

Análisis de la Resistividad del Suelo y Medición de la Resistencia de Puesta a Tierra de un Transformador

Marina M. Aquino^a, Alfredo A. Marquez^a, Juan P. Silva^a, Roberto J. Cabral^{a,b}, Jose G. Martinez^a

^a Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ingeniería, LIDEE, Oberá, Misiones, Argentina.

^b CONICET, Argentina

e-mails: marinamagdalena597@gmail.com, freddy.andres.mar@gmail.com, juampi.silva.12@gmail.com,
robert_rjc@hotmail.com, ingjgmartinez@gmail.com

Resumen

Este artículo presenta un estudio detallado sobre las mediciones de resistividad del suelo y la puesta a tierra de un transformador ubicado en el predio de la Facultad de Ingeniería de Oberá. Se emplearon métodos reconocidos, como el método de cuatro electrodos (Wenner) para medir la resistividad del terreno y el método de caída de tensión con telurómetro de tres electrodos para evaluar la resistencia de puesta a tierra del transformador. Los resultados obtenidos proporcionan una visión precisa de las condiciones del suelo y la eficacia del sistema de puesta a tierra, esenciales para asegurar la seguridad y funcionalidad del equipo eléctrico. Además, se discuten las implicaciones de estos resultados en el diseño y mantenimiento de sistemas eléctricos en entornos académicos.

Palabras Clave – Facultad de Ingeniería Oberá, Puesta a tierra, Resistividad.

1 Introducción

La medición precisa de la resistividad del suelo y la resistencia de puesta a tierra es fundamental para garantizar la seguridad y el rendimiento de los sistemas eléctricos, especialmente en instalaciones críticas como las ubicadas en instituciones académicas. En este estudio, se analizan las mediciones realizadas en el predio de la Facultad de Ingeniería de Oberá, donde se evaluó tanto la resistividad del suelo como la puesta a tierra de un transformador. Utilizando el método de cuatro electrodos (Wenner) para la resistividad del terreno y el método de caída de tensión con telurómetro de tres electrodos para la puesta a tierra, se obtuvieron datos que permiten entender mejor las condiciones del suelo y la eficacia del sistema de puesta a tierra. Este artículo busca no solo presentar los resultados obtenidos, sino también discutir sus implicaciones prácticas y ofrecer recomendaciones para el diseño y mantenimiento de sistemas de puesta a tierra en instituciones similares.

2 Metodología

Para la medición de la resistividad del terreno se utilizó el método de cuatro electrodos, conocido como método de Wenner. Este método es ampliamente reconocido por su precisión y fiabilidad en la obtención de datos de resistividad del suelo. Consiste en colocar cuatro electrodos en línea recta y equidistantes entre sí en el terreno a medir. Se aplica una corriente eléctrica entre los dos electrodos exteriores y se mide la diferencia de potencial entre los dos electrodos interiores. La resistividad del terreno se calcula utilizando la separación entre los electrodos y las mediciones obtenidas de corriente y potencial [2].

A continuación, se presenta en la Fig. 1 el esquema de conexión del método de cuadro electrodos:

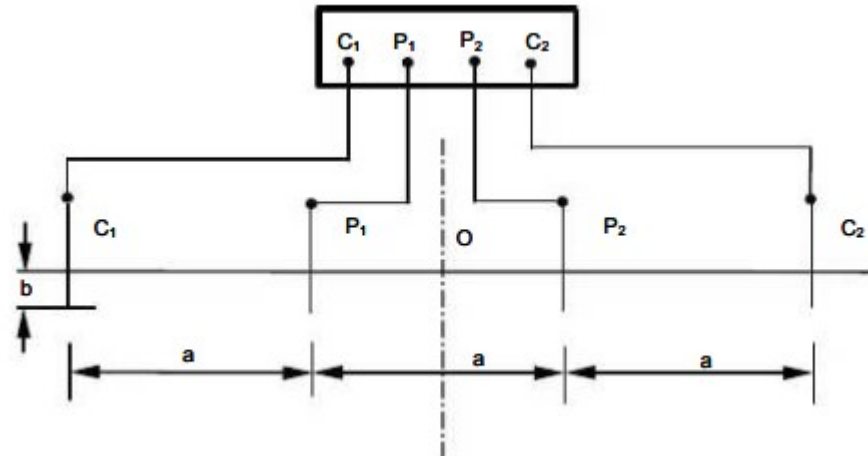


Fig. 1 Esquema de conexión para el método de cuatro puntos [2].

