango que se establece para cada equipo a la hora de su calibración. Para tener un registro se utiliza el [Anexo 5](#) (el cual se muestra en el último apartado cumplimentado). Una vez comprobado que el laboratorio de calibración se encuentra a la temperatura y humedad ideal y en correctas condiciones ya se puede proceder al siguiente paso.

A continuación, en la *Figura 1* tenemos los dos equipos que utilizamos en esta ocasión para la calibración de una pinza amperimétrica. El equipo de la parte superior es la estación base (Transmille EA002 1500A AC/DC Clamp Coil Adapter) donde se puede observar tres tipos de bobinas en la parte frontal del fondo, las cuales sirven para transmitir la corriente a la pinza una vez colocada en cada una de ellas.

El equipo que se encuentra en la parte inferior es el equipo calibrador (Transmille 3041A Precision Multi Product Calibrator <sup>[4]</sup>), es el encargado de mandar la corriente a la estación base de arriba.

Disponemos de dos formas de enviar la corriente a la estación base:

- La primera forma puede ser a través del teclado numérico que se encuentra en el calibrador.
- La segunda forma es a través del software EA015 que ya hemos mencionado anteriormente.

En este caso la calibración la realizaremos con el programa EA015.

---

<sup>[4]</sup> Manual de usuario del equipo calibrador Transmille 3041A Precision Multi Product Calibrator.  
[https://www.transmille.com/file\\_upload/3041A-Extended-Specifications-V1-62.pdf](https://www.transmille.com/file_upload/3041A-Extended-Specifications-V1-62.pdf)



FIGURA 1. Equipo calibrador y estación base.

En la *Figura 2* se observa la pinza que utilizamos en esta ocasión para su calibración es una Fluke 353 <sup>[5]</sup>, <sup>[6]</sup> con la capacidad de medir corriente continua y alterna.



FIGURA 2. Pinza Amperimétrica FLUKE 353.

### 1.3.1 CÁLCULO DE INCERTIDUMBRES

Para la expresión de incertidumbres hemos seguido los criterios de la referencia [2]. El primer paso es determinar el error de la pinza a calibrar en cada punto de medición. Para ello hemos seguido el [Anexo 11](#) donde se explica cómo realizar los cálculos de la incertidumbre. En este caso en particular la incertidumbre expandida para corriente alterna sería de 0,03849A para un mensurando de 100A y para la corriente continua sería de 0,01425A. (Para visualizar el cálculo completo véase las páginas 41 - 44).

---

[5] Manual de uso de la pinza amperimétrica Fluke 353

<https://docs.rs-online.com/bceb/0900766b815fb2b0.pdf>

[6] Página de Fluke con las especificaciones de la pinza amperimétrica

<https://www.fluke.com/es-es/producto/comprobacion-electrica/pinzas-amperimetricas/fluke-353>

### 1.3.2 CALIBRACIÓN DE LA PINZA AMPERIMÉTRICA

Para la calibración de la pinza amperimétrica utilizamos los programas ProCal y EA015. En la *Figura 3*, tenemos la interfaz de la aplicación EA015 donde podemos observar a mano derecha un teclado numérico para introducir los valores de corriente tanto en continua como en alterna. También se puede observar en la parte superior de dicha figura, la selección de la bobina por la que se quiere lanzar la corriente.

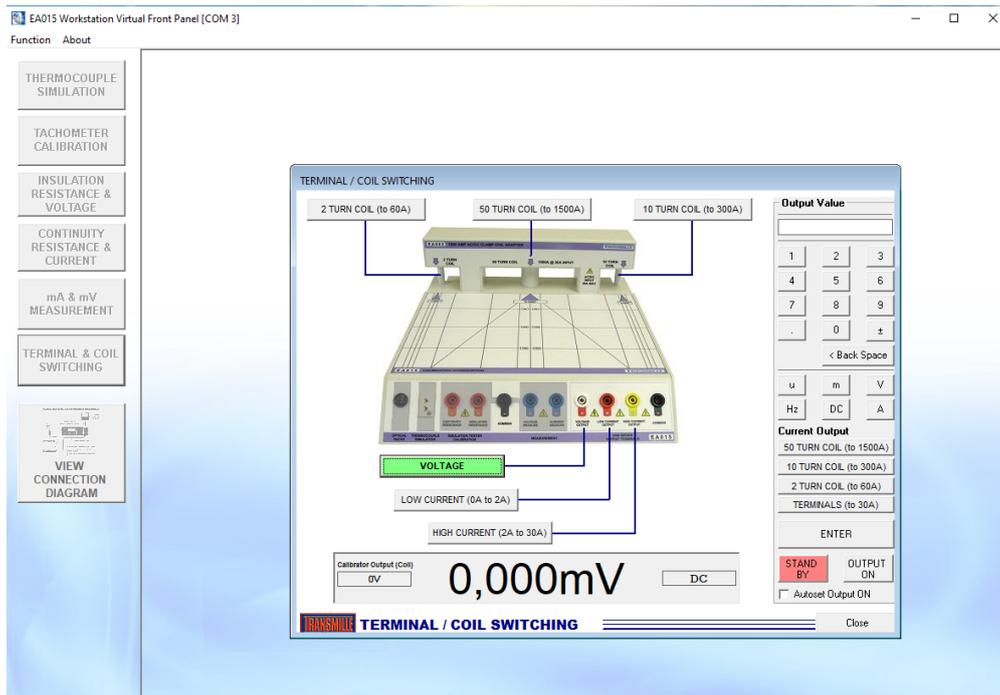
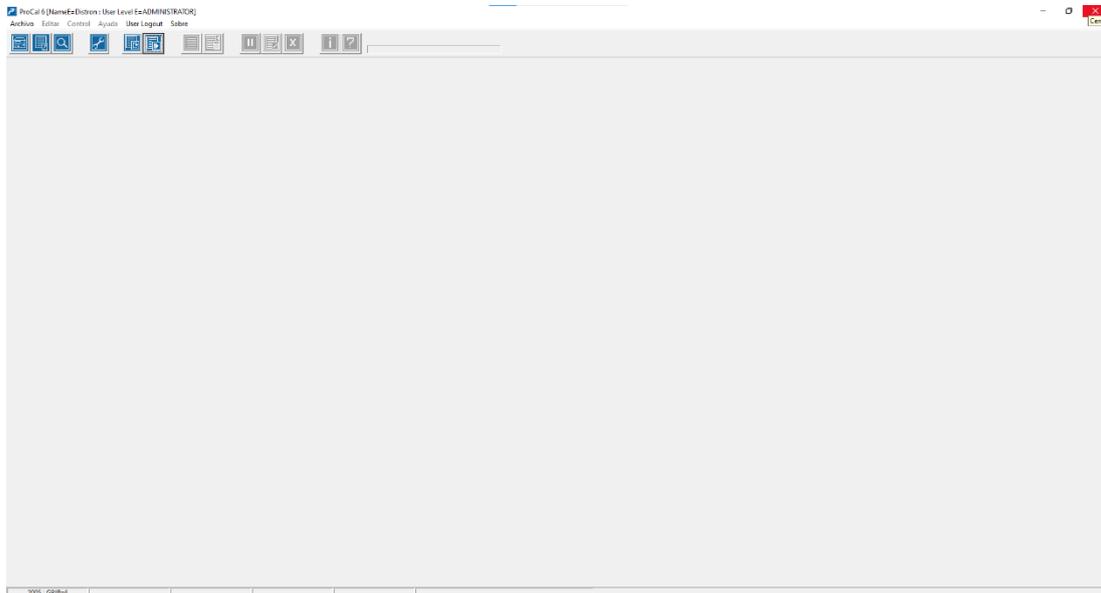


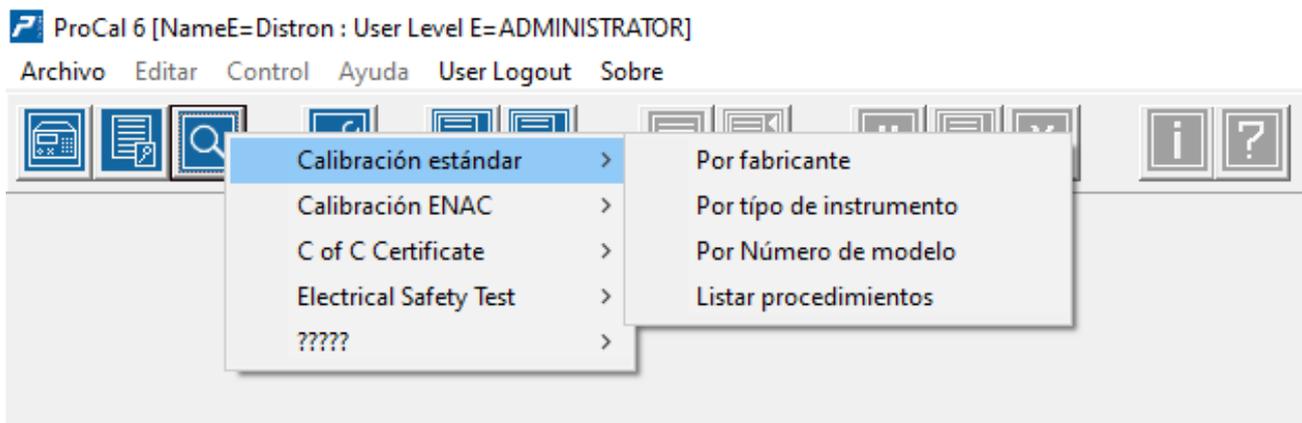
FIGURA 3. Interfaz del programa EA015.

En la *Figura 4* se encuentra la interfaz del ProCal, en él elegimos el instrumento que queremos calibrar.



**FIGURA 4.** Interfaz del programa ProCal.

Una vez dentro del programa ProCal, como se puede observar en la *Figura 5*, presionamos encima de la lupa y elegimos Calibración estándar y luego Por fabricante.



**FIGURA 5.** Selección del tipo de calibración.

Una vez seleccionado Por fabricante, en la *Figura 6* se puede observar un recuadro donde tenemos que introducir el nombre del fabricante de la pinza amperimétrica (Fluke).

