

CERTIFICACION DE LA RESISTENCIA DE UN RESISTOR CALEFACTOR

MEMORIA TÉCNICA

Instituto Tecnológico San Bonifacio
Integrantes: Carvalho Sanchez Erick Fernando
Santarelli Héctor Manuel
Benites Ignacio

Índice

1. Introducción.....	2
Problemática, objetivos generales, y alcance.....	2
2. Análisis del problema	2
3. Necesidades técnicas detectadas.....	2
4. Técnica seleccionada.....	3
5. Instrumentación.....	4
Multímetro digital True RMS	4
Pinza amperométrica con medición DC/AC.....	4
Criterios generales	4
6. Procedimiento Técnico.....	5
Verificación de condiciones operativas.....	5
Instalación del instrumental de medición	5
Medición y registro de variables	5
Cálculo del valor de resistencia	5
Validación y cierre	5
7. Resultados y análisis.....	6
Valores registrados.....	6
Análisis del resultado.....	6
Nota técnica sobre los resultados.....	6
8. Proceso de certificación	7
9. Reflexión crítica.....	7
10. Conclusiones	8
11. Referencias.....	9
12. Anexos.....	10

1. Introducción

Problemática, objetivos generales, y alcance.

Dentro del marco técnico asignado se nos presenta la necesidad de certificar el valor de resistencia de un resistor calefactor de un equipo industrial. La medición debe ser realizada bajo condiciones de operación reales. Se nos exige que elaboremos un informe completo que respalde y certifique el procedimiento y los resultados obtenidos. En función de esto se ha conformado un equipo técnico, que bajo la supervisión del jefe de laboratorio, debe seleccionar los instrumentos adecuados, ejecutar la medición, y elaborar la memoria técnica correspondiente que justifique la validez de los datos obtenidos.

2. Análisis del problema

La empresa en la que se enmarca este trabajo se dedica a la certificación de mediciones eléctrico-electrónicas, actividad que requiere altos estándares de confiabilidad, trazabilidad, y documentación técnica. La medición en cuestión debe realizarse en el contexto de un equipo industrial en funcionamiento lo que introduce restricciones metodológicas y de seguridad que condicionan todo el procedimiento.

El componente por analizar es un resistor calefactor integrado a un equipo industrial. A diferencia de otras mediciones esta deberá ser realizada en “servicio”, es decir, bajo condiciones reales de tensión, corriente, y temperatura. Que presenta el equipo durante su normal operación. Esta particularidad requiere elegir cuidadosamente los instrumentos, respetar protocolos de seguridad eléctrica, y prever posibles interferencias que puedan afectar a la precisión del valor medido.

Durante una reunión técnica previa, se definieron los lineamientos generales del procedimiento y se asignó a este equipo la responsabilidad de especificar, seleccionar, y caracterizar técnicamente los instrumentos de medición más adecuados para esta tarea.

Este encargo no solo involucra una correcta ejecución técnica sino también la elaboración de una memoria técnica completa que documente todo el proceso, desde el análisis del problema hasta la certificación del resultado obtenido. El informe debe garantizar la trazabilidad del dato medido, respaldar las decisiones técnicas adoptadas, y cumplir con los criterios normativos que aseguren su validez ante terceros.

3. Necesidades técnicas detectadas

A partir del análisis del caso propuesto y del funcionamiento del equipo industrial que contiene al resistor calefactor, se identificaron las siguientes necesidades técnicas fundamentales para llevar a cabo el proceso de medición y certificación:

Medición en condiciones reales de funcionamiento. Dado a que el componente que debe ser medido “en servicio”, es necesario emplear una técnica que permita obtener el valor de resistencia sin desmontar el resistor ni interrumpir el funcionamiento del equipo esto implica garantizar la seguridad eléctrica, editar interferencias externas, y minimizar el impacto sobre el sistema operativo.

Precisión y confiabilidad del dato obtenido. La resistencia medida debe reflejar fielmente el comportamiento eléctrico del componente bajo carga. Para ello se requiere utilizar instrumentos de medición que presenten un nivel de precisión adecuado, buena clase de exactitud, y baja deriva frente a variables ambientales como la temperatura o humedad.

Instrumentación específica y calibrada. Es indispensable contar con instrumentos cuyo rango, resolución, y sensibilidad estén alineados con las características técnicas del componente a medir y el entorno en el que se encuentra. Además, deben estar debidamente calibrados y certificados.

