

ESTUDIO DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO COLEGIO MOMPOX

ELABORADOR POR:
ING. JESSICA BACCA SENIOR
09/05/2025



CONTROL DE RESPONSABLES

Responsable		Versión		
		1	2	3
Elaboración	Nombre	JPBS		
	Empresa	PACT		
	Fecha	09/05/2025		
	Firma	Jessica Bacca S		
Revisión	Nombre	JFDC		
	Empresa	PACT		
	Fecha			
	Firma			
Aprobación	Nombre	JFDC		
	Empresa	PACT		
	Fecha			
	Firma			

JPBS	Jessica Patricia Bacca Senior
JFDC	Johann Fernandez de Castro
PACT	Power And Control Consulting

CONTROL DE REVISIONES

Revisión	Aspecto Revisado	Fecha
0	Emisión Inicial	09/05/2025
1		
2		
3		

TABLA DE CONTENIDO

1. Objetivo	5
2. Alcance.....	5
3. Normativa aplicable	5
3.1. Normas técnicas colombianas	5
3.2. Reglamentos y normas de obligatorio cumplimiento.....	5
4. Ubicación geográfica y condiciones ambientales.....	5
5. Justificación de medición de resistividad	7
6. Equipos utilizados	7
7. Descripción del método a utilizar	8
8. Procedimiento para medición de la resistividad del terreno	8
9. Mediciones de resistividad	9
10. Análisis de resultados de resistividad en relación con el estudio de suelos.....	10
11. Conclusiones	11
12. Bibliografía.....	12
13. Anexo	13
13.1. Registro fotográfico de mediciones	13
13.2. Certificado de calibración equipo de medida.....	19

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del proyecto.....	6
Figura 2. Medidor de resistencia de aislamiento.....	7
Figura 3. Esquema de medición de resistividad.....	8
Figura 4. Resistividad vs Profundidad.....	10
Figura 5. Modelo del suelo Software IPI2WIN.....	11
Figura 6. Medición de resistividad del terreno mediante método Wenner.	13
Figura 7. 0.5m eje norte-sur.....	13
Figura 8. 1m eje norte-sur.	14
Figura 9. 2m eje norte-sur.	14
Figura 10. 4m eje norte-sur.....	15
Figura 11. 6m eje norte-sur.	15
Figura 12. 8m eje norte-sur.....	16
Figura 13. 0.5 eje este-oeste.....	16
Figura 14. 1m sentido este-oeste.	17
Figura 15. 2m eje este-oeste.....	17
Figura 16. 4m eje este-oeste.....	18
Figura 17. 6m eje este-oeste.....	18
Figura 18. 8m eje este-oeste.....	19

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones climáticas.	6
Tabla 2. Resultados de mediciones de resistividad en el punto seleccionado.....	9
Tabla 3. Modelo de 2 capas de resistividad del terreno.	11

1. OBJETIVO

Presentar los resultados de las pruebas de resistividad del terreno realizadas para el proyecto denominado Construcción del Colegio Normal Superior de Mompox, ubicado en el municipio de Santa Cruz de Mompox. Estos resultados servirán como datos de entrada para el diseño del sistema de puesta a tierra del proyecto.

2. ALCANCE

El presente documento tiene como objetivo evaluar la resistividad del terreno utilizando el método de los cuatro electrodos de Wenner. Para ello, se realizarán mediciones con separaciones entre electrodos de 0.5, 1, 2, 4, 6 y 8 metros, conforme a las recomendaciones establecidas en la norma IEEE 81. Asimismo, se presentan los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas de las mediciones de resistividad realizadas en dos direcciones.

3. NORMATIVA APLICABLE

3.1. Normas técnicas colombianas

- RETIE Reglamento técnico de instalaciones eléctricas
- NTC 2050 – Código eléctrico colombiano

3.2. Reglamentos y normas de obligatorio cumplimiento

- IEEE Std 80 Guide for Safety in AC Substation Grounding.
- IEEE Std 81 Guide for Measuring Earth, Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System.

4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y CONDICIONES AMBIENTALES

El área de estudio se encuentra ubicada en el municipio de Santa Cruz de Mompox, departamento de Bolívar, Colombia. Las coordenadas geográficas aproximadas del sitio son: latitud 9°13'33.48" N y longitud 74°25'0.21" O. La zona presenta condiciones climáticas típicas de una región de clima cálido y húmedo.



Figura 1. Ubicación del proyecto.

Mompox presenta un clima cálido. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 24 °C a 37 °C. Los parámetros climáticos se describen a continuación:

Tabla 1. Condiciones climáticas.

