

<b>INFORME EFICACIA DE ADITIVO</b>	
<b>REG 131/503-TR-015</b>	<b>Rev. 0, diciembre 2023</b>
<b>SCE-203232</b>	



<b>Documentos de referencia</b>	
Orden de trabajo (O.T.)	: 557611
Fecha de mediciones	: 13-11-2024
Hora de inicio de mediciones	: 13:45 Hrs.
Hora de termino de mediciones	: 15:30 Hrs.
Fecha de emisión	: 14-11-2024
Nº de páginas	: 9 paginas
<b>Ensayos realizados en:</b>	
Nombre Empresa	: Bureau Veritas, Cesmec S.A.
Dirección	: Av. Marathon N°2595, Comuna de Macul, Región Metropolitana
Lugar de mediciones	: Av. Pedro de Valdivia N°6561, Comuna de Macul, Región Metropolitana
Coordenadas	: 32°29'01``S – 70°36'22``W
Estado del Clima	: Despejado, 30°C
Tipo de terreno	: Compactado, Pedregoso, Tierra
<b>Solicitante (cliente)</b>	
Nombre	: Universidad de Antofagasta
Atención	: Patricio Hernández
Dirección	: Av. Angamos N°601, Comuna de Antofagasta, Región de Antofagasta
<b>Especificación de los ensayos</b>	
Normas de ensayos	: <b>IEEE Std. 81</b> , Método de medición de resistencia de malla <b>RIC N° 06</b> , Puesta a Tierra
Objetivo	: Realizar medición de tierra a través del método de caída de potencial o en su defecto, el método de pinzas, para así obtener un valor inicial del sistema de puesta a tierra, para posteriormente volver a medir aplicando el aditivo, de esta manera obtener una curva de mejoramiento y establecer, en base a las condiciones dadas, el porcentaje de mejoramiento del valor final resultante ( <i>entendiendo que solamente se valida que a condiciones de ensayos, el aditivo se comporta como mejorante de cierta manera, lo que no garantiza que en cualquier condición, el porcentaje de mejoramiento será el indicado en este informe</i> ).

Realizado y firmado por	<b>Orlando Palma J.</b> Funcionario responsable de la Ejecución de los Ensayos	
Realizado y firmado por	<b>Hugo Escobar Q.</b> Profesional a Cargo de la Responsabilidad Técnica de los Ensayos	

**“Los resultados emitidos en el presente informe de ensayos, independientemente de sus resultados, han sido revisados considerando la coherencia de las variables medidas y su correlación”**

*Nota Importante: Las mediciones presentadas en el siguiente informe, solo arrojan datos validados en condiciones óptimas de ensayos, vale decir, un terreno de composición normal a nivel de estratos, en una malla uniforme de 1,0x1,0 mts, con conductor de Cu desnudo de 2/0 AWG, enterrada a 0,6 mts. El porcentaje de mejoramiento no garantiza, que, a cualquier condición de terreno, como a cualquier malla proyectada, el resultado será el mismo a nivel porcentual*