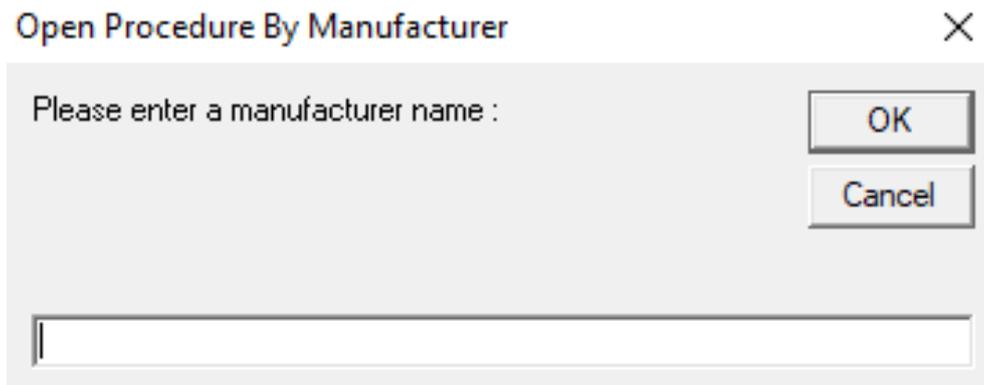
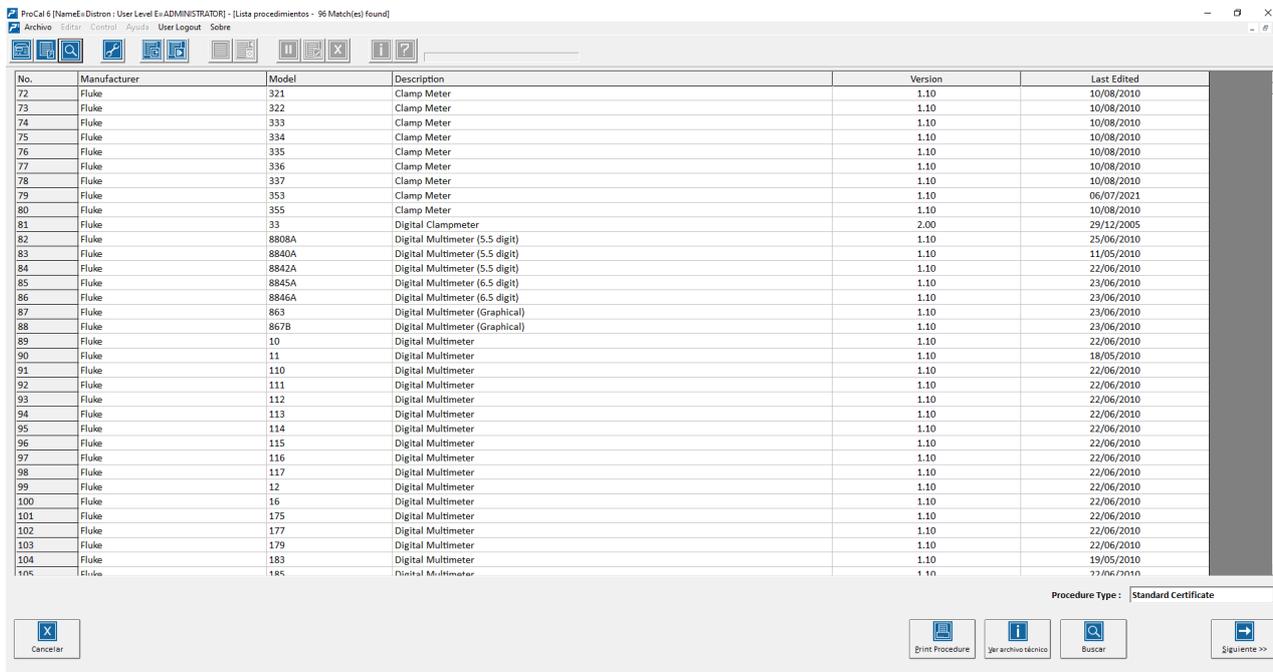


FIGURA 6. Pantalla para introducir el nombre del fabricante del equipo a calibrar.

En la *Figura 7* podemos ver como aparecen todos los equipos del fabricante Fluke que están registrados en el programa, nuestra función es elegir el indicado para este caso (Fluke 353 Clamp Meter).

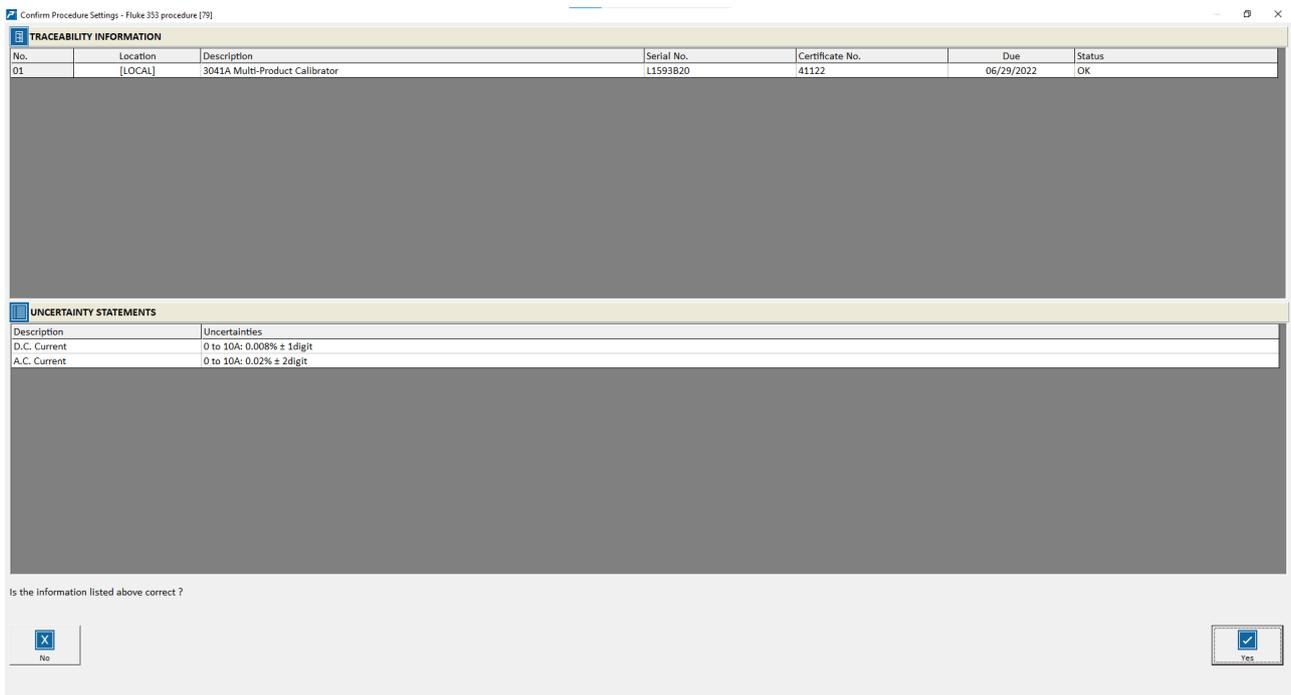


No.	Manufacturer	Model	Description	Version	Last Edited
72	Fluke	321	Clamp Meter	1.10	10/08/2010
73	Fluke	322	Clamp Meter	1.10	10/08/2010
74	Fluke	333	Clamp Meter	1.10	10/08/2010
75	Fluke	334	Clamp Meter	1.10	10/08/2010
76	Fluke	335	Clamp Meter	1.10	10/08/2010
77	Fluke	336	Clamp Meter	1.10	10/08/2010
78	Fluke	337	Clamp Meter	1.10	10/08/2010
79	Fluke	353	Clamp Meter	1.10	06/07/2021
80	Fluke	355	Clamp Meter	1.10	10/08/2010
81	Fluke	33	Digital Clampmeter	2.00	29/12/2005
82	Fluke	8808A	Digital Multimeter (5.5 digit)	1.10	25/06/2010
83	Fluke	8840A	Digital Multimeter (5.5 digit)	1.10	11/05/2010
84	Fluke	8842A	Digital Multimeter (5.5 digit)	1.10	22/06/2010
85	Fluke	8845A	Digital Multimeter (6.5 digit)	1.10	23/06/2010
86	Fluke	8846A	Digital Multimeter (6.5 digit)	1.10	23/06/2010
87	Fluke	863	Digital Multimeter (Graphical)	1.10	23/06/2010
88	Fluke	867B	Digital Multimeter (Graphical)	1.10	23/06/2010
89	Fluke	10	Digital Multimeter	1.10	22/06/2010
90	Fluke	11	Digital Multimeter	1.10	18/05/2010
91	Fluke	110	Digital Multimeter	1.10	22/06/2010
92	Fluke	111	Digital Multimeter	1.10	22/06/2010
93	Fluke	112	Digital Multimeter	1.10	22/06/2010
94	Fluke	113	Digital Multimeter	1.10	22/06/2010
95	Fluke	114	Digital Multimeter	1.10	22/06/2010
96	Fluke	115	Digital Multimeter	1.10	22/06/2010
97	Fluke	116	Digital Multimeter	1.10	22/06/2010
98	Fluke	117	Digital Multimeter	1.10	22/06/2010
99	Fluke	12	Digital Multimeter	1.10	22/06/2010
100	Fluke	16	Digital Multimeter	1.10	22/06/2010
101	Fluke	175	Digital Multimeter	1.10	22/06/2010
102	Fluke	177	Digital Multimeter	1.10	22/06/2010
103	Fluke	179	Digital Multimeter	1.10	22/06/2010
104	Fluke	183	Digital Multimeter	1.10	19/05/2010
105	Fluke	185	Digital Multimeter	1.10	22/06/2010

FIGURA 7. Lista de los equipos de Fluke registrados en el programa.

Cuando ya tenemos elegido el instrumento a calibrar, en la *Figura 8* nos aparece la trazabilidad de los equipos que se utilizan para la calibración del equipo a calibrar (Pinza amperimétrica) y la incertidumbre aplicada para este caso.

En la *Figura 9* encontramos los datos del cliente al que se le va a realizar la calibración de la pinza amperimétrica, la información del fabricante del instrumento a calibrar, la fecha en que se hace la calibración, la información del ambiente donde se va a realizar la calibración y el tipo de certificado a emitir al cliente.



Confirm Procedure Settings - Fluke 353 procedure [79]

TRACEABILITY INFORMATION						
No.	Location	Description	Serial No.	Certificate No.	Due	Status
01	[LOCAL]	3041A Multi-Product Callibrator	L1593B20	41122	06/29/2022	OK

UNCERTAINTY STATEMENTS	
Description	Uncertainties
D.C. Current	0 to 10A: 0.008% ± 1digit
A.C. Current	0 to 10A: 0.02% ± 2digit

Is the information listed above correct ?