Temperatura Ambiente:	
Mínima:	22 °C [1]
Media:	32,2 °C [1]
Máxima:	40 °C [1]
Elevación Sobre el Nivel del Mar	
Media:	19 msnm [1]

5. JUSTIFICACIÓN DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD

De acuerdo con el Artículo 15 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), toda instalación eléctrica debe contar con un Sistema de Puesta a Tierra (SPT). Este sistema tiene como propósito fundamental garantizar la seguridad de las personas, evitando que estén expuestas a tensiones peligrosas de paso, contacto o transferidas, en caso de una falla a tierra. El SPT no solo aplica al sistema eléctrico propiamente dicho, sino también a las estructuras metálicas o soportes que, en presencia de sobretensiones temporales, puedan inducir una falla permanente a frecuencia industrial.

El criterio principal de seguridad no es simplemente alcanzar una baja resistencia de puesta a tierra, sino limitar las energías y tensiones peligrosas que pueden afectar a los seres humanos. Sin embargo, un valor bajo de la resistencia de puesta a tierra es deseable para reducir la Elevación del Potencial de Tierra (GPR). Para ello, se debe realizar un análisis detallado del suelo a través de estudios de resistividad, utilizando metodologías establecidas en las normas IEEE Std 80-2013 e IEEE Std 81-2012

6. EQUIPOS UTILIZADOS

El instrumento utilizado para la medición de resistividad del terreno fue el siguiente instrumento:

Medidor de resistencia de aislamiento (ohmímetro)

Marca: AEMC

Modelo: 6471

Rango de resistencia: 0.02-99.9 k Ω



Figura 2. Medidor de resistencia de aislamiento.

7. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO A UTILIZAR

Para realizar la medición de la resistividad del terreno se utilizó el método de Wenner, el cual está referenciado por la IEEE 81 [2]. En la Figura 3, se muestra el esquema de medición utilizado.

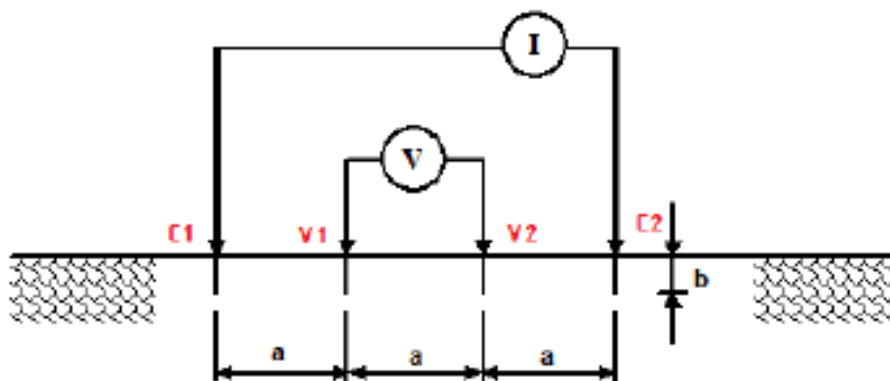


Figura 3. Esquema de medición de resistividad.

La ecuación exacta para el cálculo es:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

Donde:

ρ : Resistividad aparente en $\Omega \cdot m$.

a : Distancia entre electrodos en metros.

b : Profundidad del electrodo en metros.

R : Valor de resistencia obtenido en la medición con el telurómetro.

8. PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO

Para el estudio se tomará 1 punto de medición, las mediciones de resistividad del terreno se desarrollaron empleando el método de los cuatro electrodos de Wenner descrito anteriormente. Este método consiste en colocar cuatro (4) electrodos (barras) separados a una misma distancia sobre una línea recta en el suelo a ser ensayado. Las separaciones empleadas para las mediciones en cada punto y en cada dirección serán de 0.5, 1, 2, 4, 6 y 8 metros, siguiendo la recomendación de la IEEE 81 [2]. En cada punto de medición se realizan medidas en dos direcciones (Norte-Sur, Este-Oeste,). Si las mediciones en las dos direcciones difieren mucho, se debe hacer una tercera medición en la dirección oblicua (Noreste-Suroeste).

9. MEDICIONES DE RESISTIVIDAD

Tabla 2. Resultados de mediciones de resistividad en el punto seleccionado.