Trazabilidad y registro formal del procedimiento. A efectos de validar el valor medido, Es necesario garantizar la trazabilidad del proceso. Esto implica contar con un método reproducible, una secuencia lógica de pasos y un registro documentado que permita certificar los resultados obtenidos ante terceros.

4. Técnica seleccionada

Para la medición de la resistencia eléctrica del resistor calefactor en condiciones reales de servicio, se seleccionó la técnica de medición indirecta por Ley de Ohm ⁽⁴⁾. Esta técnica se basa en medir simultáneamente la tensión y la corriente que circula por el componente utilizando instrumentos de medición adecuados para luego calcular la resistencia aplicando la fórmula:

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

Para este caso en particular se decidió utilizar la siguiente disposición de componentes (ver Anexo I). En dónde se mide la corriente de la rama en donde está conectado el resistor con una pinza amperométrica. Y al mismo tiempo se mide la tensión entre los terminales de esa rama con un voltímetro, en donde está incluida la pinza amperométrica.

Esta técnica fue elegida a partir de las siguientes consideraciones:

Medición en servicio. El componente forma parte de un equipo industrial en funcionamiento, y no es posible interrumpir su operación ni retirarlo del sistema. La técnica elegida permite realizar la medición sin desmontajes ni interrupciones.

Seguridad operativa y no intrusión. Al utilizar una pinza amperométrica se logra una medición de corriente sin contacto eléctrico directo, minimizando riesgos para el operador, sin afectar el circuito bajo carga y permitiendo la medición fiable de la tensión.

Trazabilidad del resultado. Ambas magnitudes eléctricas (tensión y corriente) pueden registrarse con instrumentos calibrados, lo que permite aplicar esta técnica con buena precisión.

5. Instrumentación

Para llevar a cabo la medición de la resistencia del resistor calefactor en condiciones reales de funcionamiento, se seleccionaron instrumentos que garanticen precisión, seguridad, y trazabilidad, de acuerdo con los requerimientos del entorno industrial y los lineamientos definidos en la etapa de planificación.

Multímetro digital True RMS

Modelo: Fluke 87v ⁽²⁾

Clase de exactitud: $\pm (0.05\% + 1)$ en V_{DC} y $\pm (0,7\% + 2)$ en V_{AC}

Funciones relevantes:

Medición de tensión alterna y continua con True RMS ⁽⁷⁾

Filtro de baja impedancia para evitar lecturas erróneas por voltajes inducidos

Categorías de seguridad CAT III 1000 V / CAT IV 600 V

Justificación de uso: Se utilizó para medir la tensión en la rama del resistor calefactor. El equipo fue elegido por su capacidad para registrar de forma precisa el valor eficaz verdadero (RMS) de señales alternas, incluso si presentan distorsión, lo que resulta especialmente útil en el caso de que el resistor calefactor este siendo alimentado con una señal no continua.

Pinza amperométrica con medición DC/AC

Modelo: UNI-T UT210E ⁽⁶⁾

Clase de exactitud: $\pm (2\% + 3)$ en I_{DC} y $\pm (2,5\% + 5)$ en I_{AC}

Rango de medición: 0-100 AMPS (DC y AC)

Tipo de sensor: Efecto Hall ⁽⁵⁾

Justificación de uso: Este Instrumento permite medir la corriente que circula por el resistor calefactor sin necesidad de interrumpir el circuito ni conectar sondas en serie. Su tecnología basada en efecto hall permite la medición de corriente continua, indispensable en el caso de que el componente esté alimentado con una señal continua. Además, al tratarse de una medición sin contacto eléctrico directo, sí se mejora la seguridad del operario y se reduce la intrusión sobre el circuito.

Criterios generales

Adecuación al tipo de señal. Ambos instrumentos fueron seleccionados por su capacidad para trabajar con señales alternas y continuas, considerando que el sistema industrial puede operar en cualquiera de estas condiciones.

Precisión metrológica. Se garantizó que la incertidumbre de los equipos no excediera los límites admisibles definidos para este tipo de mediciones ⁽³⁾

Condiciones del entorno de trabajo. Ambos instrumentos cuentan con protección contra sobrecargas, carcasa robusta, y certificaciones de seguridad eléctrica industrial.

Calibración y trazabilidad. Ambos equipos cuentan con certificado de calibración vigente, lo que garantiza la validez metrológica de las mediciones realizadas.