## 1.0 DEFINICIONES Y TERMINOLOGIA

Sistema de Puesta a Tierra	<p>Un sistema de puesta a tierra es un conjunto de elementos diseñados para proporcionar una conexión eléctrica segura y de baja resistencia con la tierra. Este sistema se utiliza en instalaciones eléctricas para dirigir corrientes no deseadas o de fallo hacia la tierra, garantizando así la seguridad de las personas, la protección de los equipos y la eficacia del sistema eléctrico. Algunos de los componentes clave de un sistema de puesta a tierra incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Electrodo de Tierra: Son dispositivos enterrados en el suelo que establecen la conexión eléctrica con la tierra.</li> <li>• Conductores de Puesta a Tierra: Son cables conductores que conectan los equipos y las estructuras a los electrodos de tierra.</li> <li>• Barras Colectoras: Son conductores metálicos que conectan varios puntos de puesta a tierra en un sistema.</li> <li>• Dispositivos de Protección: Incluyen dispositivos como pararrayos y sistemas de puesta a tierra temporales que protegen contra sobretensiones.</li> </ul> <p>La función principal del sistema de puesta a tierra es proporcionar una trayectoria de baja resistencia para la corriente de fallo, y facilitar la disipación segura de la energía eléctrica hacia la tierra. Un sistema de puesta a tierra efectivo es esencial para evitar la acumulación de voltajes peligrosos y garantizar la operación segura y confiable de los sistemas eléctricos.</p>
Resistencia de Malla a Tierra	<p>La "resistencia de malla a tierra" es un término utilizado en el ámbito de la ingeniería eléctrica y la protección contra descargas eléctricas. Se refiere a la medida de la oposición que presenta el sistema de puesta a tierra de un sistema eléctrico o estructura a la corriente eléctrica que fluye hacia la tierra durante una falla o descarga eléctrica.</p> <p>Una "malla a tierra" se refiere a un sistema de electrodos conductores enterrados en el suelo que se conectan a un sistema eléctrico, estructura o equipo para proporcionar un camino seguro para la corriente de falla hacia la tierra. La resistencia de malla a tierra es importante porque determina la eficacia del sistema de puesta a tierra para disipar corrientes de falla y proteger contra choques eléctricos, así como para garantizar el funcionamiento adecuado de los sistemas de protección contra sobretensiones.</p> <p>La resistencia de malla a tierra se mide típicamente en ohmios y depende de varios factores, incluyendo la composición y humedad del suelo, la geometría y la distribución de los electrodos de puesta a tierra, y la calidad de las conexiones eléctricas entre los electrodos y el sistema eléctrico.</p> <p>Una resistencia de malla a tierra baja es deseable ya que indica que el sistema de puesta a tierra es eficaz para disipar corrientes de falla. Si la resistencia de malla a tierra es demasiado alta, puede resultar en una protección inadecuada contra descargas eléctricas y un mayor riesgo de daños a equipos y personas en caso de una falla eléctrica. Por lo tanto, los sistemas eléctricos y las estructuras suelen ser diseñados y mantenidos con el objetivo de lograr una resistencia de malla a tierra baja y consistente.</p>
Aditivo de mejoramiento de malla	<p>Es un compuesto químico o material que se agrega al suelo alrededor de los electrodos de puesta a tierra para mejorar la conductividad eléctrica y reducir la resistencia de la malla a tierra. Los aditivos mejoradores de la resistencia de malla a tierra pueden estar compuestos de varios materiales, como sales conductivas, compuestos químicos específicos o materiales especialmente diseñados para aumentar la conductividad eléctrica del suelo.</p> <p>La aplicación de estos aditivos suele realizarse mediante la dispersión o la mezcla con el suelo alrededor de los electrodos de puesta a tierra durante la instalación inicial del sistema de puesta a tierra o como parte del mantenimiento regular del sistema.</p>

## 2.0 EQUIPAMIENTO UTILIZADO

Para los análisis y mediciones de resistividad de terreno, se utilizó un equipo telurómetro, marca Megger, detallado a continuación:

Tipo de Instrumento : Telurómetro  
 Marca : Megger  
 Modelo : DET4TCR2  
 Rango : 0,1 Ω - 200,0 Ω  
 Código Interno : TEL-131-503-002  
 Calibración : 11-08-2021 Certificado LC-15004

**UNDER FIRE**  
Laboratorio de Calibración

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
Laboratorio de Calibración Magnitudes Eléctricas  
Underfire S.A.

Certificado de calibración : LC-15004      Fecha de emisión: 12-ago-21

**Cliente** : Bureau Veritas Chile S.A  
**Dirección** : Av. Marathon #2595 - Macul - Santiago  
**Descripción del ítem** : PROBADOR DIGITAL DE CONEXIÓN A TIERRA  
**Marca** : MEGGER  
**Modelo** : DET4TCR2  
**Serie y/o Código interno** : J02115215

**Patrones utilizados** : Multi-calibrador      Década de resistencias  
 Numero identificación : 3644902      C2-1802243  
**Marca** : Fluke      IET Labs. Inc.  
**Modelo** : 5522A      DB62-111k  
**Certificado de cal. N°** : 00306      21-AM-CA-02459  
**Próxima calibración** : jul.-22      may.-22  
**Emitido por** : LCPN-ME (UdeC)      LC-ME  
**Trazabilidad inmediata** : LCPN-ME (UdeC)      LC-ME