COLEGIO NORMAL SUPERIOR DE MOMPOX			
FORMATO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD			
Fecha de Medición	2/05/2025	Hora	10:00 a. m.
Nombre del Sitio	MOMPÓX	Dirección	MOMPÓX, BOLIVAR
Estado del Terreno	SECO	Tipo de Terreno	ARCILLA
Método de Medición	WENNER	Último día de lluvia	N/A
CARACTERÍSTICAS DEL TELURÓMETRO			
Marca:	Modelo:	Rango de Medición:	Precisión:
AEMC	6741	0.02Ω-99.9 kΩ	98%
Sentido de Medición	Profundidad de Exploración (m)	Separación de Electrodo (m)	Resistividad (Ωm)
Sentido Norte-Sur	0.5	0.5	7,684
	1	1	10,656
	2	2	13,436
	4	4	13,197
	6	6	14,009
	8	8	14,613
Sentido Este-Oeste	0.5	0.5	9,494
	1	1	15,304
	2	2	14,610
	4	4	15,227
	6	6	13,252
	8	8	12,093
Valores Promedios	0.5	0.5	8,589
	1	1	12,980
	2	2	14,023
	4	4	14,212
	6	6	13,631
	8	8	13,353

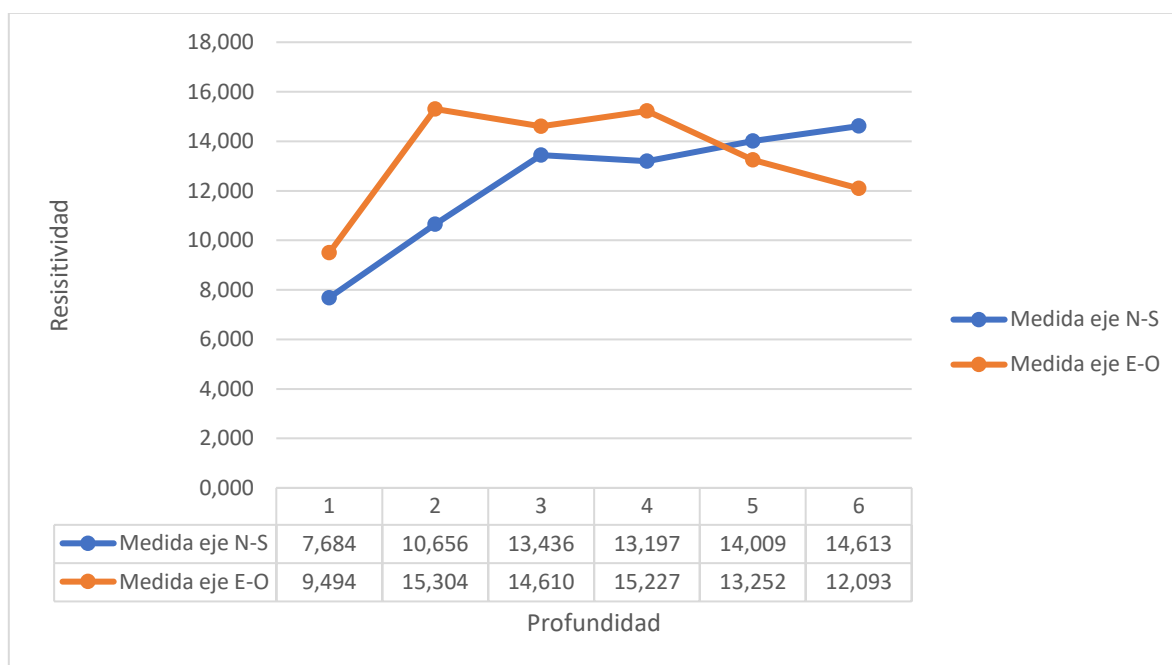


Figura 4. Resistividad vs Profundidad.

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE RESISTIVIDAD EN RELACIÓN CON EL ESTUDIO DE SUELOS

Dado el comportamiento no uniforme observado en la curva de resistividad aparente obtenida mediante el método de Wenner, y con base en el análisis gráfico previo, se ha optado por estructurar un modelo de suelo compuesto por dos capas horizontales. Esta aproximación permite representar de manera simplificada la estratigrafía eléctrica del subsuelo y resulta adecuada cuando los datos de campo sugieren cambios significativos en la resistividad con la profundidad.

Para este fin, se utilizó el software IPI2WIN, una herramienta especializada en la interpretación de datos de sondeos eléctricos verticales (SEV), que permite realizar el ajuste de modelos estratificados a partir de mediciones de resistividad aparente.

