



Analizador de Tierra
MI 3290
Manual de instrucciones
Versión 1.1.4, Código no. 20 752 690

Distribuidor:

Fabricante:

Metrel d.d.
Ljubljanska cesta 77
SI-1354 Horjul
Eslovenia
<https://www.metrel.si>
info@metrel.si

COPIA DE SEGURIDAD Y PÉRDIDA DE DATOS:

Es responsabilidad del/de la usuario/a garantizar la integridad y la seguridad de los datos instalados en el soporte de datos y realizar regularmente copias de seguridad de los datos y validar la integridad de las mismas. METREL RECHAZA TODA OBLIGACIÓN O RESPONSABILIDAD POR NINGUNA PÉRDIDA, ALTERACIÓN, DESTRUCCIÓN, DAÑO, CORRUPCIÓN O RECUPERACIÓN DE LOS DATOS DEL/DE LA USUARIO/A, INDEPENDIENTEMENTE DEL LUGAR EN EL QUE ESTÉN ALMACENADOS.



El marcado CE en su equipo certifica que este cumple con los requisitos de todas las regulaciones de la UE (Unión Europea).



Por la presente, Metrel d.d. declara que el MI 3290 cumple con la directiva 2014/53/UE (RED) así como con las demás directivas de la UE. El texto completo de la declaración de conformidad de la UE está disponible en la siguiente dirección de Internet <https://www.metrel.si/DoC>.

© 2022 METREL

Las marcas Metrel®, Smartec®, Eurotest®, Auto Sequence® son marcas registradas en Europa y otros países.

Esta publicación no puede ser reproducida o utilizada parcial o totalmente, en forma o medio alguno sin autorización escrita de METREL.

Índice

1 Descripción general	7
1.1 Características.....	7
2 Consideraciones de seguridad y uso	8
2.1 Advertencias y notas.....	8
2.2 Pilas y carga de las pilas de Li-ion.....	10
2.2.1 Precarga.....	11
2.2.2 Directrices del conjunto de pilas Li-ion.....	12
2.3 Cumplimiento normativo:.....	14
3 Términos y definiciones	15
4 Descripción del dispositivo	17
4.1 Carcasa del dispositivo.....	17
4.2 Panel del usuario.....	17
5 Accesorios	19
5.1 Conjunto estándar.....	19
5.2 Accesorios opcionales.....	19
6 Empleo del dispositivo	20
6.1 Significado general de las teclas.....	20
6.2 Significado general del táctil.....	20
6.3 Teclado virtual.....	21
6.4 Pantalla y sonido.....	22
6.4.1 Indicación de pila y hora.....	22
6.4.2 Mensajes.....	22
6.4.3 Indicación sonora.....	24
6.4.4 Pantallas de ayuda.....	25
7 Menú principal	26
7.1 Menú principal del dispositivo.....	26
8 Configuración general	27
8.1 Idioma.....	28
8.2 Ahorro de energía.....	28
8.3 Fecha y hora.....	29
8.4 Perfil de instrumento.....	29
8.5 Configuración.....	30
8.6 Configuración inicial.....	31
8.7 Acerca de.....	31
8.8 Menú de grupos de pruebas automáticas.....	32
8.8.1 Menú de grupos de pruebas automáticas.....	32
8.8.2 Operaciones en el menú de grupos de pruebas automáticas:...	32
8.8.3 Seleccionar una lista de pruebas automáticas.....	33
8.8.4 Eliminar una lista de pruebas automáticas.....	33
8.9 Administrador de áreas de trabajo.....	34
8.9.1 Áreas de trabajo y exportaciones.....	34
8.9.2 Menú principal del administrador de áreas de trabajo.....	34
8.9.3 Operaciones con las áreas de trabajo.....	35
8.9.4 Operaciones con las exportaciones.....	35
8.9.5 Añadir una nueva área de trabajo.....	36

8.9.6	Abrir un área de trabajo.....	37
8.9.7	Eliminar un área de trabajo / Exportación.....	37
8.9.8	Importar un área de trabajo.....	38
8.9.9	Exportar un área de trabajo.....	38
9	Organizador de memorias.....	40
9.1	Menú del organizador de memorias.....	40
9.1.1	Estados de medición.....	40
9.1.2	Elementos de estructura.....	41
9.1.3	Indicación de estado de medición en el elemento de estructura.....	41
9.1.4	Operaciones en el menú de árbol.....	42
10	Pruebas individuales.....	54
10.1	Modos de selección.....	54
10.1.1	Pantalla de prueba individual.....	55
10.1.2	Ajuste de parámetros y límites de pruebas individuales.....	56
10.1.3	Pantalla de resultados de prueba individual.....	57
10.1.4	Vista de gráfico.....	58
10.1.5	Pantalla de recuperación de resultados de pruebas individuales.....	59
11	Pruebas y mediciones.....	60
11.1	Mediciones de tierra [Ze y Re].....	60
11.1.1	Medición de 2 polos.....	61
11.1.2	Medición de 3 polos.....	63
11.1.3	Medición de 4 polos.....	65
11.1.4	Medición selectiva (pinza de hierro).....	67
11.1.5	Medición con 2 pinzas.....	69
11.1.6	Medición de resistencia (25 kHz) de tierra de AF.....	71
11.1.7	Medición selectiva (pinzas flex 1 – 4).....	73
11.1.8	Medición pasiva (pinzas flex).....	76
11.2	Mediciones de resistencia de tierra específica [ρ].....	78
11.2.1	Información general sobre la tierra específica.....	78
11.2.2	Medición con el método Wenner.....	79
11.2.3	Medición con el método Schlumberger.....	81
11.3	Impedancia de impulso [Z_p].....	83
11.3.1	Medición de impulso.....	83
11.4	Resistencia CC [R].....	85
11.4.1	Medición de ohmímetro (200 mA).....	85
11.4.2	Medición de ohmímetro (7 mA).....	86
11.5	Impedancia CA [Z].....	88
11.5.1	Medición de impedancia.....	88
11.6	Potencial de tierra [V_p].....	90
11.6.1	Medición de potenciales.....	91
11.6.2	Teoría de tensión de paso y contacto.....	93
11.7	Prueba de cable de tierra de pilón (PGWT).....	95
11.7.1	Medición de PGWT.....	95
11.8	Corriente [I].....	97
11.8.1	Ejemplo de medidor RMS de pinza flex.....	98
11.8.2	Ejemplo de medición de medidor RMS de pinza flex.....	98
11.9	Cuadro de verificación.....	99
11.9.1	Medición de verificación de voltímetro.....	100

11.9.2	Medición de verificación de amperímetro.....	101
11.9.3	Medición de verificación de pinzas de hierro o flex.....	102
12	Pruebas automáticas	104
12.1	Selección de pruebas automáticas	104
12.2	Organización de pruebas automáticas	105
12.2.1	Menú de vista de pruebas automáticas	105
12.2.2	Ejecución paso a paso de las pruebas automáticas	106
12.2.3	Pantalla de resultado de pruebas automáticas	108
12.2.4	Pantalla de memorias de pruebas automáticas.....	110
13	Comunicación	111
14	Mantenimiento.....	112
14.1	Limpieza	112
14.2	Calibración periódica	112
14.3	Reparación	112
14.4	Actualización del dispositivo	112
15	Especificaciones técnicas.....	113
15.1	Tierra [Ze].....	113
15.1.1	2, 3, 4 polos.....	113
15.1.2	Selectiva (pinza de hierro)	114
15.1.3	2 pinzas.....	115
15.1.4	Pasiva (pinzas flex 1-4).....	115
15.1.5	Resistencia a Tierra de AF (25 kHz)	116
15.1.6	Selectiva (pinzas flex 1 – 4).....	117
15.2	Mediciones de resistencia de tierra específica [ρ]	118
15.2.1	Método Wenner y Schlumberger.....	118
15.3	Potencial de tierra [Vp].....	119
15.3.1	Ratio de potencial	119
15.3.2	Fuente actual de P&C (Paso y Contacto).....	119
15.4	Impedancia de impulso [Zp].....	120
15.4.1	Medición de impulso	120
15.5	Resistencia C.C. [R].....	121
15.5.1	Ohmímetro (200 mA)	121
15.5.2	Ohmímetro (7 mA)	122
15.6	Impedancia CA [Z].....	123
15.6.1	Medidor de impedancia	123
15.7	Corriente [I].....	123
15.7.1	Medidor RMS de pinza de hierro	123
15.7.2	Medidor de pinza flex RMS.....	124
15.8	Influencia de los electrodos auxiliares.	125
15.9	Influencia de la corriente de prueba baja a través de las pinzas.	126
15.10	Influencia del ruido.....	127
15.11	Subresultados en funciones de medición	128
15.12	Información general	129
Apéndice A	– Objetos de estructura	130
Apéndice B	- Cuadro de selección de perfiles	131
Apéndice C	- Funcionalidad y colocación de puntas de prueba	132

Apéndice D – Ejemplo de pulso y 3 polos 136

Apéndice E - Programación de pruebas automáticas en el Metrel ES Manager138

1 Descripción general

1.1 Características

El **Analizador de Tierra (MI 3290)** es un dispositivo multifunción portátil que se alimenta mediante pila (Li-ion) o conectado a la red y tiene una excelente protección IP: **IP65** (carcasa cerrada), **IP54** (carcasa abierta), diseñada para el diagnóstico de: resistencia de tierra, impedancia de tierra, impedancia de tierra selectiva, resistencia específica de tierra, potencial de tierra, resistencia CC, impedancia CA e impedancia de impulso.

Ha sido diseñado y fabricado en base a la rica y extensa experiencia adquirida a través de muchos años de trabajo en este ámbito.

Las funciones disponibles y las características que ofrece el **Analizador de Tierra**:

- Impedancia de tierra o resistencia de 2, 3, 4 polos;
- Impedancia de tierra selectiva (pinza de hierro y hasta 4 pinzas flex);
- Medición de 2 pinzas;
- AF - resistencia de tierra (25 kHz);
- Método pasivo (pinzas flex 1-4);
- Resistencia de tierra específica ρ (método Wenner, Schlumberger);
- Ohmímetro (7 mA y 200 mA);
- Medidor de impedancia CA (55 Hz – 15 kHz);
- Impedancia de impulso (10/350 μ s);
- Potencial de tierra y fuente de corriente de paso y contacto (200 mA);
- Prueba de cable de tierra de pilón;
- Medición de corriente RMS (pinzas flex y de hierro);
- Cuadro de verificación
- Auto pruebas;
- Organizador de memorias.

La pantalla de color **LCD de 4.3" (10,9 cm)** con táctil ofrece una fácil lectura de los resultados y todos los parámetros asociados. El manejo es sencillo y claro, el usuario no necesita ninguna formación especial (excepto a la referida en este manual de instrucciones) para manejar el instrumento.

Los resultados de las pruebas pueden guardarse en el dispositivo. El Software para PC que se suministra como parte del conjunto estándar le permite transferir los resultados de las mediciones al PC donde los puede analizar e imprimir.

Analizador de Tierra MI 3290	De acuerdo a
2 polos 3 polos 4 polos	EN 61557-5 [resistencia de tierra] IEEE Std 81 – 2012 [método de dos puntos, método de tres puntos, Método de caída de potencial]
2 pinzas	IEEE Std 81 – 2012 [mediciones de resistencia por el método sin picas y con pinza]
Selectiva (pinzas flex 1 – 4) Selectiva (pinza de hierro)	IEEE Std 81 – 2012 [mediciones de resistencia por el método FOP/con pinza]
Resistencia de tierra de AF (25 kHz)	IEEE Std 81-1983 [medidor de resistencia de tierra de alta frecuencia]
Método Wenner	IEEE Std 81 – 2012 [método de cuatro puntos (igualmente espaciados o disposición Wenner)]
Método Schlumberger	IEEE Std 81 – 2012 [método de cuatro puntos (desigualmente espaciados o disposición Schlumberger-Palmer)]
Ohmímetro (200 mA)	EN 61557-4 [resistencia de conexión a tierra y conexión equipotencial]

2 Consideraciones de seguridad y uso

2.1 Advertencias y notas

Con el fin de alcanzar el máximo nivel de seguridad para el usuario mientras lleva a cabo las diversas mediciones y pruebas, METREL recomienda mantener el **Analizador de Tierra** en buenas condiciones y sin daños. Cuando use el dispositivo, tenga en cuenta las siguientes advertencias:

- La aparición del símbolo  en el dispositivo indica que debe “Leer el manual de instrucciones con especial detenimiento para un uso seguro” ¡El símbolo le indica que debe realizar una acción!
- ¡Si el equipo de prueba se usa de manera diferente a lo especificado en este manual de instrucciones, las medidas de protección incorporadas en el equipo pueden verse afectadas!
- ¡Lea este manual de instrucciones con detenimiento, de lo contrario el uso de este dispositivo puede resultar peligroso para su usuario, el mismo dispositivo o el equipo que se está probando!
- ¡Puede haber tensión letal entre el electrodo de tierra a prueba y una tierra remota!
- ¡No utilice el dispositivo o cualquiera de los accesorios si observa daños en los mismos!
- ¡Tome las precauciones habituales para evitar el riesgo de electrocución al trabajar con tensión peligrosa!
- No conecte el dispositivo a una alimentación de red con tensión diferente a la que se define en la etiqueta del enchufe, en caso contrario, podría dañarse el dispositivo.
- ¡Solo personal competente y autorizado podrá realizar reparaciones o calibraciones del aparato!
- ¡Tome las precauciones habituales para evitar el riesgo de electrocución al trabajar con instalaciones eléctricas!
- No utilice el equipo en ambientes húmedos, o cerca de gases o vapores explosivos.
- Solo deberían utilizar el equipo personal competente y formado.
- No conecte ninguna fuente de tensión en los bornes de entrada CLAMP (pinza). Están diseñadas solo para conectar pinzas de corriente. ¡La tensión de entrada máxima es de 3 V!

Señales en el instrumento:



Lea el manual de instrucciones con especial detenimiento para un uso seguro. ¡El símbolo le indica que debe realizar una acción!



Este sello en el producto certifica que el equipo cumple con los requisitos de la Unión Europea para las normativas EMC, LVD, y ROHS



Este equipo debería reciclarse como residuo electrónico.

**Advertencias relacionadas con las funciones de medición:****Cuando utilice el dispositivo**

- ❑ ¡Utilice únicamente accesorios estándar u opcionales suministrados por su distribuidor!
- ❑ Conecte siempre, antes de realizar la medición, los accesorios al instrumento y al objeto a probar. No toque las puntas de prueba o las pinzas de cocodrilo durante la medición.
- ❑ ¡No toque ninguna de las partes conductivas del equipo a probar durante la prueba, hay riesgo de descarga eléctrica!
- ❑ ¡Asegúrese de que el objeto a probar está desconectado (de la red de alimentación) y descargado antes de conectar las puntas de prueba e iniciar la medición!
- ❑ ¡No conecte bornes de prueba (H, S, ES, E) a una tensión externa mayor a 300 V C.A. o C.C. (entorno CAT IV) para evitar dañar el dispositivo de prueba!
- ❑ No realice mediciones de corriente como indicación de que es seguro tocar un circuito. Necesita realizar una medición de tensión para saber si un circuito es peligroso.

**Advertencias relacionadas con las pilas:**

- ❑ **Utilice únicamente las pilas proporcionadas por el fabricante.**
- ❑ **No se deshaga de las pilas tirándolas a un fuego ya que podría causar una explosión o generar gas tóxico.**
- ❑ **No intente desmontar, aplastar o agujerear las pilas en modo alguno.**
- ❑ **No cortocircuite o invierta la polaridad de los contactos externos de las pilas.**
- ❑ **Mantenga las pilas fuera del alcance de los niños.**
- ❑ **Evite exponer a las pilas a golpes, impactos o vibración excesiva.**
- ❑ **No use pilas dañadas.**
- ❑ **Cada pila Li-ion contiene un circuito de seguridad y protección que, si se daña, puede causar que la pila se caliente, perforo o se prenda.**
- ❑ **No deje la pila en carga prolongada cuando no esté en uso.**
- ❑ **Si una pila tiene fugas de fluidos, no toque ningún líquido.**
- ❑ **En caso de contacto de los ojos con el líquido, no se frote ojos. Lávese inmediatamente los ojos con abundante agua durante al menos 15 minutos, levantando párpados superiores e inferiores, hasta que no queden restos del líquido. Busque atención médica.**

2.2 Pilas y carga de las pilas de Li-ion

El dispositivo está diseñado para alimentarse a través de pilas de Li-ion o la red. La pantalla LCD contiene siempre una indicación sobre el estado de la pila y la fuente de alimentación (parte superior de la pantalla). En caso de que la pila no tenga carga suficiente, el dispositivo mostrará lo mismo que en la **Figura 2.1**.

Símbolo:

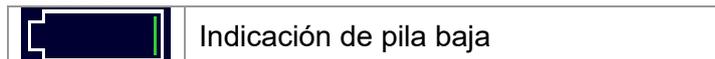


Figura 2.1: Prueba de pila

La pila empezará a cargar tan pronto como el adaptador de corriente se conecte al dispositivo. La toma de alimentación se muestra en la Figura 2.2. Un circuito interno controla (CC, CV) la carga y asegura la máxima duración de las pilas. El tiempo de uso nominal está determinado para pilas con la capacidad nominal de 4,4 Ah.



Figura 2.2: Toma de alimentación (C7)

El dispositivo reconoce automáticamente la fuente de alimentación y empieza a cargar.

Símbolo:



Figura 2.3: Indicación (animación) de carga

Pila y características de carga	Normalmente
Tipo de pila	VB 18650
Modo de carga	CC / CV
Tensión nominal	14,8 V
Capacidad nominal	4,4 Ah
Tensión de carga máxima	16,7 V
Corriente de carga máxima	1,2 A
Corriente de descarga máxima	2,5 A
Tiempo de carga típico	4 horas

El perfil de carga típico que también se usa en este dispositivo se muestra en la **Figura 2.4**.

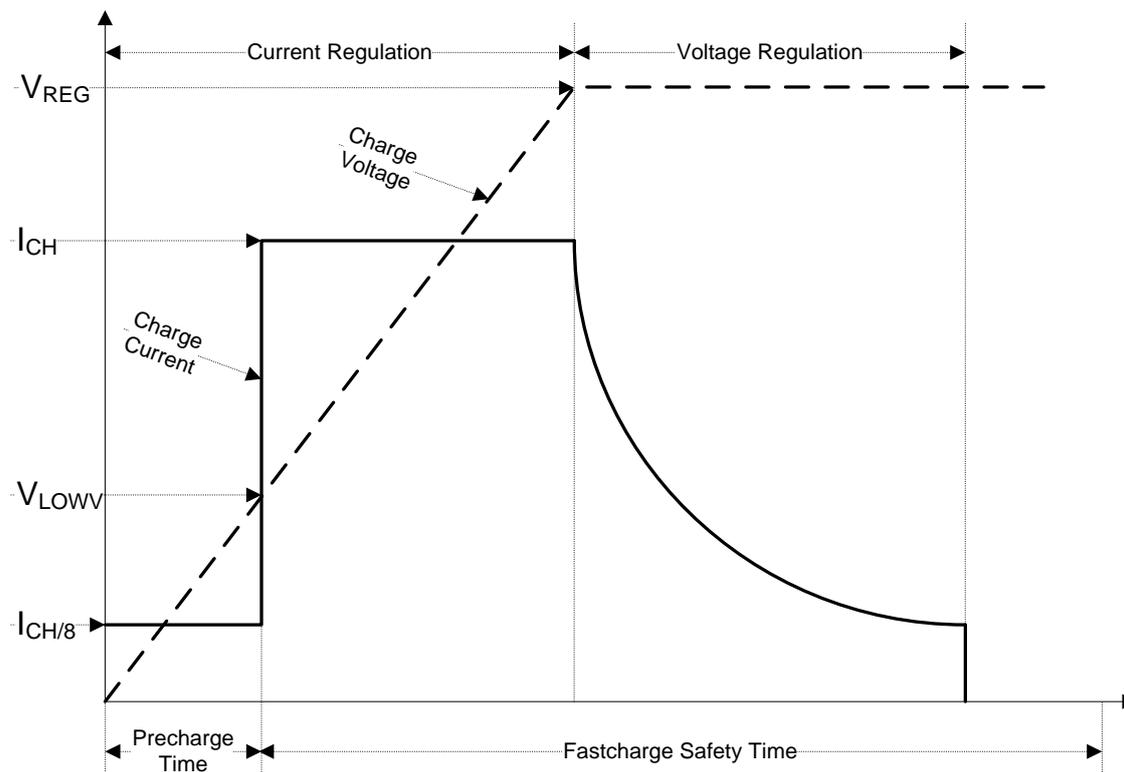


Figura 2.4: Perfil de carga típico

donde:

- V_{REG} Tensión de carga de la pila
 V_{LOWV} Tensión del umbral de precarga
 I_{CH} Corriente de carga de la pila
 $I_{CH/8}$ 1/8 de la corriente de carga

2.2.1 Precarga

Al encender el dispositivo, si la tensión está por debajo del umbral V_{LOWV} , el cargador aplica un 1/8 de la corriente de carga a la pila. La funcionalidad de precarga está pensada para revivir baterías descargadas totalmente. Si el umbral V_{LOWV} no se alcanza en un periodo de 30 min. tras iniciar la precarga, el cargador se apaga y se indica un FAULT (error).



Figura 2.5: Indicación de fallo de pila
(carga suspendida, fallo en el temporizador falla,
falta pila)



Figura 2.6: Indicación de pila completa
(carga completa)

Nota:

- Como respaldo de seguridad, el cargador proporciona un temporizador de carga interno de 5 horas para carga rápida.

El tiempo de carga típico es de 4 horas a temperaturas entre 5°C y 60°C.

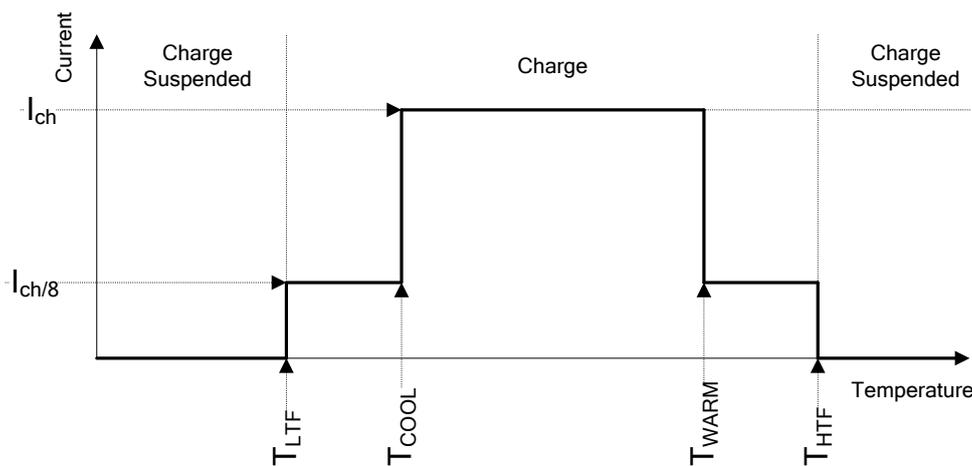


Figura 2.7: Corriente de carga típica/perfil de temperatura.

donde:

T_{LTF}	Umbral de temperatura fría (típ. -15°C)
T_{COOL}	Umbral de temperatura tibia (típ. 0°C)
T_{WARM}	Umbral de temperatura cálida (típ. +60°C)
T_{HTF}	Umbral de temperatura elevada (típ. +75°C)

El cargador monitoriza la temperatura de la pila continuamente. Para iniciar un ciclo de carga, la temperatura de la pila debe estar dentro de los umbrales T_{LTF} a T_{HTF} . Si la temperatura de la pila está fuera de este rango, el controlador suspende la carga y espera hasta que la temperatura esté dentro del rango T_{LTF} a T_{HTF} .

Si la temperatura de la pila está entre los umbrales T_{LTF} y T_{COOL} o entre los umbrales T_{WARM} y T_{HTW} , la carga se reduce a $I_{CH/8}$ (1/8 la corriente de carga).

2.2.2 Directrices del conjunto de pilas Li-ion

El conjunto de pilas Li-ion recargables requiere un mantenimiento y cuidado rutinario en su uso y manejo. Lea y siga las instrucciones en este manual del usuario para utilizar el conjunto de pilas Li-ion con seguridad y sacar la máxima vida útil de cada carga.

No deje las pilas sin usar durante períodos largos - no más de 6 meses (autodescarga). Cuando una pila no se ha utilizado durante 6 meses, verifique el estado de la carga (vea el capítulo 6.4.1 **Indicación de pila y hora**). El conjunto de pilas Li-ion recargables tiene una vida limitada y perderán gradualmente su capacidad para mantener la carga. A medida que la pila pierde capacidad, disminuye su tiempo útil de acción.

Almacenamiento:

- ❑ Cargue o descargue las pilas del instrumento a aproximadamente el 50% de capacidad antes de su almacenamiento.
- ❑ Cargue las pilas del instrumento a aproximadamente el 50% de capacidad al menos cada 6 meses.

Transporte:

- ❑ Compruebe toda la normativa local, nacional e internacional pertinente antes de transportar el conjunto de pilas Li-ion.

 **Precauciones de manejo:**

- ❑ No desmonte, aplaste o perfore una pila en modo alguno.
- ❑ No cortocircuite o invierta la polaridad de los contactos externos de las pilas.
- ❑ No arroje las pilas al fuego o agua.
- ❑ Mantenga las pilas fuera del alcance de los niños.
- ❑ Evite exponer a las pilas a golpes, impactos o vibración excesiva.
- ❑ No use pilas dañadas.
- ❑ Cada pila Li-ion contiene un circuito de seguridad y protección que, si se daña, puede causar que la pila se caliente, perfore o se prenda.
- ❑ No deje la pila en carga prolongada cuando no esté en uso.
- ❑ Si una pila tiene fugas de fluidos, no toque ningún líquido.
- ❑ En caso de contacto de los ojos con el líquido, no se frote ojos. Lávese inmediatamente los ojos con abundante agua durante al menos 15 minutos, levantando párpados superiores e inferiores, hasta que no queden restos del líquido. Busque atención médica.

2.3 Cumplimiento normativo:

El dispositivo Analizador de Tierra se fabrica y prueba de acuerdo con las siguientes normativas:

Compatibilidad electromagnética (EMC)

EN 61326 Equipos eléctricos para mediciones, control y uso en laboratorio – requisitos EMC Clase A

Seguridad (LVD: directiva sobre la baja tensión)

EN 61010 - 1 Requisitos de seguridad para equipos eléctricos para medición, control y uso en laboratorio – Parte 1: Requisitos generales

EN 61010 - 2 - 030 Requisitos de seguridad para equipos eléctricos para mediciones, supervisión y uso en laboratorio – Parte 2-030: Requisitos particulares para prueba y medición de circuitos

EN 61010 - 2 - 032 Requisitos de seguridad para equipos eléctricos para mediciones, supervisión y uso en laboratorio – Parte 2-032: Requisitos particulares para sensores de corriente portátiles o sostenidas con la mano para medidas y pruebas eléctricas.

EN 61010 - 031 Requisitos de seguridad para sondas manuales portátiles para pruebas y mediciones eléctricas.

Recomendaciones adicionales

EN 61557 - 5 Seguridad eléctrica en redes de distribución de baja tensión de hasta 1000 V c.a. y 1500 V c.c. - Equipos para prueba, medición o control de medidas de protección Parte 5: Resistencia a tierra.

IEEE 80 – 2000 IEEE Guía para seguridad en puestas a tierra en subestaciones CA.

IEEE 81 – 2012 IEEE Guía para la medición de resistividad de tierra, impedancia de tierra y potenciales superficiales de tierra de un sistema de puesta a tierra.

IEEE 142 IEEE Práctica recomendada para aterramientos de sistemas de potencia industriales y comerciales (Estados Unidos).

IEEE 367 – 2012 IEEE Práctica recomendada para determinar la subida potencial de tierra de una estación de energía eléctrica y tensión inducida por un fallo de potencia.

Conjunto de pilas Li-ion

IEC 62133 Pilas y baterías que contengan electrolitos alcalinos u otros no ácidos - Requisitos de seguridad para pilas portátiles selladas y para baterías hechas con las mismas, para su uso en aplicaciones portátiles.

Nota sobre las normativas IEC y EN:

- El texto de este manual contiene referencias a normas europeas. Todas las normas de la serie EN 6XXXX (p.e. EN 61010) equivalen a las normas IEC con el mismo número (p.e. IEC 61010) y difieren solo en las partes modificadas requeridas por el proceso de armonización europeo.

3 Términos y definiciones

A los efectos de este documento y del instrumento analizador de tierra, se aplicarán las siguientes definiciones.

Índice:	Unidad	Descripción:
Re	[Ω]	Resistencia a tierra de un sistema completo.
Ze	[Ω]	Impedancia de tierra de un sistema completo.
Rp	[Ω]	Impedancia de sonda de potencial auxiliar.
Rc	[Ω]	Impedancia de sonda de corriente auxiliar.
Ie	[A]	Corriente de sistema o corriente de generador.
f	[Hz]	Frecuencia de prueba.
Ic	[A]	Corriente de la pinza de hierro.
Zsel	[Ω]	Impedancia de tierra de la rama medida.
Ztot	[Ω]	Impedancia de tierra total de las ramas medidas.
If1	[A]	Corriente de pinza flex 1 [F1 – borne].
If2	[A]	Corriente de pinza flex 2 [F2 – borne].
If3	[A]	Corriente de pinza flex 3 [F3 – borne].
If4	[A]	Corriente de pinza flex 4 [F4 – borne].
Zsel1	[Ω]	Impedancia de tierra de la rama medida [F1 - borne].
Zsel2	[Ω]	Impedancia de tierra de la rama medida [F2 - borne].
Zsel3	[Ω]	Impedancia de tierra de la rama medida [F3 - borne].
Zsel4	[Ω]	Impedancia de tierra de la rama medida [F4 - borne].
ρ	[Ω m/ft]	Resistencia específica de tierra [resistividad].
R	[Ω]	Resistencia [corriente continua].
I_{dc}	[A]	Corriente continua.
Z	[Ω]	Impedancia [corriente alterna].
I_{ac}	[A]	Corriente alterna.
V_p	[]	Relación de potencial [definida como el valor invertido de tensión U_s dividido por tensión U_h].
R	[m]	Distancia total entre E y la pica de tierra auxiliar H.
r	[m]	Distancia entre las sondas E y S.
ϕ	[°]	Dirección de medición o ángulo potencial [0° - 360°].
I_{gen}	[A]	Corriente del generador.
I_{f_sum}	[A]	Corriente de pinza flex [I _{f_sum} = I _{f1} , I _{f2} , I _{f3} + I _{f4}].
U_h	[V]	Tensión U_h [H – borne].
U_s	[V]	Tensión U_s [S – borne].
U_{es}	[V]	Tensión U_{es} [ES – borne].
I_{g_w}	[A]	Corriente de cable de tierra aéreo [I _{g_w} = I _{gen} - I _{f_sum}].
R	[Ω]	Número complejo [número real].
X	[Ω]	Número complejo [número imaginario].
ϕ	[°]	Ángulo de fase entre u e i.
Z_p	[Ω]	Impedancia de impulso [definida como la tensión de pico dividida por la corriente de pico].
U_p	[V]	Tensión de pico.
I_p	[A]	Corriente de pico.

Designación de los bornes:

- E** - borne para el electrodo de tierra;
- ES** - borne para la sonda más cercana al electrodo de tierra;
- S** - borne para una sonda;
- H** - borne para el electrodo de tierra auxiliar.

Notas (de acuerdo a IEEE Std 81-2012):

- ❑ **Resistencia de tierra** - La impedancia, excluyendo la reactancia, entre un electrodo de tierra, sistema o red y tierra remota.
- ❑ **Impedancia de tierra** - La suma vectorial de la resistencia y reactancia, entre un electrodo de tierra, sistema o red y tierra remota.

4 Descripción del dispositivo

4.1 Carcasa del dispositivo

El dispositivo está alojado en una caja de plástico que mantiene la clase de protección definida en las especificaciones generales.

4.2 Panel del usuario

El panel del usuario se muestra en la Figura 4.1 más abajo.