**Lugar de calibración** : Laboratorio de Calibración y Ensayos Eléctricos UNDERFIRE S.A.  
**Condiciones ambientales** : 23° ± 5°C / 20-70 % H.R.  
**Método y/o documento** : PR-CE-03 V1.0  
**Fecha de calibración** : 11-ago-21

Los patrones utilizados en la calibración cuentan con trazabilidad a patrones nacionales y/o internacionales los que a su vez están referidos a patrones primarios de acuerdo al sistema internacional de unidades (SI).  
 El laboratorio de Calibración posee la competencia técnica y cumple con las exigencias de la norma NCH-ISO 17025 "Requisitos generales para la competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración".  
 Los resultados de la calibración están referidos al momento y condiciones en las cuales fueron efectuadas las mediciones y al equipo identificado.  
 Este certificado de calibración no puede ser reproducido total o parcialmente, excepto con el permiso del laboratorio emisor.

Laboratorio de Calibración Magnitudes Eléctricas  
Underfire S.A.

Certificado de calibración: LC-15004      Fecha de calibración: 11-ago-21

**1. CALIBRACIÓN DE RESISTENCIA**

Modo	Rango	Valor de referencia	Lectura instrumento bajo calibración	Error	Incertidumbre Expandida ±(k=2)
2P		2 Ω	1,97 Ω	-0,03 Ω	0,008 Ω
		20 Ω	19,9 Ω	-0,1 Ω	0,06 Ω
		600 Ω	599 Ω	-1 Ω	0,6 Ω
		1,7 kΩ	1,700 kΩ	0,000 kΩ	0,0099 kΩ
		10 kΩ	10,000 kΩ	0,00 kΩ	0,010 kΩ
3P		2 Ω	1,94 Ω	-0,06 Ω	0,006 Ω
		20 Ω	19,9 Ω	-0,1 Ω	0,06 Ω
		600 Ω	600 Ω	0 Ω	0,6 Ω
		1,7 kΩ	1,700 kΩ	0,000 kΩ	0,0007 kΩ
		10 kΩ	10,000 kΩ	0,00 kΩ	0,008 kΩ
3P + tenaza	0,01 Ω a 200 kΩ	2 Ω	1,93 Ω	-0,07 Ω	0,015 Ω
		20 Ω	19,9 Ω	-0,1 Ω	0,06 Ω
		600 Ω	599 Ω	-1 Ω	0,6 Ω
		1,7 kΩ	1,698 kΩ	-0,002 kΩ	0,0007 kΩ
		10 kΩ	10,010 kΩ	0,010 kΩ	0,006 kΩ
4P		2 Ω	1,956 Ω	-0,044 Ω	0,008 Ω
		20 Ω	19,89 Ω	-0,11 Ω	0,06 Ω
		600 Ω	600,0 Ω	0 Ω	0,6 Ω
		1,7 kΩ	1,7000 kΩ	0,0000 kΩ	0,0007 kΩ
		10 kΩ	10,010 kΩ	0,010 kΩ	0,006 kΩ
4P + tenaza		2 Ω	1,96 Ω	-0,04 Ω	0,022 Ω
		20 Ω	20,0 Ω	0 Ω	0,6 Ω
		600 Ω	600 Ω	0 Ω	0,6 Ω
		1,7 kΩ	1,701 kΩ	0,001 kΩ	0,0008 kΩ
		10 kΩ	10,010 kΩ	0,010 kΩ	0,006 kΩ
R tenazas		2 Ω	2,06 Ω	0,06 Ω	0,006 Ω
		20 Ω	21,4 Ω	1,4 Ω	0,06 Ω
		90 Ω	98,7 Ω	8,7 Ω	0,06 Ω
		190 Ω	>199 Ω	- Ω	- Ω

Extracto de certificado de Calibración

Extracto de certificado de Calibración



Equipo Telurómetro, TEL-131-503-002

### 3.0 PROCEDIMIENTO

Para la ejecución de las mediciones, se optará por el Método de la Caída del potencial

#### Método de la Caída de Potencial

El método de medición de tierra de la caída del potencial es una técnica utilizada para medir la resistencia de puesta a tierra de un sistema o electrodo de tierra. Este método implica la aplicación de una corriente conocida a través del electrodo de tierra y la medición de la caída de voltaje a lo largo de una distancia conocida desde el electrodo de tierra, cuya disposición de montaje es la presentada en la siguiente figura.