No  Yes

**FIGURA 8.** Trazabilidad de los equipos calibradores e incertidumbre aplicada.

## Implementación de la Norma UNE-ENISO/IEC 17025: 2017 para la acreditación en ISO de un laboratorio de calibración en el área de energía CC y baja frecuencia para la empresa DISTRON S.L.

The screenshot shows the 'Información de calibración - Standard Certificate' window in ProCal 6. The interface is divided into several sections:

- Información sobre cliente:** Nombre de cliente: MAHLE Electronics, S.A.; Dirección de cliente: Nicolas Copertino, 12, 46980 Paterna, Valencia, España.
- Info. sobre el instrumento:** Fabricante: Fluke; ID de sistema: 202582525; N° de modelo: 353; Ref. de cliente: ; N° de serie: 20060033; Intervención: 52 Semanas; Descripción: Clamp Meter.
- Información de calibración:** Fecha de recepción: 04/07/2021; Fecha de calibración: 2021-07-07; Job Number: 1; Realizado: DISTRON.
- Información sobre el entorno:** Temperatura: 26 °C; Tensión de red: 240 Volts; Humedad: 50 %RH; Frecuencia de red: 50 Hz.
- Tipo de certificado:** Standard Certificate.

FIGURA 9. Información relativa a la calibración.

Una vez introducida toda la información en el programa ProCal, en la *Figura 10* se elige el tipo de lectura que se va a realizar. Tenemos lectura original o después de ajuste, en nuestro caso la pinza no ha sido ajustada antes de la calibración por lo que elegimos lectura original.

The screenshot shows the 'Opciones de calibración' window in ProCal 6. The interface displays the following information:

- Message: "Seleccionar una opción de las disponibles abajo y pulsar 'Siguiente >>' para continuar o '<<Atrás'." (Select an option from the ones available below and press 'Next >>' to continue or '<<Back').
- Options:
  - Lecturas originales
  - Lecturas después de ajuste

FIGURA 10. Selección del tipo de lectura.

Después de haber introducido todos los datos anteriores, se procede a la calibración del equipo. En primer lugar, en la *Figura 11*, comprobamos que el botón Hold de la pinza amperimétrica bloquea la pantalla, como funciona correctamente, le clicamos en el SI.

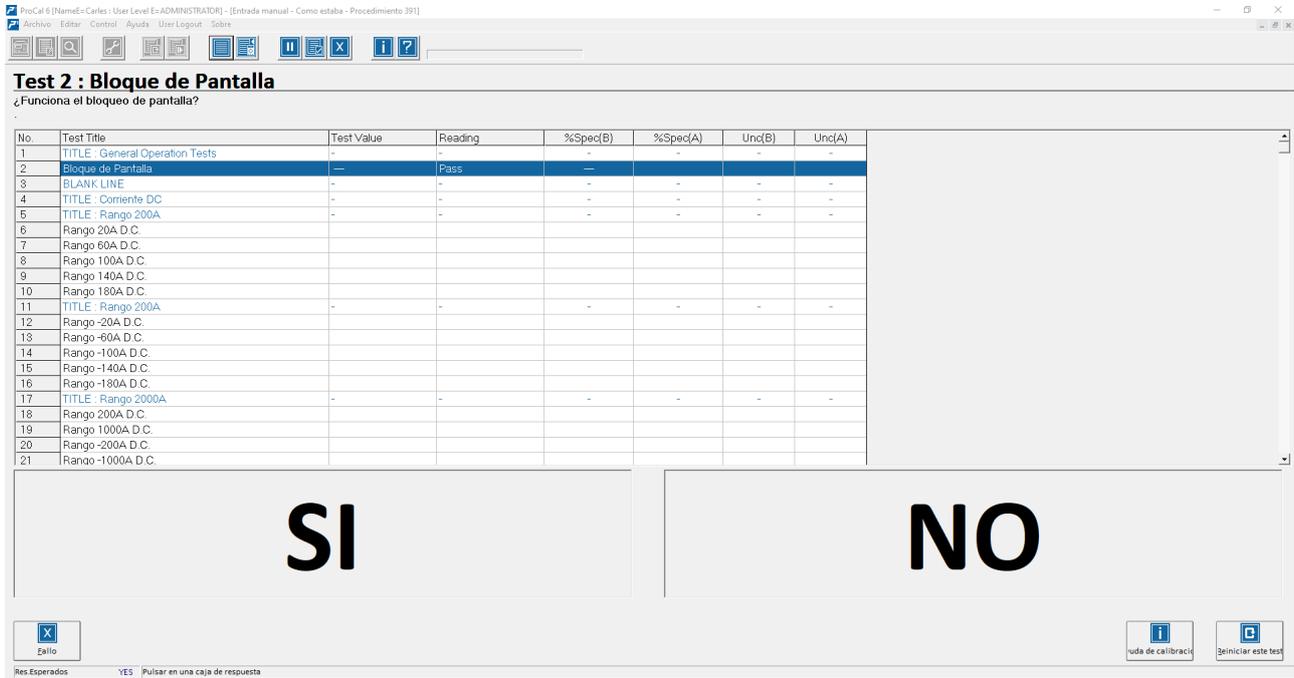


FIGURA 11. Bloqueo de pantalla.

En la *Figura 12* se observa la pinza amperimétrica y en ella se muestra en el display la pantalla bloqueada (HOLD), por tanto, se verifica que sí está funcionando el bloqueo.



FIGURA 12. Bloqueo de la pantalla en la pinza amperimétrica.

El siguiente paso que realizar, es la aplicación de la corriente a las bobinas de la estación base, en la *Figura 13* se visualiza tanto los rangos que se van a utilizar en la calibración como los valores de corriente que se tienen que aplicar.

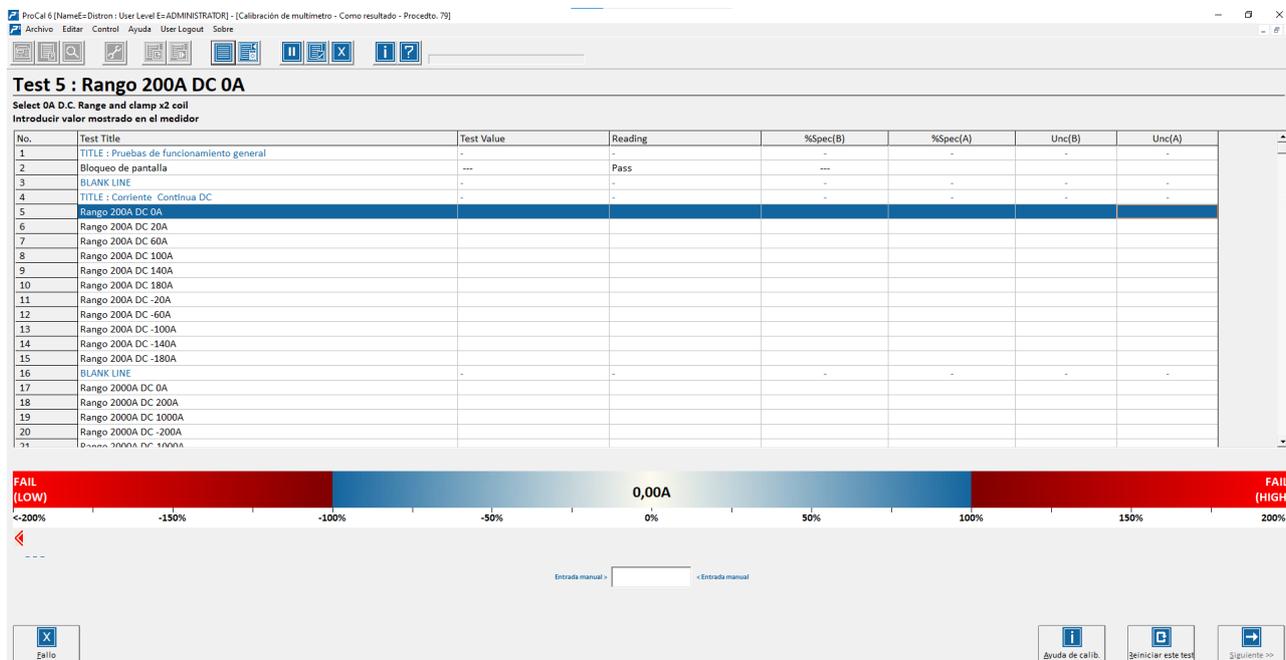


FIGURA 13. Rangos y corrientes aplicables a la calibración.

Con la aplicación de corriente a la pinza amperimétrica, tenemos en primer lugar el rango de 20A en DC y poniendo la pinza en la bobina x10. En la *Figura 14* tenemos las dos aplicaciones en cascada para una mejor visualización y mayor eficacia. En el programa EA015 de la derecha se observa cómo le hemos aplicado 20A a la bobina x10 y lo mantenemos en STAND BY hasta la colocación de la pinza.

Una vez colocada la pinza amperimétrica en la bobina x10 como se observa en la *Figura 15*, se procede a aplicar la corriente a través del botón OUTPUT ON que aparece en el programa EA015. Vemos el valor que nos representa la pinza amperimétrica y lo introducimos en el programa ProCal y le damos a Siguiente. Los siguientes puntos de calibración en DC serian exactamente igual al anterior, pero cambiando el valor de la corriente y la bobina en la que se tiene que aplicar dicha corriente. En la *Figura 16* aplicamos 1000A en DC para la bobina x50 y le damos al OUTPUT ON, en la *Figura 17* se puede observar como la pinza amperimétrica se encuentra en la bobina x50 y mostrando el valor aplicado (en este caso la pinza nos da un valor de 993A que se encuentra dentro del rango permitido para este equipo en concreto).