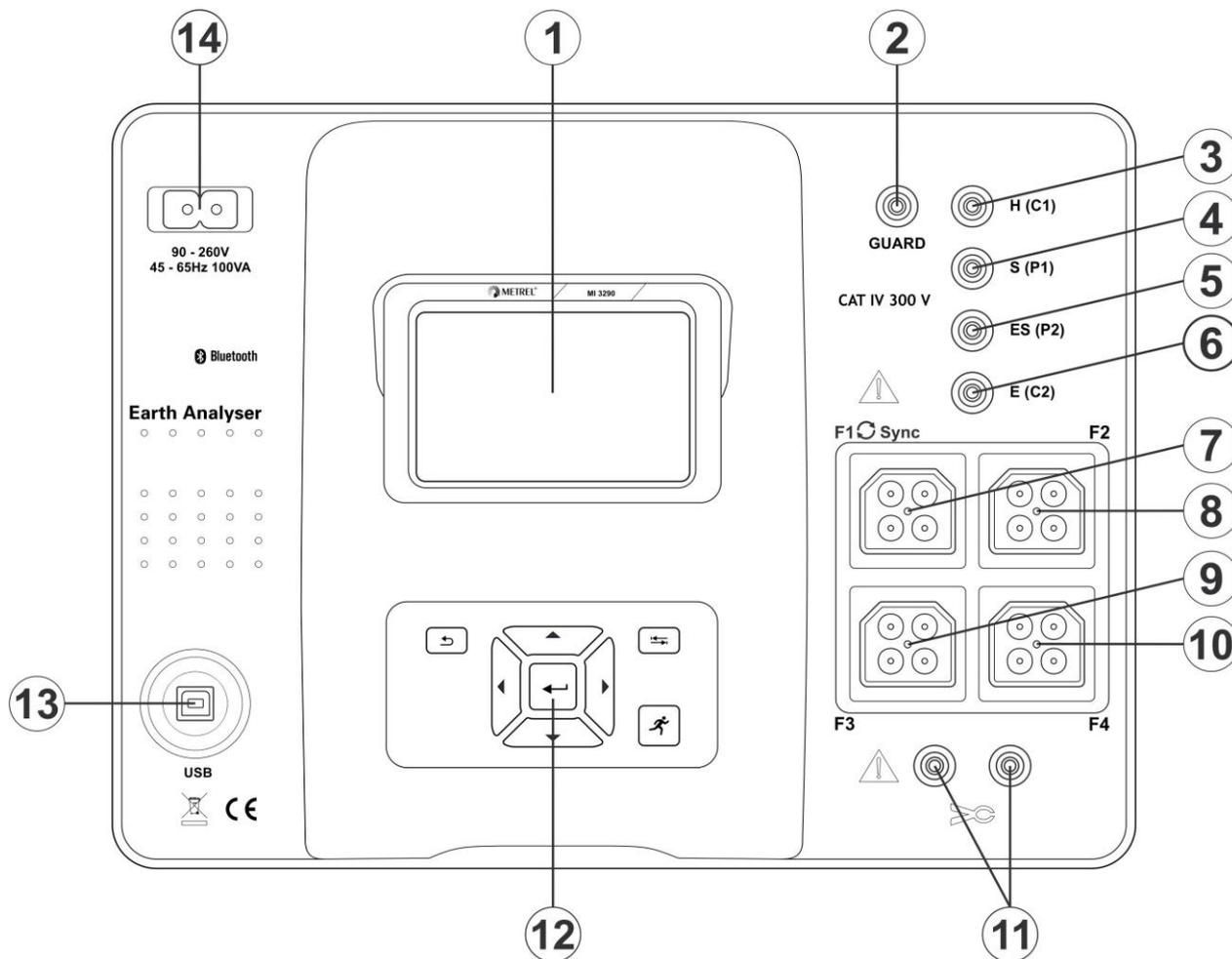


Figura 4.1: Panel del usuario

1	Pantalla en color TFT con táctil
2	PROTECTOR (GUARD) Borne de protección de entrada
3	H (C1) Borne de salida para el electrodo de tierra auxiliar
4	S (P1) Borne de salida para una sonda
5	ES (P2) Borne de salida para la sonda más cercana al electrodo de tierra
6	E (C2) Borne de salida para el electrodo de tierra a medir
7	F1 (Sync) Borne de entrada 1 de pinza flex (puerto de sincronización)
8	F2 Borne de entrada 2 de pinza flex

9	F3	Borne de entrada 3 de pinza flex
10	F4	Borne de entrada 4 de pinza flex
11	PINZA	Terminal de entrada de la pinza de hierro
12		Teclado (vea la sección 6.1 Significado general de las teclas)
13	USB	Puerto de comunicación USB (conector USB estándar - tipo B)
14		Toma de corriente de entrada (tipo C7)

Advertencias:

- ❑ **¡No conecte los bornes de prueba (H, S, ES, E) a una tensión externa mayor a 300 V C.A. o C.C. (entorno CAT IV) para evitar dañar el dispositivo de prueba!**
- ❑ **No conecte ninguna fuente de tensión en los bornes de entrada CLAMP (pinza). Están diseñadas solo para conectar pinzas de corriente. ¡La tensión máxima de entrada es de 3 V!**
- ❑ **¡Use solo accesorios de prueba originales!**

5 Accesorios

Los accesorios se dividen en estándar y opcionales. Los accesorios opcionales se suministran a petición del cliente. Vea la lista *adjunta* para la configuración estándar y opciones o contacte con su distribuidor o visite la página web de METREL: <http://www.metrel.si>.

El Analizador de Tierra MI 3290 está disponible en varios conjuntos con una combinación de diferentes accesorios y funciones de medición. La funcionalidad de un conjunto dado se puede ampliar comprando accesorios adicionales y claves de licencia.

Funciones de medición disponibles	Código de perfil	ARAB	ARAA	ARAC	ARAD
	Nombre	MI 3290 GF	MI 3290 GL	MI 3290 GP	MI 3290 GX
Icono					  
2, 3, 4 polos		•	•	•	•
Selectiva (pinza de hierro)			•		•
2 pinzas			•		•
Resistencia de tierra de AF (25 kHz)			•		•
Selectiva y pasiva (pinzas flex 1-4)				•	•
Método Wenner y Schlumberger		•	•	•	•
Medición de impulso			•		•
Ohmímetro (200 mA y 7 mA);		•			•
Medidor de impedancia		•			•
Fuente de corriente de P&C (Paso y Contacto) y potencial		•			•
Prueba de cable de tierra de pilón				•	•
Medidor de pinza de hierro RMS			•		•
Medidor de pinza flex RMS				•	•

5.1 Conjunto estándar

- Analizador de Tierra MI 3290
- Varilla de prueba de tierra prof., 50 cm, 2 piezas
- Varilla de prueba de tierra prof., 90 cm, 2 piezas
- Cable de prueba 2 m, 1 pza. (negra)
- Cable de prueba 5 m, 2 pzas. (roja, azul)
- Cable de prueba 50 m, carrete de 3 pzas. (verde, negra, azul)
- Cable de prueba blindado, bobina de 75 m
- Pinza G, 1 pza.
- Pinzas de cocodrilo, 4 pzas. (negra, roja, verde, azul)
- Sondas de prueba, 4 pzas. (negra, roja, verde, azul)
- Conjunto de cables de prueba (S 2009), 2m, 4 pzas. (negra, roja, verde, azul)
- Cable de alimentación de red
- Cable USB
- Bolsa para accesorios
- Software para PC Metrel ES Manager.
- Manual de instrucciones
- Certificado de calibración

5.2 Accesorios opcionales

Vea la ficha adjunta con la lista de accesorios opcionales y claves de licencia disponibles solicitándolos a través de su distribuidor.

6 Empleo del dispositivo

El Analizador de Tierra se puede operar a través del teclado o de la pantalla táctil.

6.1 Significado general de las teclas



Las teclas de dirección se utilizan para:

- seleccionar la opción adecuada;
- disminuir, aumentar el parámetro seleccionado.



La tecla Enter se utiliza para:

- confirmar la opción seleccionada.

La tecla Escape se utiliza para:

- volver al menú anterior sin cambios;
- interrumpir las mediciones.

Segunda función:

- enciende o apaga el dispositivo (mantenga la tecla durante 2 s hasta que aparezca la tecla de confirmación);



- apagado profundo (mantenga la tecla durante 10 s. o más).

El dispositivo se apaga automáticamente 10 min. después de que haya pulsado la última tecla.



La tecla de TAB se utiliza para:

- expandir la columna en el panel de control.



La tecla Run (ejecutar) se utiliza para:

- iniciar y detener las mediciones.

6.2 Significado general del táctil



El toque (tocar brevemente la superficie con la yema del dedo) se utiliza para:

- seleccionar la opción adecuada;
- confirmar la opción seleccionada;
- iniciar y detener las mediciones.



El deslizamiento (pulsar, mover, levantar) hacia arriba / abajo se utiliza para:

- Desplazarse por el contenido dentro del mismo nivel;
- navegar entre los tipos de vistas en el mismo nivel.



largo

El toque largo (toque la superficie con la yema del dedo durante al menos 1 s) se utiliza para:

- seleccionar teclas adicionales (teclado virtual);
- Seleccione prueba o medición con selector en cruz.



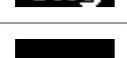
El icono de escape se utiliza para:

- volver al menú anterior sin cambios;
- interrumpir las mediciones.

6.3 Teclado virtual



Figura 6.1: Teclado virtual

	Alternar entre mayúsculas y minúsculas. Activo solo cuando se selecciona la disposición de teclado alfabética.
	Retroceso Borra el último carácter o todos si los selecciona. (Si se mantiene durante 2 s, se seleccionan todos los caracteres).
	Enter confirma el texto escrito.
	Activa la disposición de números / símbolos.
	Activa caracteres alfabéticos.
	Disposición de teclado inglesa.
	Distribución del teclado griega.
	Distribución de teclado rusa.
	Regresa al menú anterior sin cambios.

6.4 Pantalla y sonido

6.4.1 Indicación de pila y hora

El indicador de pila indica la condición de carga de la pila y la conexión con el cargador.



Indicación de capacidad de la pila.



Pila baja. Recargue las pilas.



La pila está llena.



Indicación de fallo de la pila.



Carga en proceso (si el adaptador de corriente está conectado y las pilas colocadas).

08:26

Indicación de hora (hh:mm).

6.4.2 Mensajes

En la zona de mensajes, se muestran advertencias y mensajes.



Las condiciones en los bornes de entrada permiten el inicio de la medición; tenga en cuenta otras advertencias y mensajes que se muestren.



Las condiciones en los bornes de entrada no permiten el inicio de la medición; tenga en cuenta las advertencias y mensajes que se muestren.



Detiene la medición.



El/los resultado/s pueden guardarse.



Abre el menú para cambiar los parámetros y límites.



Vista de la pantalla anterior.



Vista de la pantalla siguiente.



Resultado de la pantalla anterior.



Resultado de la pantalla siguiente.



Editar gráfico (acercar o alejar y mover el cursor).



Abre las pantallas de ayuda.



Muestra resultados de la medición.



Comienza la compensación de las puntas de en la medición de ohmímetro (200 mA y 7 mA).



Abre / expande más opciones en el panel de control.



¡Advertencia! Se está aplicando alta tensión al terminal de prueba. La medición no se iniciará. *Límite [$> 50 V_{rms}$ H-E, S-E, ES E, H-Guard, S-Guard, guardia de ES].*



El rango del instrumento de medición se ha excedido.
¡La medición no se iniciará o mostrará!



Se han detectado un alto ruido eléctrico durante la medición. Pueden darse resultados anormales. *Límite [la frecuencia de ruido se acerca ($\pm 6\%$) a la frecuencia de prueba].*



Medición en proceso, tenga en cuenta las advertencias que se muestren.



Alta impedancia a tierra de las sondas de prueba.
Consulte el capítulo 15.8 Influencia de los electrodos auxiliares..



Alta impedancia de la sonda de corriente Rc.
Consulte el capítulo 15.8 Influencia de los electrodos auxiliares..



Alta impedancia de la sonda de corriente Rp.
Consulte el capítulo 15.8 Influencia de los electrodos auxiliares..



La resistencia en la punta de prueba en la medición de ohmímetro no está compensada. *Límite [Compensación de la punta $< 5 \Omega$].*



La resistencia en la punta de prueba en la medición de ohmímetro (200 mA y 7 mA) no está compensada.



Corriente de prueba baja a través de las pinzas de hierro o flex. Pueden darse resultados anormales. **Consulte el capítulo 15.9 Influencia de la corriente de prueba baja a través de las pinzas..**



Corriente negativa a través de las pinzas flex, compruebe que la dirección de las pinzas flex es la correcta [$\uparrow \downarrow$].



El borne H(C1), S(P1), ES(P2) o E(C2) no está conectado al instrumento o se detecta una resistencia demasiado alta. *Límite [$I_{gen} > 100 \mu A$].*



F1 - Borne de entrada 1 de pinza flex (puerto de sincronización) no está conectado al instrumento. Conecte siempre primero la pinza flex al borne F1.

Límite

Junto con el límite inferior, el usuario puede establecer el límite del valor de resistencia, corriente o tensión. La resistencia, corriente o tensión medida se compara contra el límite. El resultado solo es validado si está dentro de los límites dados. Indicación de límite aparece en la ventana de parámetros de prueba.

Ventana de mensaje:



Los resultados de las mediciones están dentro de los límites preestablecidos (ÉXITO).



Los resultados de las mediciones están fuera de los límites preestablecidos (FRACASO).



Se ha abortado la medición. Tenga en cuenta las advertencias y mensajes que se muestren.

Nota:

- **El indicador de Pass / Fail (éxito/fracaso) solo se muestra si el límite está establecido.**

6.4.3 Indicación sonora

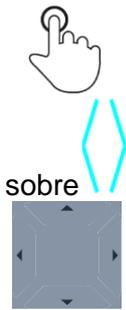
Dos pitidos	PASS (ÉXITO) Significa que los resultados de medición se encuentran dentro de los límites esperados.
Un pitido largo	FAIL (FRACASO) Significa que los resultados de medición se encuentran fuera de los límites predefinidos.
Sonido continuo	¡Advertencia! Se está aplicando alta tensión al terminal de prueba. La medición no se iniciará. <i>Límite [> 50 Vrms H-E, S-E, ES E, H-Guard, S-Guard, guardia de ES].</i> El valor en la medición de ohmímetro (7 mA) está por debajo del límite establecido.

6.4.4 Pantallas de ayuda



Abre las pantallas de ayuda.

Los menús de ayuda están disponibles en cualquier función. El menú de ayuda contiene diagramas esquemáticos que ilustran como conectar el dispositivo correctamente a los objetos a prueba. Una vez seleccionada la medición que quiere realizar, pulse la tecla HELP para ver el menú de ayuda correspondiente.

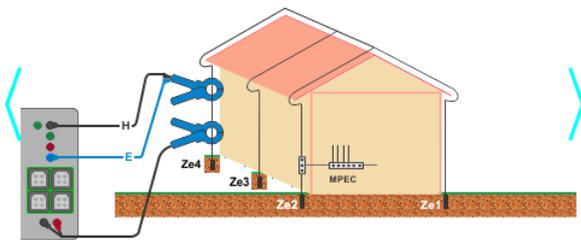


Selecciona la pantalla de ayuda siguiente / anterior.

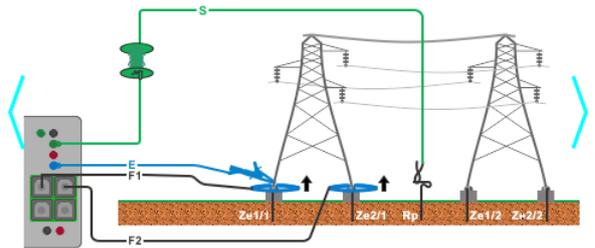


Sale del menú de ayuda.

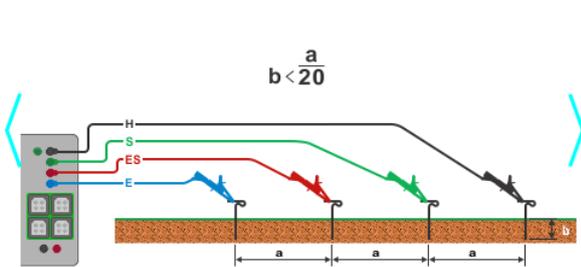
HELP 1/20: 2 Clamps 09:58



HELP 10/20: Passive Flex C. 09:58



HELP 15/20: Wenner Method 09:58



HELP 4/20: 4 - pole 09:58

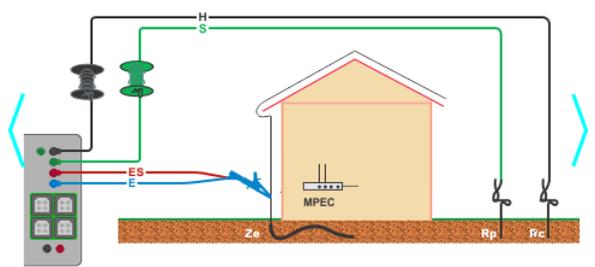


Figura 6.2: Ejemplos de pantallas de ayuda

7 Menú principal

7.1 Menú principal del dispositivo

Desde el menú principal se pueden entrar en los diferentes menús de funciones.

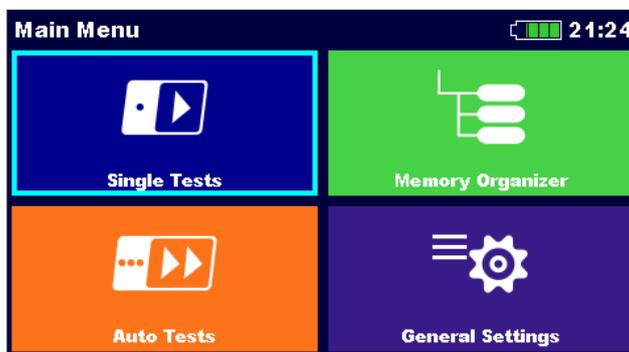


Figura 7.1: Menú principal

Opciones en el menú principal:



Pruebas individuales

Menú con las pruebas individuales, consulte el capítulo **11 Pruebas y mediciones** para obtener más información.



Pruebas automáticas

Menú con secuencias de prueba programadas, consulte el capítulo **12 Pruebas automáticas**.



Organizador de memorias

Menú para organizar y documentar los datos de las pruebas, consulte el capítulo **9 Organizador de memorias** para obtener más información.



Configuración general

Menú de configuración del dispositivo, vea el capítulo **8 Configuración general** para obtener más información.

8 Configuración general

En el **menú de configuración general** se pueden establecer o ver diferentes parámetros y configuraciones del dispositivo.

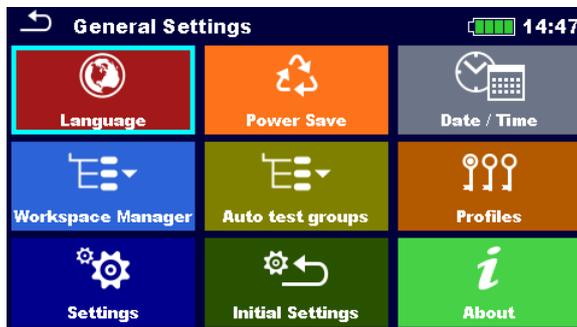


Figura 8.1: Menú de configuración general

Opciones en el menú de configuración general:



Idioma

Selección de idioma del instrumento. Para más información, consulte el capítulo **8.1 Idioma**.



Ahorro de energía

Brillo de la pantalla, activa/desactiva la comunicación Bluetooth. Para más información, consulte el capítulo **8.2 Ahorro de energía**.



Fecha/hora

Fecha y hora del instrumento. Para más información, consulte el capítulo **8.3 Fecha y hora**.



Administrador de áreas de trabajo

Gestión de los archivos del proyecto. Para más información, consulte el capítulo **8.9 Administrador de áreas de trabajo**.



Grupos de pruebas automáticas

Gestión de las listas de pruebas automáticas. Para más información, consulte el capítulo **8.8 Menú de grupos de pruebas automáticas**.



Perfil de instrumento

Selección de perfiles de instrumento disponibles. Para más información, consulte el capítulo **8.4 Perfil de instrumento**.



Configuración

Configuración de los diferentes parámetros del sistema/ de medición. Para más información, consulte el capítulo **8.5 Configuración**.



Configuración inicial

Ajustes de fábrica. Para más información, consulte el capítulo **8.6 Configuración inicial**.



Acerca de

Información del instrumento. Para más información, consulte el capítulo **8.7 Acerca de**.

8.1 Idioma

En este menú se puede establecer el lenguaje del instrumento.



Figura 8.2: Menú de idiomas

8.2 Ahorro de energía

En este menú se pueden establecer diferentes opciones para disminuir el consumo de energía.



Figura 8.3: Menú de ahorro de energía

Brillo	Establece el nivel de luminosidad del LCD.
Apagado automático del LCD	Configura el apagado del LCD después de un intervalo de tiempo. El LCD se enciende después de presionar cualquier tecla o tocar la pantalla.
Bluetooth	Activado siempre: el módulo Bluetooth está listo para comunicarse. Modo de ahorro: el módulo Bluetooth está ajustado en modo hibernar y no está activado.

8.3 Fecha y hora

En este menú se pueden establecer la fecha y hora del instrumento.



Figura 8.4: Ajuste fecha y hora

8.4 Perfil de instrumento

En este menú se puede seleccionar el perfil de instrumento de entre los disponibles

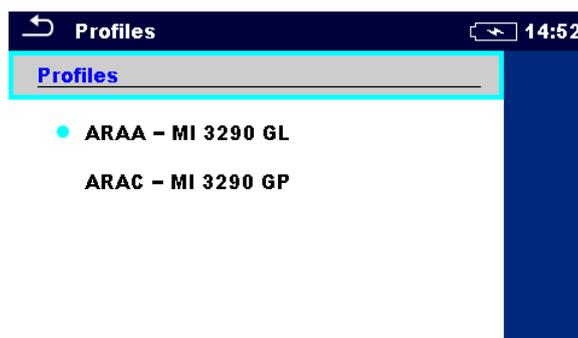


Figura 8.5: Menú de perfiles del instrumento

El instrumento utiliza diferentes ajustes específicos de sistema y medición dependiendo del ámbito de trabajo o del país en que se utilice. Estas configuraciones específicas se almacenan en los perfiles de instrumento.

Por defecto, cada instrumento tiene al menos un perfil activado. Para añadir más perfiles a los instrumentos se necesitan las claves de licencia adecuadas.

Se pueden seleccionar los diferentes perfiles disponibles en este menú. Para obtener más información, consulte el capítulo **Apéndice B - Cuadro de selección de perfiles**

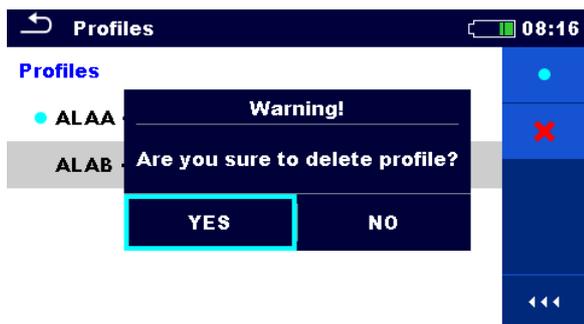
Opciones



Carga el perfil seleccionado. El instrumento se reiniciará automáticamente con el nuevo perfil cargado.



Elimina el perfil seleccionado.



Antes de eliminar el perfil seleccionado, se le pide confirmación al usuario.



Abre / expande más opciones en el panel de control.

8.5 Configuración

En este menú se pueden establecer diferentes parámetros generales.

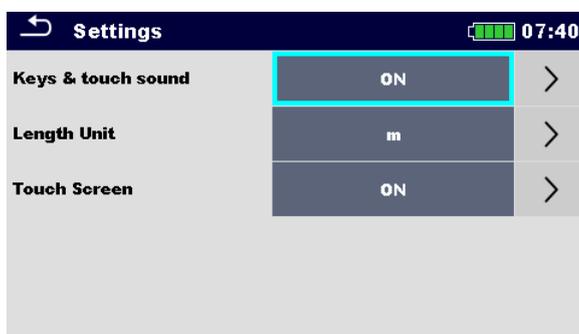


Figura 8.6: Menú de configuración

	Selección disponible	Descripción
Sonido de teclas y táctil	[ON/OFF]	Activa / desactiva el sonido cuando utilice las teclas y pantalla táctil.
Unidad de longitud	[m, ft]	Unidad de longitud para la medición de la resistencia específica de tierra.
Pantalla táctil	[ON/OFF]	Activa / desactiva el uso de la pantalla táctil.

8.6 Configuración inicial

En este menú se pueden restablecer los ajustes, parámetros de medición y los límites a los valores iniciales (de fábrica).

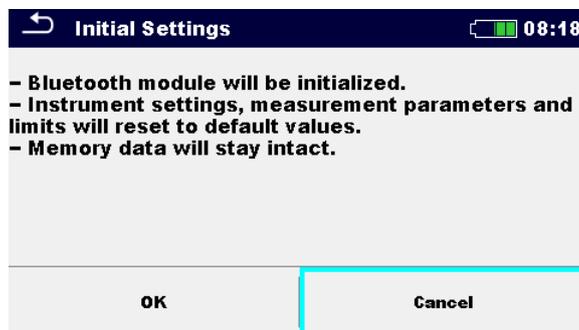


Figura 8.7: Menú de configuración inicial

Advertencia:

Perderá las siguientes opciones modificadas si restablece el instrumento a su configuración original:

- Límites y parámetros de medición.
- Parámetros y configuraciones en el menú de configuración general.
- La aplicación de los valores de fábrica, reiniciará el dispositivo.

Notas:

Los siguientes ajustes cambiados se mantendrán:

- Configuración del perfil.
- Datos en la memoria.

8.7 Acerca de

En este menú se pueden la información del instrumento (nombre, número de serie, versión y fecha de calibración).

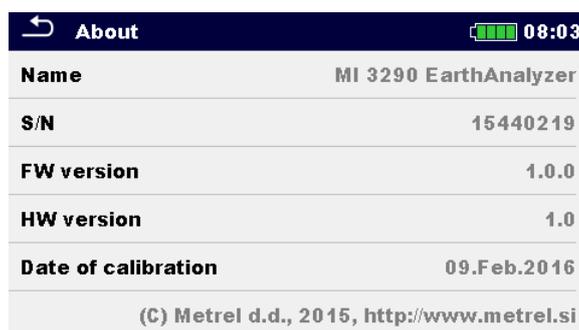


Figura 8.8: Pantalla de información del dispositivo

8.8 Menú de grupos de pruebas automáticas

Las pruebas automáticas en el Analizador de Tierra se pueden organizar en listas de pruebas automáticas. En una lista se almacena un grupo de pruebas automáticas similares. El menú de grupos de pruebas automáticas está pensado para gestionar diferentes listas de pruebas automáticas que estén almacenadas en la tarjeta microSD.

8.8.1 Menú de grupos de pruebas automáticas

En el menú de grupos de pruebas automáticas se muestran las listas de pruebas automáticas. Solo se puede abrir una lista en el instrumento al mismo tiempo. La lista seleccionada en el menú de grupos de pruebas automáticas se abrirá en el menú principal de pruebas automáticas.

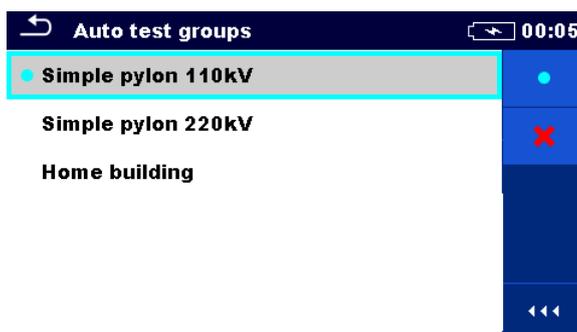


Figura 8.9: Menú de grupos de pruebas automáticas

8.8.2 Operaciones en el menú de grupos de pruebas automáticas:

Opciones



Se abre la lista de pruebas automáticas. Se cerrará automáticamente la lista previamente seleccionada de pruebas automáticas.
Para más información, consulte el capítulo **8.8.3 Seleccionar una lista de pruebas automáticas..**



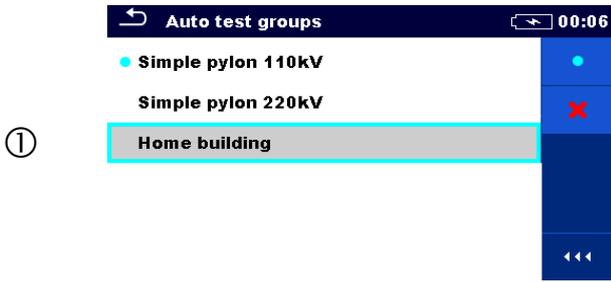
Elimina la lista de pruebas automáticas seleccionada.
Para más información, consulte el capítulo **8.8.4 Eliminar una lista de pruebas automáticas..**



Abre las opciones en el panel de control / expande la columna.

8.8.3 Seleccionar una lista de pruebas automáticas.

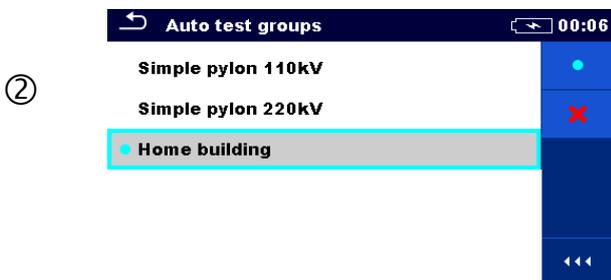
Procedimiento



Se puede seleccionar una lista de pruebas automáticas en el menú de grupos de pruebas automáticas.



Entra en la opción de selección de lista.

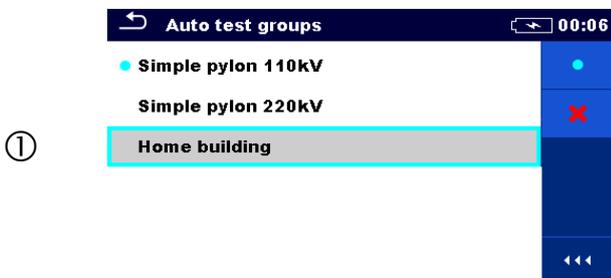


La lista de pruebas automáticas seleccionada está marcada con un punto azul.

Nota:
Se cerrará automáticamente la lista previamente seleccionada de pruebas automáticas.

8.8.4 Eliminar una lista de pruebas automáticas.

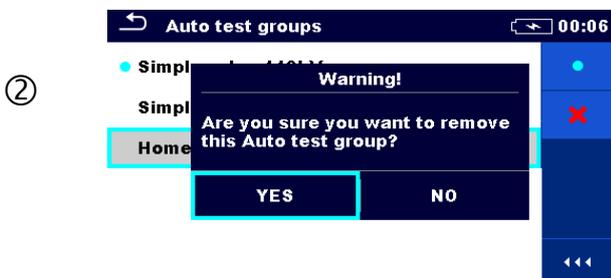
Procedimiento



Puede seleccionar la prueba automática que desee borrar en el menú de grupos de pruebas automáticas.



Entra en la opción que permite eliminar una lista.



Antes de eliminar la lista de pruebas automáticas seleccionada, se le pide confirmación al usuario.



8.9 Administrador de áreas de trabajo

El administrador de áreas de trabajo está diseñado para gestionar las diferentes áreas de trabajo locales y las exportadas a la tarjeta microSD.

8.9.1 Áreas de trabajo y exportaciones

Las pruebas realizadas con el MI 3290 se pueden organizar y estructurar con ayuda de las áreas de trabajo y las exportaciones. Las exportaciones y las áreas de trabajo contienen todos los datos relevantes (mediciones, parámetros, límites, estructuras) de un trabajo individual.

Las áreas de trabajo se almacenan en la memoria interna en el directorio WORKSPACES (áreas de trabajo), mientras que las exportaciones se almacenan en el directorio EXPORTS (exportaciones). Los archivos exportados se pueden leer en otros dispositivos que contengan las aplicaciones Metrel. Exportar los trabajos importantes es una manera de hacer copias de seguridad de los mismos. Para que funcione una exportación en el dispositivo, debe importar el archivo primero de la lista de los exportados y convertirlo en un área de trabajo. Para guardar los datos como exportados, debe exportar un área de trabajo primero de la lista de áreas de trabajo y convertirla en una exportación.