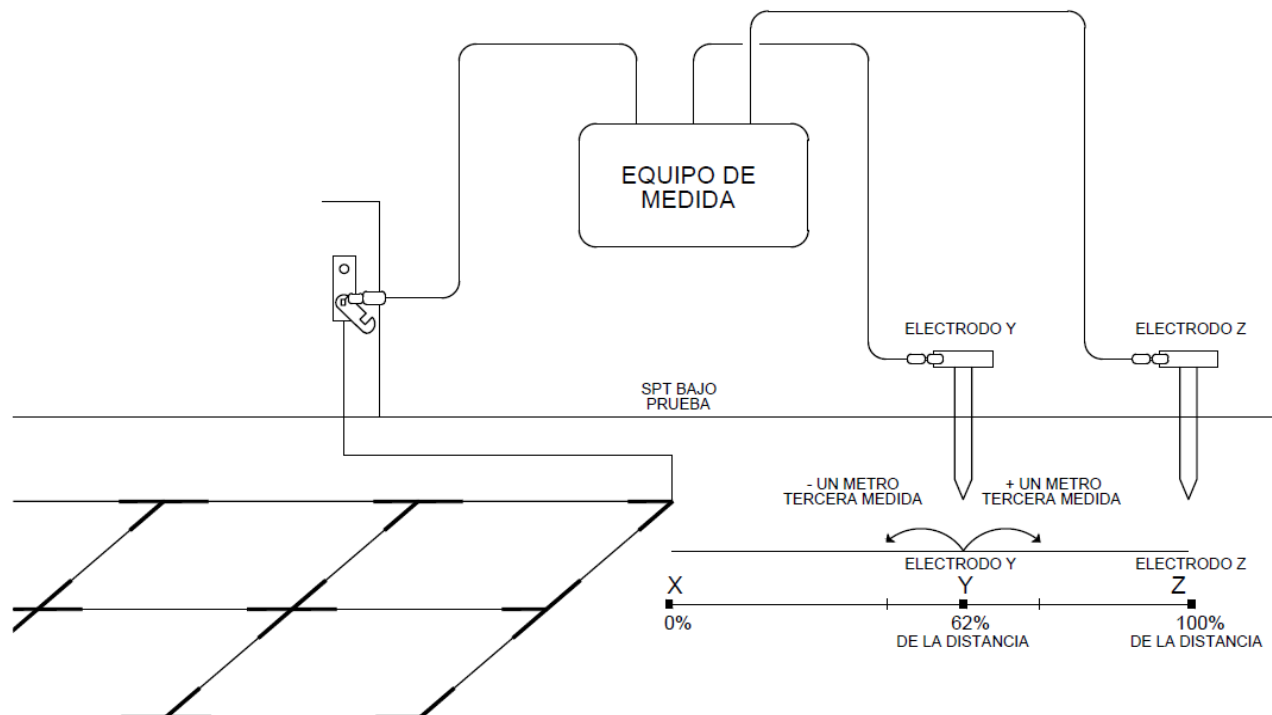


Figura 1, esquemático de conexión para medida de SPT

El método consiste en pasar una corriente entre el electrodo o sistema de puesta a tierra a medir (X) y un electrodo de corriente auxiliar (Z) y medir la tensión entre la puesta a tierra bajo prueba y un electrodo de potencial auxiliar (Y) como muestra la figura 1. Para minimizar la influencia entre electrodos, el electrodo de corriente se coloca generalmente a una sustancial distancia del sistema de puesta a tierra. Esta distancia debe ser como mínimo 6.0 veces superior a la diagonal más grande de la puesta a tierra bajo estudio.

El electrodo de potencial debe ser colocado en la misma dirección del electrodo de corriente, pero también puede ser colocado en la dirección opuesta como lo ilustra la figura 1. En la práctica, la distancia "Y" para el electrodo de potencial se elige aproximadamente al 62% de la distancia del electrodo de corriente. Esta distancia está basada en la posición teóricamente correcta (61.8%) para medir la resistencia exacta del electrodo para un suelo de resistividad homogéneo.