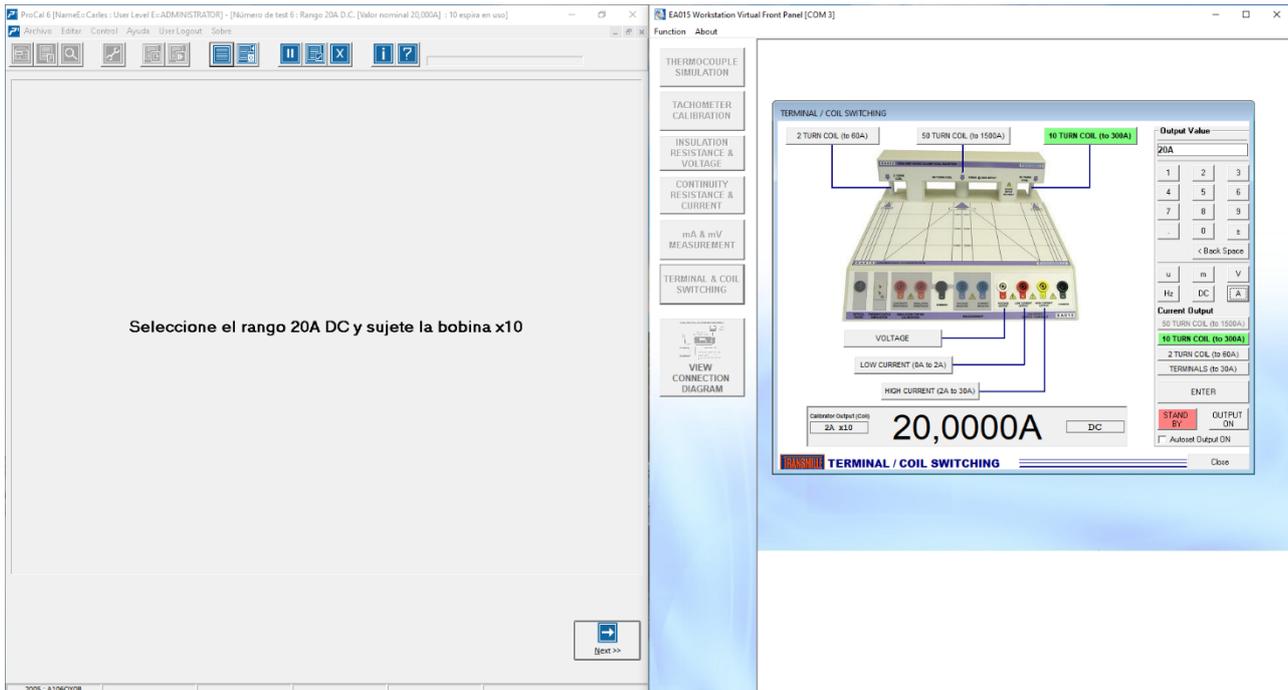


FIGURA 14. Aplicaciones en cascada ProCal y EA015 para mejor visualización.

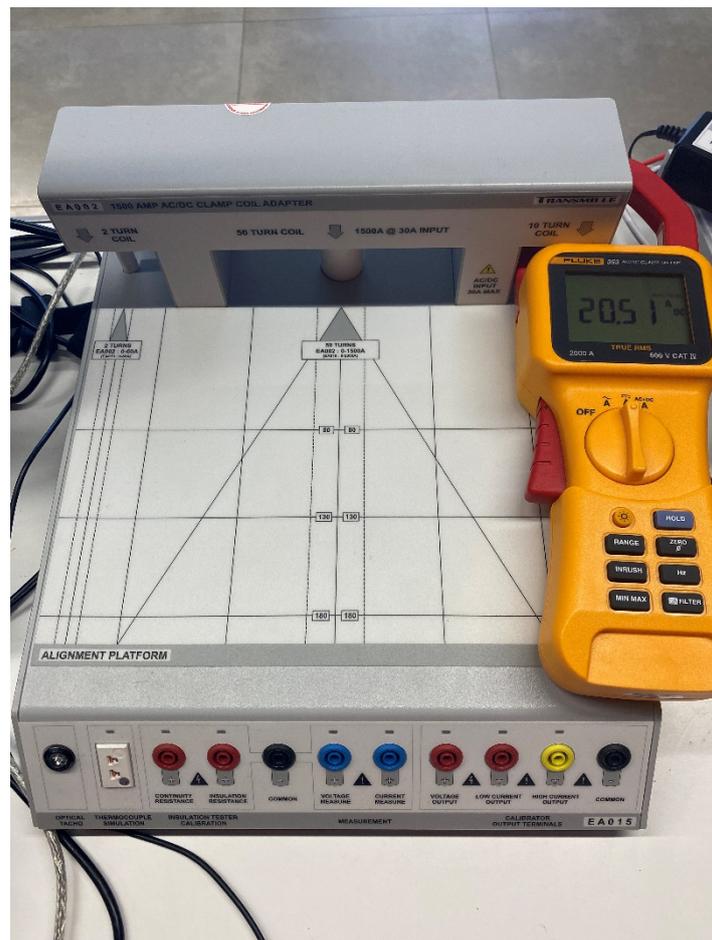


FIGURA 15. Colocación de la pinza amperimétrica en la bobina x10.

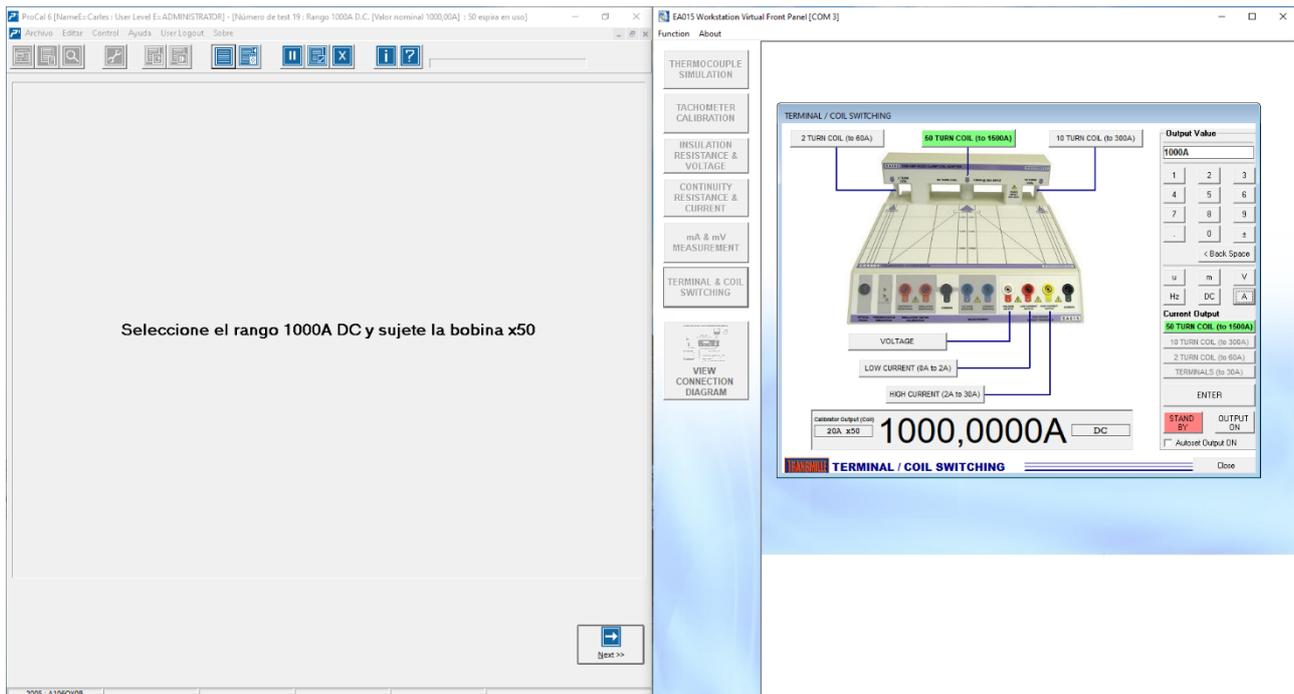


FIGURA 16. Aplicación de 1000A DC en la bobina x50.



FIGURA 17. Colocación de la pinza amperimétrica en la bobina x50.

Al finalizar con la parte de corriente continua pasamos a la parte de corriente alterna, la cual explicamos a continuación.

En el programa EA015 para cambiar de corriente continua a alterna primero tenemos que introducir la frecuencia a la que trabaja el equipo (para este ejemplo en concreto se utiliza 50Hz) y a continuación le introducimos la corriente deseada y la bobina por la que tiene que salir la corriente aplicada. En la *Figura 18* se puede observar cómo hemos aplicado lo mencionado más arriba.

Para calibrar la parte de corriente alterna, los pasos son exactamente igual que la parte de corriente continua, lo único que cambia en este caso tenemos es que tenemos que introducir la frecuencia a la que trabaja el equipo. Una vez dicho esto y realizado todos los cálculos, en la *Figura 19* tenemos la pantalla de los resultados de la calibración.

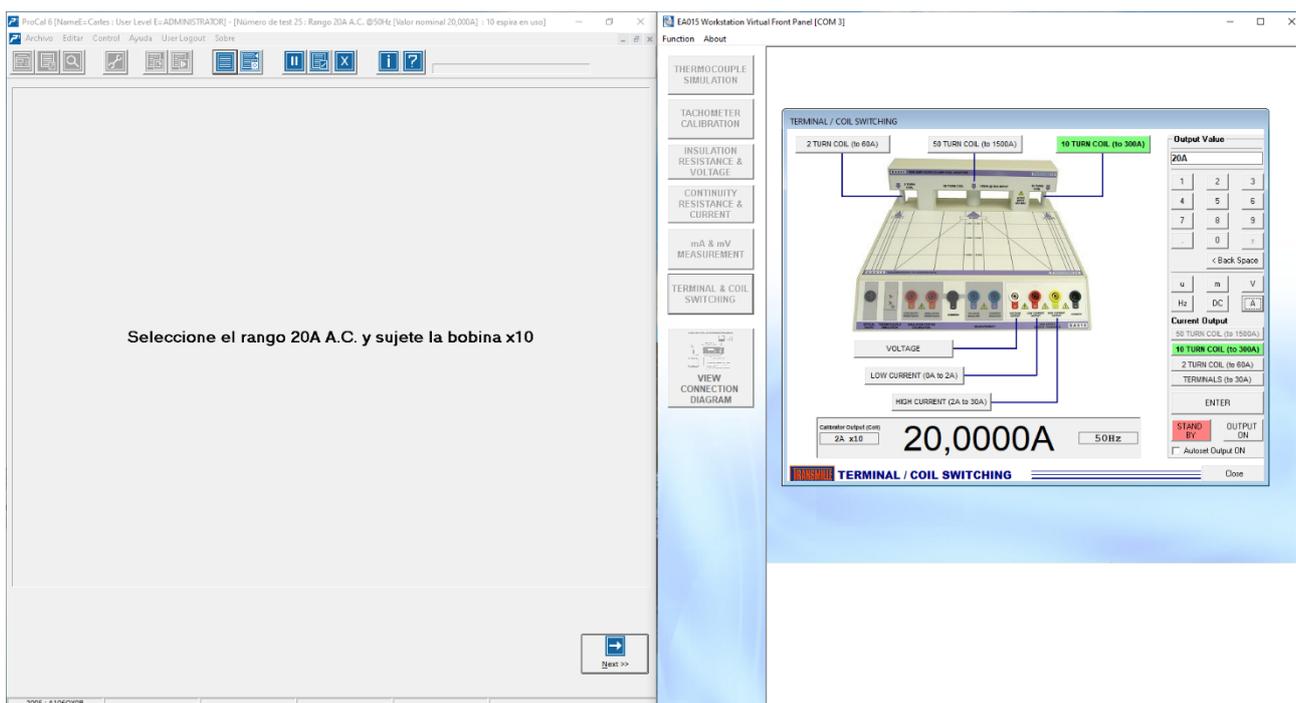


FIGURA 18. Aplicación de 20A AC en la bobina x10.