Donde “a” es la distancia entre electrodo y “b” la profundidad de hincada teórica que debe ser $b \leq 0.1 a$

Para realizar la medición, se colocaron cuatro electrodos alineados y separados equidistantemente. El telurómetro se conectó a los electrodos para medir la resistencia del terreno entre ellos. La resistividad se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$\rho = 2\pi a R \quad (1)$$

Para la medición de puesta a tierra del transformador se utilizó un telurómetro con tres electrodos, uno principal y dos auxiliares. El electrodo principal se conecta al sistema de puesta a tierra cuya resistencia se desea determinar, mientras que los dos electrodos auxiliares, uno de corriente y otro de potencial, se colocan a distancias específicas para garantizar una medición precisa. El telurómetro inyecta una corriente alterna conocida entre el electrodo principal y el electrodo de corriente, y mide la diferencia de potencial entre el electrodo principal y el electrodo de potencial [2].

En la siguiente se observa el esquema de conexión de 3 electrodos para medición de puesta a tierra.

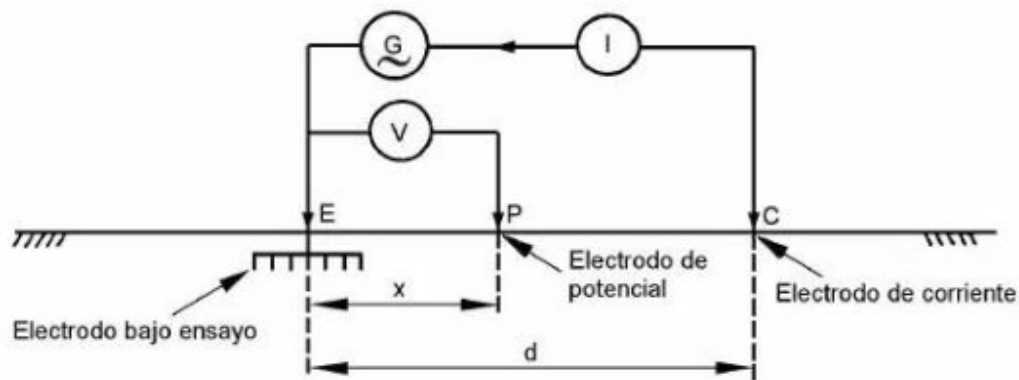


Fig. 2 Esquema de conexión para el método de tres puntos [2].

A continuación, se presenta una lista con elementos empleados:

- Telurometro FI 8240 [3]
- Jabalinas
- Cinta métrica
- Electrodo de cobre

3 Resultados

En esta sección se presentan los resultados de las mediciones realizadas durante los meses de junio y julio del presente año, enfocándose en la resistividad del suelo y la resistencia de puesta a tierra. Los datos recopilados ofrecen una visión integral de las condiciones del terreno y la efectividad del sistema de puesta a tierra en el predio de la Facultad de Ingeniería de Oberá. Los resultados obtenidos en ambos meses serán analizados en detalle para evaluar las variaciones estacionales en la resistividad del suelo y su impacto en el rendimiento del sistema de puesta a tierra, proporcionando así información valiosa para futuras decisiones de diseño y mantenimiento.

A continuación, se presenta la Tabla 1 con los resultados de puesta a tierra, resistividad del suelo, conductividad.

En la Fig. 3 se observa el telurómetro empleado para realizar las mediciones.



Fig. 3 . Telurómetro empleado para realizar las mediciones

Las condiciones climáticas para los diferentes días de mediciones se obtuvieron del del Servicio Meteorológico Nacional.

En la Error: no se encontró el origen de la referencia se detallan los valores de las mediciones de resistencia, resistividad del suelo, conductancias realizadas en diferentes días.

Tabla 1. Resistencia de puesta a tierra, resistividad del suelo, conductividad

Resistencia	Resistividad	Conductividad
30,00 Ω	188,64 Ωm	5,30 mS/m
28,00 Ω	176,06 Ωm	5,68 mS/m
27,50 Ω	172,92 Ωm	5,78 mS/m
26,35 Ω	165,69 Ωm	6,04 mS/m
25,20 Ω	158,46 Ωm	6,31 mS/m
24,80 Ω	155,94 Ωm	6,41 mS/m
23,40 Ω	147,14 Ωm	6,80 mS/m
22,60 Ω	142,11 Ωm	7,04 mS/m
21,40 Ω	134,56 Ωm	7,43 mS/m
20,00 Ω	125,76 Ωm	7,95 mS/m
19,80 Ω	124,50 Ωm	8,03 mS/m
18,50 Ω	116,33 Ωm	8,60 mS/m
17,00 Ω	213,79 Ωm	4,68 mS/m
16,32 Ω	205,24 Ωm	4,87 mS/m
15,30 Ω	192,41 Ωm	5,20 mS/m
12,20 Ω	153,43 Ωm	6,52 mS/m
11,25 Ω	212,22 Ωm	4,71 mS/m
10,12 Ω	190,90 Ωm	5,24 mS/m
9,45 Ω	237,69 Ωm	4,21 mS/m
8,50 Ω	213,79 Ωm	4,68 mS/m
7,00 Ω	176,06 Ωm	5,68 mS/m
6,30 Ω	158,46 Ωm	6,31 mS/m
5,20 Ω	130,83 Ωm	7,64 mS/m

En la Fig. 4 se presenta el comportamiento de resistividad del suelo, conductividad en función de resistencia de puesta tierra.