8.9.2 Menú principal del administrador de áreas de trabajo

En el administrador de áreas de trabajo, las áreas de trabajo y las exportaciones aparecen en dos listas separadas.

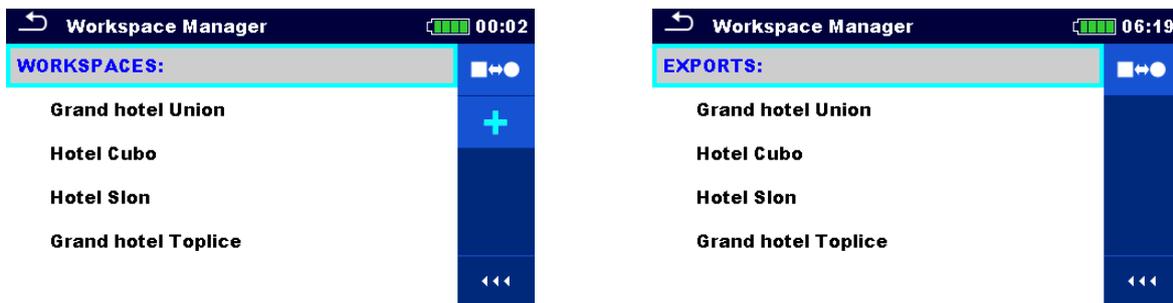


Figura 8.10: Menú del administrador de áreas de trabajo

Opciones

	Lista de áreas de trabajo.
	Muestra una lista de las exportaciones.
	Agrega una nueva área de trabajo. Para más información, consulte los capítulos 8.9.5 <i>Añadir una nueva área de trabajo</i> .
	Lista de las exportaciones.



Muestra una lista de las áreas de trabajo.

8.9.3 Operaciones con las áreas de trabajo

Solo puede abrir un área de trabajo en el instrumento al mismo tiempo. El área de trabajo seleccionada en el administrador de áreas de trabajo se abrirá en el organizador de memorias.

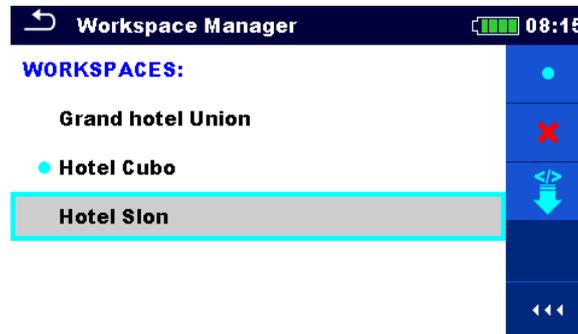


Figura 8.11: Menú del administrador de áreas de trabajo

Opciones



Marca el área de trabajo abierta en el organizador de memorias. Se abre el espacio de trabajo seleccionado en el organizador de memorias. Para más información, consulte los capítulos **8.9.6 Abrir un área de trabajo**.



Elimina el área de trabajo seleccionada. Para más información, consulte el capítulo **8.9.7 Eliminar un área de trabajo / Exportación**.



Agrega una nueva área de trabajo. Para más información, consulte los capítulos **8.9.5 Añadir una nueva área de trabajo**.



Exporta un área de trabajo. Para más información, consulte el capítulo **8.9.9 Exportar un área de trabajo**.

8.9.4 Operaciones con las exportaciones



Figura 8.12: Menú de administración de exportaciones de áreas de trabajo

Opciones



Elimina la exportación seleccionada. Para más información, consulte el capítulo **8.9.7 Eliminar un área de trabajo / Exportación**.



Importa una nueva área de trabajo desde las exportaciones. Para más información, consulte el capítulo **8.9.8 Importar un área de trabajo**.

8.9.5 Añadir una nueva área de trabajo

Procedimiento

①



Pueden agregarse nuevas áreas de trabajo desde la pantalla de administrador de áreas de trabajo.



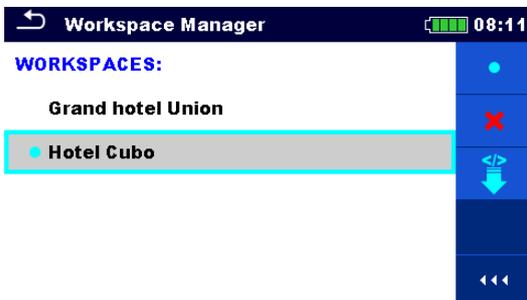
Entra en la opción para agregar nuevas áreas de trabajo.

②



Después de seleccionar la opción de crear una nueva área de trabajo, se muestra el teclado darle un nombre.

③



Después de la confirmación, se agrega una nueva área de trabajo a la lista de áreas de trabajo en el menú de administrador de áreas de trabajo.

8.9.6 Abrir un área de trabajo

Procedimiento



Se puede seleccionar un área de trabajo de la lista que hay en la pantalla de administrador de áreas de trabajo.



Abre un área de trabajo en el administrador de áreas de trabajo.



El área de trabajo abierta se marca con un punto azul. El área de trabajo previamente abierta se cierra automáticamente.

8.9.7 Eliminar un área de trabajo / Exportación

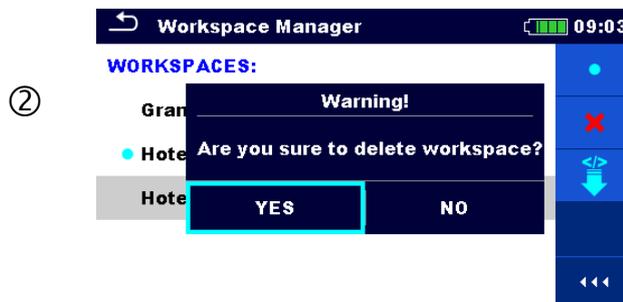
Procedimiento



Debe seleccionar de la lista de áreas de trabajo / exportaciones, el área de trabajo / exportación que desea eliminar. El perfil abierto no se puede eliminar.



Entra en la opción que permite eliminar un área de trabajo / exportación.



Antes de eliminar el área de trabajo / exportación seleccionada, se le pide confirmación al usuario.



El área de trabajo / exportación se elimina de la lista de áreas de trabajo / exportaciones.

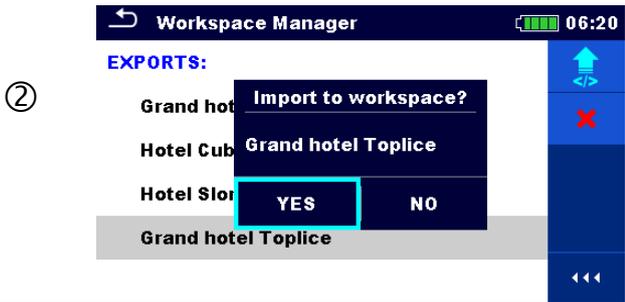
8.9.8 Importar un área de trabajo



Seleccione el archivo de exportación que desea importar de la lista de exportación del administrador de áreas de trabajo.



Entra en la opción importación.



Antes de importar el fichero seleccionado, se le pide confirmación al usuario.



El archivo de exportación importado se agrega a la lista de áreas de trabajo.

Nota:

- ❑ Si existiese un área de trabajo con el mismo nombre, se le añadirá una extensión al nombre del área de trabajo importada (name_001, name_002, name_003, ...).

8.9.9 Exportar un área de trabajo



Seleccione un área de trabajo de la lista del administrador de áreas de trabajo para exportar a un archivo.



Entra en la opción de exportación.

②



Antes de exportar el área de trabajo seleccionada, se le pide confirmación al usuario.

③



El área de trabajo se exporta a un archivo de exportación y se agrega a la lista de exportaciones.

Nota:

- ❑ Si existiese un archivo de exportación con el mismo nombre, se le añadirá una extensión al nombre del archivo de exportación (name_001, name_002, name_003, ...).



9 Organizador de memorias

El organizador de memorias es una herramienta para almacenar y trabajar con datos de las pruebas.

9.1 Menú del organizador de memorias

El Analizador de Tierra tiene una estructura multinivel. La jerarquía del organizador de memorias en el árbol se muestra en la **Figura 9.1**. Los datos se organizan según el proyecto, objeto (edificio, central eléctrica, subestación, torre de transmisión, ...) y el dispositivo a prueba (pararrayos, varilla de puesta a tierra, transformador, acoplamiento, valla, ...). Para obtener más información, consulte el capítulo **Apéndice A – Objetos de estructura**

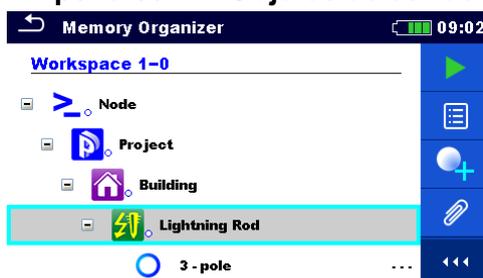


Figura 9.1: Estructura de árbol por defecto y su jerarquía

9.1.1 Estados de medición

Cada medición tiene:

- un estado (éxito, fracaso o sin estado)
- un nombre,
- resultados,
- límites y parámetros.

Una medida puede ser una prueba individual o una prueba automática.

Para más información consulte los capítulos **10 Pruebas individuales** y **12 Pruebas automáticas**

Estados de pruebas individuales

-  la prueba individual ha sido pasada con éxito
-  la prueba individual ha fallado
-  la prueba individual ha finalizado y ha dado resultado, pero sin estado
-  la prueba individual no tiene resultados ni estado

Estado general de las pruebas automáticas



por lo menos una prueba individual en la prueba automática se pasó satisfactoriamente y ninguna prueba individual no fracasó



al menos una prueba individual en la prueba automática falló



al menos una prueba individual en la prueba automática se ha llevado a cabo y ninguna otra prueba individual ha sido satisfactorio o insatisfactoria



prueba automática sin resultado y pruebas individuales sin resultado

9.1.2 Elementos de estructura

Cada elemento de estructura tiene:

- un icono
- un nombre y
- parámetros.

Además pueden tener:

- una indicación del estado de las mediciones bajo el elemento de estructura y un comentario o un archivo adjunto.



Figura 9.2: Proyecto de estructura en el menú de árbol

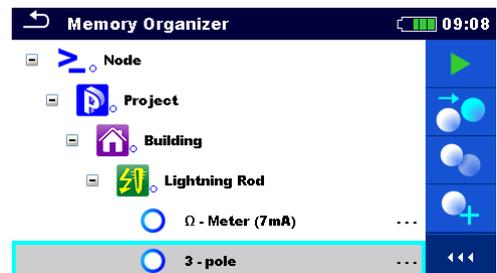
9.1.3 Indicación de estado de medición en el elemento de estructura

Se puede ver el estado global de las mediciones bajo cada elemento de estructura / subelemento sin desplegar el menú de árbol. Esta característica es útil para la evaluación rápida del estado de la prueba y como guía para las mediciones.

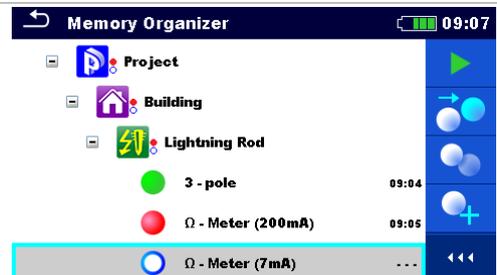
Opciones



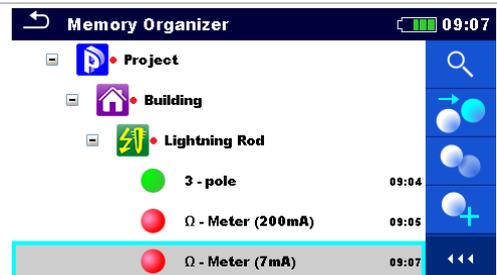
No hay resultado/s de medición bajo el elemento de estructura seleccionado. Deberían hacerse mediciones.



Uno o más resultados de medición bajo el elemento de estructura seleccionado han fallado. No todas las mediciones bajo el elemento de estructura seleccionado se han hecho todavía.



Se han completado todas las medidas bajo el elemento de estructura seleccionado, pero uno o más resultados de medición han fallado.



Nota:

- No existe ninguna indicación de estado si todos los resultados de las mediciones bajo cada elemento/subelemento han sido exitosos o si hay un elemento/subelemento sin resultados.

9.1.4 Operaciones en el menú de árbol

En el organizador de memorias se pueden realizar diferentes acciones con ayuda del panel de control en el lado derecho de la pantalla. Las acciones que sean posibles dependen del elemento seleccionado en el organizador.

9.1.4.1 Operaciones de mediciones (mediciones acabadas o vacías)

Figura 9.3: Selección de medición en el menú de árbol

Opciones

Muestra los resultados de la medición.
El instrumento pasa a la pantalla de memoria de medición.



Inicia una nueva medición.
El instrumento pasa a la pantalla de inicio de medición.



Clona la medición.
La medición seleccionada se puede copiar como una medición vacía bajo el mismo elemento de estructura. Para más información, consulte el capítulo **9.1.4.7 Clonar una medición**



Copiar y pegar una medición.
La medición seleccionada puede copiarse y pegarse como una medición vacía a cualquier ubicación en el árbol de estructura. Se permite pegar varias. Para más información, consulte el capítulo **9.1.4.10 Copiar y pegar una medición**.



Agrega una nueva medición.
El instrumento pasa al menú de agregar mediciones. Para más información, consulte el capítulo **9.1.4.5 Añadir una nueva medición**.



Elimina una medición.
La medición seleccionada se puede eliminar. Antes de eliminarla, se le pide confirmación al usuario. Para más información, consulte el capítulo **9.1.4.12 Eliminar una medición**.

9.1.4.2 Operaciones de elementos de estructura

Primero se debe seleccionar el elemento de estructura.



Figura 9.4: Selección de un elemento de estructura en el menú de árbol

Opciones



Inicia una nueva medición.

Debería seleccionar primero el tipo de medición (prueba individual o automática). Después de seleccionar primero el tipo adecuado, el instrumento procede a la prueba individual o a la pantalla de selección prueba automática. Para más información, consulte el capítulo **10.1 Modos de selección**.



Guarda una medición.

Guarda una medición bajo el elemento de estructura seleccionado.



Ver / editar parámetros y archivos adjuntos.

Se pueden ver o editar los parámetros y archivos adjuntos del elemento de estructura.

Para más información, consulte el capítulo **9.1.4.3 Ver / editar parámetros y adjuntos de una estructura**



Agrega una nueva medición.

El instrumento pasa al menú para agregar mediciones a la estructura. Para más información, consulte el capítulo **9.1.4.5 Añadir una nueva medición**.



Agrega un nuevo elemento de estructura.

Se puede agregar un nuevo elemento de estructura. Para más información, consulte el capítulo **9.1.4.4 Agregar un nuevo elemento de estructura..**



Archivos adjuntos.

Se muestra el nombre y enlace del archivo adjunto.



Clona una estructura.

La estructura seleccionada puede copiarse al mismo nivel en el árbol de estructura (clonar). Para más información, consulte el capítulo **9.1.4.6 Clonar un elemento de estructura..**



Copia y pega una estructura.

La estructura seleccionada puede copiarse y pegarse en cualquier lugar permitido en el árbol de estructura. Se permite pegar varias. Para más información, consulte el capítulo **9.1.4.8 Copiar y pegar un elemento de estructura**.



Borra un elemento de estructura.

Los elementos y subelementos de estructura seleccionados se pueden eliminar. Antes de eliminarla, se le pide confirmación al usuario. Para más información, consulte el capítulo **9.1.4.11 Eliminar un elemento de estructura**.



Cambia el nombre de un elemento de estructura.

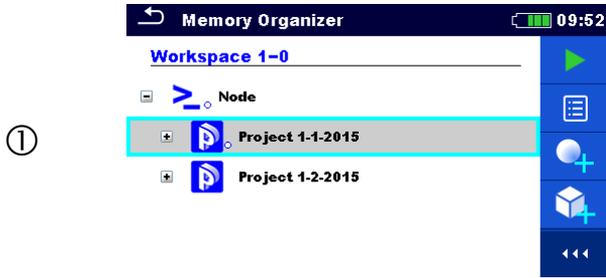
La estructura seleccionada se puede renombrar con el teclado. Para más información, consulte el capítulo **9.1.4.13 Cambiar el nombre de un elemento de estructura..**



9.1.4.3 Ver / editar parámetros y adjuntos de una estructura

En este menú se muestran los parámetros y su contenido. Para editar el parámetro seleccionado pulse sobre él o pulse la tecla de TAB para entrar en el menú de edición de parámetros.

Procedimiento



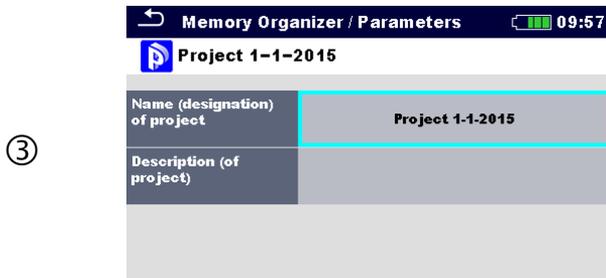
①

Seleccione la estructura que quiere editar.



②

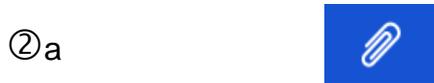
Seleccione los parámetros en el panel de control.



③

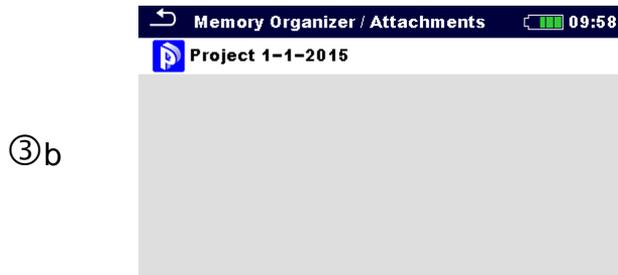
Ejemplo del menú de parámetros.

En el menú de edición de parámetros el valor del parámetro se puede seleccionar de la lista desplegable o través del teclado. Para más información sobre el uso del teclado, consulte el capítulo **6 Empleo del dispositivo**.



②a

Seleccione los parámetros en el panel de control.



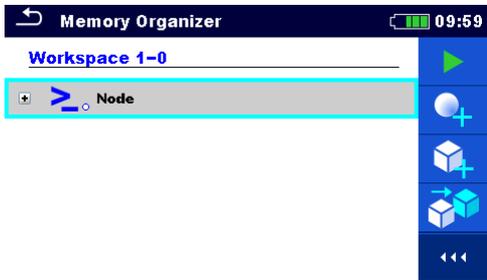
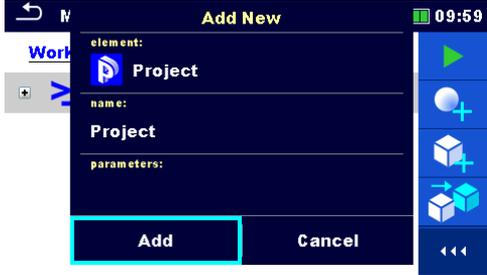
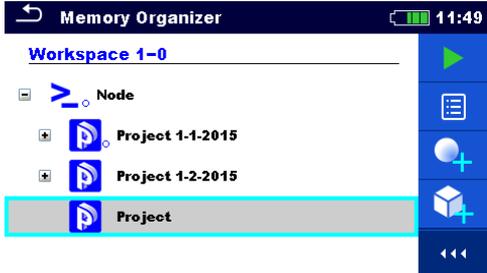
③b

Archivos adjuntos
Se puede ver el nombre del archivo adjunto. Este dispositivo no soporta operar con los archivos adjuntos.

9.1.4.4 Agregar un nuevo elemento de estructura.

Este menú está diseñado para añadir una nueva estructura en el menú de árbol. Se puede seleccionar un nuevo elemento de estructura y luego añadirlo en el menú de árbol.

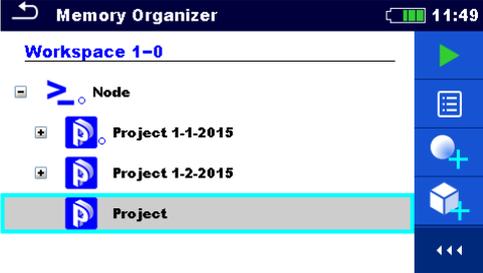
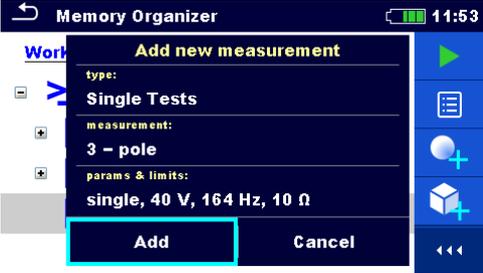
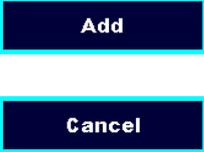
Procedimiento

- ①  Estructura inicial por defecto.
- ②  Seleccione agregar estructura en el panel de control.
- ③  Agregar un nuevo proyecto de estructura.
- ④a  Se puede editar el nombre del elemento de estructura.
- ④b  Se pueden editar los parámetros del elemento de estructura.
- ⑤  Nuevo proyecto añadido.

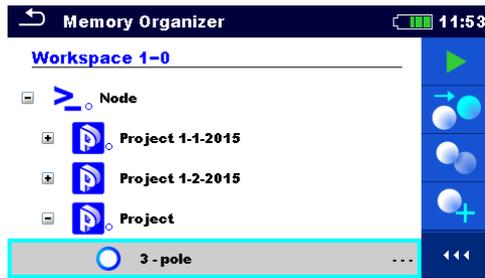
9.1.4.5 Añadir una nueva medición

En este menú se pueden crear mediciones vacías y luego agregarlas en el árbol de estructura. Se selecciona primero el tipo de medición, la función de medición y sus parámetros y luego se añade bajo el elemento de estructura seleccionado.

Procedimiento

①		<p>Seleccione el nivel en la estructura donde se añadirá la medición.</p>
②		<p>Seleccione agregar estructura en el panel de control.</p>
③		<p>Añada un nuevo menú de medición</p>
④ a		<p>Se puede seleccionar el tipo de prueba en este campo. Opciones: pruebas individuales, pruebas automáticas. Pulse en el campo o presione la tecla ENTER para modificarlas.</p>
④ b		<p>Se ofrece por defecto la última medición añadida. Para seleccionar otra medición pulse en el campo o presione la tecla ENTER para abrir el menú de selección de las mediciones.</p>
④ c		<p>Seleccione el parámetro y modifíquelo como se describió anteriormente. Para más información, consulte el capítulo 10.1.2 Ajuste de parámetros y límites de pruebas individuales</p>
⑤		<p>Agrega la medición bajo el proyecto de estructura seleccionado en el menú de árbol. Vuelve al menú de árbol de estructura sin cambios.</p>

⑥



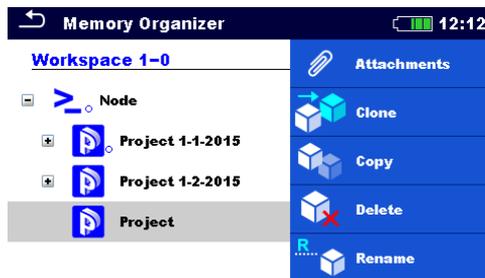
Se añade una nueva medición vacía bajo la estructura seleccionada.

9.1.4.6 Clonar un elemento de estructura.

La estructura seleccionada puede copiarse al mismo nivel en el árbol de estructura (clonar) en este menú. La estructura clonada tiene el mismo nombre que la original.

Procedimiento

①



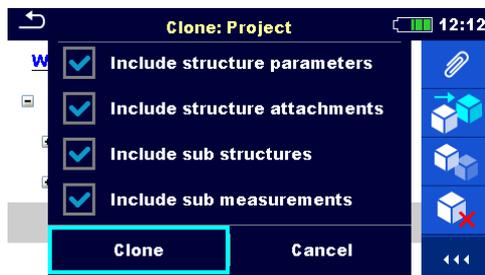
Seleccione la estructura que va a clonar.

②



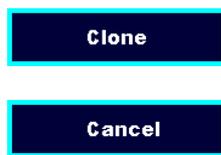
Seleccione clonar en el panel de control.

③



Aparecerá el menú de clonar estructura. Los subelementos de la estructura seleccionada se pueden marcar o desmarcar para ser clonados. Para más información, consulte el capítulo **9.1.4.9 Clonar y pegar subelementos del elemento de estructura** seleccionado..

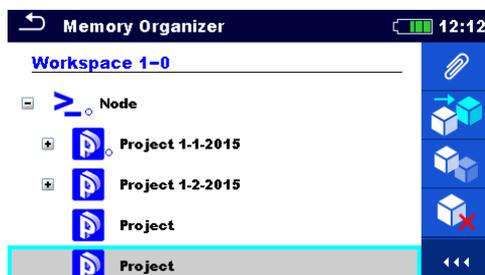
④



La estructura seleccionada se copia (clona) al mismo nivel en el árbol de estructura.

Cancela la clonación. No cambia nada en el árbol de estructura.

⑤

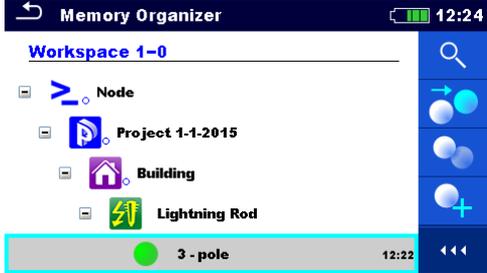


Se muestra el nuevo elemento de estructura.

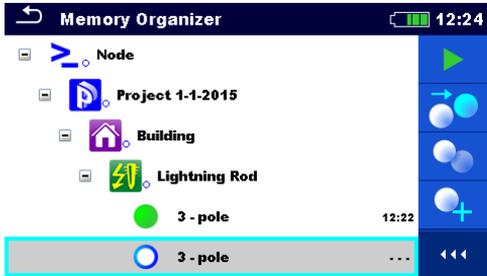
9.1.4.7 Clonar una medición

Con esta función se puede copiar (clonar) una medición vacía o acabada como medición vacía al mismo nivel en el árbol de estructura.

Procedimiento

①  Seleccione la medición a clonar.

②  Seleccione clonar en el panel de control.

③  Se muestra la nueva medición vacía.

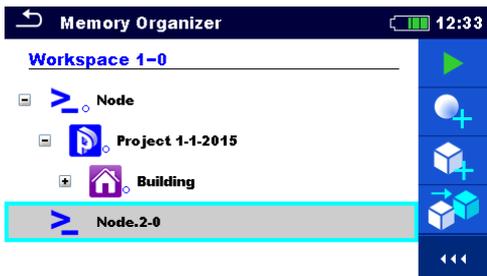
9.1.4.8 Copiar y pegar un elemento de estructura

En este menú el elemento de estructura seleccionado puede copiarse y pegarse a cualquier ubicación permitida en el árbol de estructura.

Procedimiento

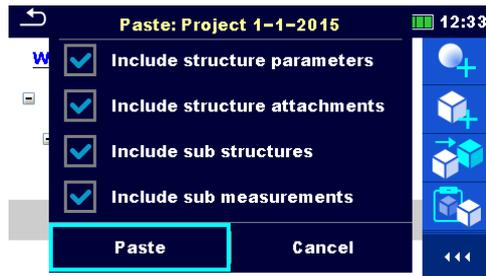
①  Seleccione el elemento de estructura a copiar.

②  Seleccione copiar en el panel de control.

③  Seleccione la ubicación donde quiere copiar el elemento de estructura.

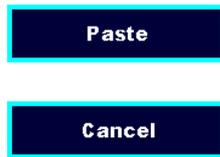
④  Seleccione pegar en el panel de control.

⑤



Aparecerá el menú de pegar estructura. Antes de copiarlo, se puede establecer qué subelementos de la estructura seleccionada se copiarán también. Para más información, consulte el capítulo **9.1.4.9 Clonar y pegar subelementos del elemento de estructura seleccionado..**

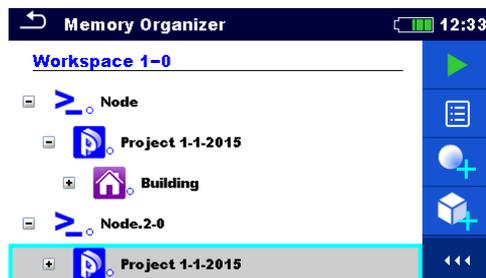
⑥



El elemento de estructura seleccionado se copia (pegan) en la posición seleccionada en la estructura de árbol.

Vuelve al menú de árbol sin cambios.

⑦



Se muestra el nuevo elemento de estructura.

Nota:

- ❑ El comando pegar puede ejecutarse una o más veces.

9.1.4.9 Clonar y pegar subelementos del elemento de estructura seleccionado.

Cuando se selecciona un elemento de estructura para clonar, o copiar y pegar, necesita seleccionar sus subelementos. Las siguientes opciones están disponibles:

Opciones



Se clonarán/pegarán también los parámetros del elemento de estructura seleccionado.



Se clonarán/pegarán también los adjuntos del elemento de estructura seleccionado.



Se clonarán/pegarán también los elementos de estructura en subniveles del elemento de estructura seleccionado.



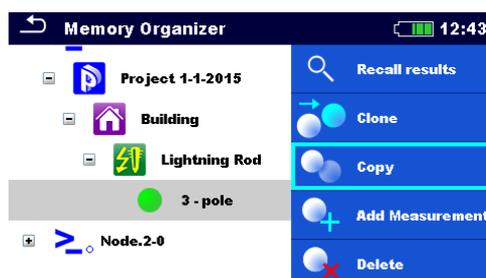
Se clonarán/pegarán también las mediciones en el elemento de estructura seleccionado y sus subniveles.

9.1.4.10 Copiar y pegar una medición

En este menú la medición seleccionada puede copiarse a cualquier nivel permitido en el árbol de estructura.

Procedimiento

①



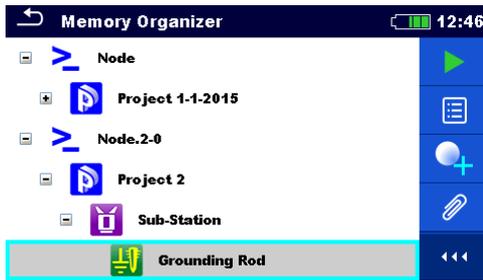
Seleccione la medición a copiar.

②



Seleccione copiar en el panel de control.

③



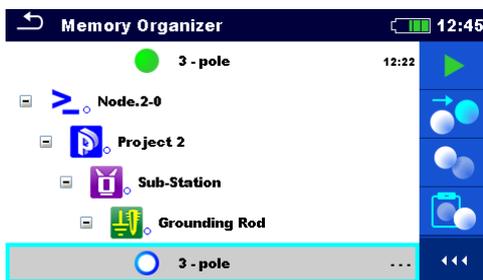
Seleccione la ubicación donde quiere pegar la medición.

④



Seleccione pegar en el panel de control.

⑤



Una nueva medición (vacía) se muestra en el elemento seleccionado de la estructura.

Nota:

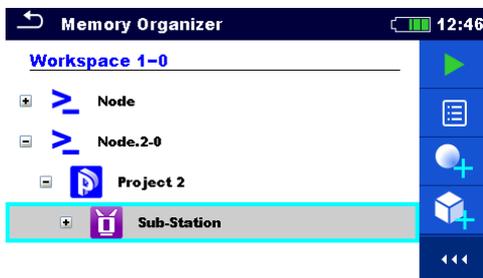
- ❑ El comando pegar puede ejecutarse una o más veces.

9.1.4.11 Eliminar un elemento de estructura

En este menú se puede eliminar el elemento de estructura seleccionado.

Procedimiento

①



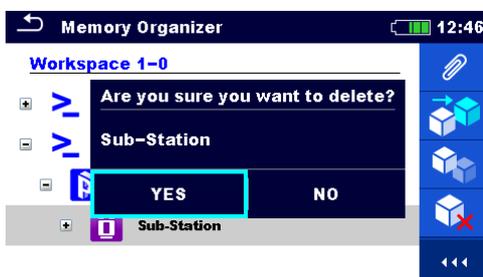
Seleccione el elemento de estructura a eliminar.

②



Seleccione eliminar en el panel de control.

③



Aparecerá una ventana de confirmación.