6. Procedimiento Técnico

A continuación, se detallan las acciones llevadas a cabo para realizar la medición de resistencia eléctrica del resistor calefactor en condiciones reales de funcionamiento:

Verificación de condiciones operativas

Se confirmó que el equipo industrial se encontraba en operación estable, manteniendo las condiciones eléctricas nominales de funcionamiento (tensión y corriente constante).

Se verificó el acceso físico al resistor calefactor para poder conectar el voltímetro y posicionar la pinza amperométrica de forma segura.

Instalación del instrumental de medición

Se conectó un multímetro digital True RMS ⁽⁷⁾ en paralelo con el resistor calefactor (ver Anexo I), utilizando terminales de seguridad tipo banana. Se colocó una pinza amperométrica con sensor de efecto hall alrededor de uno de los conductores activos que alimentan al resistor (ver Anexo I) asegurando que:

Estuviera libre de interferencias cercanas (otros cables).

La corriente medida correspondiera solo al flujo a través del componente.

Ambos instrumentos contaban con calibración vigente y fueron configurados en sus respectivos rangos de trabajo adecuados.

Medición y registro de variables

Con el sistema en marcha, se registraron de forma simultánea la tensión entre los extremos del resistor, y la corriente que circula por él medida con la pinza.

Se realizaron 3 mediciones consecutivas en intervalos de 5 segundos para verificar la estabilidad del sistema. Los valores fueron registrados manualmente.

Cálculo del valor de resistencia

Se aplicó la fórmula de la Ley de Ohm ⁽⁴⁾ para cada conjunto de lecturas:

Se calculó el promedio de los valores obtenidos y se estimó el error máximo asociado ⁽¹⁾, considerando la clase de exactitud de los instrumentos.

Validación y cierre

Si bien la presente medición se realizó en un entorno simulado, se aplicó un procedimiento técnico que reproduce fielmente las condiciones reales de funcionamiento de un sistema industrial.

La técnica seleccionada “medición indirecta por Ley de Ohm ⁽⁴⁾ mediante corriente bien medida” resultó adecuada para el tipo de componente analizado, considerando que debía mantenerse en servicio durante el proceso.

La documentación detallada de los pasos seguidos, la selección justificada de los instrumentos, y la descripción clara de las condiciones de operación aseguran la validez formal del procedimiento técnico utilizado.

En ausencia de valores reales o fichas técnicas específicas, la medición se consideró válida dentro del marco teórico y metodológico propuesto por la consigna, cumpliendo con los objetivos pedagógicos y técnicos del ejercicio.

7. Resultados y análisis

A continuación, se presentan los valores obtenidos durante la medición de la resistencia eléctrica del resistor calefactor, simulada bajo condiciones estables de funcionamiento, mediante la técnica de medición indirecta por Ley de Ohm ⁽⁴⁾ mediante corriente bien medida.

Valores registrados

Medición	Tensión (V)	Corriente (A)	Resistencia Calculada (Ω)
1	220,3 _V	12,20 _A	18,06 _{Ω}
2	219,8 _V	12,10 _A	18,17 _{Ω}
3	220,1 _V	12,20 _A	18,04 _{Ω}

Promedio de resistencia obtenida:

$$R_{prom} = \frac{18,06 + 18,17 + 18,04}{3} = 18,09$$

Análisis del resultado

La variación entre las 3 mediciones fue mínima (de $\pm 0.13\Omega$), Lo que indica estabilidad del sistema durante el proceso de medición.

El valor promedio obtenido es representativo del comportamiento eléctrico del componente en servicio, y se encuentra dentro del rango esperado para resistores calefactores industriales típicos.

La medición fue realizada con instrumentos calibrados:

Multímetro True RMS ⁽⁷⁾ con precisión $\pm (0,7\% + 2)$

Pinza amperométrica de efecto hall con precisión $\pm (2,5\% + 5)$

Se consideró el efecto de incertidumbre combinada, estimándose un error total máximo ⁽¹⁾ de $\pm 0,37\%$ (ver Anexo IV), por lo que se concluye que el valor de resistencia medido es técnicamente válido y confiable para su certificación dentro del marco del caso simulado.

Nota técnica sobre los resultados

En este trabajo, los valores utilizados se generaron de manera simulada, con el objetivo de representar de forma realista una medición industrial bajo condiciones típicas. No corresponden a un ensayo físico sobre un componente real, pero cumplen la función didáctica de permitir el análisis técnico del procedimiento aplicado.