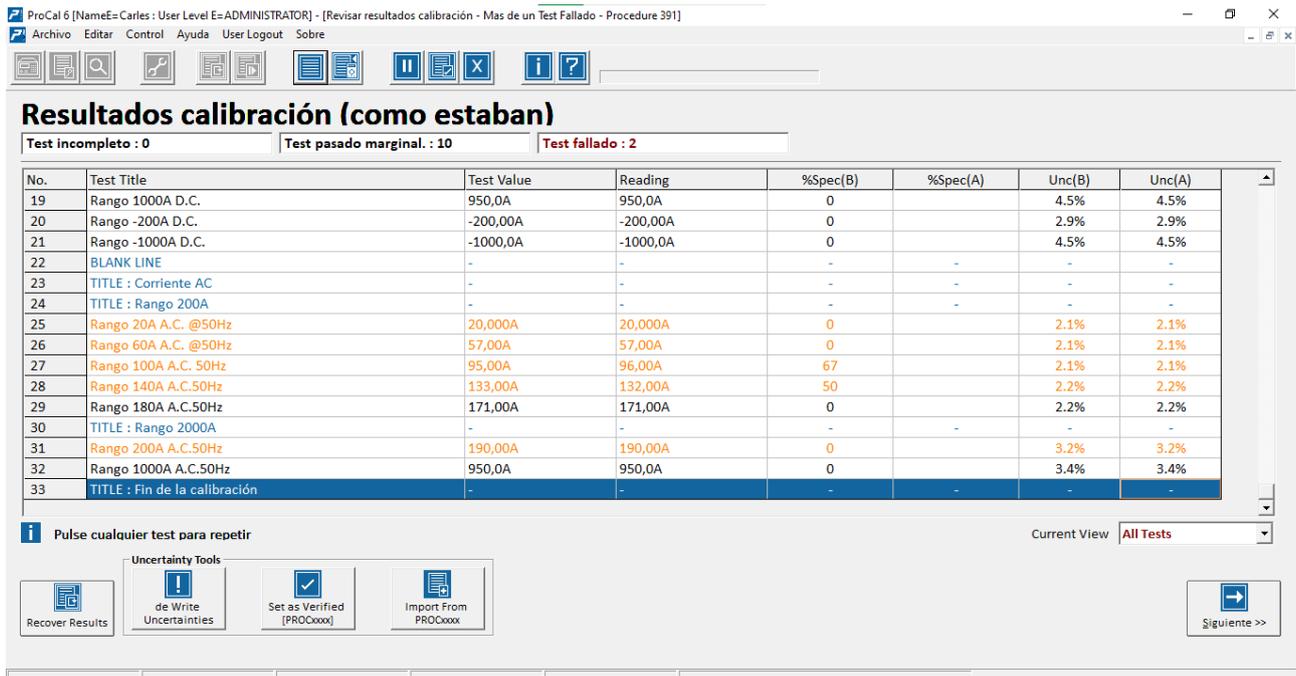


FIGURA 19. Resultados de la calibración.

Una vez finalizada la calibración, se procede al cumplimiento del certificado de calibración. En la *Figura 20* nos aparece la opción de poner los comentarios que el técnico o encargado del laboratorio crea pertinentes para que se reflejen en el certificado de calibración y el cliente sepa cualquier cosa acerca de su instrumento. Le damos a Siguiente y en la *Figura 21* nos aparece otras dos líneas de comentarios, en este caso sirven para ser más específicos de cara al cliente sobre posibles ajustes en el instrumento para la próxima calibración.

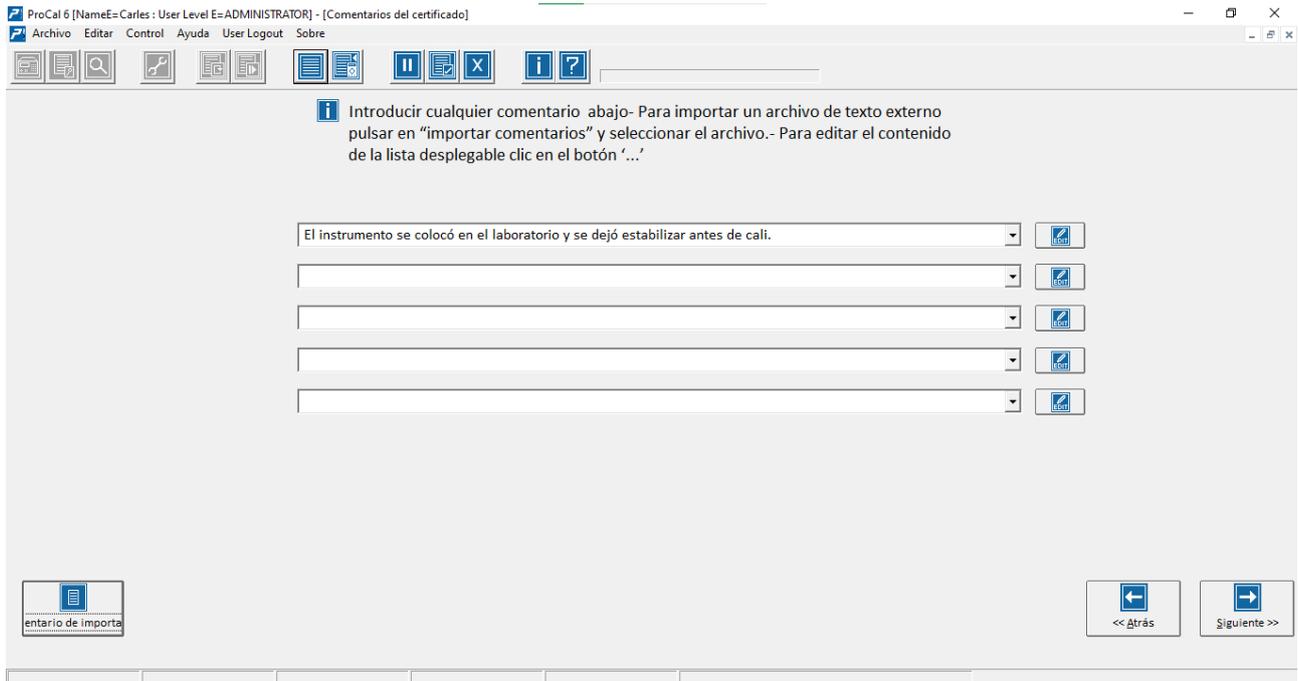


FIGURA 20. Introducción de posibles comentarios en el certificado de calibración.

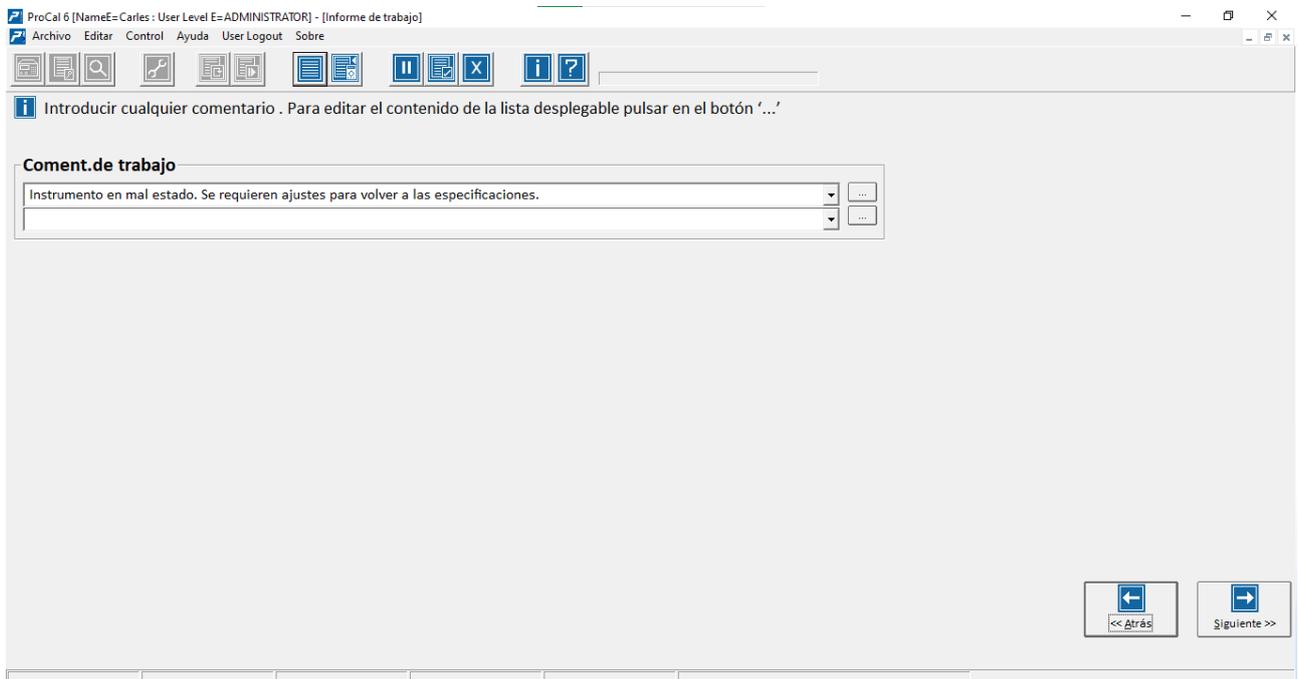


FIGURA 21. Comentarios más específicos de la calibración realizada.

En la *Figura 22* se elige la opción correcta tras analizar los resultados de la calibración. En este caso elegimos el punto de calibración completada, si tras la calibración algún valor medido no se encuentra dentro del rango establecido, el mismo programa no nos dejaría avanzar con el certificado y el punto de calibración completada no se podría seleccionar.