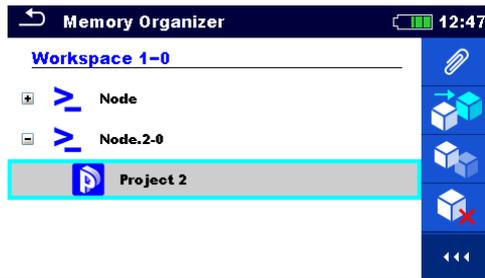
④



Se eliminan el elemento de estructura seleccionado y sus subelementos.

Vuelve al menú de árbol sin cambios.

⑤



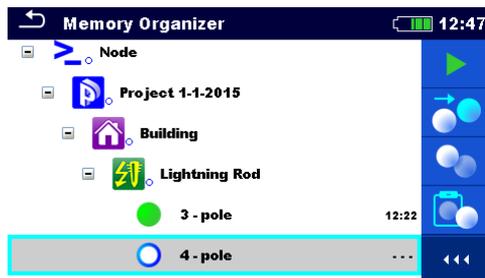
Estructura sin el elemento de estructura eliminado.

9.1.4.12 Eliminar una medición

En este menú puede seleccionar una medición y eliminarla.

Procedimiento

①



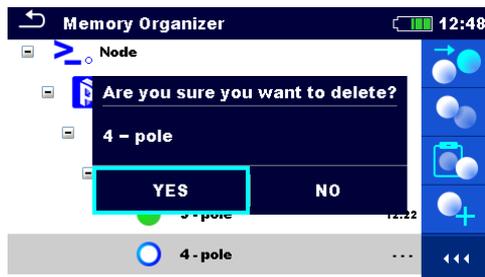
Seleccione una medición a eliminar.

②



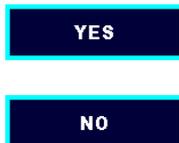
Seleccione eliminar en el panel de control.

③



Aparecerá una ventana de confirmación.

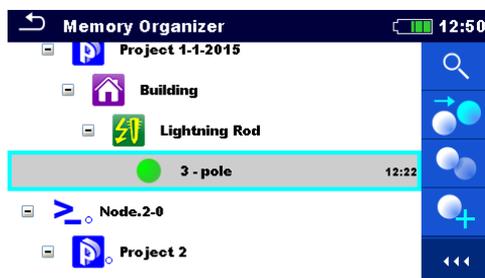
④



La medición seleccionada se eliminará.

Vuelve al menú de árbol sin cambios.

⑤

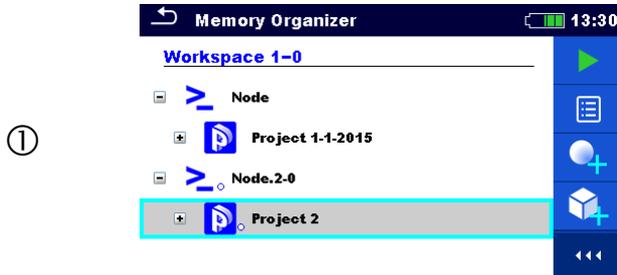


Estructura sin el elemento eliminado.

9.1.4.13 Cambiar el nombre de un elemento de estructura.

En este menú se puede renombrar el elemento de estructura seleccionado.

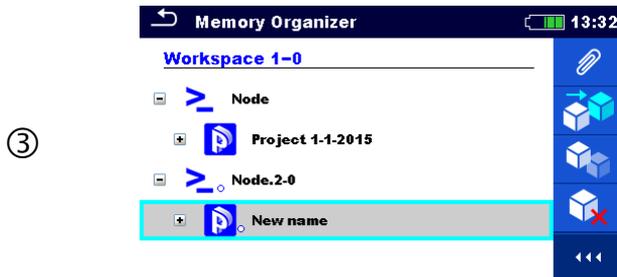
Procedimiento



Seleccione el elemento de estructura a renombrar.



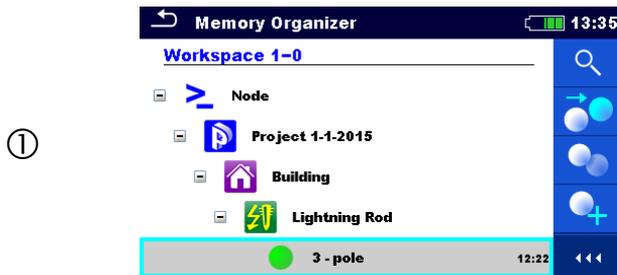
Seleccione renombrar en el panel de control. El teclado virtual aparecerá en pantalla. Introduzca el nuevo texto y confirme. Para más información, consulte el capítulo **6.3 Teclado virtual**.



Elemento de estructura con el nombre modificado.

9.1.4.14 Recuperar y volver a realizar la medición seleccionada

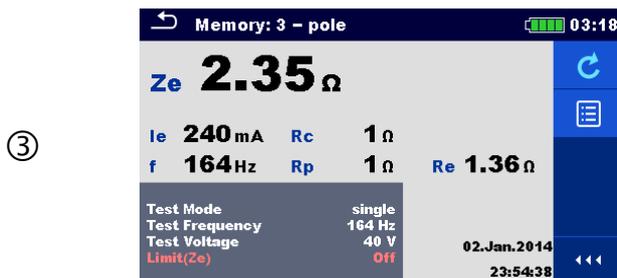
Procedimiento



Seleccione la medición a recuperar.



Seleccione recuperar resultados en el panel de control.



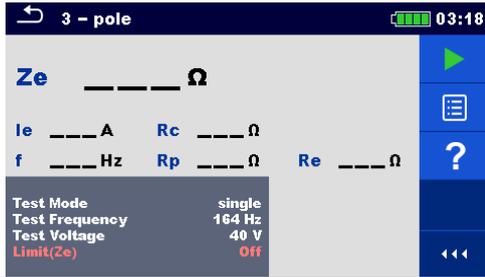
Se recupera la medición.

Los parámetros y límites se pueden ver, pero no se puede editar.



Seleccione volver a realizar en el panel de control.

⑤



Se muestra la pantalla de inicio de volver a realizar.

⑤a



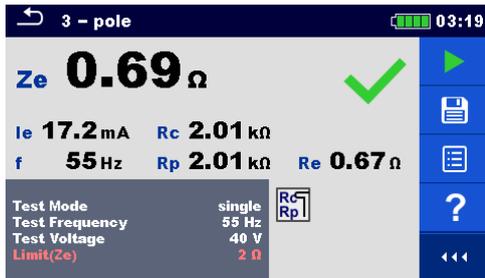
Los parámetros y límites se pueden ver y editar.

⑥



Seleccione ejecutar en el panel de control para volver a realizar la medición.

⑦

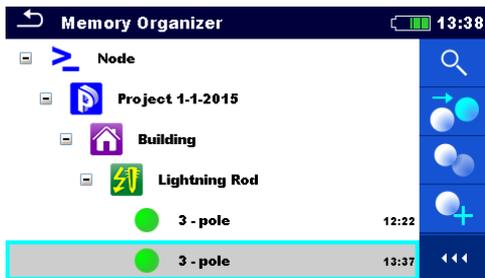


Resultados / subresultados después de volver a ejecutar la medición recuperada.

⑧



Seleccione guardar los resultados en el panel de control.



La medición que se ha vuelto a realizar se guarda bajo el mismo elemento de estructura que el original. La memoria de la estructura se actualizará con la nueva medición realizada.

10 Pruebas individuales

Las pruebas individuales solo pueden seleccionarse en el menú principal de pruebas individuales o en el menú principal o submenús del organizador de memorias.

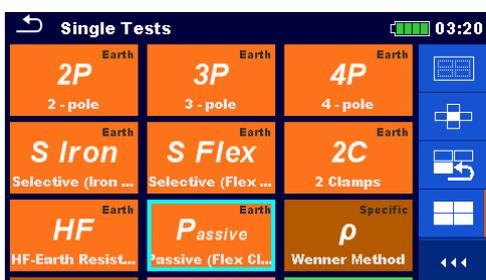
10.1 Modos de selección

En el menú principal de pruebas individuales hay cuatro modos de selección de pruebas individuales.

Opciones



Todas



Puede seleccionarse una prueba individual de una lista con todas las pruebas individuales. Las pruebas individuales se muestran siempre en el mismo orden (por defecto).



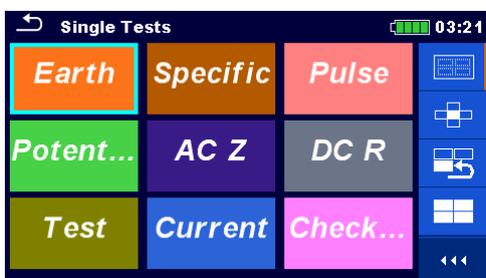
Última utilizada



Se muestran las 9 últimas pruebas individuales hechas.



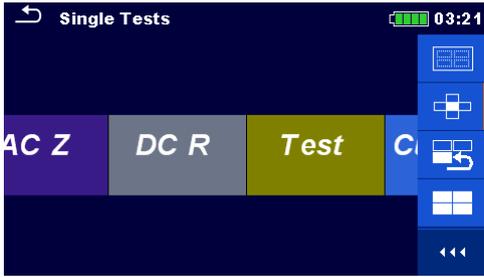
Grupos



Las pruebas individuales se dividen en grupos de pruebas similares.



Selector en cruz



Este modo de selección es la forma más rápida para trabajar con el teclado. Los grupos de pruebas individuales están organizados en una fila.



Se muestran todas las pruebas individuales para el grupo seleccionado y se acceden a ellas con las teclas arriba/abajo.

10.1.1 Pantalla de prueba individual

En las pantallas de prueba individuales se muestran los resultados, subresultados, límites y parámetros de la medición. Además, se muestran los estados en línea, las advertencias y otra información.



Figura 10.1: Organización de la pantalla de prueba individual. Ejemplo de medición de 4 polos

Organización de la pantalla de prueba individual:

Línea principal:

- Tecla ESC
- nombre de la función
- estado de la pila
- reloj



Panel de control (opciones disponibles)



Parámetros (blanco) y límites (rojo)



Campo de resultado:

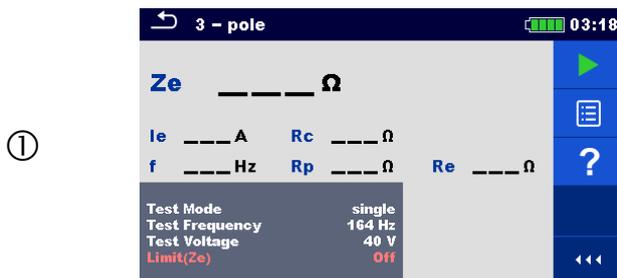
- principal/es resultado/s
- subresultado/s
- Indicación de ÉXITO/FRACASO
- número de pantallas



Campo de símbolos de advertencia y mensajes

10.1.2 Ajuste de parámetros y límites de pruebas individuales

Procedimiento



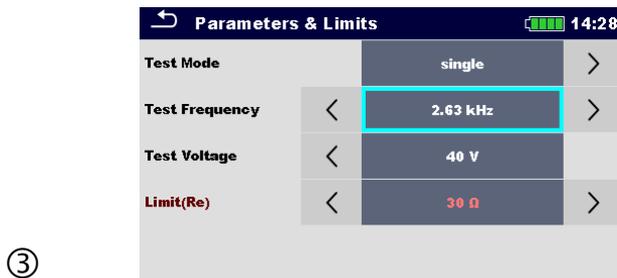
Seleccione la prueba o medición.

Puede acceder a la prueba desde:

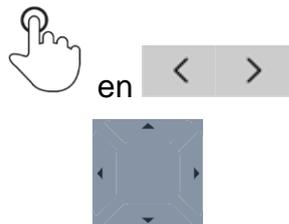
- El menú de pruebas individuales o
- El menú del organizador de memorias una vez se ha creado la medición vacía bajo la estructura seleccionada.



Seleccione los parámetros en el panel de control.



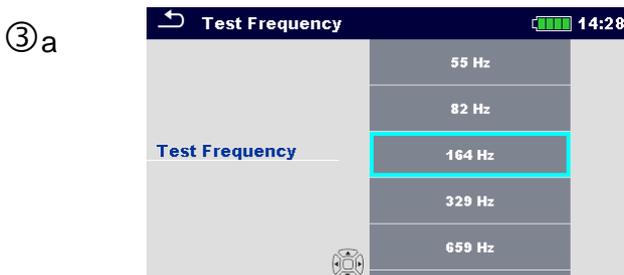
Seleccione el parámetro a modificar o el límite que quiera establecer.



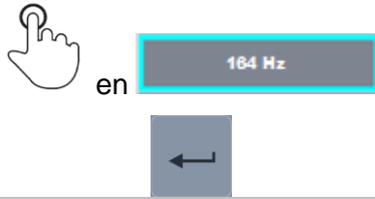
Establezca los parámetros/límites.



Entra en menú de establecimiento de valor.



Menú de establecimiento de valor.



Acepta un nuevo valor del parámetro o límite y sale del menú.

④



Acepta los nuevos valores de parámetros y límites.

10.1.3 Pantalla de resultados de prueba individual



Figura 10.2: Pantalla de resultados de prueba individual. Ejemplo de medición de 4 polos

Opciones (finalizada la medición)



Inicia una nueva medición.

Guarda el resultado.

Si ha seleccionado una nueva medición y la ha iniciado desde un elemento de estructura en el árbol de estructura:

- la medición se guardará bajo el elemento de estructura seleccionado.

Si ha iniciado una nueva medición desde el menú principal de la prueba individual:

- se le ofrecerá por defecto guardar el objeto de estructura seleccionado. El usuario puede seleccionar otro elemento de estructura o crear un nuevo elemento de estructura.



- Pulsando  en el menú del organizador de memorias la prueba automática se guarda bajo la ubicación seleccionada.

Si ha seleccionado una medición vacía en el árbol de estructura y la ha iniciado:

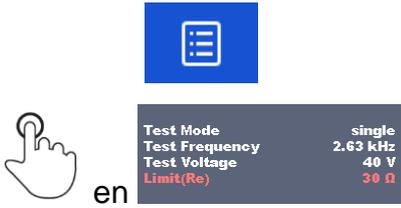
- El/los resultado/s se agregarán a la medición. La medición cambiará su estado de “vacía” a “acabada”.

Si ha seleccionado una medición ya realizada en el árbol de estructura, la ha consultado y luego la ha reiniciado:

- se guardará la nueva medición bajo el elemento de estructura seleccionado.



Abre las pantallas de ayuda.



Abre el menú para cambiar los parámetros y límites de las mediciones seleccionadas. Para más información sobre cómo cambiar los parámetros y límites de medición, consulte el capítulo **10.1.2Ajuste de parámetros y límites de pruebas individuales**



Entra en el selector en cruz para seleccionar la prueba o la medición.

10.1.4 Vista de gráfico

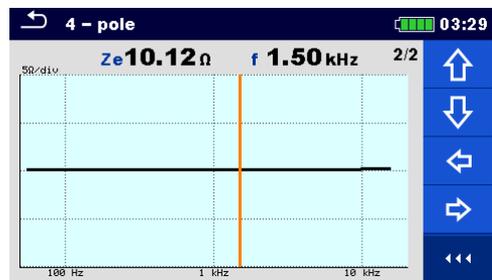
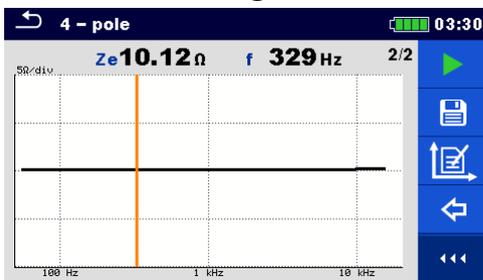


Figura 10.3: Pantalla de resultados gráficos (Ejemplo de medición de barrido de 4 polos)

Opciones



Edición de gráfico. Abre el panel de control para editar los gráficos.



Aumentar / Disminuir el factor de escala (eje y).



Mover el cursor al valor anterior o siguiente (eje x).



Seleccionar la posición del cursor (eje x).



Salir de la edición de gráficos.

10.1.5 Pantalla de recuperación de resultados de pruebas individuales

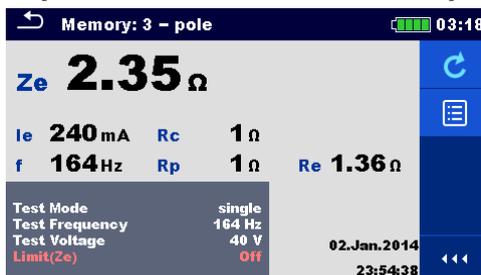


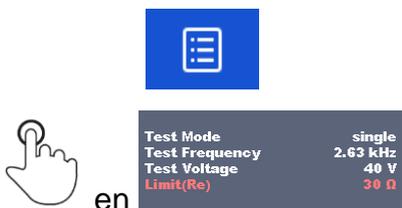
Figura 10.4: Resultados recuperados de la medición seleccionada, ejemplo de resultados recuperados de medición de 4 polos

Opciones



Volver a probar

Entra en pantalla de inicio para una nueva medición.



Abre el menú para cambiar los parámetros y límites de las mediciones seleccionadas. Para más información sobre cómo cambiar los parámetros y límites de medición, consulte el capítulo **10.1.2 Ajuste de parámetros y límites de pruebas individuales**



Selecciona la pantalla de resultado anterior / siguiente.



Selecciona la vista de resultados a diferentes frecuencias de prueba (modo de barrido).

11 Pruebas y mediciones

11.1 Mediciones de tierra [Ze y Re]

La medición de la resistencia de tierra es uno de los parámetros más importantes para la protección contra las descargas eléctricas. Los sistemas de puesta a tierra, sistemas antirrayos, resistividad del terreno, etc. se pueden verificar con la prueba de resistencia de tierra.

El analizador de tierra MI 3290 es capaz de llevar a cabo mediciones de tierra mediante diversos métodos. El operador deberá seleccionar el adecuado, según el sistema puesta a tierra a probar.

Tierra		Medición	PRUEBA		Gráfico	LF	AF	Filtro	PRUEBA Tensión
Impedancia	Resistencia		Modo						
Ze	Re	2 polos	individual	barrido	Ze (f)	55 Hz	15 kHz	FFT	20/40 V
		3 polos	individual	barrido	Ze (f)	55 Hz	15 kHz	FFT	20/40 V
		4 polos	individual	barrido	Ze (f)	55 Hz	15 kHz	FFT	20/40 V
Zsel	/	Selectiva (Pinza de hierro)	individual	barrido	Zsel (f)	55 Hz	1,5 kHz	FFT	40 V
Ze		2 pinzas	cont.	/	/	82 Hz	329 Hz	FFT	40 V
/	Re	Resistencia a Tierra de AF (25 kHz)	individual	/	/	/	25 kHz	FFT	40 V
Ztot	/	Selectiva (pinzas flex 1 – 4)	individual	barrido	Ztot (f) Zsel1-4 (f)	55 Hz	1,5 kHz	FFT	40 V
	/	Pasiva (pinzas flex 1 – 4)	cont.	/	/	45 Hz	150 Hz	FFT	/

Tabla 11.1: Mediciones de tierra disponibles en el MI 3290



11.1.1 Medición de 2 polos

La medición de dos polos puede utilizarse si se dispone de un borne auxiliar conectado a tierra correctamente (p.e., puestas a tierra de fuentes/distribución a través del conductor neutro, tubería de agua...). La principal ventaja de este método es que no se necesitan sondas de prueba para la prueba. Es un método rápido y relativamente fiable.

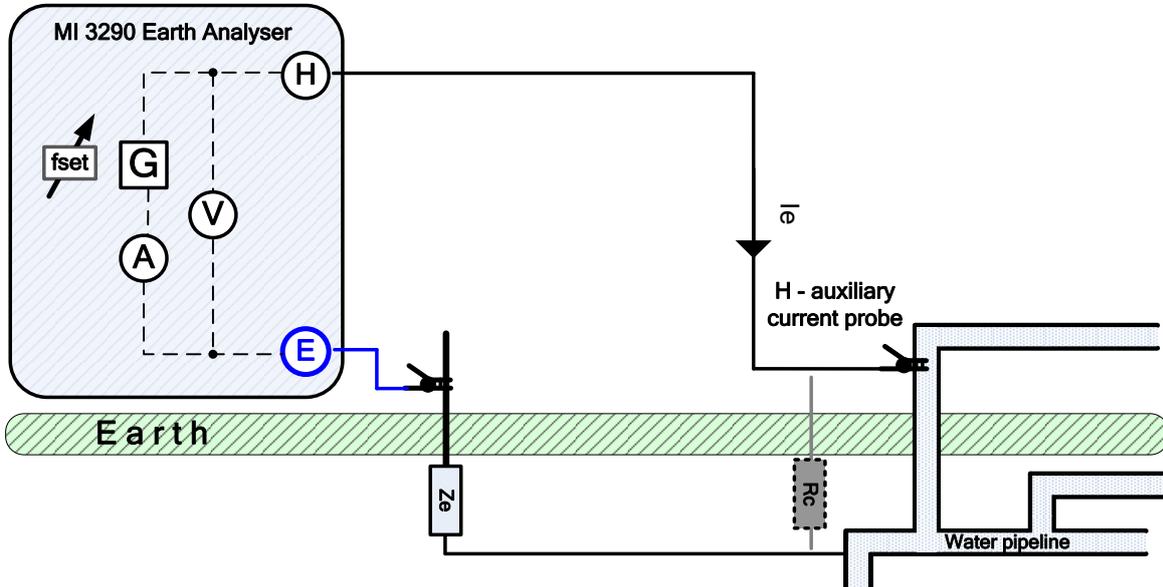


Figura 11.2: Ejemplo de medición de 2 polos

Durante la medición, se inyecta una corriente sinusoidal I_e en la tierra a través de una sonda auxiliar (H). La impedancia de la sonda auxiliar (H) debería ser tan baja como sea posible con el fin de inyectar una corriente de prueba alta. Se puede disminuir la impedancia R_c usando más sondas en paralelo o utilizando un sistema de puesta a tierra auxiliar como sonda auxiliar. Una mayor corriente inyectada mejora la inmunidad contra las corrientes de tierra parásitas. La impedancia de tierra Z_e viene determinada por la relación tensión/corriente. Generalmente la impedancia R_c es mucho menor que Z_e . En este caso el resultado puede considerarse $\approx Z_e$.

$$Z_e = \frac{U_{H-E} [V]}{I_e [A]} = [\Omega] \quad \text{donde} \quad Z_e \gg R_c$$

- Z_e Impedancia de tierra
- R_e Resistencia de tierra (sin reactancia)
- R_c Impedancia de sonda de corriente auxiliar (H)
- I_e Corriente de prueba inyectada
- U_{H-E} Tensión de prueba entre los bornes H y E
- f_{set} Frecuencia de prueba

Consulte el **Apéndice C - Funcionalidad y colocación de puntas de prueba** para obtener más información sobre cómo colocar la sonda de corriente auxiliar (H).

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de 2 polos. Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros: modo de prueba, tensión de prueba, frecuencia de prueba y límite (Ze).

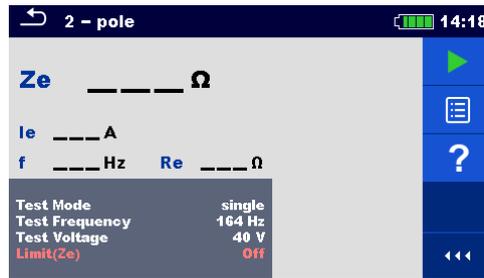


Figura 11.3: Menú de medición de 2 polos

Parámetros de prueba para 2 polos:

Modo de prueba	Establece el modo de prueba: [individual, barrido]
Frecuencia de prueba*	Establece la frecuencia de prueba: [55 Hz, 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz, 659 Hz, 1,31 kHz, 1,50 kHz, 2,63 kHz, 3,29 kHz, 6,59 kHz, 13,1 kHz, 15,0 kHz]
Tensión de prueba	Establece la tensión de prueba: [20 V o 40 V]
Límite (Ze)	Selecciona el valor límite: [OFF; Ω 0,1 – 5,00 k Ω]

* modo de prueba individual solamente.

procedimiento de medición de 2 polos:

- Seleccione la función de medición de 2 polos.
- Configure los parámetros de prueba (modo, tensión, frecuencia y límite).
- Conecte las puntas de prueba al dispositivo y al objeto a probar.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Pula las teclas del cursor para cambiar entre la vista de gráfico y de resultados (opcional).
- Guarde los resultados (opcional).

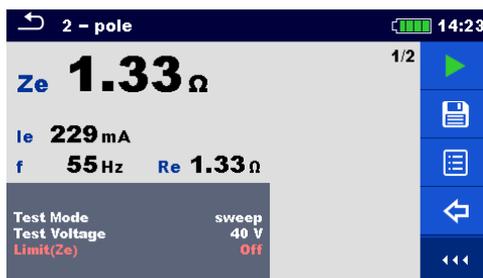


Figura 11.4: Ejemplo de resultado de medición de 2 polos

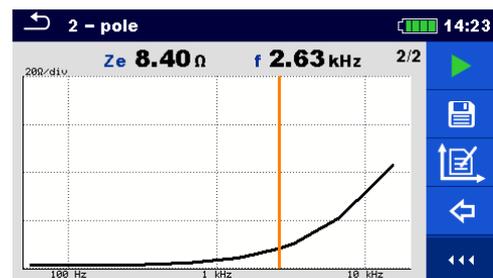


Figura 11.5: Ejemplo de vista de gráfico de medición de 2 polos

Notas:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!
- Las tensiones y corrientes de alto ruido podrían influir en los resultados medidos. El dispositivo mostrará la advertencia de “ruido” en este caso.
- Al medir en frecuencias altas use el borne de protección y el cable blindado (H).

Notas relacionadas con las sondas:

- La alta impedancia de la sonda H podría influir los resultados de la medición.
- Las sondas deben estar situadas a suficiente distancia del objeto medido.



11.1.2 Medición de 3 polos

La medición de tres polos es el método estándar de prueba de puestas a tierra. Es la única opción si no se dispone de ningún borne auxiliar bien conectado a tierra. La medición se realiza con dos puntas de prueba de puesta a tierra. El inconveniente si utiliza tres hilos es que la resistencia de contacto del borne E se agrega al resultado.

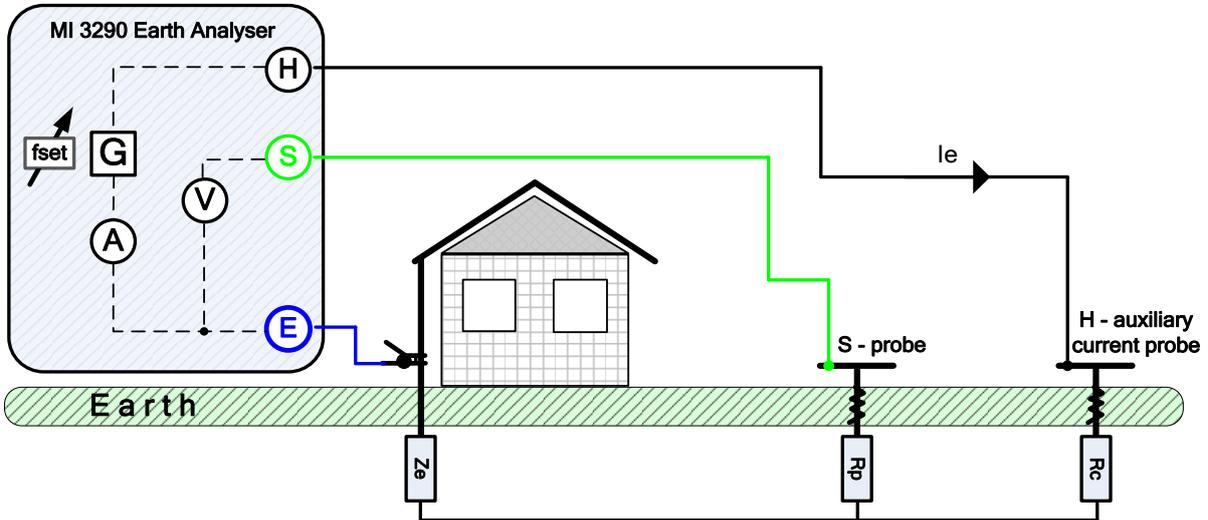


Figura 11.6: Ejemplo de medición de 3 polos

Durante la medición, se inyecta una corriente sinusoidal I_e en la tierra a través de una sonda auxiliar (H). La impedancia de la sonda auxiliar (H) debería ser tan baja como sea posible con el fin de inyectar una corriente de prueba alta. Se puede disminuir la impedancia R_c usando más sondas en paralelo. Una mayor corriente inyectada mejora la inmunidad contra las corrientes de tierra parásitas. La caída de tensión se mide con la sonda auxiliar de potencial (S). La impedancia de tierra Z_e viene determinada por la relación de tensión/corriente.

En el ejemplo siguiente, la impedancia de tierra se mide en una frecuencia establecida:

$$Z_e = \frac{U_{S-E} [V]}{I_e [A]} = [\Omega]$$

donde:

- Z_e Impedancia de tierra
- R_e Resistencia de tierra (sin reactancia)
- R_c Impedancia de sonda de corriente auxiliar (H)
- R_p Impedancia de sonda de potencial auxiliar (S)
- I_e Corriente de prueba inyectada
- U_{S-E} Tensión de prueba entre los bornes S y E
- f_{set} Frecuencia de prueba

Consulte el **Apéndice C - Funcionalidad y colocación de puntas de prueba** para obtener más información sobre cómo colocar las sondas de corriente auxiliar (H) y de potencial (S).

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de 3 polos. Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros: modo de prueba, tensión de prueba, frecuencia de prueba y límite (Ze).

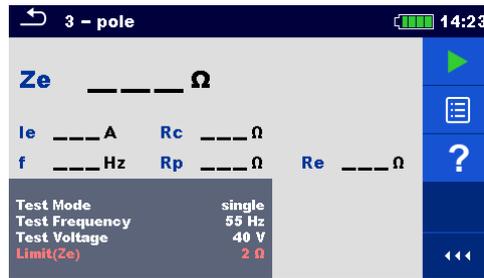


Figura 11.7: Menú de medición de 3 polos

Parámetros de prueba para 3 polos:

Modo de prueba	Establece el modo de prueba: [individual, barrido]
Frecuencia de prueba*	Establece la frecuencia de prueba: [55 Hz, 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz, 659 Hz, 1.31 kHz, 1.50 kHz, 2.63 kHz, 3.29 kHz, 6.59 kHz, 13.1 kHz, 15.0 kHz]
Tensión de prueba	Establece la tensión de prueba: [20 V o 40 V]
Límite (Ze)	Selecciona el valor límite: [OFF; Ω 0,1 – 5,00 k Ω]

* modo de prueba individual solamente.

Procedimiento de medición de 3 polos:

- Seleccione la función de medición de 3 polos.
- Configure los parámetros de prueba (modo, tensión, frecuencia y límite).
- Conecte las puntas de prueba al dispositivo y al objeto a probar.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Pula las teclas del cursor para cambiar entre la vista de gráfico y de resultados (opcional).
- Guarde los resultados (opcional).



Figura 11.8: Ejemplo de resultado de medición de 3 polos

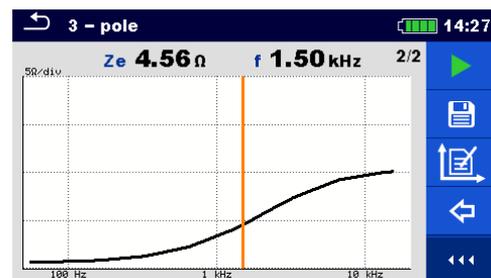


Figura 11.9: Ejemplo de vista de gráfico de medición de 3 polos

Notas:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!
- Las tensiones y corrientes de alto ruido podrían influir en los resultados medidos. El dispositivo mostrará la advertencia de “ruido” en este caso.
- Al medir en frecuencias altas use el borne de protección y el cable blindado (H).

Notas (sondas):

- La alta impedancia de las sondas S y H podría influir los resultados de la medición. En este caso, se mostrarán las advertencias “Rp” y “Rc”. No habrá indicación de ÉXITO/FRACASO en este caso.
- Las sondas deben estar situadas a suficiente distancia del objeto medido.