8. Proceso de certificación

Una vez finalizado el proceso de medición y cálculo de la resistencia eléctrica del resistor calefactor, se procedió a su validación formal conforme a los criterios establecidos por el laboratorio y en el marco de los estándares técnicos asumidos por la empresa.

La certificación consistió en:

Revisión técnica del procedimiento aplicado, por parte del equipo responsable, a fin de asegurar que se hubiera cumplido correctamente cada fase: selección y caracterización de instrumentos, medición en condiciones reales de servicio y cálculo conforme a la Ley de Ohm ⁽⁴⁾.

Verificación de la trazabilidad de los valores registrados, asegurando que se hayan empleado instrumentos con calibración vigente y que las condiciones de medición hayan sido correctamente documentadas.

Elaboración de la presente memoria técnica, como documento formal que respalda la metodología utilizada, justifica técnicamente las decisiones adoptadas y garantiza la reproducibilidad del procedimiento.

Registro en el sistema documental del laboratorio, cumpliendo con las normas internas de documentación técnica y respetando las pautas de presentación indicadas

Firma del responsable técnico (en el marco simulado del caso), validando que el procedimiento se realizó conforme a las buenas prácticas de medición y que el valor obtenido puede ser certificado como técnicamente válido.

Este proceso de certificación se completa con la entrega de la presente memoria técnica a la gerencia de calidad de la empresa, quien dispone de la misma como respaldo documental ante posibles auditorías, controles externos, o solicitudes de clientes.

9. Reflexión crítica

El desarrollo de este trabajo representó una instancia valiosa para poner en práctica no solo los conocimientos técnicos adquiridos durante la formación, sino también habilidades propias del ejercicio profesional, como la toma de decisiones fundamentadas, la comunicación técnica precisa y el trabajo en equipo.

La elección de la técnica de medición indirecta por Ley de Ohm ⁽⁴⁾, priorizando una corriente bien medida mediante la pinza amperométrica, permitió simular una situación real de medición en servicio con criterios de seguridad, eficiencia y trazabilidad. Esta elección fue el resultado de una lectura crítica de la situación problemática, y demostró la importancia de adaptar los procedimientos técnicos a las restricciones del entorno.

Durante el proceso, se esforzó la necesidad de comprender profundamente el funcionamiento de los instrumentos, sus limitaciones y el impacto que tienen en la confiabilidad de los datos obtenidos. Asimismo, fue especialmente relevante el ejercicio de documentar formalmente cada etapa, aplicando normas de presentación profesional y reflexionando sobre el valor de la trazabilidad en contextos donde los resultados deben ser certificados ante terceros

Si bien la medición se realizó en un entorno simulado, la elaboración de esta memoria técnica permitió internalizar buenas prácticas que son aplicables en el ámbito laboral real: desde la selección de instrumentos hasta el análisis de errores, pasando por la redacción clara y estructurada de documentos técnicos.

Como posible mejora, se plantea la conveniencia de incluir en futuros trabajos una estimación más exhaustiva de incertidumbre combinada, incorporando no solo los errores de los instrumentos sino también los asociados al entorno y al método de medición. Además, sería enriquecedor contar con la validación cruzada del procedimiento por parte de un profesional externo o un modelo experimental complementario.

En definitiva, esta experiencia no solo aporta herramientas técnicas, sino también una visión más amplia del rol del técnico en entornos donde la responsabilidad, bueno el rigor y la comunicación efectiva son claves para el éxito del trabajo profesional.

10. Conclusiones

A partir del análisis de la situación planteada, se desarrolló una estrategia de medición que permitió obtener un valor confiable de la resistencia eléctrica de un resistor calefactor industrial, bajo condiciones de funcionamiento reales. La selección de la técnica de medición indirecta por Ley de Ohm ⁽⁴⁾ mediante corriente bien medida se fundamentó en criterios de seguridad, no intrusión al sistema, y compatibilidad con la trazabilidad requerida para su certificación.

Se logró realizar una medición simulada reproducible, con baja dispersión entre los valores obtenidos y aplicando instrumentos apropiados para el entorno. El procedimiento técnico fue documentado de forma completa, respetando criterios formales de presentación, y considerando los márgenes de error posibles derivados de la incertidumbre instrumental.