La localización del electrodo de potencial es muy crítica para medir la resistencia de una puesta a tierra. La localización debe ser libre de cualquier influencia del sistema de puesta a tierra bajo medida y del electrodo auxiliar de corriente. La manera más práctica de determinar si el electrodo de potencial está fuera de la zona de influencia de los electrodos, es obtener varias lecturas de resistencias moviendo el electrodo de potencial en varios puntos entre la puesta a tierra bajo prueba y el electrodo de corriente.

En la posición teórica de aproximadamente el 62 % de la distancia “Y” del electrodo de corriente, si se toman dos o tres lecturas consecutivas aproximadamente constantes estas pueden asumirse como representativas del valor de resistencia verdadera. Estas lecturas consecutivas se pueden tomar una vez que se ha verificado que la tendencia de la curva de la resistencia v/s distancia de los electrodos corresponde a la figura N° 2.

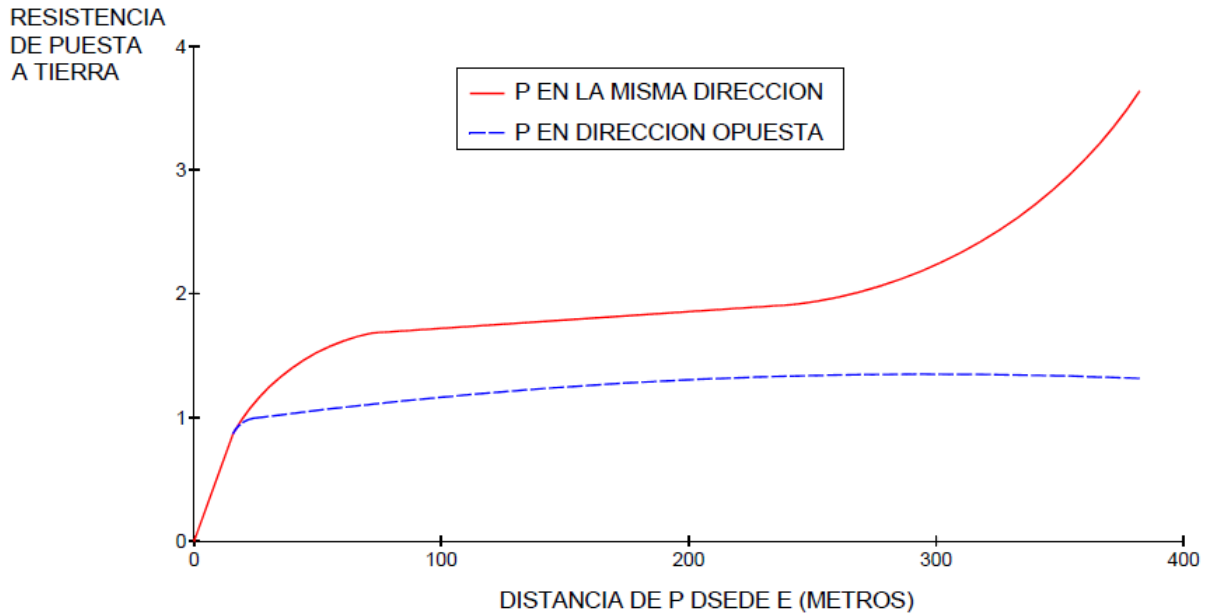


Figura 2, resistencia de puesta a tierra versus distancia de ( $\rho$ )

La figura 2, muestra una gráfica típica de resistencia v/s distancia del electrodo de potencial (P). La curva muestra cómo la resistencia es cercana a cero cuando (P) se acerca al sistema de puesta a tierra, y se aproxima al infinito hacia la localización del electrodo de corriente (C). El punto de inflexión en la curva corresponderá a la resistencia de puesta a tierra del sistema bajo estudio.

Es aconsejable repetir el proceso de medición en una dirección distinta, preferentemente de forma perpendicular a la primera medición, lo que aumenta la confiabilidad de los resultados.

#### Medición de SPT sin aditivo

Se realiza el procedimiento descrito con anterioridad, sin la utilización de aditivo, esto para evaluar el valor del SPT sin mejorar. Los resultados obtenidos se reflejan en la Tabla 1.