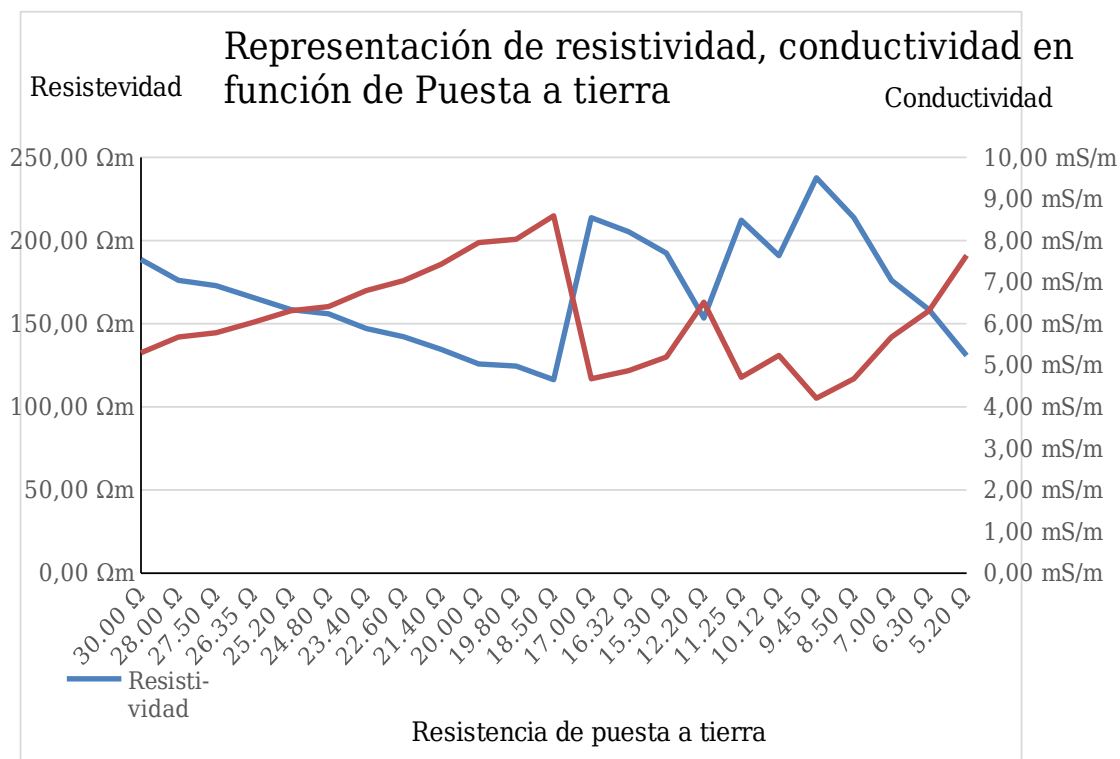


Fig. 4 . Comportamiento de resistividad del suelo conductividad en función de puesta a tierra.

En la Fig. 4 , se observa que los valores de resistividad del suelo varían entre 116 Ωm y 237 Ωm , lo que sugiere una considerable variabilidad en las características del suelo dentro del área de estudio. Estos valores de resistividad son críticos para el diseño y análisis de sistemas de protección y puesta a tierra, ya que una alta resistividad puede limitar la efectividad de la dispersión de las corrientes de falla. Por otro lado, la conductividad del suelo, que es inversamente proporcional a la resistividad, se encuentra en un rango de 4 a 8,5 mS/m. Estos valores de conductividad indican la capacidad del suelo para conducir electricidad y son esenciales para evaluar el desempeño de las instalaciones eléctricas, especialmente en lo que respecta a la seguridad y eficiencia de las descargas inducidas en las redes de distribución.

En la **Error: no se encontró el origen de la referencia**, se presentan los valores de resistencia de puesta a tierra del transformador correspondientes a cada mes, desde marzo de 2023 hasta junio del año en curso. Estos datos permiten observar la variabilidad de la resistencia de puesta a tierra a lo largo del tiempo, reflejando las posibles influencias de factores estacionales y ambientales en las mediciones. La monitorización mensual de estos valores es crucial para ga-

rantizar el mantenimiento adecuado y la operación segura del transformador, ya que una resistencia de puesta a tierra adecuada es esencial para la protección contra fallas eléctricas y descargas

Tabla 2. Mediciones de puesta a tierra en función de los meses.