11.1.3 Medición de 4 polos

La ventaja de usar la prueba de 4 polos es que los cables y las resistencias de contacto entre borne de medición E y el elemento probado no influyen en la medición.

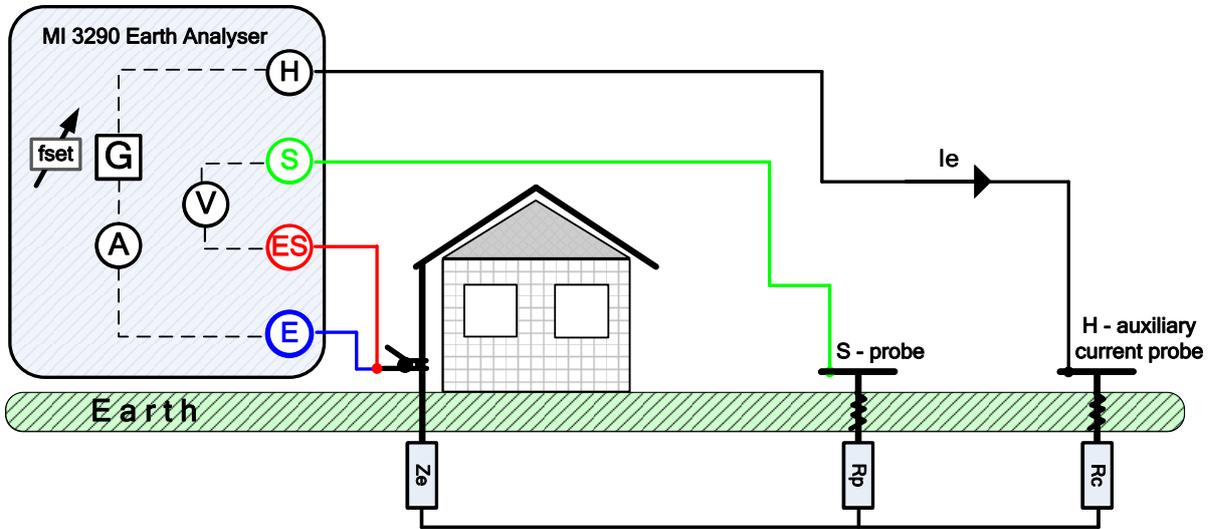


Figura 11.10: Ejemplo de 4 polos

Durante la medición, se inyecta una corriente sinusoidal I_e en la tierra a través de una sonda auxiliar (H). La impedancia de la sonda auxiliar (H) debería ser tan baja como sea posible con el fin de inyectar una corriente de prueba alta. Se puede disminuir la impedancia R_c usando más sondas en paralelo. Una mayor corriente inyectada mejora la inmunidad contra las corrientes de tierra parásitas. La caída de tensión diferencial se mide con la sonda auxiliar de potencial (S) y el borne (ES). La impedancia de tierra Z_e viene determinada por la relación de tensión/corriente.

En el ejemplo siguiente, se mide la impedancia de tierra:

$$Z_e = \frac{U_{S-ES} [V]}{I_e [A]} = [\Omega]$$

donde:

- Z_e Impedancia de tierra
- R_e Resistencia de tierra (sin reactancia)
- R_c Impedancia de sonda de corriente auxiliar (H)
- R_p Impedancia de sonda de potencial auxiliar (S)
- I_e Corriente de prueba inyectada
- U_{S-E} Tensión de prueba entre los bornes S y ES
- f_{set} Frecuencia de prueba

Consulte el **Apéndice C - Funcionalidad y colocación de puntas de prueba** para obtener más información sobre cómo colocar las sondas de corriente auxiliar (H) y de potencial (S).

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de 4 polos. Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros: modo de prueba, tensión de prueba, frecuencia de prueba y límite (Ze).

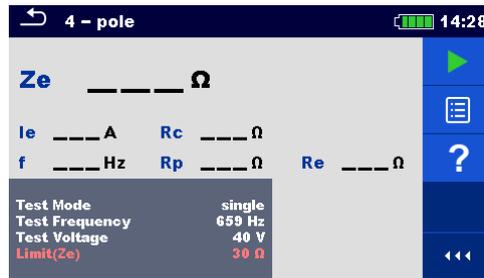


Figura 11.11: Menú de medición de 4 polos

Parámetros de prueba para 4 polos:

Modo de prueba	Establece el modo de prueba: [individual, barrido]
Frecuencia de prueba*	Establece la frecuencia de prueba: [55 Hz, 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz, 659 Hz, 1,31 kHz, 1,50 kHz, 2,63 kHz, 3,29 kHz, 6,59 kHz, 13,1 kHz, 15,0 kHz]
Tensión de prueba	Establece la tensión de prueba: [20 V o 40 V]
Límite (Ze)	Selecciona el valor límite: [OFF; Ω 0,1 – 5,00 k Ω]

* modo de prueba individual solamente.

Procedimiento de medición de 4 polos:

- Seleccione la función de medición de 4 polos.
- Configure los parámetros de prueba (modo, tensión, frecuencia y límite).
- Conecte las puntas de prueba al dispositivo y al objeto a probar.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Pula las teclas del cursor para cambiar entre la vista de gráfico y de resultados (opcional).
- Guarde los resultados (opcional).

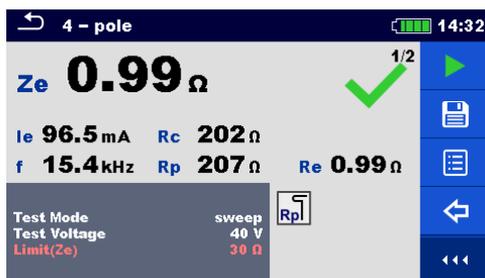


Figura 11.12: Ejemplo de resultado de medición de 4 polos

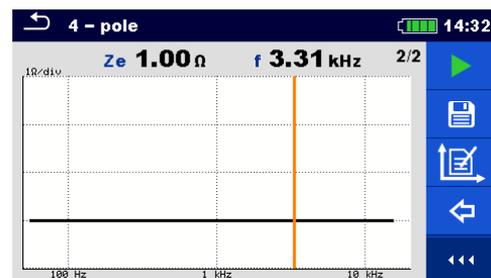


Figura 11.13: Ejemplo de vista de gráfico de medición de 4 polos

Notas:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!
- Las tensiones y corrientes de alto ruido podrían influir en los resultados medidos. El dispositivo mostrará la advertencia de “ruido” en este caso.
- Al medir en frecuencias altas use el borne de protección y el cable blindado (H).

Notas (sondas):

- La alta impedancia de las sondas S y H podría influir los resultados de la medición. En este caso, se mostrarán las advertencias “Rp” y “Rc”. No habrá indicación de ÉXITO/FRACASO en este caso.
- Las sondas deben estar situadas a suficiente distancia del objeto medido.



11.1.4 Medición selectiva (pinza de hierro)

Esta medición es idónea para medir la resistencia de tierra selectiva de puntos de puesta a tierra individuales en un sistema de puesta a tierra. No necesita desconectar las picas de puesta a tierra durante la medición. Se utiliza cableado de 4 polos para esta medición.

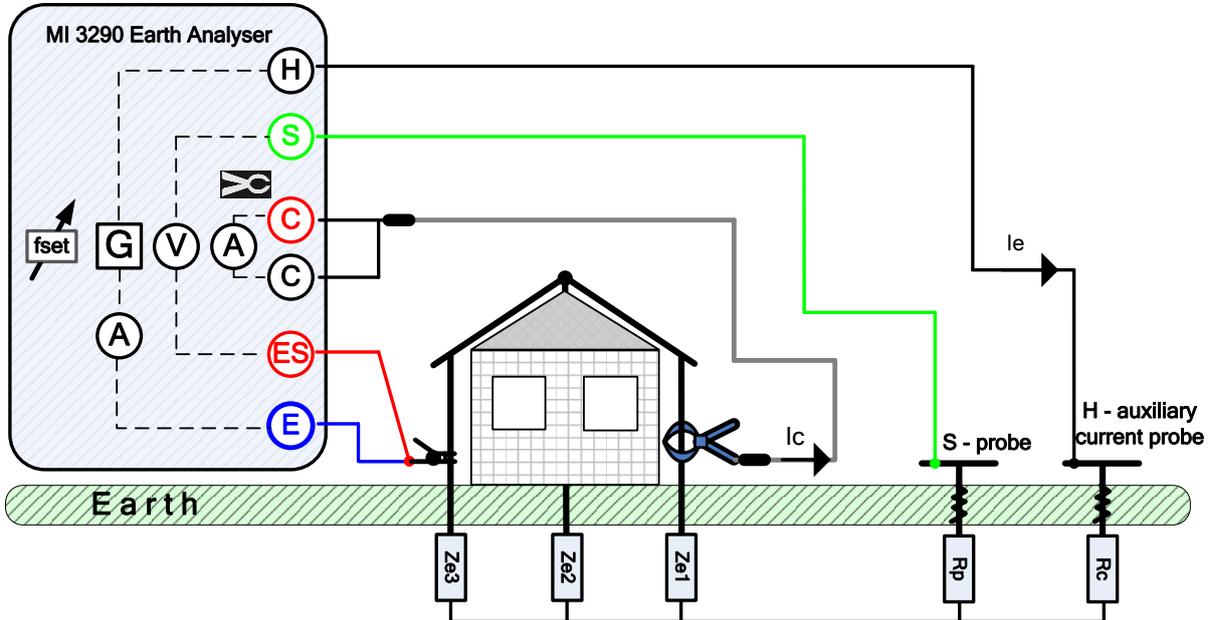


Figura 11.14: Ejemplo de medición selectiva (pinza de hierro)

Durante la medición, se inyecta una corriente sinusoidal I_e en la tierra a través de una sonda auxiliar (H). La impedancia de la sonda auxiliar (H) debería ser tan baja como sea posible con el fin de inyectar una corriente de prueba alta. Se puede disminuir la impedancia R_c usando más sondas en paralelo. Una mayor corriente inyectada mejora la inmunidad contra las corrientes de tierra parásitas. La caída de tensión se mide con la sonda auxiliar de potencial (S) y el borne (ES). La corriente selectiva I_c se mide a través del electrodo de puesta a tierra (Z_{e1}) seleccionado por el usuario. La impedancia de tierra Z_{sel} seleccionada depende de la relación tensión/corriente (pinza de corriente externa - I_c).

Según el ejemplo la impedancia de tierra (individual) selectiva se mide:

$$Z_{sel} = \frac{U_{S-ES} [V]}{I_c [A] * N} = \frac{U_{S-ES} [V]}{I_{Z_{e1}} [A]} = [\Omega] \quad I_c = \frac{Z_{e1} \parallel Z_{e2} \parallel Z_{e3}}{Z_{e1}} * I_e = [A]$$

donde:

- Z_{sel} Impedancia de tierra seleccionada
- Z_{e1-3} Impedancia de tierra
- R_c Impedancia de sonda de corriente auxiliar (H)
- R_p Impedancia de sonda de potencial auxiliar (S)
- I_e Corriente de prueba inyectada
- I_c Corriente medida con pinzas de hierro
- U_{S-E} Tensión de prueba entre los bornes S y ES
- N Relación de espiras de pinzas de corriente (dependiendo del modelo)
- f_{set} Frecuencia de prueba

Consulte el **Apéndice C- Funcionalidad y colocación de puntas de prueba** para obtener más información sobre cómo colocar las sondas de corriente auxiliar (H) y de potencial (S).

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de Selectiva (pinza de hierro). Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros: modo de prueba, tipo de pinza, tensión de prueba, frecuencia de prueba y límite (Zsel).

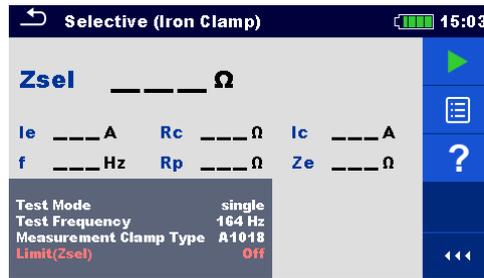


Figura 11.15: Menú de medición selectiva (pinza de hierro)

Parámetros de prueba para Selectiva (pinza de hierro):

Modo de prueba	Establece el modo de prueba: [individual, barrido]
Frecuencia de prueba*	Establece la frecuencia de prueba: [55 Hz, 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz, 659 Hz, 1,31 kHz, 1,50 kHz].
Tipo de pinza	Establece el tipo de pinza: [A1018].
Límite (Zsel)	Selecciona el valor límite: [OFF; Ω 0,1 – 5,00 k Ω]

* modo de prueba individual solamente.

Procedimiento de medición selectiva (pinza de hierro):

- Seleccione la función de medición selectiva (pinza de hierro).
- Configure los parámetros de prueba (modo, tipo de pinza, frecuencia y límite).
- Conecte las puntas de prueba y pinza al instrumento y al objeto a prueba.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Pulsa las teclas del cursor para cambiar entre la vista de gráfico y de resultados (opcional).
- Guarde los resultados (opcional).



Figura 11.16: Ejemplo de resultado de medición selectiva (pinza de hierro)

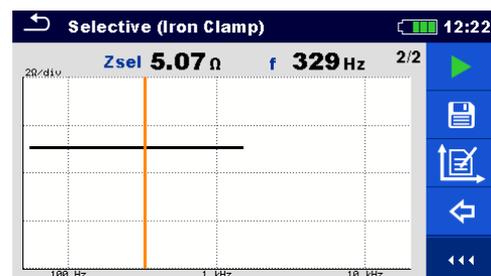


Figura 11.17: Ejemplo de vista de gráfico de medición selectiva (pinza de hierro)

Notas:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!
- Las tensiones y corrientes de alto ruido podrían influir en los resultados medidos. El dispositivo mostrará la advertencia de “ruido” en este caso.
- Al medir en frecuencias altas use el borne de protección y el cable blindado (H).

Notas (sondas):

- La alta impedancia de las sondas S y H podría influir los resultados de la medición. En este caso, se mostrarán las advertencias “Rp” y “Rc”. No habrá indicación de ÉXITO/FRACASO en este caso.
- Las sondas deben estar situadas a suficiente distancia del objeto medido.



11.1.5 Medición con 2 pinzas

Este sistema de medición se utiliza cuando se miden las impedancias de varillas, cables, conexiones bajo tierra etc. El método de medición necesita un bucle cerrado para ser capaz de generar corrientes de prueba. Está especialmente indicado para su uso en zonas urbanas porque generalmente no es posible colocar las sondas de prueba.

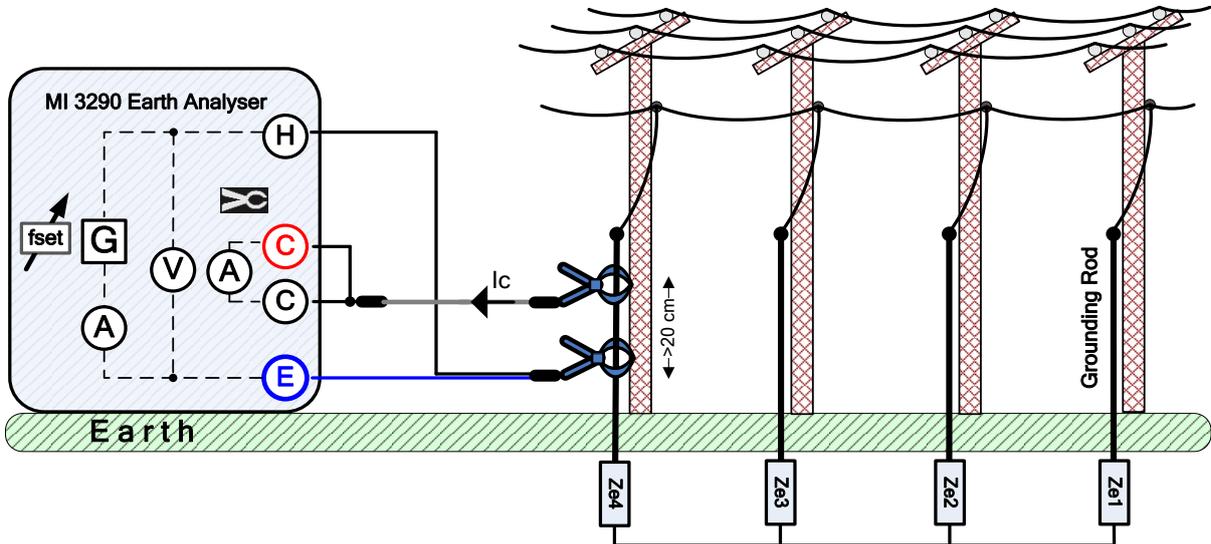


Figura 11.18: Ejemplo de 2 pinzas

La pinza conductora (generadora) inyecta una tensión en el sistema de puesta a tierra. La tensión inyectada genera una corriente de prueba en el bucle. Si la impedancia de tierra del bucle total de los electrodos Z_{e1} , Z_{e2} , Z_{e3} y Z_{e4} conectados en paralelo es mucho menor que la impedancia del electrodo que estamos probando Z_{e4} , entonces el resultado puede considerarse $\approx Z_{e4}$. Otras impedancias individuales se pueden medir envolviendo otros electrodos con las pinzas de corriente.

Según el ejemplo, la impedancia de tierra (individual) se mide:

$$Z_{e4} + (Z_{e1} \parallel Z_{e2} \parallel Z_{e3}) = \frac{U_{H-E} [V] * \frac{1}{N}}{I_c [A]} = [\Omega]$$

donde:

- Z_{e1-e4} Impedancia de tierra
- I_c Corriente medida con pinzas de hierro
- U_{H-E} Tensión de prueba entre los bornes H y E
- N Ratio de transformación de las pinzas conductoras (generadoras) (dependiendo del modelo de pinza)
- f_{set} Frecuencia de prueba

Nota:

- La prueba de resistencia de tierra de 2 pinzas a veces se llama "prueba de resistencia de bucle".

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de 2 polos. Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros: tipo de pinza de medición, frecuencia de prueba, tipo de pinza generadora y límite (Ze).



Figura 11.19: Menú de medición de 2 pinzas

Parámetros de prueba para 2 pinzas:

Tipo de pinza de medición	Establece el tipo de pinza: [A1018].
Frecuencia de prueba	Establece la frecuencia de prueba: [82 Hz, 164 Hz, 329 Hz].
Tipo de pinza generadora	Establece el tipo de pinza: [A1019].
Límite (Ze)	Selecciona el valor límite: [OFF; Ω 0,1 – 40 kΩ]

Procedimiento de medición con 2 pinzas:

- Seleccione la función de medición de 2 pinzas.
- Configure los parámetros de prueba (tipo pinza, frecuencia y límite).
- Conecte las pinzas al instrumento y al objeto a prueba.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Pulse el botón Run otra vez para interrumpir la medición.
- Guarde los resultados (opcional).



Figura 11.20: Ejemplo de resultado de medición con pinzas 2

Notas:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!
- Las tensiones y corrientes de alto ruido podrían influir en los resultados medidos. El dispositivo mostrará la advertencia de “ruido” en este caso.



11.1.6 Medición de resistencia (25 kHz) de tierra de AF

El método de medición de alta frecuencia ofrece la ventaja de eliminar la influencia de las torres adyacentes de puesta a tierra conectadas por cable aéreo (compensación automática de componentes inductivos). Se utiliza cableado de 3 polos para esta medición.

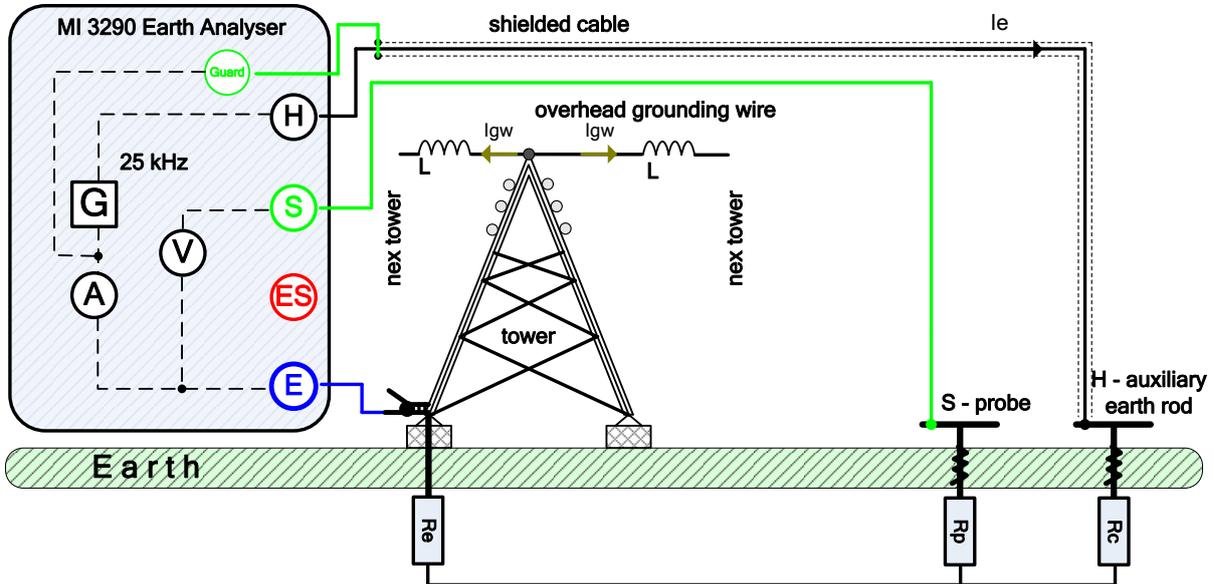


Figura 11.21: Ejemplo de resistencia de tierra de AF (25 kHz)

Durante la medición, se inyecta una corriente sinusoidal I_e (25 kHz) en la tierra a través de una sonda auxiliar (H). La impedancia de la sonda auxiliar (H) debería ser tan baja como sea posible con el fin de inyectar una corriente de prueba alta. Se puede disminuir la impedancia R_c usando más sondas en paralelo. Una mayor corriente inyectada mejora la inmunidad contra las corrientes de tierra parásitas. La caída de tensión se mide con la sonda auxiliar de potencial (S). La resistencia de tierra R_e viene determinada por la relación de tensión/corriente. En el ejemplo siguiente, se mide la resistencia de tierra:

$$R_e = \frac{U_{S-E} [V]}{I_e [A]} = [\Omega]$$

donde:

- R_e Resistencia de tierra (sin reactancia)
- R_c Impedancia de sonda de corriente auxiliar (H)
- R_p Impedancia de sonda de potencial auxiliar (S)
- I_e Corriente de prueba inyectada
- U_{S-E} Tensión de prueba entre los bornes S y E
- I_{gw} Corriente de cable de tierra aéreo

Nota:

- Compensación automática de componentes inductivos.

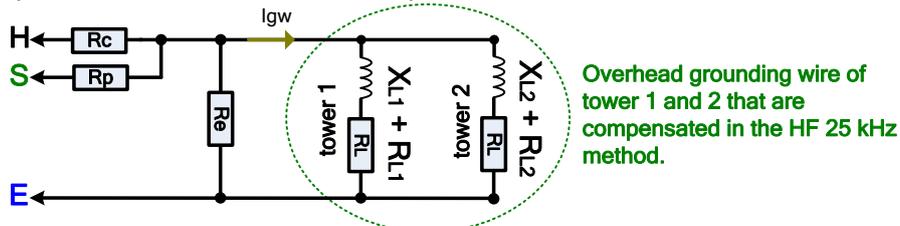


Figura 11.22: Compensación con método 25 kHz AF

- Inductancia de cable de tierra típica en tendidos eléctricos de 0,2 mH-200 mH.

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de resistencia de tierra de AF (25 kHz). Antes de realizar una prueba se puede editar el parámetro (Límite (Re)).

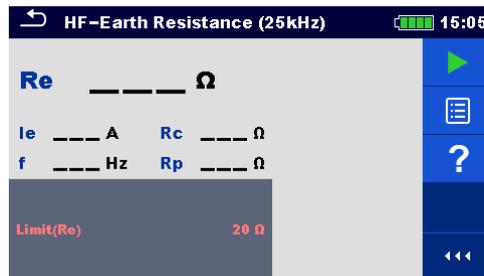


Figura 11.23: Menú de medición de resistencia de tierra de AF (25 kHz)

Parámetros de prueba de resistencia de tierra de AF (25 kHz):

Límite (Re) Selecciona el valor límite (OFF, 1 Ω – 100 Ω).

Procedimiento de medición de resistencia de tierra de AF (25 kHz):

- Seleccione la función de medición de resistencia de tierra de AF (25 kHz).
- Establezca un parámetro de prueba (límite).
- Conecte las puntas de prueba al dispositivo y al objeto a probar. Utilice cableado blindado (H) con conexión de protección.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Guarde los resultados (opcional).

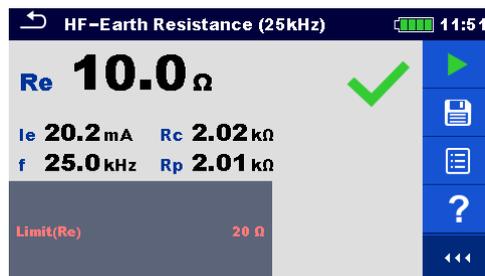


Figura 11.24: Ejemplo de resultado de medición de resistencia de tierra de AF (25 kHz)

Notas:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!
- Las tensiones y corrientes de alto ruido podrían influir en los resultados medidos. El dispositivo mostrará la advertencia de “ruido” en este caso.

Notas (sondas):

- La alta impedancia de las sondas S y H podría influir los resultados de la medición. En este caso, se mostrarán las advertencias “Rp” y “Rc”. No habrá indicación de ÉXITO/FRACASO en este caso.
- Las sondas deben estar situadas a suficiente distancia del objeto medido.



11.1.7 Medición selectiva (pinzas flex 1 – 4)

Esta medición es idónea para medir la resistencia de tierra selectiva de puntos de puesta a tierra individuales en un sistema de puesta a tierra. No necesita desconectar las picas de puesta a tierra durante la medición. Se utiliza cableado de 4 polos para esta medición.

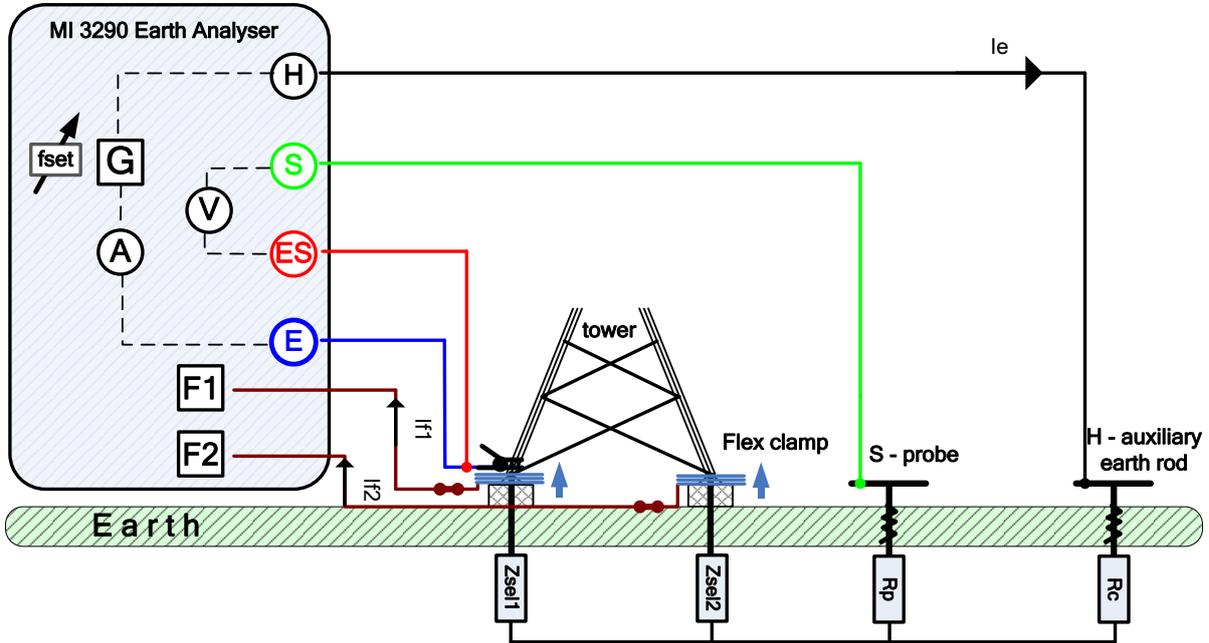


Figura 11.25: Ejemplo de selectiva (pinzas flex 1-4)

Durante la medición, se inyecta una corriente sinusoidal I_e en la tierra a través de una sonda auxiliar (H). La impedancia de la sonda auxiliar (H) debería ser tan baja como sea posible con el fin de inyectar una corriente de prueba alta. Se puede disminuir la impedancia R_c usando más sondas en paralelo. Una mayor corriente inyectada mejora la inmunidad contra las corrientes de tierra parásitas. La caída de tensión se mide con la sonda auxiliar de potencial (S) y el borne (ES). La corriente selectiva I_{f1-4} se mide a través de los electrodos de puesta a tierra (Z_{sel1-4}) seleccionados por el usuario. La impedancia de tierra Z_{sel1-4} seleccionada depende de la relación tensión/corriente (pinza de corriente externa – I_{f1-4}).

La impedancia de tierra total se mide:

$$\frac{1}{Z_{tot}} = \sum_{i=1}^4 \frac{1}{Z_{sel_i}} = \left[\frac{1}{\Omega} \right] Z_{sel_i} = \frac{U_{S-ES} [V]}{I_{f_i}} = [\Omega] \quad \text{donde} \quad i = [1..4]$$

donde:

- Z_{sel} Impedancia de tierra total seleccionada
- Z_{sel1-4} Impedancia de tierra seleccionada
- R_c Impedancia de sonda de corriente auxiliar (H)
- R_p Impedancia de sonda de potencial auxiliar (S)
- I_e Corriente de prueba inyectada
- I_{f1-4} Corriente medida con pinzas flex
- U_{S-E} Tensión de prueba entre los bornes S y ES
- f_{set} Frecuencia de prueba

Consulte el **Apéndice C - Funcionalidad y colocación de puntas de prueba** para obtener más información sobre cómo colocar las sondas de corriente auxiliar (H) y de potencial (S).

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de Selectiva (Pinzas flex 1-4). Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros: modo de prueba, tensión de prueba, número de espiras F1 - F4 y límite (Z_{tot}).

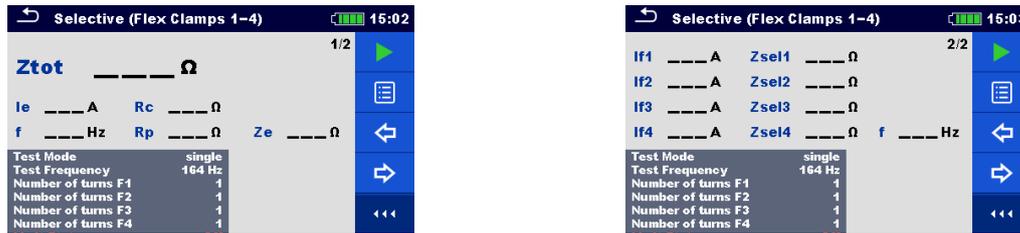


Figura 11.26: Menú de mediciones de selectiva (pinzas flex 1-4)

Parámetros de prueba para Selectiva (pinzas flex 1-4):

Modo de prueba	Establece el modo de prueba: [individual, barrido]
Frecuencia de prueba*	Establece la frecuencia de prueba: [55 Hz, 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz, 659 Hz, 1,31 kHz, 1,50 kHz].
Número de espiras F1	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 1: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Número de espiras F2	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 2: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Número de espiras F3	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 3: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Número de espiras F4	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 4: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Límite (Z_{tot})	Selecciona el valor límite: [OFF; Ω 0,1 – 5,00 k Ω]

* modo de prueba individual solamente.

Procedimiento de medición selectiva (pinzas Flex 1-4):

- Seleccione la función de medición selectiva (pinzas Flex 1-4).
- Configure los parámetros de prueba (modo, frecuencia, número de espiras y límite).
- Conecte los cables de prueba y pinzas al instrumento y al objeto a prueba.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Pulse las teclas del cursor para alternar entre la vista de gráfico y la de múltiples resultados.
- Guarde los resultados (opcional).