Medición	Valor obtenido $\Omega$
1	57,5
2	68,7
3	69,8
4	70,8
5	110,7

Tabla 1, valores de SPT obtenidos sin aditivo

De acuerdo a la tabla, se concluye que el valor representativo del SPT sin aditivo, a evaluar es de :

$$\mathbf{Rspt1 = 69,8 \Omega}$$

#### **Medición de SPT con aditivo mezclado con agua convencional**

Posteriormente, sin desmontar los electrodos Y y Z, se procede a desmontar el SPT para ser mejorado el terreno con la aplicación del aditivo a evaluar, en esta ocasión, mezclado con agua convencional, a lo que le procede el nuevo enterramiento del SPT para volver a tomar mediciones, arrojando los datos tabulados en Tabla 2.

Medición	Valor obtenido $\Omega$
1	25,7
2	36,1
3	37,2
4	39,8
5	48,0

*Tabla 2, valores de SPT obtenidos con aditivo y agua convencional*

De acuerdo a la tabla, se concluye que el valor representativo del SPT con aditivo, a evaluar es de :

$$\mathbf{Rspt2 = 37,2 \Omega}$$

#### **Medición de SPT con aditivo mezclado con agua de mar**

Al final la primera comparación de mejoramiento se vuelve a desmontar el SPT, esta vez realizando el sondeo con el aditivo mezclado con agua de mar, arrojando los datos tabulados en Tabla 3.

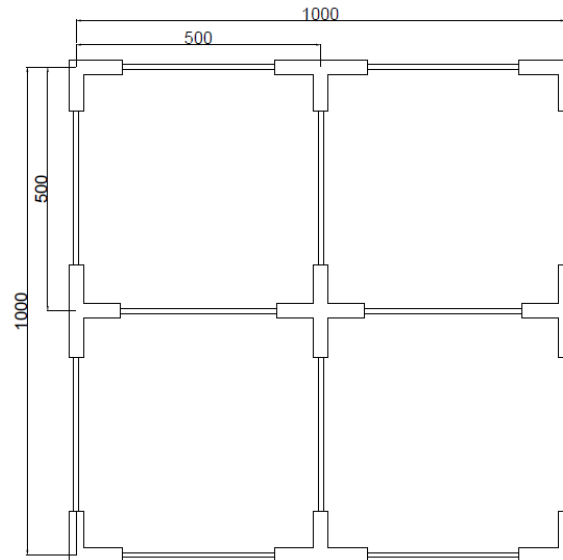
Medición	Valor obtenido $\Omega$
1	18,5
2	24,1
3	26,5
4	27,0
5	37,0

*Tabla 3, valores de SPT obtenidos con aditivo y agua de mar*

De acuerdo a la tabla, se concluye que el valor representativo del SPT con aditivo, a evaluar es de :

$$\mathbf{Rspt3 = 26,5 \Omega}$$

### Configuración de SPT existente



*Medidas en milímetros*

<b>Dimensiones de Malla</b>	1.0 x 1.0 Mts
<b>Profundidad de Enterramiento</b>	0.6 Mts.
<b>Conductor Utilizado</b>	Cu Desnudo 2/0 AWG
<b>Tipo de Aditivo</b>	KAMPLUS, evaluado con agua convencional y a su vez evaluado con agua de mar