Mes	Resistencia
mar-23	30,20 Ω
abr-23	31,20 Ω
may-23	31,00 Ω
jun-23	31,30 Ω
jul-23	32,90 Ω
ago-23	31,40 Ω
sep-23	33,00 Ω
oct-23	31,40 Ω
nov-23	33,20 Ω
dic-23	32,90 Ω
mar-24	31,20 Ω
abr-24	32,00 Ω
may-24	31,80 Ω
jun-24	32,20 Ω
jul-24	31,10 Ω

En la Fig. 5 se presentan los valores de resistencia de puesta a tierra del transformador correspondientes a distintos meses del año.

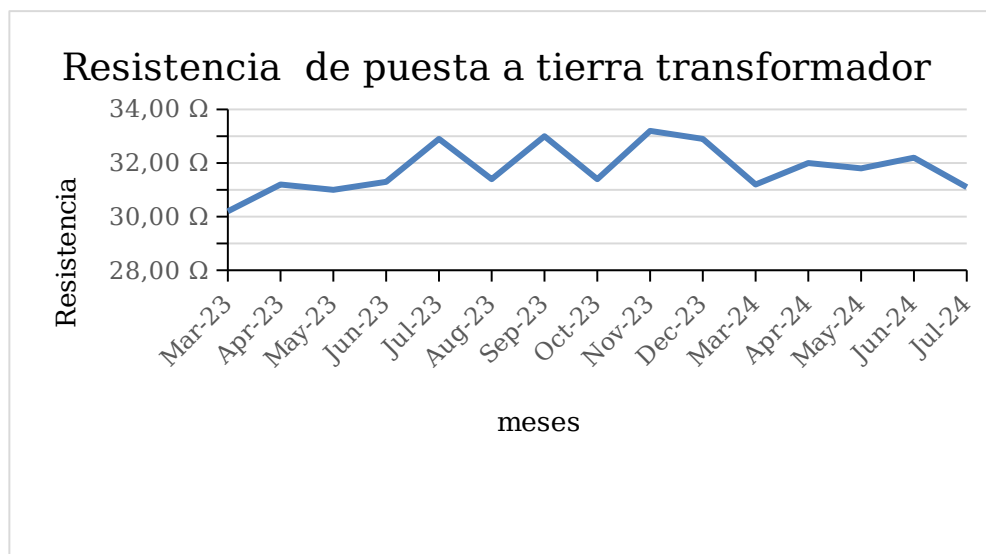


Fig. 5 . Comportamiento de resistencia de puesta en función del tiempo.

La Fig. 5 muestra un gráfico de línea que ilustra los valores de resistencia de puesta a tierra del transformador a lo largo de varios meses. En el eje horizontal (x) se representan los meses del año, mientras que en el eje vertical (y) se indican los valores de resistencia en ohmios (Ω). Los datos reflejan una variación relativamente estrecha en la resistencia, oscilando entre 30 y 33 ohmios. La línea del gráfico se mantiene dentro de este rango, indicando una estabilidad en los valores de resistencia de puesta a tierra con ligeras fluctuaciones mensuales. Esta estabilidad sugiere un desempeño consistente del sistema de puesta a tierra durante el período de observación.

4 Conclusiones

La resistividad del suelo en la Facultad de Ingeniería presentó una variabilidad significativa, reflejando diferencias en la composición y propiedades del suelo que pueden afectar la eficiencia de los sistemas de puesta a tierra. La conductividad del suelo, que es inversamente proporcional a la resistividad, indicó la capacidad del suelo para conducir electricidad, subrayando la necesidad de un monitoreo continuo para asegurar el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas. Las mediciones mensuales de la resistencia de puesta a tierra del transformador revelaron una estabilidad en los valores, destacando la importancia de un seguimiento regular para detectar y corregir posibles problemas. Estos resultados enfatizan la importancia de considerar las características del suelo en el diseño y mantenimiento de sistemas de puesta a tierra, y sugieren que estudios adicionales en diferentes épocas del año y la implementación de sistemas de monitoreo automático podrían mejorar la precisión y eficiencia en la gestión de estas instalaciones.

Referencia

- [1] IRAM , *IRAM 2281-2*- Puesta a tierra de los sistemas eléctricos*, 2002.
- [2] Manual del telurómetro.
- [3] IEEE 1410, «Guía IEEE para la medición de la Tierra Resistividad, Impedancia de tierra,y potenciales de la superficie terrestre de un Sistema de puesta a tierra,» Nueva York. EE.UU, 2012.