Figura 11.27: Ejemplo de resultado de medición selectiva (pinzas Flex 1-4) - Z_{tot}



Figura 11.28: Ejemplo de resultado de medición selectiva (pinzas Flex 1-4) - Z_{sel1-4}

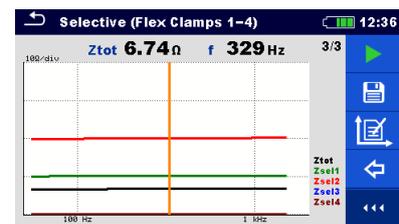


Figura 11.29: Ejemplo de vista de gráfico de selectiva (pinzas flex 1-4)

Notas:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!
- Las tensiones y corrientes de alto ruido podrían influir en los resultados medidos. El dispositivo mostrará la advertencia de "ruido" en este caso.
- Al medir en frecuencias altas use el borne de protección y el cable blindado (H).

Notas (sondas):

- La alta impedancia de las sondas S y H podría influir los resultados de la medición. En este caso, se mostrarán las advertencias "Rp" y "Rc".
- Las sondas deben estar situadas a suficiente distancia del objeto medido.

Notas (Flex):

- ❑ Cuando utilice solo una, dos o tres flex pinzas, siempre conecte una pinza al borne F1 (puerto de sincronización).
- ❑ Asegúrese de que la flecha marcada en el punto de acoplamiento de la pinza apunta en el sentido correcto para una medición de fase correcta.
- ❑ Asegúrese de introducir el número de espiras correctamente en la ventana de parámetros de prueba



11.1.8 Medición pasiva (pinzas flex)

El método de medición pasiva usa "corriente inductiva" o corriente de cable a tierra I_{gw} que fluye en el sistema de puesta a tierra para determinar las resistencias de tierra seleccionadas de puntos de puesta a tierra individuales. El método de medición usa solo una sonda de potencial auxiliar (S).

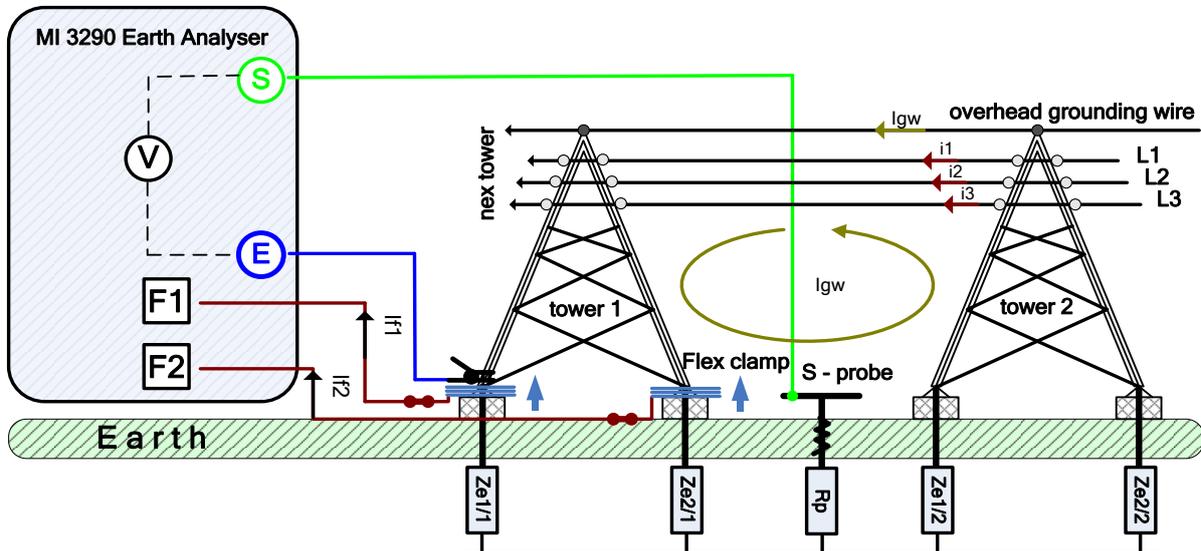


Figura 11.30: Ejemplo de pasivo (pinzas flex);

Durante la medida de una "corriente inductiva" - I_{gw} está fluyendo a la tierra a través de $Z_{sel1/1}$, $Z_{sel2/1}$, $Z_{sel1/2}$ y $Z_{sel2/2}$. Una corriente de ruido más alta mejora el resultado global de la medición. La caída de tensión se mide con la sonda auxiliar de potencial (S). Las corrientes selectivas I_{f1-4} se miden a través del electrodo de puesta a tierra $Z_{sel1-4/1}$ seleccionada por el usuario. La impedancia de tierra $Z_{sel1-4/1}$ seleccionada depende de la relación tensión/corriente (pinza de corriente externa - I_{f1-4}).

La impedancia de tierra total se mide:

$$\frac{1}{Z_{tot}} = \sum_{i=1}^4 \frac{1}{Z_{sel_i/1}} = \left[\frac{1}{\Omega} \right] \quad Z_{sel_i/1} = \frac{U_{S-E} [V]}{I_{f_i}} = [\Omega] \quad \text{donde } i = [1..4]$$

donde:

- Z_{tot} Impedancia de tierra total seleccionada
- $Z_{sel1-4/1}$ Impedancia de tierra seleccionada
- I_{gw} Corriente inductiva o corriente de cable de puesta a tierra
- I_{f1-4} Corriente medida con pinzas flex
- U_{S-E} Tensión de prueba entre los bornes S y E

Nota:

- "Corriente inductiva" - I_{gw} en el ejemplo es realmente una corriente de acoplamiento inductiva entre los cables L1 (i_1), L2 (i_2), L3 (i_3) y un bucle del cable de tierra aéreo. La corriente tiene la misma frecuencia que la corriente de L1, L2 y L3 (generalmente las frecuencias de potencia de 50 Hz o 60 Hz).

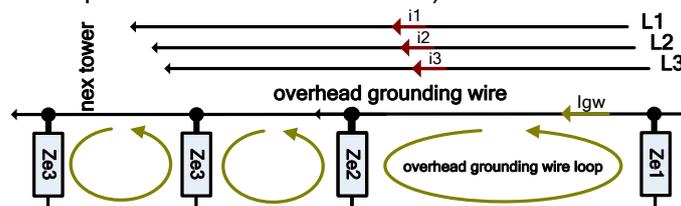


Figura 11.31: Circuito sustituto para la medición pasiva (pinzas flex)

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de medición pasiva (pinzas flex). Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros: número de espiras F1 - F4 y límite (Z_{tot}).

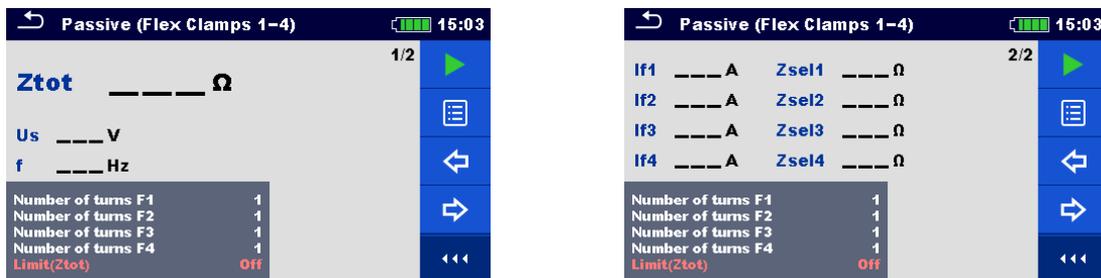


Figura 11.32: Menú de medición pasiva (pinzas flex)

Parámetros de prueba para pasiva (pinzas flex):

Número de espiras F1	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 1: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Número de espiras F2	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 2: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Número de espiras F3	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 3: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Número de espiras F4	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 4: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Límite (Z_{tot})	Selecciona el valor límite: [OFF; Ω 0,1 – 5,00 k Ω]

Procedimiento de medición (pinzas flex) pasiva:

- Seleccione la función de medición pasiva (pinzas flex).
- Configure los parámetros de prueba (número de espiras y límite).
- Conecte los cables de prueba y pinzas al instrumento y al objeto a prueba.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Pulse el botón Run otra vez para interrumpir la medición.
- Pulse las teclas del cursor para alternar entre las vistas de múltiples resultados (opcional).
- Guarde los resultados (opcional).



Figura 11.33: Ejemplo de resultado de medición pasiva (pinzas flex)- Z_{tot}



Figura 11.34: Ejemplo de resultado de medición pasiva (pinzas flex)- Z_{sel1-4}

Notas:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!
- Las tensiones y corrientes de alto ruido podrían influir en los resultados medidos. El dispositivo mostrará la advertencia de “ruido” en este caso.

Nota (sonda):

- Las sondas deben estar situadas a suficiente distancia del objeto medido.

Notas (flex):

- ❑ Cuando utilice solo una, dos o tres flex pinzas, siempre conecte una pinza al borne F1 (puerto de sincronización).
- ❑ Asegúrese de que la flecha marcada en el punto de acoplamiento de la pinza apunta en el sentido correcto para una medición de fase correcta.
- ❑ Asegúrese de introducir el número de espiras correctamente en la ventana de parámetros de prueba.

11.2 Mediciones de resistencia de tierra específica [ρ]

La medición se realiza con el fin de asegurar un cálculo más preciso de sistemas de puesta a tierra; p. e., torres de distribución de alta tensión, grandes plantas industriales, sistemas pararrayos etc. Debe utilizarse tensión de prueba CA para la medición. No es conveniente usar tensión de prueba CC debido a que pueden darse posibles procesos electroquímicos en el material de la tierra medida. El valor de la resistencia específica de tierra se expresa en Ωm o Ωft , su valor absoluto depende de la estructura del material de tierra.

Tierra específica Resistencia	Medición	Prueba Modo	Distancia	Límite	Filtro	Prueba Tensión
ρ	Método Wenner	individual	m / ft	sí	FFT	20 / 40 V
	Método Schlumberger	individual	m / ft	sí	FFT	20 / 40 V

Tabla 11.35: Mediciones de resistencia de tierra específica disponibles en el MI 3290

11.2.1 Información general sobre la tierra específica

¿Qué es la resistencia específica de tierra?

Es la resistencia del material de tierra si tuviese forma de cubo de $1 \times 1 \times 1$ m, donde se colocan los electrodos de medición en lados opuestos del cubo, véase la figura abajo.

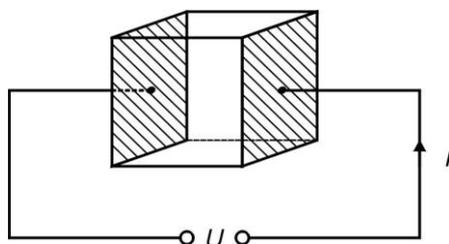


Figura 11.36: Representación de resistencia específica de tierra

La siguiente tabla contiene valores indicativos de resistencias de tierra específica para algunos materiales típicos de tierra.

Tipo de material de tierra	Resistencia específica de tierra en Ωm	Resistencia específica de tierra en Ωft
agua de mar	0,5	1,6
agua de lago o río	10 – 100	32,8 – 328
tierra arada	90 – 150	295 – 492
hormigón	150 – 500	492 – 1640
gravilla húmeda	200 – 400	656 – 1312
arena fina y seca	500	1640
cal	500 – 1000	1640 – 3280
gravilla seca	1000 – 2000	3280 – 6562
suelo pedregoso	100 – 3000	328 – 9842



11.2.2 Medición con el método Wenner

Coloque las cuatro sondas de tierra en línea recta, con una distancia **a** entre ellas y con una profundidad **b** < **a/20**. La distancia **a** debe ser entre 0,1 m y 29,9 m. Conecte los cables a las sondas, luego a los bornes H, S, ES y E.

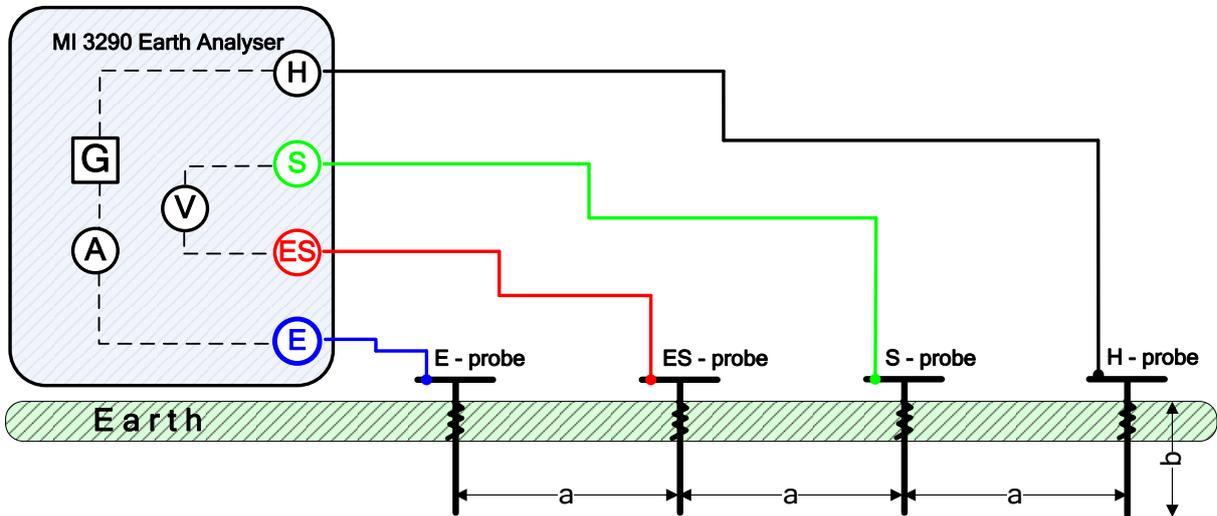


Figura 11.37: Ejemplo del método Wenner

Método Wenner con igual distancia entre sondas de prueba:

$$b < \frac{a}{20}$$

$$\rho_{wenner} = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R_e = [\Omega m]$$

donde:

- R_e Resistencia de tierra medida con método de 4 polos
- a Distancia entre sondas de tierra
- b Profundidad de las sondas de tierra
- π π es una constante matemática (3,14159)

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición con el método Wenner. Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros (tensión de prueba, distancia a y límite (ρ)).

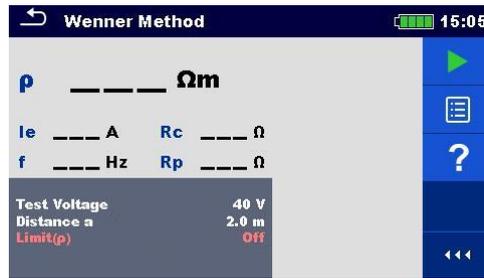


Figura 11.38: Menú de medición con el método Wenner

Parámetros de prueba para el método Wenner:

Tensión de prueba	Establece la tensión de prueba: [20 V o 40 V]
Distancia a	Ajusta la distancia entre sondas de tierra: [0,1 m – 49,9 m] o [1 ft-200 ft]
Límite (ρ)	Selecciona el valor límite [OFF, 0,1 Ω m – 15 k Ω m]. Selecciona el valor límite [OFF, 1 Ω ft – 40 k Ω ft].

Procedimiento de medición con el método Wenner:

- Seleccione la función de medición con el método Wenner.
- Establezca los parámetros de prueba (tensión, distancia y límite).
- Conecte las puntas de prueba al dispositivo y al objeto a probar.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Guarde los resultados (opcional).



Figura 11.39: Ejemplo de resultado de medición con el método Wenner

Notas:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!
- Las tensiones y corrientes de alto ruido podrían influir en los resultados medidos. El dispositivo mostrará la advertencia de “ruido” en este caso.

Notas (sondas):

- La alta impedancia de las sondas S y H podría influir los resultados de la medición. En este caso, se mostrarán las advertencias “Rp” y “Rc”. No habrá indicación de ÉXITO/FRACASO en este caso.
- Las sondas deben estar situadas a suficiente distancia del objeto medido.



11.2.3 Medición con el método Schlumberger

Coloque dos sondas de tierra (ES y S) a una distancia **d** entre ellas y las otras dos (E y H) a una distancia **a** de ES y S. Todas las sondas deben colocarse en línea recta y a una profundidad **b**, teniendo en cuenta la condición **b << a,d**. La distancia **d** debe ser entre 0,1 m y 29,9 m y la distancia a debe ser **a > 2*d**. Conecte los cables a las sondas, luego a los bornes H, S, ES y E.

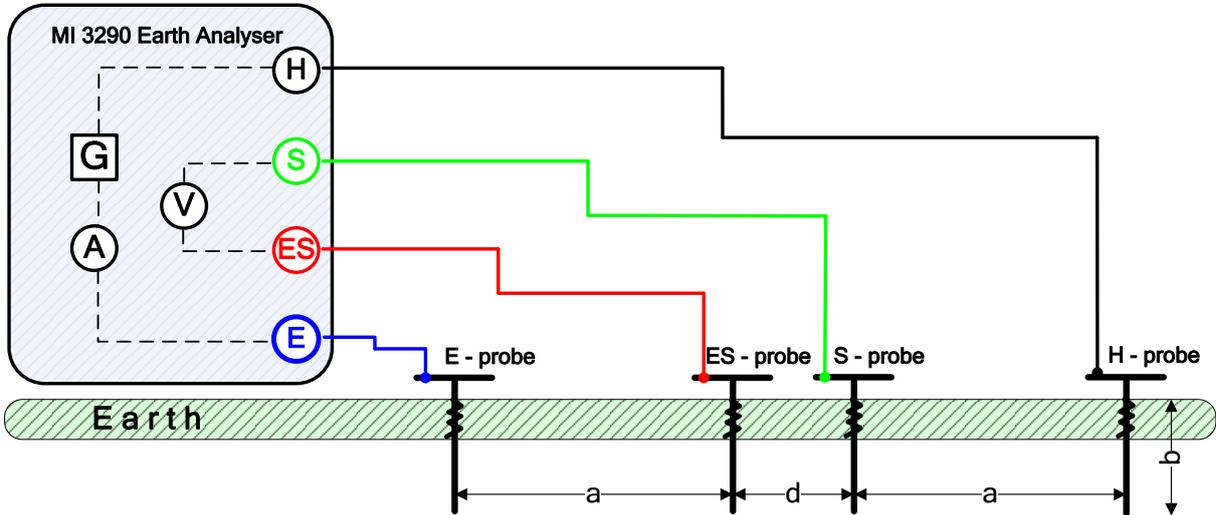


Figura 11.40: Ejemplo del método Schlumberger

Método Schlumberger con distancias desiguales entre sondas de prueba:

$$b \ll a \cdot d \quad a > 2 \cdot d$$

$$\rho_{schlumberger} = \frac{\pi \cdot a \cdot (a + d) \cdot R_e}{d} = [\Omega m]$$

donde:

- R_e Resistencia de tierra medida con método de 4 polos
- a Distancia entre sondas de tierra (E, ES) y (H, S)
- d Distancia entre sondas de tierra (S, ES)
- b Profundidad de las sondas de tierra
- π π es una constante matemática (3,14159)

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición con el método Schlumberger. Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros: tensión de prueba, distancia a, distancia d y límite (ρ).

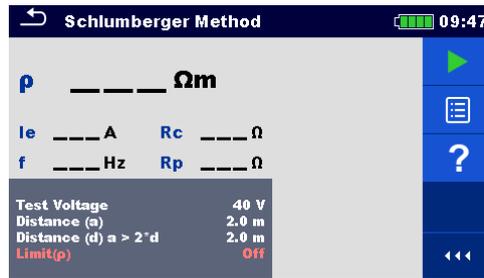


Figura 11.41: Menú de medición con el método Schlumberger

Parámetros de prueba para el método Schlumberger:

Tensión de prueba	Establece la tensión de prueba: [20 V o 40 V]
Distancia a	Ajuste la distancia entre sondas de tierra: [0,1 m – 49,9 m] o [1 ft -200 ft]
Distancia d	Ajuste la distancia entre sondas de tierra: [0,1 m – 49,9 m] o [1 ft -200 ft]
Límite (ρ)	Selecciona el valor límite (OFF, 0,1 Ω m – 15 k Ω m). Selecciona el valor límite (OFF, 1 Ω ft – 40 k Ω ft).

Procedimiento de medición con el método Schlumberger:

- Seleccione la función de medición con el método Schlumberger.
- Establezca los parámetros de prueba (tensión, distancia y límite).
- Conecte las puntas de prueba al dispositivo y al objeto a probar.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Guarde los resultados (opcional).



Figura 11.42: Ejemplo de resultado de medición con el método Schlumberger

Notas:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!
- Las tensiones y corrientes de alto ruido podrían influir en los resultados medidos. El dispositivo mostrará la advertencia de “ruido” en este caso.

Notas (sondas):

- La alta impedancia de las sondas S y H podría influir los resultados de la medición. En este caso, se mostrarán las advertencias “Rp” y “Rc”. No habrá indicación de ÉXITO/FRACASO en este caso.
- Las sondas deben estar situadas a suficiente distancia del objeto medido.

11.3 Impedancia de impulso [Zp]

La impedancia de impulso de un sistema de puesta a tierra es un parámetro útil para predecir el comportamiento en condiciones transitorias, ya que proporciona una relación directa entre el aumento de potencial de pico y el aumento de corriente de pico.

11.3.1 Medición de impulso



Se suelen utilizar las configuraciones del método de tres polos o de caída de potencial para este tipo de prueba. La medición se realiza con dos puntas de prueba de puesta a tierra. El inconveniente, si utiliza tres hilos, es que la resistencia de contacto del borne E se agrega al resultado.

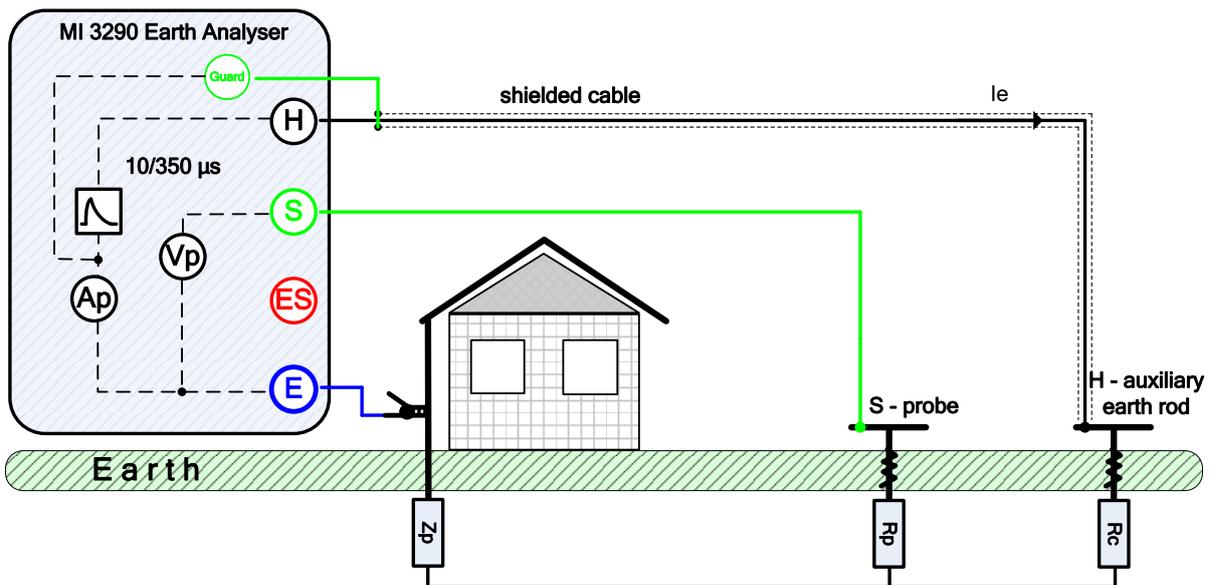
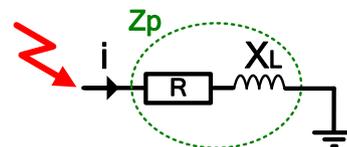


Figura 11.43: Ejemplo de medición de impulso

Durante la medición, se inyecta una corriente de impulso (10/350 µs) en la tierra a través de una sonda auxiliar (H). La impedancia de la sonda auxiliar (H) debería ser tan baja como sea posible con el fin de inyectar una corriente de prueba alta. Se puede disminuir la impedancia R_c usando más sondas en paralelo. Una mayor corriente de impulso inyectada mejora la inmunidad contra las corrientes de tierra parásitas. La tensión de pico se mide con la sonda de potencial (S). La impedancia de impulso Z_p viene determinada por la relación de tensión de pico/corriente de pico.

En el ejemplo siguiente, se mide la impedancia de impulso:

$$Z_p = \frac{U_{peak}}{I_{peak}} - Z_{in}$$



donde:

- Z_p Impedancia de impulso
- Z_{in} Impedancia interna del instrumento (típ. 1 Ω)
- U_{peak} Tensión de pico
- I_{peak} Corriente de pico

Nota:

La sonda de corriente R_c y la sonda de potencial R_p se miden con 3 polos a una frecuencia fija de 3,29 kHz @ 40 Vca de tensión de prueba con borne abierto.

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de impulso. Antes de realizar una prueba se pueden editar el parámetro de límite (Z_p).

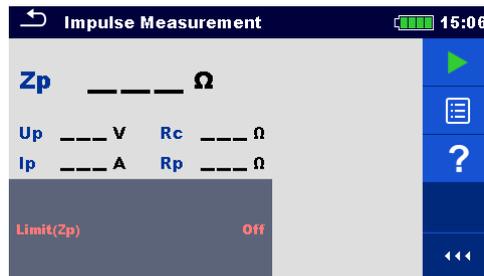


Figura 11.44: Menú de medición de impulso

Parámetros de prueba para pruebas de impulso:

Límite (Z_p) Selecciona el valor límite (OFF, 1 Ω – 100 Ω).

Procedimiento de medición de impulso:

- Seleccione la función de medición de impulso.
- Establezca el parámetro de prueba (límite).
- Conecte las puntas de prueba al dispositivo y al objeto a probar.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Guarde los resultados (opcional).

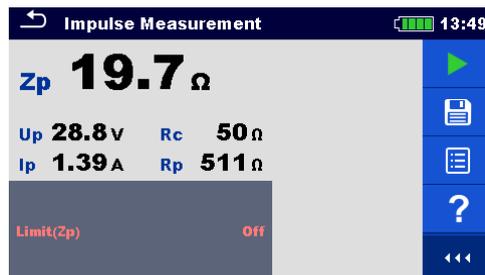


Figura 11.45: Ejemplo de resultado de medición de impulso

Notas:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!
- Las tensiones y corrientes de alto ruido podrían influir en los resultados medidos. El dispositivo mostrará la advertencia de “ruido” en este caso.

Notas (sondas):

- La alta impedancia de las sondas S y H podría influir los resultados de la medición. En este caso, se mostrarán las advertencias “Rp” y “Rc”. No habrá indicación de ÉXITO/FRACASO en este caso.
- Las sondas deben estar situadas a suficiente distancia del objeto medido.

11.4 Resistencia CC [R]

C.C. Resistencia	Medición	Prueba Modo	Prueba Método	Límite	Filtro	Prueba Corriente
R	Ohmímetro (200 mA)	individual	2 hilos	sí	C.C.	200 mA
	Ohmímetro (7 mA)	cont.	2 hilos	sí	C.C.	7 mA

Tabla 11.46: Mediciones de resistencia de CC disponibles en el MI 3290



11.4.1 Medición de ohmímetro (200 mA)

Las mediciones de resistencia se llevan a cabo para poder asegurarse de que las medidas de protección contra las descargas eléctricas mediante conexiones o puentes a tierra sean efectivas. Las mediciones de resistencia se realizan con corriente CC de 200 mA.

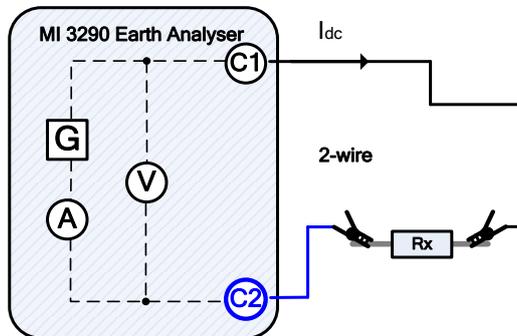


Figura 11.47: Ejemplo de ohmímetro (200 mA) y 2 hilos

En el ejemplo siguiente, se mide la resistencia:

$$R = \frac{U_{DC} [V]}{I_{DC} [A]} = [\Omega]$$

donde:

R Resistencia

I_{dc} Corriente de prueba CC inyectada entre fases C1 y C2

U_{dc} Tensión CC medida entre los bornes C1 y C2

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de ohmímetro (200 mA). Antes de realizar una prueba se puede editar el parámetro (Límite (R)).

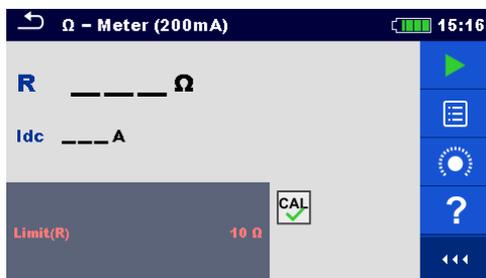


Figura 11.48: Menú de medición de ohmímetro (200 mA)

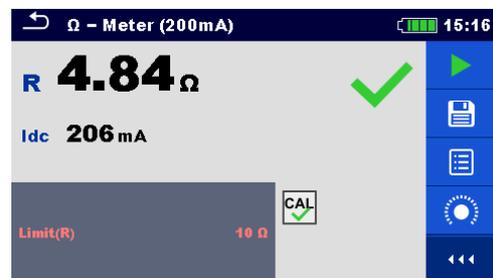


Figura 11.49: Ejemplo de resultado de medición de ohmímetro (200 mA)

Parámetros de prueba para ohmímetro (200 mA):

Límite (R) Selecciona el valor límite: [OFF; Ω 0,1 – 40 kΩ]

Procedimiento de medición de ohmímetro (200 mA):

- ❑ Seleccione la función de medición de ohmímetro (200 mA).
- ❑ Establezca el parámetro de prueba (límite).
- ❑ Conecte los cables de prueba al dispositivo.
- ❑ Compense los cables si se usa el método de prueba de 2 hilos (opcional).
- ❑ Conecte los cables de prueba al objeto a prueba.
- ❑ Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- ❑ Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- ❑ Guarde los resultados (opcional).

Nota:

- ❑ ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!



11.4.2 Medición de ohmímetro (7 mA)

En general, esta función sirve como un ohmímetro estándar con corriente de prueba baja. La medición se realiza continuamente sin inversión de polaridad. Esta función se puede utilizar también para probar la continuidad de componentes inductivos.

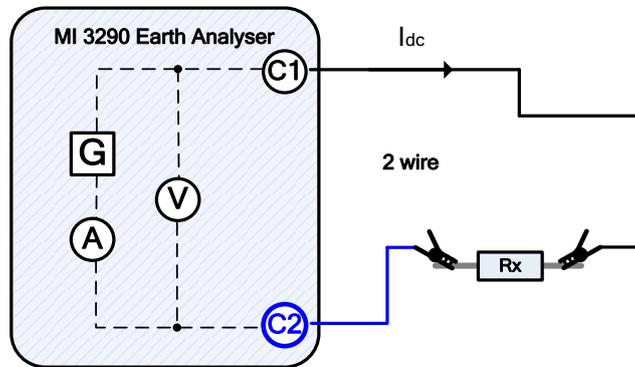


Figura 11.50: Ejemplo de ohmímetro (7 mA)

En el ejemplo siguiente, se mide la resistencia:

$$R = \frac{U_{DC} [V]}{I_{DC} [A]} = [\Omega]$$

donde:

- R Resistencia
- I_e Corriente de prueba CC inyectada
- U_{dc} Tensión CC medida entre los bornes C1 y C2

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de ohmímetro (200 mA). Antes de realizar una prueba se puede editar los parámetros (Límite (R) y sonido).