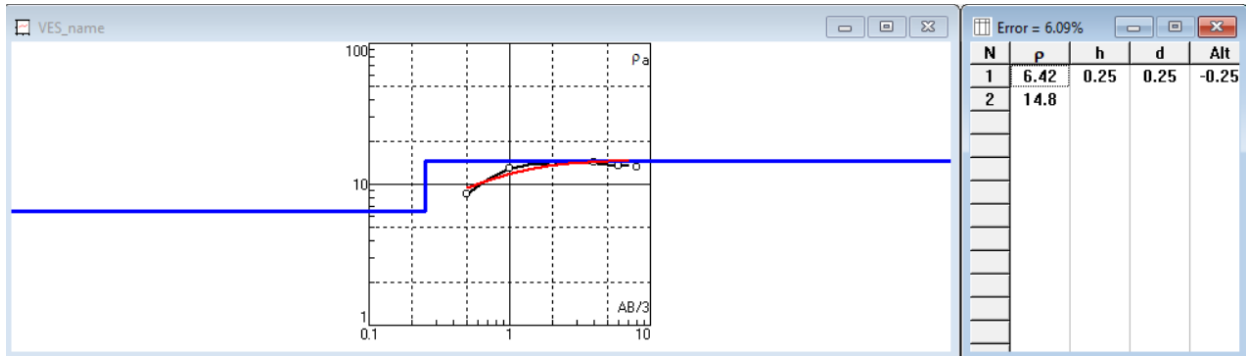


Figura 5. Modelo del suelo Software IPI2WIN.

Tabla 3. Modelo de 2 capas de resistividad del terreno.

Variable	Valor	Unidad
ρ_1	6.42	Ωm
ρ_2	14.8	Ωm
h	0.25	m

11. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el modelo de suelo de dos capas, se puede concluir que:

- El valor de resistividad de la primera capa, indica que el suelo presenta una alta humedad debido a que el proyecto se encuentra a la Riviera del rio magdalena, con presencia de arcillas.
- El valor de resistividad en la segunda capa presenta un aumento lo que sugiere una capa con menor contenido de humedad o diferente composición, posiblemente arenas o gravas más compactas.

12. BIBLIOGRAFÍA

- [1] IDEAM, ATLAS CLIMATOLÓGICO DE COLOMBIA, 2018.
- [2] IEEE, Std 81™-2012 Guide for Measuring Earth, Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials of a Grounding System, New York, 2012.

13. ANEXO

13.1. Registro fotográfico de mediciones



Figura 6. Medición de resistividad del terreno mediante método Wenner.



Figura 7. 0.5m eje norte-sur.



Figura 8. 1m eje norte-sur.



Figura 9. 2m eje norte-sur.



Figura 10. 4m eje norte-sur.



Figura 11. 6m eje norte-sur.



Figura 12. 8m eje norte-sur.



Figura 13. 0.5 eje este-oeste.



Figura 14. 1m sentido este-oeste.



Figura 15. 2m eje este-oeste.



Figura 16. 4m eje este-oeste.



Figura 17. 6m eje este-oeste.



Figura 18. 8m eje este-oeste.

13.2. Certificado de calibración equipo de medida

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MAGNITUD ELÉCTRICA****Electrical Magnitude Calibration Certificate****MIC-E0939**

Cliente:	INGENIA C&S S.A.S.	
Dirección:	CR 62 # 56 - 44 CA 1	
Ciudad:	BARRANQUILLA - ATLANTICO	
Instrumento o Ítem a Calibrar:	Descripción:	Telurómetro Digital
(IBC)	Fabricante:	AEMC INSTRUMENTS
	Modelo:	6471
	Serie:	128599TBDV
	Código Cliente:	128599TBDV
	Ubicación:	Instalaciones del Cliente
	Variables de Medición:	Ω
	Resolución:	Multirango

Trazabilidad:

Los datos de calibración se obtuvieron empleando el método de comparación directa, entre el valor nominal del patrón y la indicación del instrumento de prueba.

Trazabilidad:

Código Interno	Marca	Modelo	No. de Certificado	Emitido por	Trazabilidad
E13-PP 002	TRANSMILLE	3050A	AC-26172	TRANSMILLE LTDA	NIST
E13-PP 002	GENERAL RADIO	1433Y	18-306-00818	INSPEC INC.	NIST
E13-PP 003	GENERAL RADIO	1433T	18-297-00391	INSPEC INC.	NIST

Incertidumbre de Medición:

La incertidumbre típica expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estandar de medición, multiplicada por el factor de cobertura. Los resultados obtenidos en este certificado, corresponden al Ítem bajo calibración (IBC), cuya descripción se relaciona en este documento.