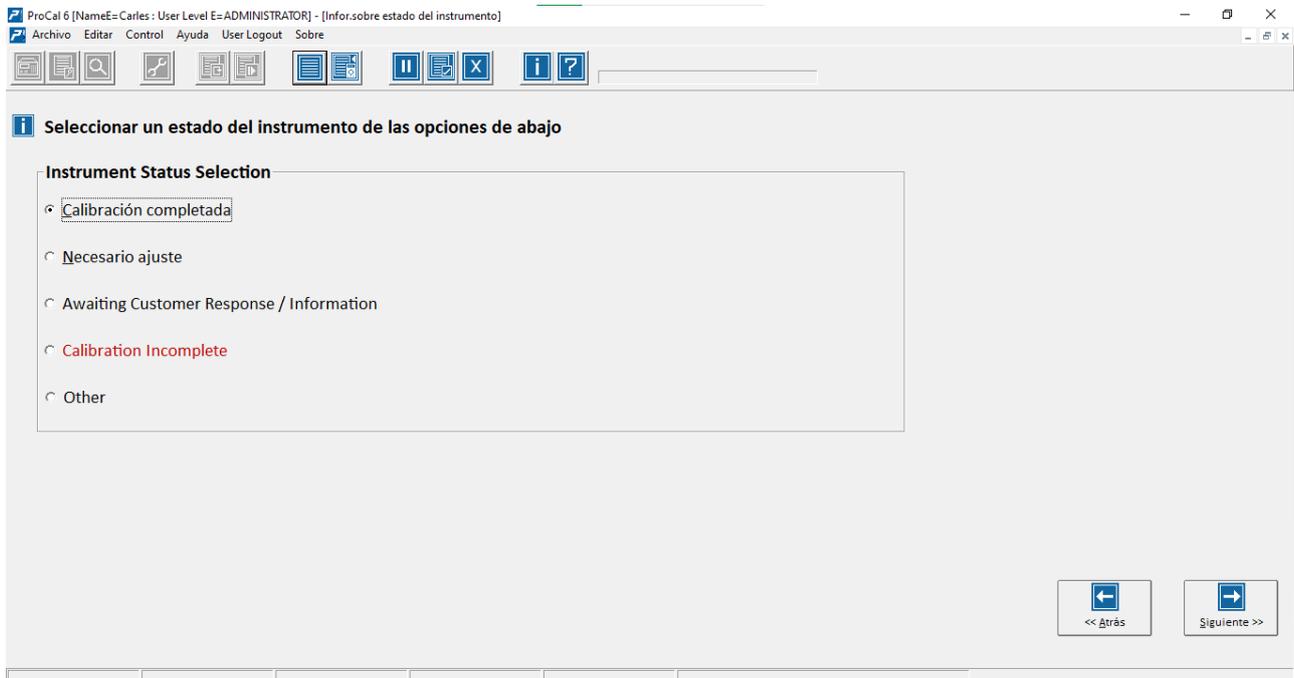


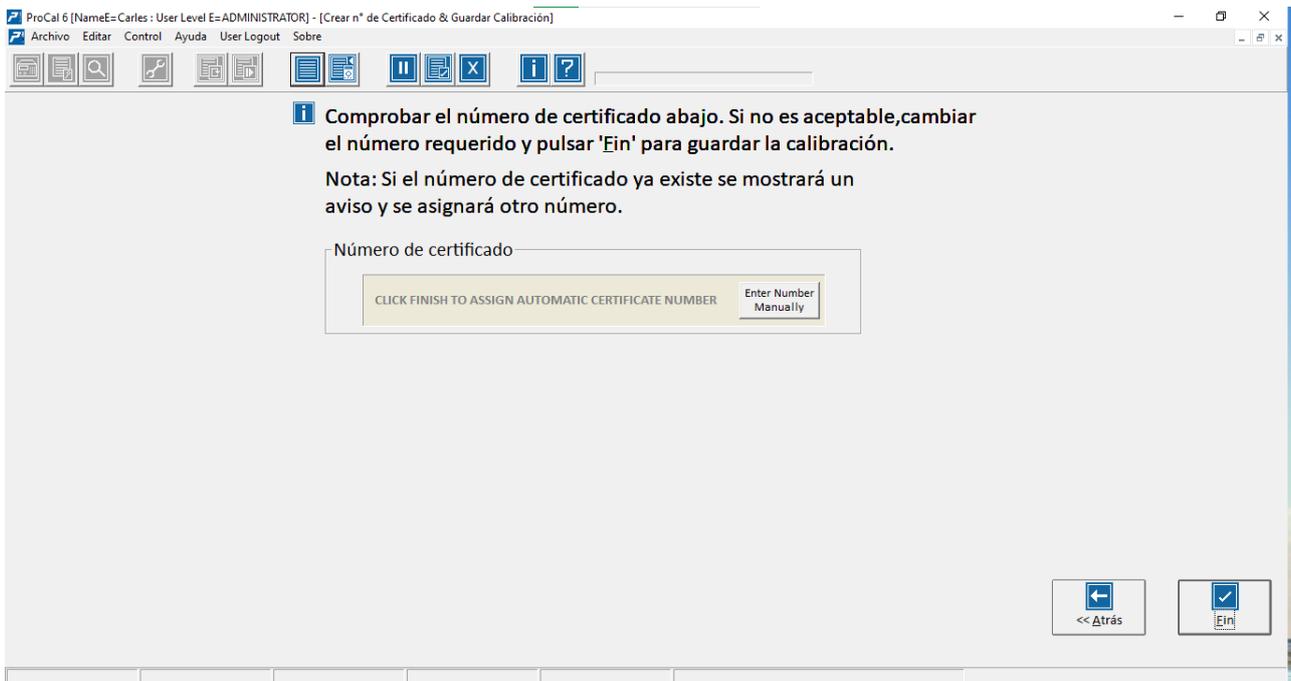
FIGURA 22. Selección del estado de la calibración realizada.

En la *Figura 23* se puede observar el ejemplo mencionado.



FIGURA 23. Ejemplo de fallo en calibración.

Por último, en la *Figura 24* nos aparece la opción de introducir el número de certificado que el técnico o encargado del laboratorio de calibración crean pertinente haciendo click sobre el botón Enter Number Manually o dando al botón de Fin, el mismo programa ProCal genera uno correlativo al último certificado de calibración emitido.



**FIGURA 24.** Generador de número de certificado de calibración.

### 1.3.3 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Una vez finalizada la calibración, se procede a la expedición del certificado de calibración. A continuación, se observa el certificado de calibración cumplimentado con los valores obtenidos de la calibración mencionada anteriormente.

<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b>					
Emitido Por <b>DISTRON S.L.</b>		<b>Numero de Certificado</b> STD00018			
Fecha de Emisión <b>08 Julio 2021</b>		Página 1 de 2			
<b>DISTRON S.L.</b> <b>Parque empresarial Táctica</b> <b>Coeters 7</b> <b>46980 Paterna</b> <b>Valencia España</b>		 <b>Carles</b> <i>Signatario aprobado</i>			
		CARLES CISCAR <input checked="" type="checkbox"/>			
<b>Cliente :</b>	MAHLE Electronics, S.A. Nicolas Copernico, 12 Valencia	46890 Paterna España			
<b>Instrumento</b>	ID : ID00018 Descripción : Clamp Meter Fabricante : Fluke Número de Modelo : 353 Número de Serie : 200600323 Procedimiento : 391				
<b>Condiciones Ambientales</b>	Temperatura : 24°C ± 5°C Humedad Relativa 60%HR ± 50%HR	Tensión de Red : 230V ± 40V Frecuencia de Red : 50Hz ± 0Hz			
<b>Comentarios</b>	El instrumento se colocó en el laboratorio y se dejó estabilizar antes de cali.				
<b>Información de Trazabilidad</b>	<i>Descripción</i>	<i>Número de Serie</i>	<i>Número Certificado</i>	<i>Fecha Cal.</i>	<i>Periodo Cal.</i>
	3041A Multi-Product Calibrator	L1593B20	41122	30/06/2021	208
	1500 AMP AC/DC CLAMP COIL ADAPTER	113021D20	41140	30/07/2021	208
<b>Calibrado Por :</b>	<b>Carles</b>	<b>Fecha de Calibración</b>	<b>08 Julio 2021</b>		
<small>Este certificado proporciona trazabilidad de la medición a estándares nacionales reconocidos y a las unidades de medición realizadas en el Laboratorio Nacional de Física u otros laboratorios de estándares nacionales reconocidos. Los derechos de autor de este certificado son propiedad del laboratorio emisor y no se puede reproducir excepto con la aprobación previa por escrito del laboratorio emisor. Este certificado cumple con los requisitos de la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025.</small>					
<b>Condiciones Generales</b> Este equipo ha sido calibrado a la temperatura de 23 °C ± 3 °C y una humedad relativa menor del 70% después de ser estabilizado térmicamente a las condiciones ambientales del laboratorio. Los patrones e instrumentos empleados en la calibración tienen garantizada su trazabilidad a través de laboratorios nacionales e internacionales reconocidos por ENAC.					
<small>La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medida por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%. La incertidumbre típica de medida se ha determinado conforme a los documentos EA-4/02 M e ILAC-P14.</small>					

# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



Número de Certificado  
STD00018

Página 2 de 2

Título Prueba	Tolerancia	Valor Aplicado	Lectura	Pasa / NO Pasa
<b>Operaciones Generales</b>				
Bloque de Pantalla	--	--		PASA
<b>Corriente DC</b>				
<b>Rango 200A</b>				
Rango 20A D.C.	215mA	20,000A	20,000A	PASA
Rango 60A D.C.	650mA	60,00A	59,90A	PASA
Rango 100A D.C.	1,1A	100,00A	99,50A	PASA
Rango 140A D.C.	1,5A	140,00A	139,00A	PASA
Rango 180A D.C.	1,9A	180,00A	179,00A	PASA
<b>Rango 200A</b>				
Rango -20A D.C.	215mA	-20,000A	-19,900A	PASA
Rango -60A D.C.	650mA	-60,00A	-59,90A	PASA
Rango -100A D.C.	1,1A	-100,00A	-99,90A	PASA
Rango -140A D.C.	1,5A	-140,00A	-139,40A	PASA
Rango -180A D.C.	1,9A	-180,00A	-179,00A	PASA
<b>Rango 2000A</b>				
Rango 200A D.C.	2,1A	200,00A	199,00A	PASA
Rango 1000A D.C.	10,1A	1000,00A	998,00A	PASA
Rango -200A D.C.	2,1A	-200,00A	-198,80A	PASA
Rango -1000A D.C.	10,1A	-1000,00A	-1000,50A	PASA
<b>Corriente AC</b>				
<b>Rango 200A</b>				
Rango 20A A.C. @50Hz	215mA	20,000A	19,900A	PASA
Rango 60A A.C. @50Hz	650mA	60,00A	59,80A	PASA
Rango 100A A.C. 50Hz	1,1A	100,00A	99,80A	PASA
Rango 140A A.C. 50Hz	1,5A	140,00A	139,00A	PASA
Rango 180A A.C. 50Hz	1,9A	180,00A	179,00A	PASA
<b>Rango 2000A</b>				
Rango 200A A.C. 50Hz	2,1A	200,00A	199,00A	PASA
Rango 1000A A.C. 50Hz	10,5A	1000,0A	999,5A	PASA