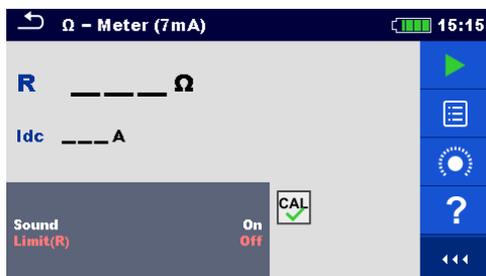


Figura 11.51: Menú de medición de ohmímetro (7 mA)

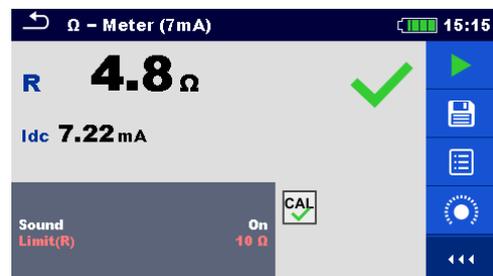


Figura 11.52: Ejemplo de resultado de medición de ohmímetro (7 mA)

Parámetros de prueba para ohmímetro (7 mA):

Sonido	[On, Off]
Límite (R)	Selecciona el valor límite: [OFF; Ω 1 – 15,0 kΩ]

Procedimiento de medición de ohmímetro (7 mA):

- Seleccione la función de medición de ohmímetro (7 mA).
- Configure los parámetros de prueba (sonido y límite).
- Conecte los cables de prueba al dispositivo.
- Compensar los cables (opcionales).
- Conecte los cables de prueba al objeto a prueba.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Pulse la tecla Run para detener la medición.
- Guarde los resultados (opcional).

Nota:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!

11.4.2.1 Compensación de las puntas de prueba

Este capítulo describe como compensar la resistencia de las puntas de prueba en ambas funciones de continuidad (ohmímetro 200 mA y 7 mA). La compensación es necesaria en el modo de dos hilos para eliminar la influencia de la resistencia de las puntas de prueba y de las resistencias internas del dispositivo en la resistencia medida. La compensación de los cables es por lo tanto una característica muy importante para obtener resultados correctos. Una vez se ha realizado la compensación, en la pantalla aparece el símbolo de

compensación ()

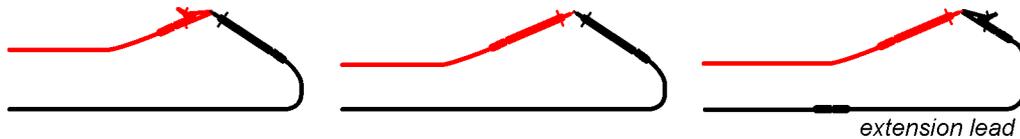
Circuitos para compensar la resistencia de puntas de prueba

Figura 11.53: Cables de prueba cortocircuitados

Procedimiento de compensación de las puntas de prueba:

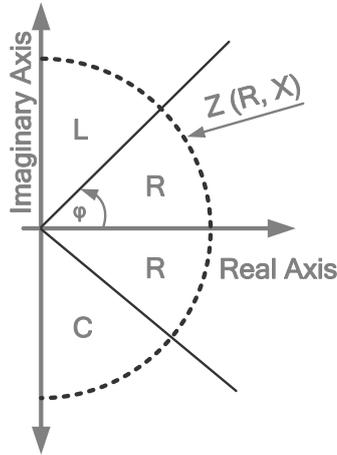
- Seleccione la función de medición de ohmímetro (200 mA o 7 mA).
- Conecte la punta de prueba al dispositivo y cortocircuite las puntas una con la otra (vea la **Figura 11.53**).
- Pulse el icono  para compensar la resistencia de los cables.

Notas:

- El valor límite para la compensación de cables es 5 Ω.
- La corriente de compensación de cables es 200mA CC.

11.5 Impedancia CA [Z]

Un vector de impedancia consta de una parte real (resistencia, R) y una parte imaginaria (reactancia, X) como se muestra en la **Figura 11.54**.



$$Z = R + jX = [\Omega]$$

donde:

Z Impedancia

R Parte real de la impedancia (resistencia)

jX Parte imaginaria de la impedancia (reactancia)

φ Ángulo de fase

Figura 11.54: Una representación gráfica del plano de impedancia compleja

11.5.1 Medición de impedancia

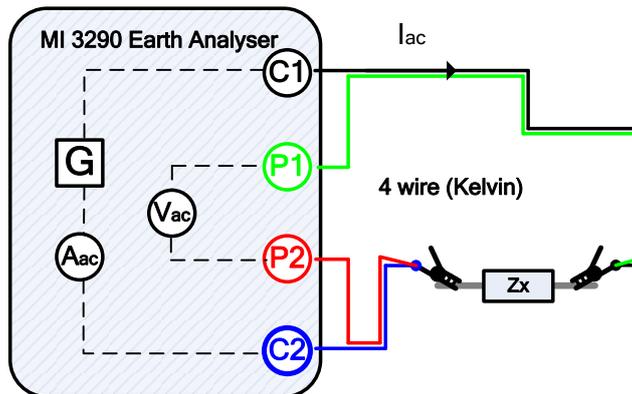


Figura 11.55: Ejemplo de medidor de impedancia de 4 hilos

En el ejemplo siguiente, se mide la impedancia:

$$Z = \frac{U_{AC} [V]}{I_{AC} [A]} = [\Omega]$$

donde:

Z..... Impedancia

I_{dc} Corriente de prueba CA inyectada entre los bornes C1 y C2

U_{ac} Tensión CA medida CA entre los bornes P1 y P2 (4 hilos)

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de impedancia. Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros: modo de prueba, frecuencia de prueba y límite (Z).

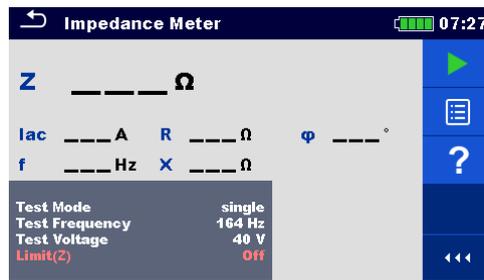


Figura 11.56: Menú de medición de impedancia

Parámetros de prueba para el medidor de impedancia:

Modo de prueba	Establece el modo de prueba: [individual, barrido]
Frecuencia de prueba*	Establece la frecuencia de prueba: [55 Hz, 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz, 659 Hz, 1,31 kHz, 1,50 kHz, 2,63 kHz, 3,29 kHz, 6,59 kHz, 13,1 kHz, 15,0 kHz].
Tensión de prueba	Establece la tensión de prueba: [20 V o 40 V]
Límite (Z)	Selecciona el valor límite: [OFF; Ω 1 – 15,0 k Ω]).

* modo de prueba individual solamente.

Procedimiento de medición del medidor de impedancia:

- Seleccione la función de medición del medidor de impedancia.
- Configure los parámetros de prueba (modo, tensión, frecuencia y límite).
- Conecte las puntas de prueba al dispositivo y al objeto a probar.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Pula las teclas del cursor para cambiar entre la vista de gráfico y de resultados (opcional).
- Guarde los resultados (opcional).

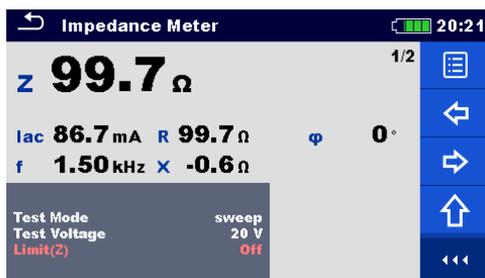


Figura 11.57: Ejemplo de resultado de medición con medidor de impedancia

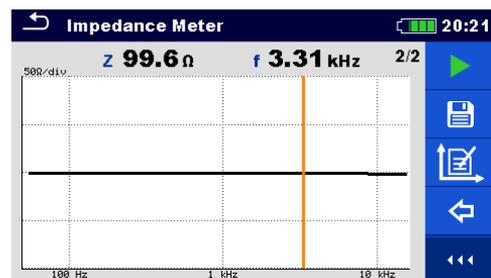


Figura 11.58: Ejemplo de vista de gráfico de medición con medidor de impedancia

Nota:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!

11.6 Potencial de tierra [Vp]

Un electrodo/red de puesta a tierra tiene una cierta resistencia, dependiendo de su tamaño, superficie (óxidos en la superficie del metal) y la resistencia del suelo alrededor del electrodo. La resistencia de la puesta a tierra no se concentra en un punto, sino que se distribuye alrededor del electrodo. Una puesta a tierra correcta de las partes conductoras expuestas asegura que la tensión se mantiene por debajo del nivel peligroso en caso de fallo.

Si ocurre un fallo, una corriente de fallo fluirá a través del electrodo de puesta a tierra. Una distribución típica de la tensión se produce alrededor del electrodo (el "embudo de tensión"). La mayor parte de la caída de tensión se concentra alrededor del electrodo de tierra. La .59 muestra cómo las tensiones de fallo, de paso y de contacto se producen como consecuencia de las corrientes de fallo que circulan a través del electrodo/red de puesta a tierra.

Las corrientes de fallo cerca de objetos de distribución de potencia (subestaciones, torres de distribución, plantas) pueden ser muy altas, hasta 200 kA. Esto puede provocar la aparición de tensiones peligrosas de paso y de contacto. Si hay conexiones subterráneas a metal (intencionales o no) el embudo de tensión puede tener formas atípicas y pueden darse altas tensiones lejos del punto de fallo. Por lo tanto, la distribución de tensión en caso de un fallo alrededor de estos objetos debe ser cuidadosamente analizada.

En el ejemplo de abajo se ilustran la tensión de paso y contacto:

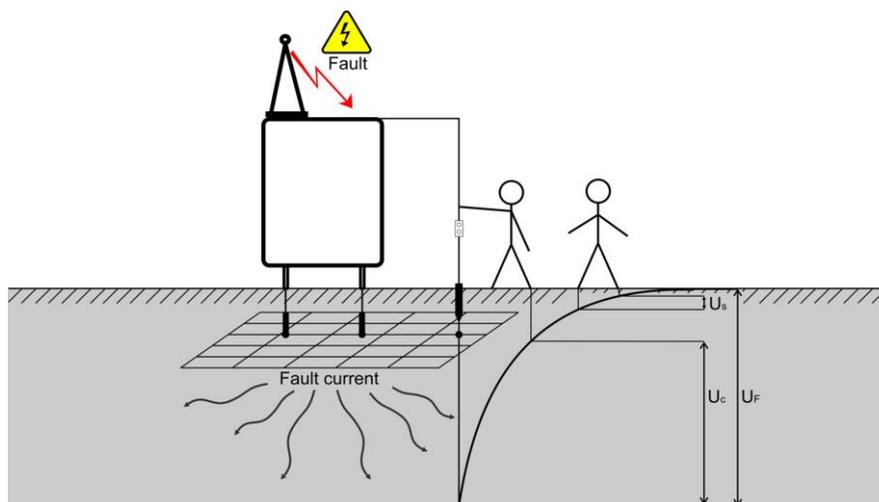


Figura 11.59: Tensiones peligrosas en un sistema de puesta a tierra defectuoso

donde:

U_s Tensión de paso de corriente de fallo

U_c Tensión de paso o contacto en caso de corriente de fallo

U_f Tensión de fallo

La norma IEC 61140 define la relación entre el tiempo máximo permitido / tensión de contacto:

Tiempo máximo de exposición	Tensión
>5 s a ∞	$U_C \leq 50 \text{ VAC}$ o $\leq 120 \text{ VDC}$
< 0,4 s	$U_C \leq 115 \text{ VAC}$ o $\leq 180 \text{ VDC}$
< 0,2 s	$U_C \leq 200 \text{ Vca}$
< 0,04 s	$U_C \leq 250 \text{ Vca}$

Tabla 11.60: Tiempo máximo duración y tensión de fallo

Para una exposición más larga las tensiones de contacto deben permanecer por debajo de 50 voltios.



11.6.1 Medición de potenciales

Las diferencias de potencial locales pueden medirse simplemente con cableado de 3 polos y configurando dos distancias R (distancia total E - H), r (distancia entre E - S) y una dirección optativa de ϕ .

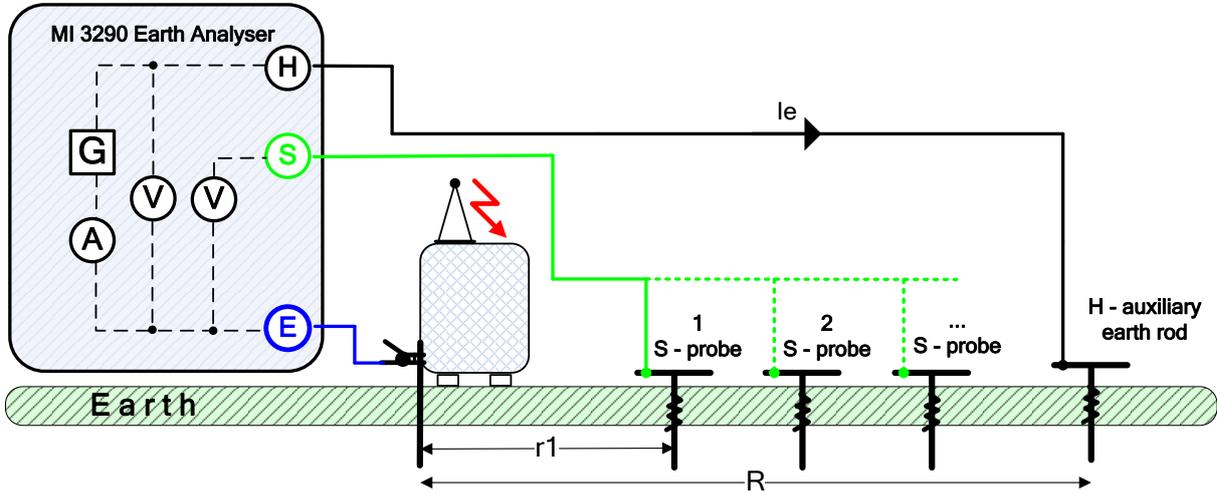


Figura 11.61: Ejemplo de potencial

En el ejemplo siguiente se mide la relación de potencial:

$$V_P = 1 - \left(\frac{U_S [V]}{U_H [V]} \right)$$

donde:

- V_P Relación de potencial entre los bornes S y H (0 - 1)
- U_H Tensión de prueba entre los bornes H y E
- U_S Tensión de prueba entre los bornes S y E
- R Distancia total entre E y la pica de tierra auxiliar H.
- r Distancia entre las sondas E y S.
- ϕ Dirección de medición de potencial o ángulo [0° - 360°].

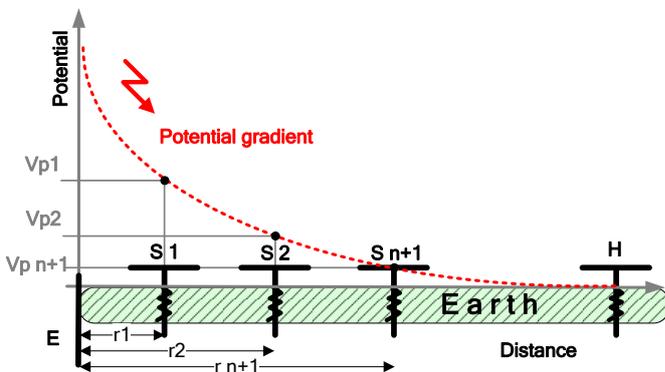


Figura 11.62: Ejemplo de gradiente de potencial (línea recta)

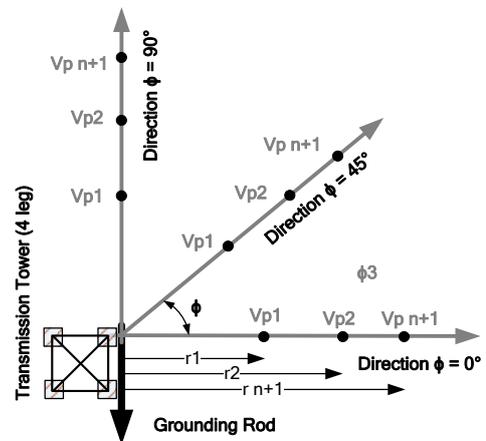


Figura 11.63: Ejemplo de gradiente de potencial (alrededor del edificio)

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de potencial. Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros: frecuencia de prueba, distancia r, distancia R y dirección ϕ .

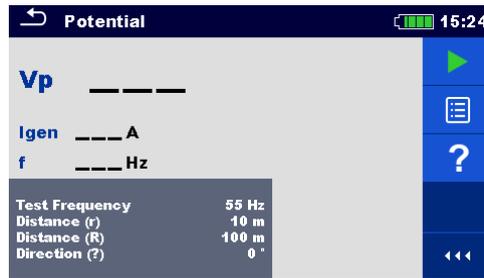


Figura 11.64: Menú de medición de relación de potencial

Parámetros de prueba para medición de la relación de potencial:

Frecuencia de prueba Establece la frecuencia de prueba: [55 Hz, 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz].

Distancia r Establece la distancia entre E – S: [1 m – 90 m].

Distancia R Establece la distancia total entre E – H: [10 – 500 m].

Dirección ϕ Dirección de medición de potencial o ángulo [0° - 360°].

Procedimiento de medición de relación de potencial:

- Seleccione la función de medición de potencial.
- Configure los parámetros de prueba (frecuencia, distancias r y R y dirección).
- Conecte las puntas de prueba al dispositivo y al objeto a probar.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Guarde los resultados (opcional).



Figura 11.65: Procedimiento de resultado de medición de relación de potencial

Notas:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!
- Las tensiones y corrientes de alto ruido podrían influir en los resultados medidos. El dispositivo mostrará la advertencia de “ruido” en este caso.



11.6.2 Teoría de tensión de paso y contacto

Tensión de paso

La medición se realiza entre dos puntos de tierra a una distancia de 1 m como se muestra en la figura. Las chapas de metal (S2053) simulan los pies. La tensión entre las sondas es medida por un voltímetro (MI 3295M) con una resistencia interna de 1 kΩ que simula la resistencia del cuerpo.

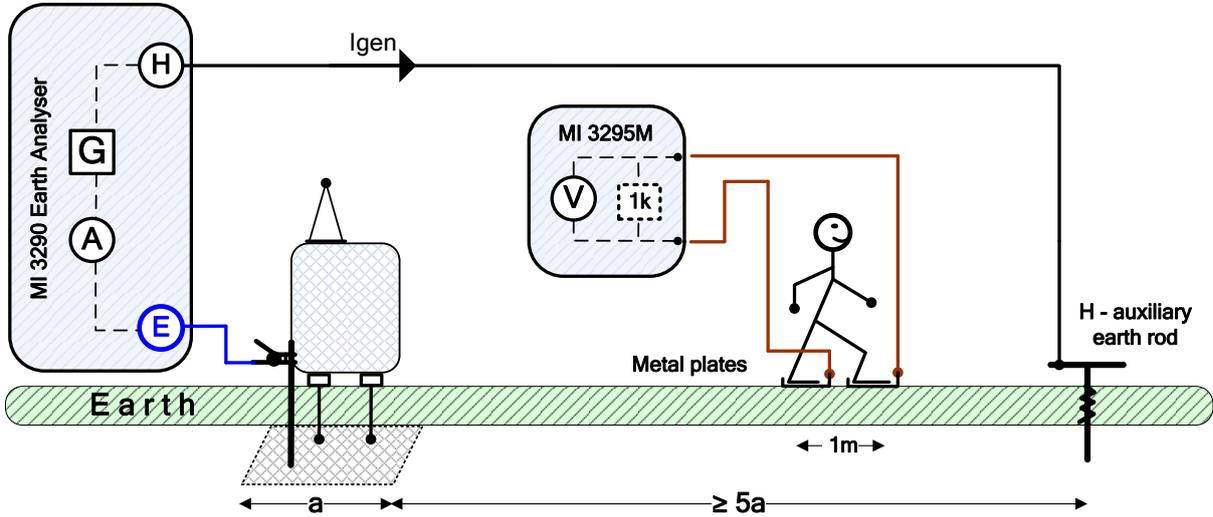


Figura 11.66: Ejemplo de tensión de paso

Tensión de contacto

La medición se realiza entre una parte metálica accesible a tierra y tierra 1 m aparte como se muestra en la figura. La tensión entre las placas de metal (S2053) se mide con un voltímetro (MI 3295M) con una resistencia interna de $1k\Omega$ que simula la resistencia del cuerpo.

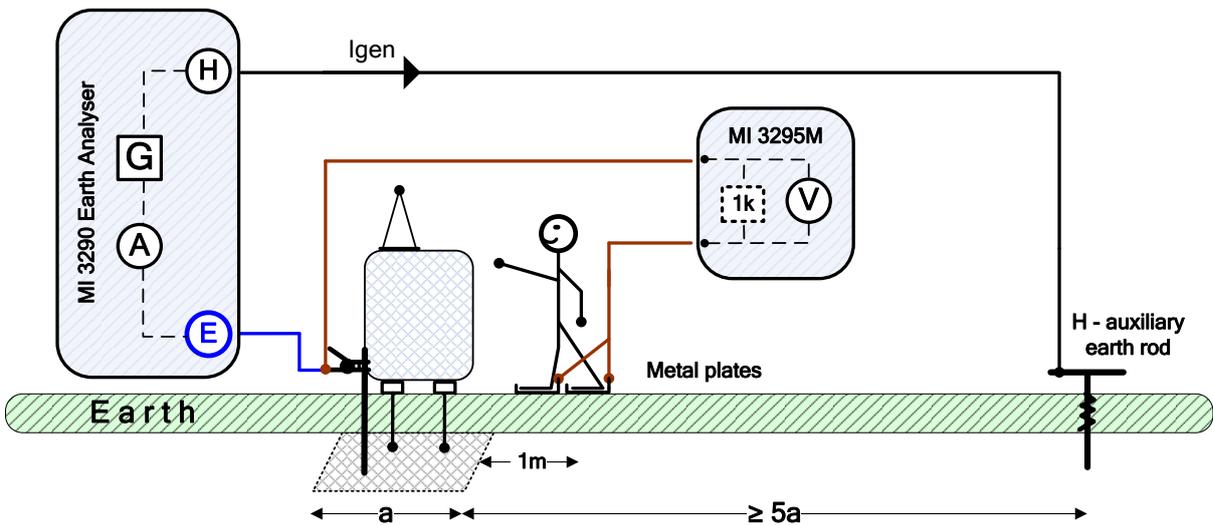


Figura 11.67: Ejemplo de tensión de contacto

Fuente de corriente de P&C (Paso y Contacto)

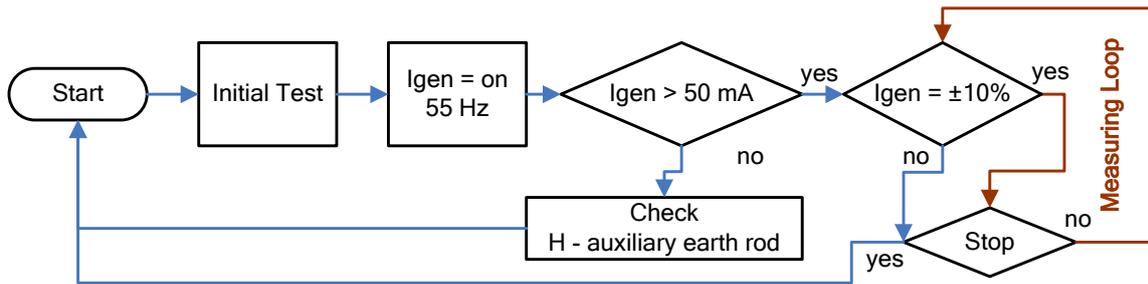


Figura 11.68: Organigrama de fuente actual de S & T

Durante la medición de una corriente sinusoidal (55 Hz) I_{gen} se inyecta en la tierra a través de una sonda auxiliar (H). La resistencia de la sonda auxiliar (H) debe ser tan baja como sea posible con el fin de inyectar una corriente de prueba alta. La resistencia R_c puede reducirse mediante el uso de más sondas puestas en paralelo. Una mayor corriente inyectada mejora la inmunidad contra las corrientes de tierra parásitas. La caída de tensión se mide con la ayuda del MI 3295 M (medidor de alta sensibilidad 55 Hz V -). Como la corriente de prueba es generalmente solo una pequeña fracción de la corriente de fallo máxima, las tensiones medidas deben aumentar su escala según la siguiente ecuación:

$$U_{s,t} = U_m (\text{MI 3295M}) \cdot \frac{I_{fault}}{I_{gen} (\text{MI 3290})}$$

donde:

- $U_{s,t}$ tensión de paso o de contacto calculada en caso de una corriente de fallo
- U_m Caída de tensión de prueba del voltímetro MI 3295M
- I_{fault} Tensión de corriente de fallo establecida (corriente de tierra máx. en caso de fallo)
- I_{gen} Corriente de prueba inyectada entre los bornes H (C1) y E (C2)

Prueba se puede iniciar desde la ventana de fuente de corriente P&C.

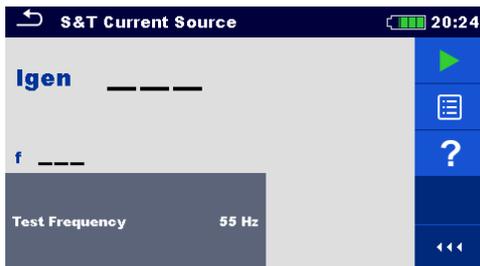


Figura 11.69: Menú de fuente actual de P&C

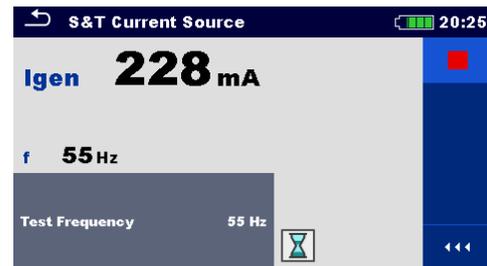


Figura 11.70: Ejemplo de resultado de menú de fuente de corriente P&C

Procedimiento de medición de fuente de corriente P&C:

- Seleccione la fuente de corriente P&C.
- Conecte las puntas de prueba al dispositivo y al objeto a probar.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Pulse la tecla Run nuevamente para detener la medición
- Guarde los resultados (opcional).

Notas:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!
- ¡El MI 3290 es solo una fuente de corriente! Para medir la tensión U_m y el cálculo de la de paso y contacto, el usuario debe utilizar el instrumento MI 3295.

11.7 Prueba de cable de tierra de pilón (PGWT)



11.7.1 Medición de PGWT

La medición de PGWT se realiza para comprobar la carga de conexión de los cables de puesta a tierra aéreos.

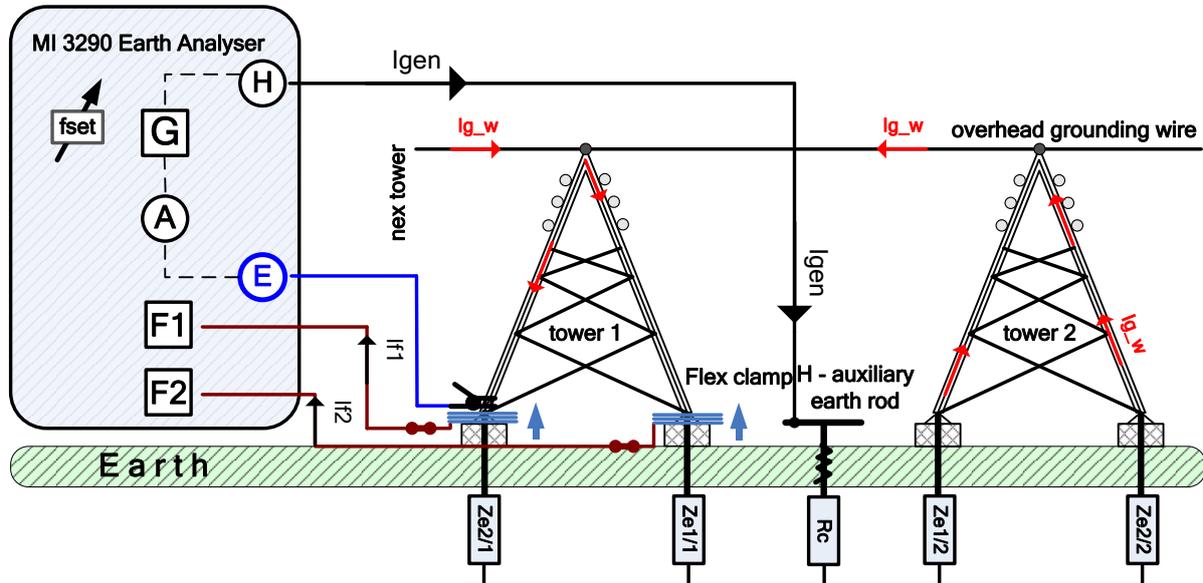


Figura 11.71: Ejemplo de prueba de cable de tierra de pilón (PGWT)

Durante la medición, se inyecta una corriente sinusoidal I_{gen} en la tierra a través de una sonda auxiliar (H). La resistencia de la sonda auxiliar (H) debería ser tan baja como sea posible con el fin de inyectar una corriente de prueba alta. Se puede disminuir la resistencia R_c usando más sondas en paralelo. Una mayor corriente inyectada mejora la inmunidad contra las corrientes de tierra parásitas.

En el ejemplo siguiente se mide la corriente I_{g_w} se mide de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I_{g_w} = I_{gen} [\text{mA}] - I_{f_sum} [\text{mA}] = [\text{mA}]$$

$$I_{f_sum} = I_{f1} [\text{mA}] + I_{f2} [\text{mA}] = [\text{mA}]$$

donde:

I_{g_w} Corriente de cable de tierra aéreo
 I_{gen} Corriente de generador (corriente de prueba inyectada)
 I_{f_sum} Corriente de pinza flex total

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de prueba de cable de tierra de pilón. Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros: modo de prueba, frecuencia y número de espiras F1 - F4.



Figura 11.72: Menú de prueba de cable de tierra de pilón

Parámetros de prueba para la prueba de cable de tierra de pilón:

Modo de prueba	Establece el modo de prueba: [individual, barrido]
Frecuencia de prueba	Establece la frecuencia de prueba: [55 Hz, 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz, 659 Hz, 1.31 kHz, 1.50 kHz].
Número de espiras F1	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 1: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Número de espiras F2	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 2: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Número de espiras F3	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 3: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Número de espiras F4	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 4: [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Procedimiento de medición de prueba de cable de tierra de pilón (PGWT):

- Seleccione la función de prueba de cable de tierra de pilón.
- Configure los parámetros de prueba (modo, frecuencia, número de espiras 1-4).
- Conecte los cables de prueba y pinzas al instrumento y al objeto a prueba.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Pulse las teclas del cursor para alternar entre la vista de gráfico y la de múltiples resultados (opcional).
- Guarde los resultados (opcional).

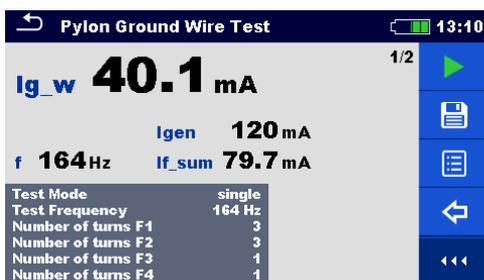


Figura 11.73: Ejemplo de resultado de prueba de cable de tierra de pilón – I_{g_w}

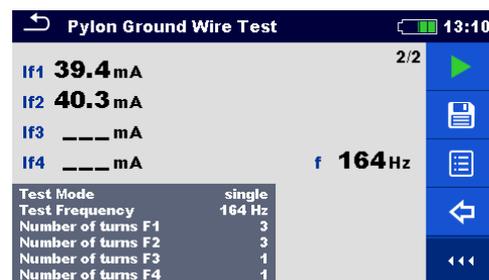


Figura 11.74: Ejemplo de resultado de prueba de cable de tierra de pilón – $I_{f(1-4)}$

Notas:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!
- Las tensiones y corrientes de alto ruido podrían influir en los resultados medidos. El dispositivo mostrará la advertencia de “ruido” en este caso.

Nota (sondas):

- Las sondas deben estar situadas a suficiente distancia del objeto medido.

Notas (Flex):

- Cuando utilice solo una, dos o tres flex pinzas, siempre conecte una pinza al borne F1 (puerto de sincronización).

- ❑ Asegúrese de que la flecha marcada en el punto de acoplamiento de la pinza apunta en el sentido correcto para una medición de fase correcta.
- ❑ Asegúrese de introducir el número de espiras correctamente en la ventana de parámetros de prueba.