Lugar de Calibración: Laboratorios instalaciones MIC S.A.S.
 Área: Laboratorio de variables eléctricas

Condiciones Ambientales de Calibración:

Temperatura Ambiente °C: 21,6 °C Humedad Relativa %hr: 52,0 %hr

Fecha de Recepción: 2025-01-17**Fecha de Calibración:** 2025-01-24**Fecha de Emisión:**

29/01/2025

Autorizado por:

Empleados autorizados por León Antonio Velásquez Cárdena
 Titular de reconocimiento (DIN) con sede en Barranquilla
 Velásquez Cárdena, León Antonio Instrumentación y Control
 Centro MIC S.A.S. (ex Coordinador del Laboratorio)
 Email: leonvelasquez@miccentro.com.co
 Fecha: 2025-01-29 11:05:42 -05:00
 Impreso en: 2025-01-29 11:05:42 -05:00

Coordinador de Laboratorio
León Velásquez

Calibrado por:

6729

Técnico Metrólogo

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MAGNITUD ELÉCTRICA****Electrical Magnitude Calibration Certificate****MIC-E0939**

Estado del Instrumento: El equipo se encontro en buen estado, presento cables y puntas.
 Se realizo calibración con baterias auxiliares de MIC, ya que las baterias del equipo se encontraban con baja carga y generaban medidas erroneas.

Instrumento: El instrumento fue calibrado con cables y puntas del Instrumento bajo prueba.
 Las condiciones ambientales reportadas corresponden al valor promedio y su variación ($\pm$), durante el proceso de medición.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

TABLA DE RESULTADOS**MEDIDOR DE AISLAMIENTO ESCALA 5 K Ω**

Rango de medida	Señal Aplicada	Indicación promedio	Error (+)	Corrección	Incertidumbre $\pm U$	Factor de cobertura K	E.M.P por fabricante
5	1 k Ω	1,01 k Ω		0,01 k Ω	7,42E-03 k Ω	2	0,51 k Ω
	3 k Ω	3,0 k Ω		0,0 k Ω	5,78E-03 k Ω	2	0,52 k Ω
	5 k Ω	5,02 k Ω		0,0 k Ω	5,85E-03 k Ω	2	0,53 k Ω

MEDIDOR DE AISLAMIENTO ESCALA 20 K Ω

Rango de medida	Señal Aplicada	Indicación promedio	Error (+)	Corrección	Incertidumbre $\pm U$	Factor de cobertura K	E.M.P por fabricante
20	10 k Ω	10 k Ω		0,00 k Ω	0,0577 k Ω	2	0,55 k Ω
	12 k Ω	12 k Ω		0,0 k Ω	0,058 k Ω	2	0,56 k Ω
	15 k Ω	15,00 k Ω		0,00 k Ω	5,79E-02 k Ω	2	0,58 k Ω
	18 k Ω	18,0 k Ω		0,0 k Ω	5,77E-02 k Ω	2	0,59 k Ω
	20 k Ω	20,1 k Ω		0,1 k Ω	5,77E-02 k Ω	2	0,60 k Ω

MEDIDOR DE AISLAMIENTO ESCALA 50 K Ω

Rango de medida	Señal Aplicada	Indicación promedio	Error (+)	Corrección	Incertidumbre $\pm U$	Factor de cobertura K	E.M.P por fabricante
50	30 k Ω	30,1 k Ω		0,10 k Ω	0,0577 k Ω	2	0,65 k Ω
	35 k Ω	35,1 k Ω		0,1 k Ω	0,058 k Ω	2	0,68 k Ω
	40 k Ω	40,10 k Ω		0,10 k Ω	5,79E-02 k Ω	2	0,70 k Ω
	45 k Ω	45,1 k Ω		0,1 k Ω	5,77E-02 k Ω	2	0,73 k Ω
	50 k Ω	50,1 k Ω		0,1 k Ω	5,77E-02 k Ω	2	0,75 k Ω

MEDIDOR DE AISLAMIENTO ESCALA 100 K Ω

Rango de medida	Señal Aplicada	Indicación promedio	Error (+)	Corrección	Incertidumbre $\pm U$	Factor de cobertura K	E.M.P por fabricante
95	70 k Ω	70,2 k Ω		0,20 k Ω	0,0577 k Ω	2	0,85 k Ω
	80 k Ω	80,2 k Ω		0,2 k Ω	0,058 k Ω	2	0,90 k Ω
	85 k Ω	85,20 k Ω		0,20 k Ω	0,0579 k Ω	2	0,93 k Ω
	90 k Ω	90,2 k Ω		0,2 k Ω	0,058 k Ω	2	0,95 k Ω
	95 k Ω	95,3 k Ω		0,3 k Ω	0,058 k Ω	2	0,98 k Ω