**FIN DE DATOS DE PRUEBA**

## Incertidumbres

Corriente D.C. : 0 a 10A: 0.008% ± 1 dígito

Corriente A.C. : 0 a 10A: 0.02% ± 2 dígitos



- Anexo 6.5

		<b>CONTROL DE SALIDA Y ENTRADA DE EQUIPOS</b>	
Fecha de creación: 01-01-2021	Código: FORM-06-14	Versión: 01	Página: 1 de 1
Responsable del Laboratorio:	<input type="text" value="JC"/>		
<b>SALIDA</b>			
Equipo:	<input type="text" value="Fluke 353"/>		
Código:	<input type="text" value="1"/>		
Fecha de salida:	<input type="text" value="09/07/2021"/>		
Motivo:	<input type="text" value="Calibración finalizada correctamente"/>		
Entidad a la que se envía:	<input type="text" value="MAHLE Electronics S.A."/>		
Revisión realizada:	<input type="text" value="Calibración anual"/>		
Nombre y cargo de quien realiza la revisión	<input type="text" value="Carles Ciscar Agustí"/>		
<b>ENTRADA</b>			
Fecha de entrada:	<input type="text" value="07/07/2021"/>		
Revisión realizada:	<input type="text" value="Calibración"/>		
Observaciones:	<input type="text"/>		
¿El equipo está en condiciones de funcionamiento óptimas?	Si: <input type="text" value="X"/>	No: <input type="text"/>	
Nombre y cargo de quien realiza la revisión	<input type="text" value="Carles Ciscar Agustí"/>		

- Anexo 11

## Cálculo de la incertidumbre para del mensurando de 100A en Corriente Alterna AC

### PASO 1. MODELAR LA MEDICIÓN

Esta etapa consiste en representar la medición (calibración o ensayo) en una ecuación

Mensurando	Descripción	Símbolo	Unidad de medida
100	Corriente Alterna AC	AC	A

<b>Modelo matemático <math>f(X_1, X_2, \dots, X_n)</math></b>	$AC=C+B$
---	----------

Magnitudes de entrada para hacer el calculo de la media	Descripción	Símbolo	Unidad de medida
Magnitud de entrada $X_1$	Equipo calibrador	C	A
Magnitud de entrada $X_2$	Bobina de calibración	B	A
Magnitud de entrada $X_3$			
Magnitud de entrada $X_4$			
Magnitud de entrada $X_5$			

### PASO 2. IDENTIFICAR FUENTES DE INCERTIDUMBRE

Esta etapa consiste en identificar aquellos factores que afectan a cada una de las magnitudes de entrada y la aportación de otras fuentes de incertidumbre

Magnitud de entrada $X_i$	Fuente de incertidumbre	Distribución asociada a la fuente	Ecuación para calcular la fuente de incertidumbre	Unidad de medida
C	Variabilidad de las mediciones- Repetibilidad	Distribución asociada a la fuente	$s(q) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2}{n-1}}$	A
B	Variabilidad de las mediciones- Repetibilidad	Distribución asociada a la fuente	$s(q) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2}{n-1}}$	A

### PASO 3. CUANTIFICAR VARIABLES E INCERTIDUMBRES

En esta etapa se calculan los valores numéricos del mensurando, magnitudes de entrada, magnitudes de influencia y coeficientes de sensibilidad.

DESVIACIÓN ESTANDAR EXPERIMENTAL	CAMPOS PARA DETERMINAR LA MEDIA, DESVIACIÓN ESTANDAR EXPERIMENTAL Y INCERTIDUMBRE ESTANDAR							
$s(q) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2}{n-1}}$	Magnitud de entrada $X_i$	Valor(es) de $q_j$	Valor promedio ( $\bar{q}$ )	Unidad de medida	( $q_j - \bar{q}$ )	( $q_j - \bar{q}$ ) <sup>2</sup>	n	
	$X_1$	C	100,00	100,00	A	0,00	0,00000	10
			100,00			0,00	0,00000	
			100,02			0,02	0,00044	
			100,01			0,01	0,00012	
			100,00			0,00	0,00000	
			100,00			0,00	0,00000	
			100,02			0,02	0,00044	
			100,03			0,03	0,00096	
			100,01			0,01	0,00012	
			99,90			-0,10	0,00980	
	$X_2$	B	100,03	100,02	A	0,01	0,000490	10
			100,00			-0,02	0,0005290	
			99,99			-0,03	0,0010890	
			100,00			-0,02300	0,0005290	
			100,04			0,01700	0,0002890	
			100,00			-0,02	0,0005290	
			100,02			0,00	0,0000090	
			100,04			0,02	0,0002890	
			100,05			0,03	0,0007290	
100,06	0,04	0,0013690						

CALCULOS AUTOMATIZADOS					INCERTIDUMBRE ESTANDAR	
Magnitud de entrada $X_i$	$\bar{q}$	$\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2$	$\frac{\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2}{n-1}$	$\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2}{n-1}}$	$u_a(x_i) = s(q) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2}{n(n-1)}}$	Unidad de medida
C	99,9990	0,011890	0,001321	0,036347	0,011494	A
B	100,0230	0,005410	0,000601111	0,024518	0,007753	A

## PASO 4. COMBINAR INCERTIDUMBRES

En esta etapa se "combinan o mezclan" cada una de las incertidumbres de cada magnitud de entrada

APORTE DE INCERTIDUMBRE DE CADA MAGNITUD DE ENTRADA			
Magnitud de entrada $X_i$	Valor del coeficiente de sensibilidad cuadrado $C^2_i$	Incertidumbre de la magnitud de entrada $u_a(x_i)$	Unidad de medida de $u(x_i)$
$x_1$ C	1	0,0114940	A
$x_2$ B	1	0,0077531	A

## INCERTIDUMBRE COMBINADA

Incertidumbre combinada $u_c$	Valor de la incertidumbre combinada	Unidad de medida
$u_c(x_i)$	0,01925	A

## PASO 5. EXPANDIR INCERTIDUMBRE

En esta etapa se "expande" la incertidumbre combinada para lograr al menos 95 % de confianza.

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (DISTRIBUCIÓN NORMAL)		
Incertidumbre expandida U	Valor de la incertidumbre expandida con $k=2$	Unidad de medida
$U(x_i)$	0,03849	A

Resultado de la determinación de Corriente Continua			
Mensurando	Unidad de medida del mensurando	Incertidumbre expandida ( $k=2$ ) ( $\pm$ )	Unidad de medida
100	A	0,03849	A

## Cálculo de la incertidumbre para del mensurando de 100A en Corriente Continua DC.

### PASO 1. MODELAR LA MEDICIÓN

Esta etapa consiste en representar la medición (calibración o ensayo) en una ecuación

Mensurando	Descripción	Símbolo	Unidad de medida
100	Corriente Continua	DC	A

Modelo matemático $f(X_1, X_2, \dots, X_N)$	DC=C+B
---	--------

Magnitudes de entrada para hacer el calculo de la media	Descripción	Símbolo	Unidad de medida
Magnitud de entrada $X_1$	Equipo calibrador	C	A
Magnitud de entrada $X_2$	Bobina de calibración	B	A
Magnitud de entrada $X_3$			
Magnitud de entrada $X_4$			
Magnitud de entrada $X_5$			

### PASO 2. IDENTIFICAR FUENTES DE INCERTIDUMBRE

Esta etapa consiste en identificar aquellos factores que afectan a cada una de las magnitudes de entrada y la aportación de otras fuentes de incertidumbre

Magnitud de entrada $X_i$	Fuente de incertidumbre	Distribución asociada a la fuente	Ecuación para calcular la fuente de incertidumbre	Unidad de medida
C	Variabilidad de las mediciones- Repetibilidad	Distribución asociada a la fuente	$s(q) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2}{n-1}}$	A
B	Variabilidad de las mediciones- Repetibilidad	Distribución asociada a la fuente	$s(q) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2}{n-1}}$	A

### PASO 3. CUANTIFICAR VARIABLES E INCERTIDUMBRES

En esta etapa se calculan los valores numéricos del mensurando, magnitudes de entrada, magnitudes de influencia y coeficientes de sensibilidad.