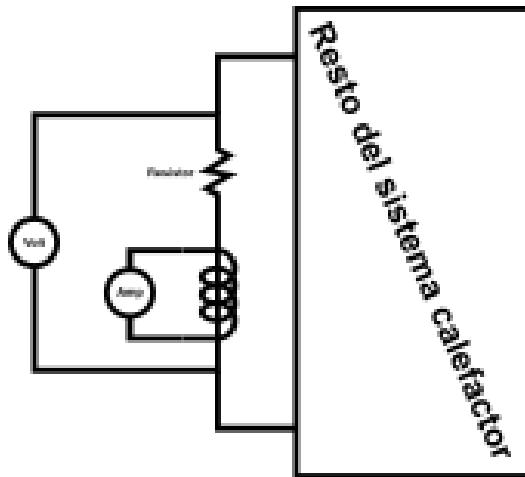
La memoria técnica elaborada cumple la función de respaldar el proceso de medición con validez documental, asegurando que el valor obtenido puede ser certificado conforme a criterios profesionales. Además, el trabajo permitió integrar conocimientos de medición eléctrica, análisis de error, documentación técnica y criterios normativos, reafirmando la importancia de la religiosidad técnica en entornos laborales donde la confiabilidad de los resultados es crítica.

11. Referencias

1. Cedillo López, F. J. (2014). *Cómo establecer periodos de Calibración*. <https://www.ema.org.mx>; <https://www.ema.org.mx>.
https://www.ema.org.mx/descargas_evento_dma/uv/PeriodosDeCalibracion.pdf
2. Fluke. (n.d.). Fluke 87V datasheet. <https://www.fluke.com>; <https://www.fluke.com>. Retrieved June 29, 2025, from <https://www.fluke.com/en-us/product/electrical-testing/digital-multimeters/fluke-87v/ds>
3. INTI. (2019). *REGLAMENTO TÉCNICO Y METROLÓGICO PARA LOS MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CORRIENTE ALTERNA*. <https://www.inti.gob.ar>.
<https://www.inti.gob.ar/assets/uploads/metrologialegal/pdf/247-2019.pdf>
4. Ramírez Juárez, A. R. (2019). *Ley de Ohm*.
https://d1wqtxs1xzle7.cloudfront.net/63362668/Ley_de_Ohm20200519-80557-1s4l288-libre.pdf?1589910420=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLey_de_Ohm.pdf&Expires=1751240084&Signature=BRDk8nrP2YDNS63sxPgdxRdNSq1znjqdScCuVkbi6j8IO-pm5CRwrz5yEmezrYINx18Wt366Xgx7y270GxFXHdIOBlq3mO7CMjj3OdwOwzzKuWzJ28yY7qyKW03UqpYEmfSmEcBVxHMeCYzFT85FjaoAXib28lkRasufAaGZMninCy0bvYMtyn-ftUSW3axlI2Dim0i0jqIMosYPtL5MiMDP9sDoC40Ta1uAEEGBgwr-YrBrradUAM5qXpCSVv-53RtxPJcsr3qXY9dUPdxnC4ga8Jao~B2k8JfJBhvYEw-fXBn9kdoGtCrS9oqUxHTRsD6elhWqNC7VS~ekKV1A&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
5. Stoll, R. G., Manno, R. H., Principi, M. D., & Garnica, J. H. (2020). Medición de corriente en sistemas FVs por efecto Hall. *Avances En Energías Renovables Y Medio Ambiente*, vol. 11. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/93311>
6. UNI-TREND TECHNOLOGY. (n.d.). ut210e-user-manual. <https://Meters.uni-Trend.com/>; <https://meters.uni-trend.com>. Retrieved June 29, 2025, from <https://meters.uni-trend.com/download/ut210e-user-manual/?wpdmdl=7228&refresh=6860f7fe2461d1751185406>
7. University of Cambridge. (n.d.). Root mean square | Glossary | Underground Mathematics. undergroundmathematics.org; University of Cambridge. Retrieved June 29, 2025, from <https://undergroundmathematics.org/glossary/root-mean-square>

12. Anexos

I.



II.

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

$$V_{prom} = \frac{220,1 + 219,8 + 220,3}{3} = 220,1v$$

$$I_{prom} = \frac{12,20 + 12,20 + 12,10}{3} = 12,17A$$

$$\Delta V = 220,1v * 0,7\% + 0,2v = 1,7v$$

$$\Delta I = 12,17 * 2,5\% + 0,05A = 0,36A$$

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{1,7v}{220,1v} + \frac{0,36A}{12,17A} = \pm 0.37\%$$