#### 4.0 CONCLUSIONES

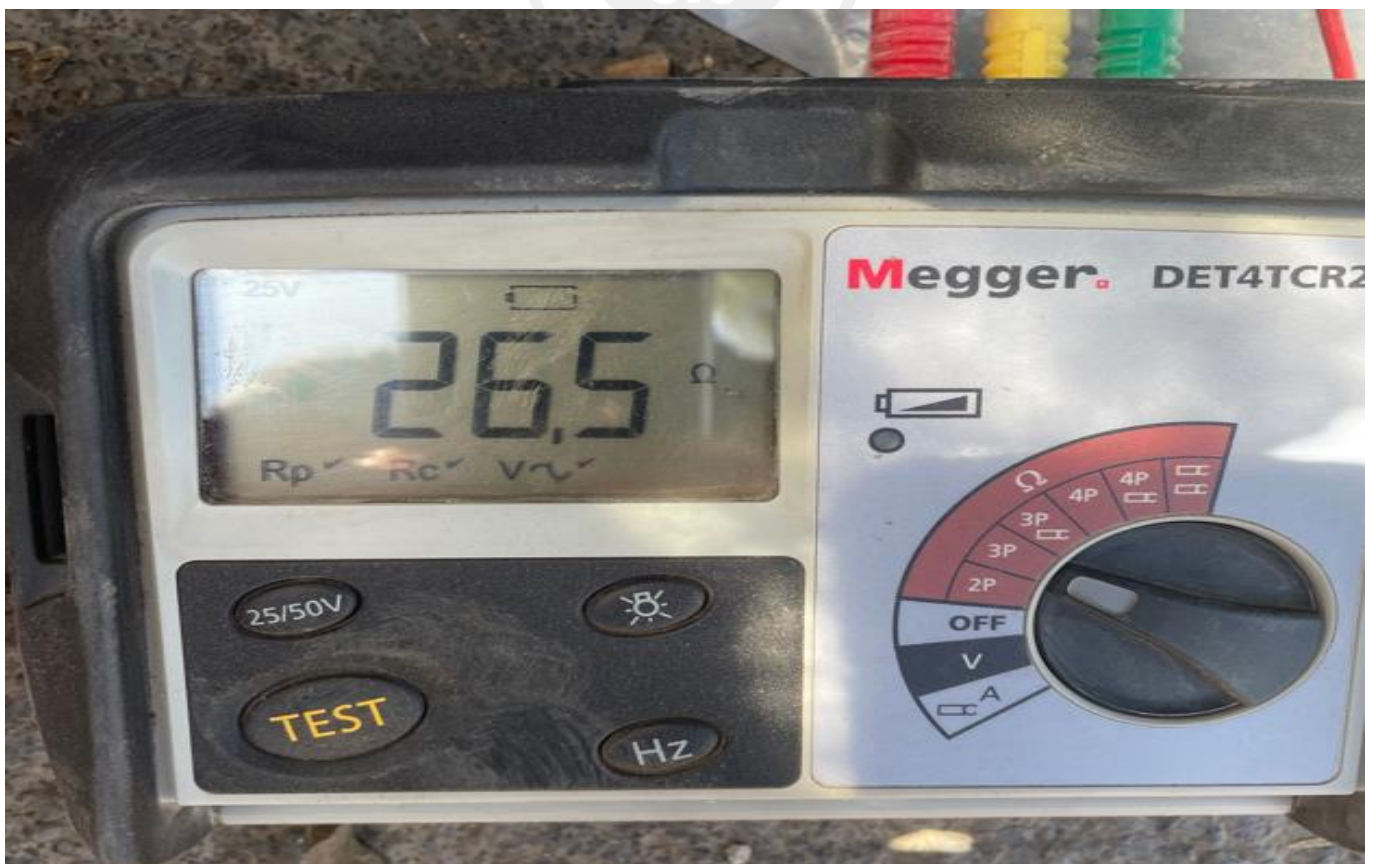
En base a los resultados obtenidos de ambas mediciones, se puede concluir que, el aditivo KAMPLUS, posee una eficacia de un **46,7%** cuando este se aplica con agua convencional.

Cuando se aplica con agua de mar, posee una eficacia de un **62,03%**

Estas mediciones se realizaron en una malla controlada, por lo que el porcentaje de mejoramiento dependerá netamente de las condiciones del terreno mismo, estos datos solo aseveran que el aditivo mejora la capacidad de conductividad del SPT mas aun al utilizar agua con contenido salino.

Shaping a World of Trust

### 5.0 FOTOGRAFIAS



**OBSERVACIONES, OPINIONES E INTERPRETACIONES:**

- 1.- Los ensayos realizados fueron indicados expresamente por el solicitante.
- 2.- Los resultados obtenidos son válidos sólo para las unidades monitoreadas y no tienen proyección estadística sobre el resto de la instalación.
- 3.- Este informe no puede ser reproducido, salvo en su totalidad, sin la autorización escrita del Laboratorio de Ensayo.
- 4.- El laboratorio de ensayo se excluye de responsabilidades por la información entregada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.



**Shaping a World of Trust**