DESVIACIÓN ESTANDAR EXPERIMENTAL	CAMPOS PARA DETERMINAR LA MEDIA, DESVIACIÓN ESTANDAR EXPERIMENTAL Y INCERTIDUMBRE ESTANDAR							
	Magnitud de entrada $X_i$	Valor(es) de $q_j$	Valor promedio ( $\bar{q}$ )	Unidad de medida	$(q_j - \bar{q})$	$(q_j - \bar{q})^2$	n	
$s(q) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2}{n-1}}$	$X_1$	C	100,00	100,00	A	0,00	0,00000	10
			100,00			0,00	0,00000	
			100,01			0,01	0,00012	
			99,98			-0,02	0,00036	
			99,99			-0,01	0,00008	
			100,01			0,01	0,00012	
			100,00			0,00	0,00000	
			100,02			0,02	0,00044	
			99,98			-0,02	0,00036	
			100,00			0,00	0,00000	
	$X_2$	B	99,99	100,01	A	-0,02	0,0002560	10
			100,01			0,00	0,0000160	
			100,02			0,01	0,0001960	
			100,00			-0,00600	0,0000360	
			100,00			-0,00600	0,0000360	
			100,00			-0,01	0,0000360	
			100,01			0,00	0,0000160	
			100,02			0,01	0,0001960	
			100,00			-0,01	0,0000360	
			100,01			0,00	0,0000160	

Magnitud de entrada $X_i$	CALCULOS AUTOMATIZADOS				INCERTIDUMBRE ESTANDAR	Unidad de medida
	$\bar{q}$	$\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2$	$\frac{\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2}{n-1}$	$\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2}{n-1}}$	$u_a(x_i) = s(q) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2}{n(n-1)}}$	
C	99,9990	0,001490	0,000166	0,012867	0,004069	A
B	100,0060	0,000840	9,33333E-05	0,009661	0,003055	A

## PASO 4. COMBINAR INCERTIDUMBRES

En esta etapa se "combinan o mezclan" cada una de las incertidumbres de cada magnitud de entrada

APORTE DE INCERTIDUMBRE DE CADA MAGNITUD DE ENTRADA			
Magnitud de entrada $X_i$	Valor del coeficiente de sensibilidad cuadrado $C_i^2$	Incertidumbre de la magnitud de entrada $u_a(x_i)$	Unidad de medida de $u(x_i)$
$x_1$ C	1	0,0040689	A
$x_2$ B	1	0,0030551	A

## INCERTIDUMBRE COMBINADA

Incertidumbre combinada $u_c$	Valor de la incertidumbre combinada	Unidad de medida
$u_c(x_i)$	0,00712	A

## PASO 5. EXPANDIR INCERTIDUMBRE

En esta etapa se "expande" la incertidumbre combinada para lograr al menos 95 % de confianza.

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (DISTRIBUCIÓN NORMAL)		
Incertidumbre expandida U	Valor de la incertidumbre expandida con k=2	Unidad de medida
U(x <sub>i</sub> )	0,01425	A

Resultado de la determinación de Corriente Continua			
Mensurando	Unidad de medida del mensurando	Incertidumbre expandida (k=2) (±)	Unidad de medida
100	A	0,01425	A

## CONCLUSIONES

Este proyecto que se ha realizado para la implementación de un laboratorio de calibración en la empresa DISTRON S.L., nos ha demostrado como una buena gestión por parte de la dirección de la empresa, al igual que una buena administración e infraestructura han hecho posible el desarrollo de dicho laboratorio. Lo que nos permitirá un crecimiento en la empresa y mayor posicionamiento. Además, de generar más confianza en los servicios que se prestan de cara al cliente, ya que de este modo desde nuestra empresa aseguraremos una calidad en la calibración de los equipos que los clientes adquieran.

Para poder conseguir la implementación del laboratorio de calibración, se ha realizado una lectura exhaustiva de la Norma UNE-EN ISO 17025:2017. A partir de la cuál, se ha podido desarrollar dicho proyecto, el manual de calidad y todos y cada uno de los procedimientos, formularios y registros necesarios para cumplir con los requisitos de la norma.

La iniciación del laboratorio de calibración implantado en DISTRON S.L. nos está sirviendo para calibrar todos los equipos internos de los que dispone nuestra empresa y los resultados que se están obteniendo con relación a dichas calibraciones están siendo satisfactorios. Dichos resultados han sido comparados con resultados de calibraciones de los mismos equipos realizados en años anteriores por parte de empresas ajenas a DISTRON S.L. que ofrecen servicios de calibración.

Respecto a las mejoras que se han planteado a este proyecto realizado son las siguientes:

- La dirección de la empresa DISTRON S.L. está solicitando a un grupo auditor la auditoria que nos acreditará en ISO 17025:2017.
- Una vez pasada esa auditoria y aprobada, el laboratorio tiene como objetivo llegar a estar acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC).
- Otro factor de mejora será que a medida que se vaya adquiriendo una mayor experiencia en el sector de la calibración de equipos de medida se implementaran nuevos procesos para aumentar la cantidad de equipos de se puedan calibrar en nuestro laboratorio.

De esta manera, en un principio vamos a empezar calibrando una serie de equipos, como son las pinzas amperimétricas, multímetros y fuentes de alimentación y, poco a poco ir ampliando este servicio a otros equipos con mayor complejidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Norma UNE-EN ISO/IEC 17025: 2017 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
- [2] Manual de usuario del programa ProCal  
[https://www.transmille.com/file\\_upload/ProCal-User-Manual-V5-00---Web.pdf](https://www.transmille.com/file_upload/ProCal-User-Manual-V5-00---Web.pdf)
- [3] Manual de usuario del programa EA015  
<https://transmillecalibration.com/wp-content/uploads/2018/05/EA015-Operation-Manual-V1-10.pdf>
- [4] Manual de usuario del equipo calibrador Transmille 3041A Precision Multi Product Calibrator.  
[https://www.transmille.com/file\\_upload/3041A-Extended-Specifications-V1-62.pdf](https://www.transmille.com/file_upload/3041A-Extended-Specifications-V1-62.pdf)
- [5] Manual de uso de la pinza amperimétrica Fluke 353  
<https://docs.rs-online.com/bceb/0900766b815fb2b0.pdf>
- [6] Página de Fluke con las especificaciones de la pinza amperimétrica  
<https://www.fluke.com/es-es/producto/comprobacion-electrica/pinzas-amperimetricas/fluke-353>
- [7] Guía para la Evaluación de la incertidumbre de medida en las calibraciones EA-4/02 M:2013.  
<https://www.enac.es/documents/7020/635abf3f-262a-4b3b-952f-10336cdfae9e>
- [8] JCGM 106:2012. Primera edición en español. 2015.  
[https://www.cem.es/sites/default/files/jcgm2015\\_0.pdf](https://www.cem.es/sites/default/files/jcgm2015_0.pdf)
- [9] Página de la empresa Distron S.L.  
<https://distrion.es/>

[10] Metrología fácil de Luis Albeiro Vieira  
<https://www.youtube.com/c/Metrolog%C3%ADaf%C3%A1cilLuisAlbeiroVieiraPe%C3%B1uela/videos>

[11] Página del Centro Español de Metrología  
<https://www.cem.es/es>

## ANEXO

[ANEXO 1](#) – Manual de calidad.

[ANEXO 2](#) – Organigrama.

[ANEXO 3](#) – PRO-04-01.xx Imparcialidad y confidencialidad.

- [ANEXO 3.1](#) – FORM-04-01.xx Declaración de imparcialidad y confidencialidad.
- [ANEXO 3.2](#) – FORM-04-02.xx Conflicto de interés.

[ANEXO 4](#) – PRO-06-01.xx Personal.

- [ANEXO 4.1](#) – FORM-06-01.xx Iniciación al laboratorio.
- [ANEXO 4.2](#) – FORM-06-02.xx Evaluación personal.
- [ANEXO 4.3](#) – FORM-06-03.xx Autorización para operar en el laboratorio.
- [ANEXO 4.4](#) – FORM-06-04.xx Identificación del personal de laboratorio.
- [ANEXO 4.5](#) – FORM-06-05.xx Programa anual de necesidades formativas.
- [ANEXO 4.6](#) – FORM-06-06.xx Evaluación de los proveedores formativos.
- [ANEXO 4.7](#) – FORM-06-07.xx Supervisión del personal.

[ANEXO 5](#) – REG-06-01.xx Registro condiciones ambientales.

[ANEXO 6](#) – PRO-06-02.xx Manejo de equipamiento.

- [ANEXO 6.1](#) – FORM-06-08.xx Hoja de vida para equipos.
- [ANEXO 6.2](#) – FORM-06-09.xx Lista e inventario de equipos.
- [ANEXO 6.3](#) – FORM-06-10.xx Verificación de equipos ajenos al laboratorio.
- [ANEXO 6.4](#) – FORM-06-11.xx Plan de mantenimiento.
- [ANEXO 6.5](#) – FORM-06-12.xx Control de salida y entrada de equipos.

[ANEXO 7](#) – PRO-06-03.xx Productos y servicios suministrados externamente.

- [ANEXO 7.1](#) – FORM-06-13.xx Evaluación de proveedores.
- [ANEXO 7.2](#) – FORM-06-14.xx Alta de proveedores.

[ANEXO 8](#) – PRO-07-01.xx Revisión de solicitudes, ofertas y contratos (Servicio al Cliente).

- [ANEXO 8.1](#) – FORM-07-01.xx Autorización servicio subcontratado.
- [ANEXO 8.2](#) – FORM-07-02.xx Quejas.

- [ANEXO 8.3](#) – FORM-07-03.xx Encuesta cliente.

[ANEXO 9](#) – PRO-07-02.xx Selección, verificación y validación de métodos.

- [ANEXO 9.1](#) – REG-07-04.xx Validación de los métodos.

[ANEXO 10](#) – PRO-07-03.xx Control de los datos.

[ANEXO 11](#) – PRO-07-04.xx Evaluación de la incertidumbre de medición.

- [ANEXO 11.1](#) – FORM-07.04.xx Cálculo de la incertidumbre de medida.

[ANEXO 12](#) – PRO-07-05.xx Aseguramiento de la validez de los resultados.

- [ANEXO 12.1](#) – REG-07-02.xx Registro de actuaciones interlaboratorio.

[ANEXO 13](#) – PRO-07-06.xx Informe de resultados.

- [ANEXO 13.1](#) – REG-07-03.xx Opiniones e interpretaciones del cliente.

[ANEXO 14](#) – PRO-07-07.xx Trabajo no conforme.

- [ANEXO 14.1](#) – FORM-07-05.xx Trabajo no conforme.

[ANEXO 15](#) – PRO-08-01.xx Gestión de la documentación del SGC.

- [ANEXO 15.1](#) – FORM-08-01.xx Solicitud de cambio a documentos.
- [ANEXO 15.2](#) – FORM-08-02.xx Control de las versiones documentales de primer, segundo y tercer nivel.

[ANEXO 16](#) – PRO-08-02.xx Acciones para abordar riesgos y oportunidades de mejora, acciones preventivas y correctivas.

- [ANEXO 16.1](#) – FORM-08-03.xx Plan de mejora.
- [ANEXO 16.2](#) – FORM-08-04.xx Acta de reunión.
- [ANEXO 16.3](#) – FORM-08-05.xx Acciones correctivas y preventivas.

[ANEXO 17](#) – PRO-08-04.xx Auditorías internas.

- [ANEXO 17.1](#) – FORM-08-06.xx Plan anual auditorías internas.
- [ANEXO 17.2](#) – FORM-08-07.xx Plan auditorías internas.

[ANEXO 18](#) – PRO-08-05.xx Revisión por la Dirección.

- [ANEXO 18.1](#) – FORM-08-08.xx Revisión del SGC por la Dirección.