11.8 Corriente [I]

Corriente	Medición	Prueba Modo	Nominal frecuencia	Filtro	Máx. Rango de medición
IC, If1, If2, If3, If4	Medidor de pinza de hierro RMS	cont.	45 Hz – 1,5 kHz	RMS	7,99 A
	Medidor de pinza flex RMS	cont.	45 Hz – 1,5 kHz	RMS	49,9 (1 espira)

Tabla 11.75: Mediciones de corriente RMS disponibles en el MI 3290

Medidor RMS de pinza de hierro

Esta función está diseñada para medición de corrientes AC (corrientes de fuga, corrientes de carga, corrientes de ruido) con pinza de corriente de hierro.

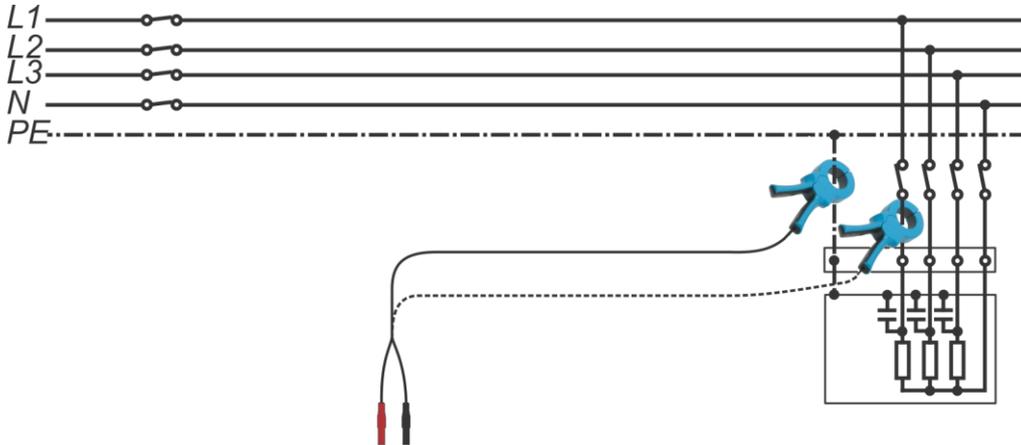


Figura 11.76: Ejemplo de medidor RMS de pinza de hierro

Medidor de pinza flex RMS

Esta función está diseñada para medición de corrientes AC (corrientes de fuga, corrientes de carga, corrientes de ruido) con pinza flex. Envuelva el objeto a medir con la pinza de medición.

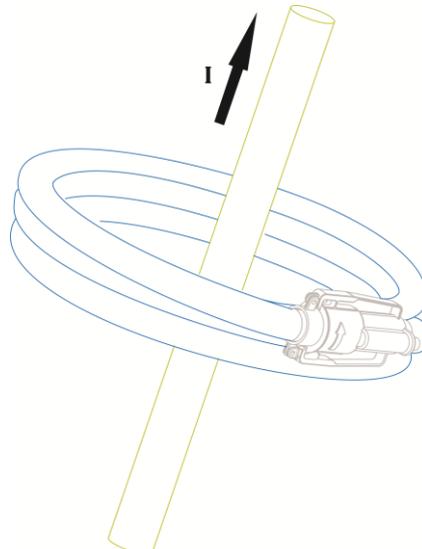


Figura 11.77: Ejemplo de medidor RMS de pinza flex



11.8.1 Ejemplo de medidor RMS de pinza flex

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de medidor RMS de pinza flex. Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros (tipo de pinza de medición y límite (Ic)).

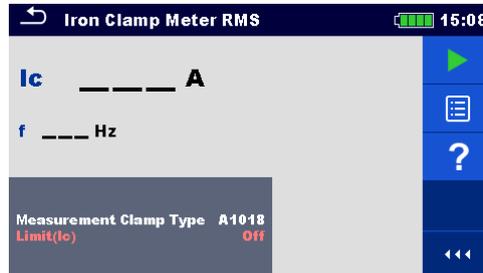


Figura 11.78: Menú de mediciones de medidor RMS de pinza flex

Parámetros de prueba para medidor RMS de pinza flex:

Tipo de pinza de medición Establece el tipo de pinza: [A1018].

Límite (Ic)

Selecciona el valor límite (OFF, 10 mA – 9,00 A).

Procedimiento de medición de medidor RMS de pinza de hierro

- Seleccione la función de medición de medidor RMS de pinza de hierro.
- Configure los parámetros de prueba (tipo pinza y límite).
- Conecte las pinzas al instrumento y al objeto a prueba.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Pulse la tecla Run para detener la medición.
- Guarde los resultados (opcional).

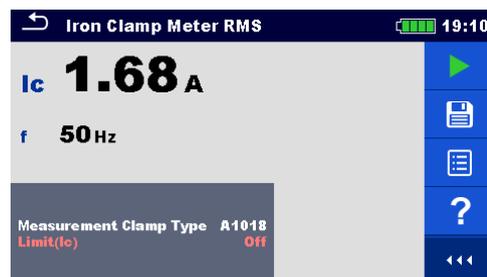


Figura 11.79: Ejemplo de resultado de medición de medidor RMS de pinza de hierro

Nota:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!

11.8.2 Ejemplo de medición de medidor RMS de pinza flex



La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de medidor RMS de pinza flex. Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros (número de espiras F1 - F4).

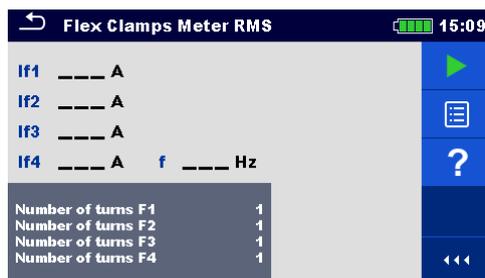


Figura 11.80: Menú de medición de medidor RMS de pinza flex

Parámetros de prueba para medidor RMS de pinza flex:

Número de espiras F1	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 1: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Número de espiras F2	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 2: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Número de espiras F3	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 3: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Número de espiras F4	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 4: [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Procedimiento de medición de medidor RMS de pinza flex:

- Seleccione la función de medición de medidor RMS de pinza flex.
- Configure los parámetros de prueba (número de espiras 1-4).
- Conecte las pinzas flex al instrumento y al objeto a prueba.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Pulse la tecla Run para detener la medición.
- Guarde los resultados (opcional).

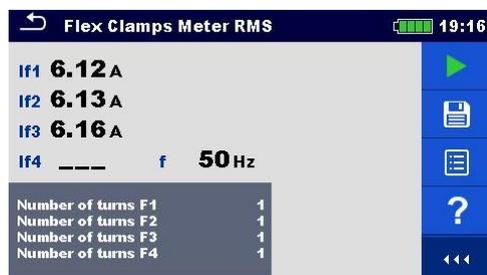


Figura 11.81: Ejemplo de resultado de medición de medidor RMS de pinza flex

Nota:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!

Notas (Flex):

- Cuando utilice solo una, dos o tres flex pinzas, siempre conecte una pinza al borne F1 (puerto de sincronización).
- Asegúrese de que la flecha marcada en el punto de acoplamiento de la pinza apunta en el sentido correcto para una medición de fase correcta.
- Asegúrese de introducir el número de espiras correctamente en la ventana de parámetros de prueba.

11.9 Cuadro de verificación

El cuadro de verificación proporciona un medio simple y eficaz de comprobar el instrumento analizador de tierra y sus accesorios, especialmente las pinzas de hierro y flex.

Cuadro de verificación	Medición	Prueba Modo	BF	AF	Filtro	Prueba Tensión
Uh, Us, Ues, f, Igen, Ic, If1, If2, If3, If4	Verificación Voltímetro	individual	55 Hz	15 kHz	FFT	20/40 V
	Verificación amperímetro	individual	55 Hz	15 kHz	FFT	20/40 V
	Verificación de pinzas de hierro, flex	individual	55 Hz	1,5 kHz	FFT	20/40 V

Tabla 11.82: Mediciones de verificación disponibles en el MI 3290

Nota:

- ❑ Puede usarse la función de verificación para asegurarse de que el medidor está leyendo correctamente entre calibraciones, pero esto no debe entenderse como un sustitutivo de la calibración completa que realiza el fabricante en la unidad.

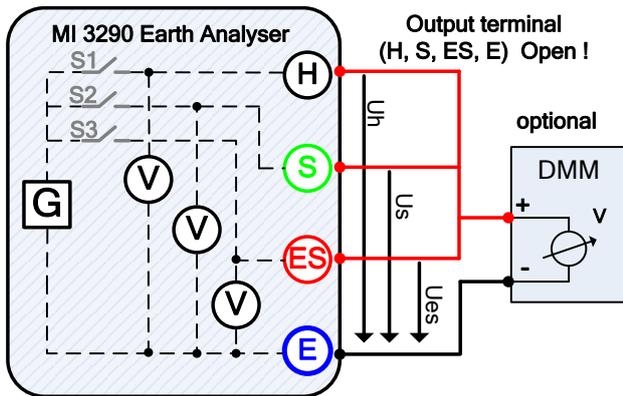


Figura 11.83: Ejemplo de mediciones de verificación de voltímetro

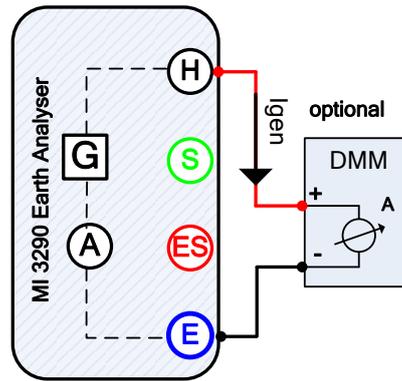


Figura 11.84: Ejemplo de mediciones de verificación de amperímetro

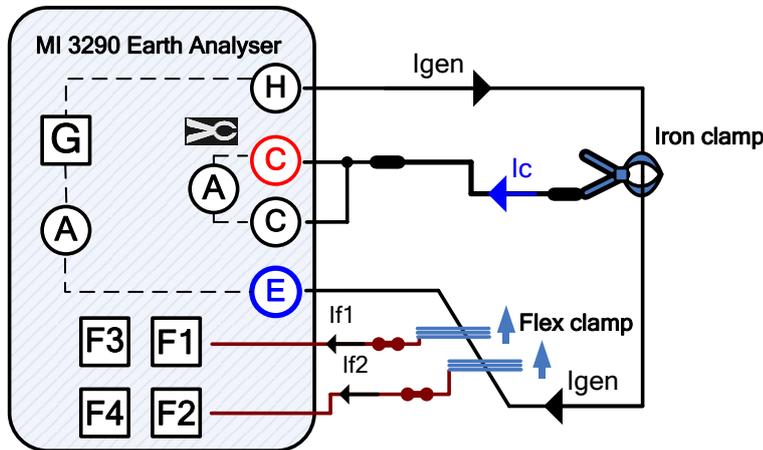


Figura 11.85: Ejemplo de verificación de pinzas de hierro, flex



11.9.1 Medición de verificación de voltímetro

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de verificación de voltímetro. Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros: prueba de tensión y frecuencia de prueba. Los bornes de salida H, S, ES y E deben estar abiertos.

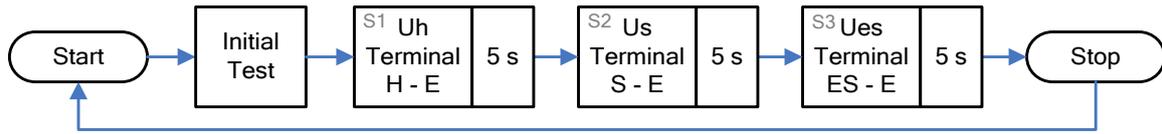


Figura 11.86: Diagrama de flujo de medición de verificación de voltímetro

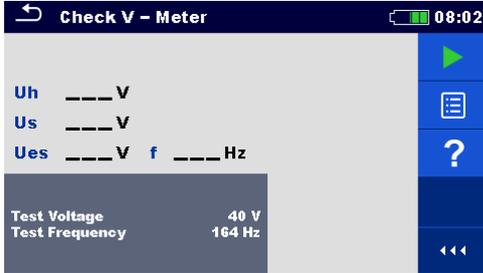


Figura 11.87: Menú de medición de verificación de voltímetro

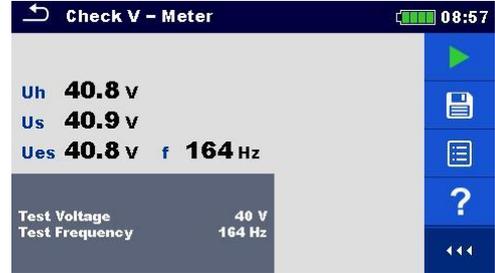


Figura 11.88: Ejemplo de resultado de medición de verificación de voltímetro

Parámetros de prueba para verificación de voltímetro:

Tensión de prueba Establece la tensión de prueba: [20 V o 40 V]

Frecuencia de prueba Establece la frecuencia de prueba: [55 Hz, 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz, 659 Hz, 1.31 kHz, 1.50 kHz, 2.63 kHz, 3.29 kHz, 6.59 kHz, 13.1 kHz, 15.0 kHz].

Procedimiento de medición de verificación de voltímetro:

- Seleccione la función de medición de verificación de voltímetro.
- Establezca los parámetros de prueba (tensión y frecuencia).
- Desconecte los accesorios de los bornes H, S, ES y E y conecte el voltímetro de referencia.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Evalúe los resultados de medición.
- Guarde los resultados (opcional).



11.9.2 Medición de verificación de amperímetro

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de verificación de amperímetro. Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros (prueba de tensión y frecuencia de prueba). Los bornes de salida H y E deben estar cortocircuitados usando la referencia del amperímetro.

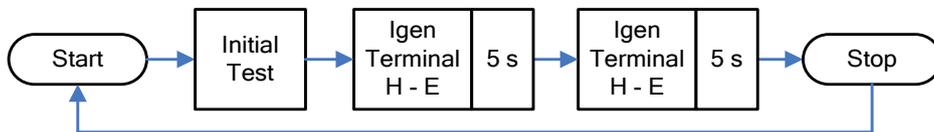


Figura 11.89: Diagrama de flujo de la medición de verificación de amperímetro

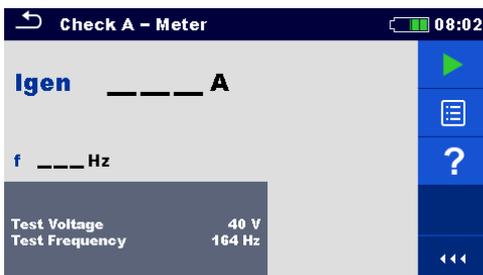


Figura 11.90: Menú de medición de verificación de amperímetro

Figura 11.91: Ejemplo de resultado de medición de verificación de amperímetro

Parámetros de prueba para verificación de amperímetro:

Tensión de prueba	Establece la tensión de prueba: [20 V o 40 V]
Frecuencia de prueba	Establece la frecuencia de prueba: [55 Hz, 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz, 659 Hz, 1.31 kHz, 1.50 kHz, 2.63 kHz, 3.29 kHz, 6.59 kHz, 13.1 kHz, 15.0 kHz].

Procedimiento de medición de verificación de amperímetro:

- Seleccione la función de medición de verificación de amperímetro.
- Establezca los parámetros de prueba (tensión y frecuencia).
- Cortocircuite los bornes H y E con la referencia del amperímetro.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Evalúe los resultados de medición.
- Guarde los resultados (opcional).



11.9.3 Medición de verificación de pinzas de hierro o flex

La prueba puede iniciarse desde la ventana de medición de verificación de pinzas de hierro o flex. Antes de llevar a cabo una prueba se pueden editar los siguientes parámetros (tipo de pinza, tensión de prueba, frecuencia de prueba y número de espiras F1 - F4). Los bornes de salida H y E deben estar cortocircuitados.

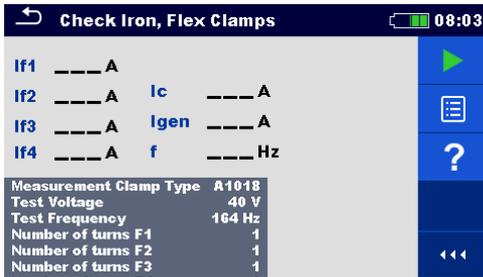


Figura 11.92: Menú de medición de verificación de pinzas de hierro o flex



Figura 11.93: Ejemplo de resultado de edición de verificación con pinzas de hierro o flex

Parámetros de prueba para medición de verificación de pinzas de hierro, flex:

Tipo de pinza de medición	Establece el tipo de pinza de hierro: [A1018].
Tensión de prueba	Establece la tensión de prueba: [20 V o 40 V]
Frecuencia de prueba	Establece la frecuencia de prueba: [55 Hz, 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz, 659 Hz, 1,31 kHz, 1,50 kHz].
Número de espiras F1	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 1: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Número de espiras F2	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 2: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Número de espiras F3	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 3: [1, 2, 3, 4, 5, 6].
Número de espiras F4	Establece el número de espiras para el borne de entrada Flex 4: [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Procedimiento de medición de verificación de pinzas de hierro, flex:

- Seleccione la función de medición de verificación de pinzas de hierro, flex
- Configure los parámetros de prueba (tipo de pinza, tensión, frecuencia y número de espiras 1-4).
- Cortocircuite los bornes H y E.

- Conecte las pinzas de hierro/flex al instrumento y pince el cable que cortocircuita los bornes H y E.
- Pulse la tecla Run para iniciar la medición.
- Espere hasta que el resultado de la prueba se muestre en la pantalla.
- Evalúe los resultados de medición. (Compárelo con la corriente mostrada Igen).
- Guarde los resultados (opcional).

Nota:

- ¡Tenga en cuenta las advertencias mostradas cuando empiece a medir!

Notas (Flex):

- Cuando utilice solo una, dos o tres flex pinzas, siempre conecte una pinza al borne F1 (puerto de sincronización).
- Asegúrese de que la flecha marcada en el punto de acoplamiento de la pinza apunta en el sentido correcto para una medición de fase correcta.
- Asegúrese de introducir el número de espiras correctamente en la ventana de parámetros de prueba.

12 Pruebas automáticas

Se pueden realizar secuencias preprogramadas de mediciones en el menú de pruebas automáticas. Se puede programar la secuencia de las mediciones, sus parámetros y el flujo de la secuencia. Los resultados de una prueba automática se pueden almacenar en la memoria junto con toda la información relacionada.

Las pruebas automáticas pueden ser preprogramadas en un PC con el software Metrel ES Manager y después cargadas en el instrumento. Se pueden cambiar / configurar en el instrumento los parámetros y límites de las pruebas individuales de una prueba automática.

12.1 Selección de pruebas automáticas

Seleccione primero la lista de pruebas automáticas del menú de grupos de pruebas automáticas menú. Para más información, consulte el capítulo **8.8 Menú de grupos de pruebas automáticas**. La prueba automática a realizar puede entonces seleccionarse en el menú principal de pruebas automáticas. Este menú se puede organizar de manera estructural con carpetas, subcarpetas y pruebas automáticas.

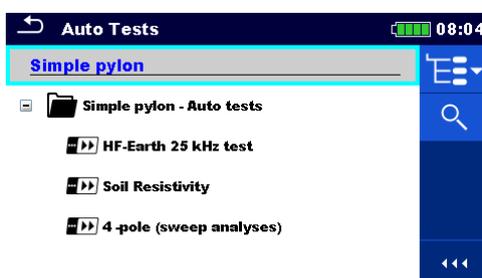


Figura 12.1: Menú principal de pruebas automáticas

Opciones



Entra en el menú para una vista de detallada de las pruebas automáticas. Esta opción puede usarse también si tiene que ser cambiar los parámetros / límites de la prueba automática seleccionada. Consulte el capítulo **12.2.1 Menú de vista de pruebas automáticas** **Error! Reference source not found.**



Inicia la prueba automática seleccionada. El instrumento inmediatamente comienza la prueba automática.

12.2 Organización de pruebas automáticas

Una prueba automática se divide en tres fases:

- ❑ Antes de comenzar la primera prueba se muestra el menú de pruebas automáticas (a menos que se iniciara directamente desde el menú principal de pruebas automáticas). Se pueden establecer los parámetros y límites de las mediciones individuales en este menú.
- ❑ Durante la fase de ejecución de una prueba automática, se realizan pruebas individuales previamente programadas. La secuencia de pruebas individuales está controlada por comandos de flujo preprogramados.
- ❑ Después de que termine la secuencia de prueba se muestra el menú de resultados de la prueba automática. Pueden verse los detalles de las pruebas individuales y los resultados se pueden guardar en el organizador de memorias.

12.2.1 Menú de vista de pruebas automáticas

En el menú de vista de pruebas automáticas, se muestra la cabecera y las pruebas individuales de la prueba automática seleccionada. La cabecera contiene el nombre y la descripción de la prueba automática. Antes de arrancar la prueba automática, se pueden cambiar los parámetros / límites de la prueba de las mediciones individuales.

Menú de vista de prueba automática (cabecera seleccionada)

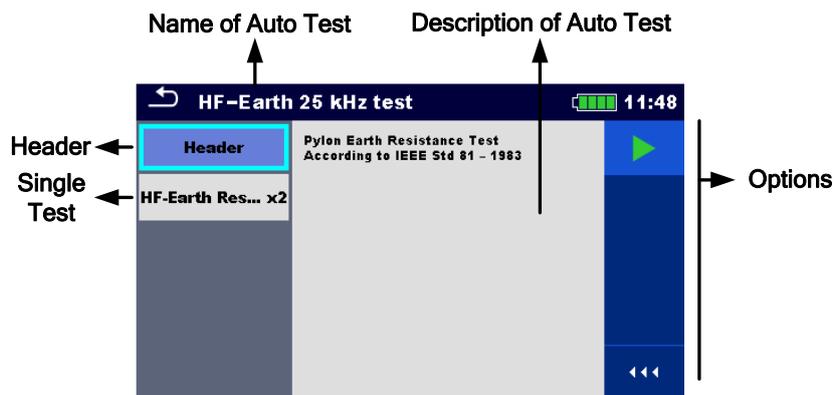


Figura 12.2: Menú de vista de pruebas automáticas - cabecera seleccionada

Opciones



Inicia la prueba automática.

Menú de vista de prueba automática (cabecera seleccionada)

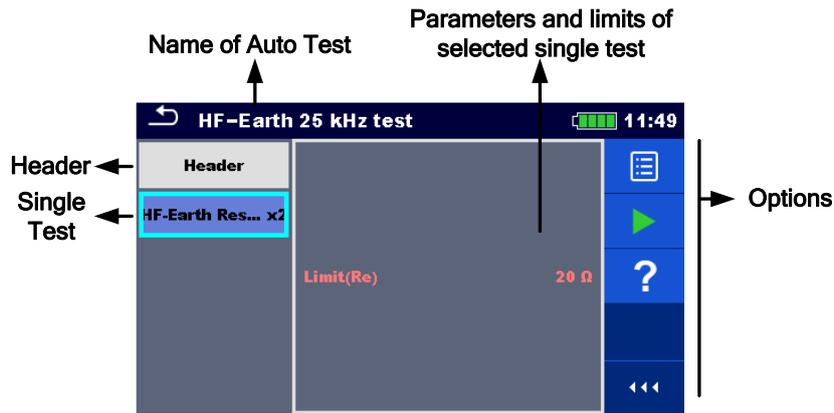


Figura 12.3: Menú vista prueba automática – medición seleccionada

Opciones



Selecciona una prueba individual.



Abre el menú para cambiar los parámetros y límites de las mediciones seleccionadas.



Para más información sobre cómo cambiar los parámetros y límites de medición, consulte el capítulo **10.1.2 Ajuste de parámetros y límites de pruebas individuales**

Indicación de bucles



El “x2” añadido al final del nombre de la prueba individual, indica que está programado un bucle de pruebas individuales. Esto significa que la prueba individual marcada se realizará tantas veces como indica el número detrás de la “x”. Es posible salir del bucle antes, al final de cada medición individual.

12.2.2 Ejecución paso a paso de las pruebas automáticas

Mientras la prueba automática está en ejecución, está controlada por comandos de flujo preprogramados. Ejemplos de acciones controladas por comandos de flujo:

- pausas durante la secuencia de prueba
- zumbador
- procedimiento de la secuencia de prueba con respecto a los resultados de la medición

La lista de comandos de flujo está disponible en el capítulo **Error! Reference source not found.**
REF_Ref442958145 \h *MERGEFORMAT **Error! Reference source not found.**
Error! Reference source not found..

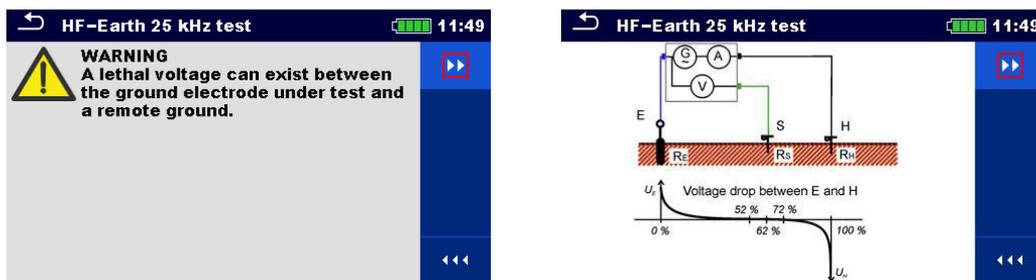


Figura 12.4: Prueba automática - ejemplo de una pausa con mensaje (texto o imagen)

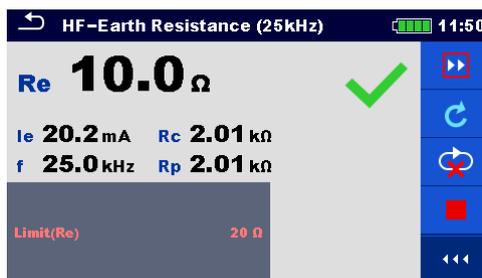


Figura 12.5: Prueba automática - ejemplo de una medición terminada con opción de continuar

Opciones (durante la ejecución de una prueba automática)



Procede al paso siguiente en la secuencia de prueba.



Repite la medición.
No se almacenará el resultado visualizado de una prueba individual.



Termina la prueba automática y va a la pantalla de resultado de prueba automática.



Sal del bucle de pruebas individuales y procede al siguiente paso en la secuencia de prueba.

Las opciones ofrecidas en el panel de control dependen de la prueba individual seleccionada, su resultado y el flujo de prueba programado.

12.2.3 Pantalla de resultado de pruebas automáticas

Después de que termine la secuencia de prueba automática se muestra la pantalla de resultado de prueba automática. En el lado izquierdo de la pantalla se muestran las pruebas individuales dentro de la prueba automática y su estado. En medio de la pantalla se muestra la cabecera de la prueba automática. En la parte superior se muestra el estado general de la prueba automática. Para más información, consulte el capítulo **9.1.1 Estados de medición**.

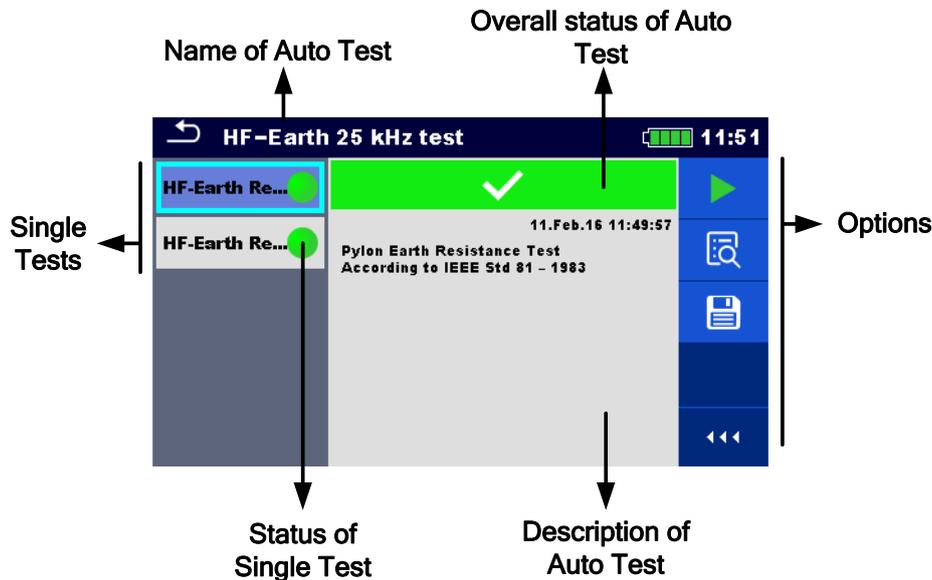


Figura 12.6: Pantalla de resultado de pruebas automáticas

Opciones



Inicia la prueba
Inicia una nueva prueba automática.



Muestra los resultados de las mediciones individuales.
El instrumento pasa al menú para ver detalles de la prueba automática.



Guarda los resultados de la prueba automática.
Si ha seleccionado una prueba automática y la ha iniciado desde un elemento de estructura en el árbol de estructura:

- La prueba automática se guardará en el elemento de estructura seleccionado.

Si ha iniciado una nueva prueba automática desde el menú principal de pruebas automáticas:

- La opción por defecto para el guardado, será bajo el último elemento de estructura seleccionado. El usuario puede seleccionar otro elemento de estructura o crear un nuevo elemento de estructura. Pulsando  en el menú del organizador de memorias la prueba automática se guarda en la ubicación seleccionada.

Si ha seleccionado una medición vacía en el árbol de estructura y la ha iniciado:

- El/los resultado/s se agregarán a la prueba automática. La prueba automática cambiará su estado general de “vacía” a “acabada”.

Si ha seleccionado una prueba automática ya realizada en el árbol de

estructura, la ha consultado y luego la ha reiniciado:

- Se guardará la nueva prueba automática en el elemento de estructura seleccionado.

Opciones en el menú para ver los detalles de la prueba automática.



Se muestran los datos del ensayo individual en la prueba automática.



Abre el menú para ver los parámetros y límites de las mediciones seleccionadas. Para más información, consulte el capítulo **10.1.2 Ajuste de parámetros y límites de pruebas individuales**

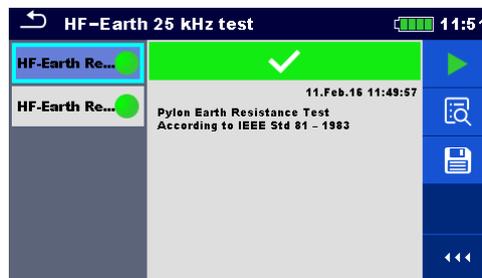


Figura 12.7: Detalles del menú para ver los detalles de los resultados de la prueba automática.

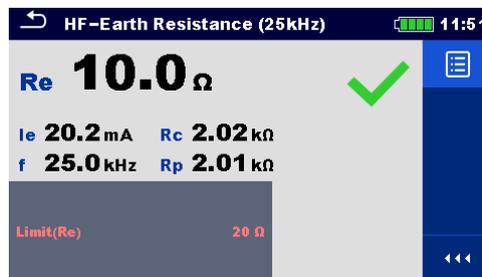


Figura 12.8: Detalles de una prueba individual en el menú de resultados de pruebas automáticas

12.2.4 Pantalla de memorias de pruebas automáticas

En la pantalla de memorias de pruebas automáticas pueden verse detalles de la prueba automática y se puede iniciar una nueva prueba automática.



Figura 12.9: Pantalla de memorias de pruebas automáticas

Opciones



Vuelva a realizar la prueba automática.
Entra en el menú de una nueva prueba automática.



Entra en el menú para ver los detalles de la prueba automática.

13 Comunicación

El dispositivo se puede comunicar con el software Metrel ES Manager PC. Se pueden realizar las siguientes acciones:

- ❑ Los resultados guardados y la estructura de árbol del organizador de memorias pueden ser descargados y guardados en el PC.
- ❑ La estructura de árbol y las pruebas automáticas pueden enviarse desde el software Metrel ES Manager PC al instrumento.

El programa Metrel ES Manager funciona con Windows 7, Windows 8, Windows 8.1 y Windows 10. Hay dos interfaces de comunicación disponibles en el dispositivo: USB y Bluetooth.

Cómo establecer una conexión USB:

- ❑ Conecte un puerto USB del PC al conector USB del dispositivo usando el cable de interfaz USB.
- ❑ Encienda el PC y el dispositivo.
- ❑ Ejecute el software Metrel ES Manager.
- ❑ Establezca el puerto de comunicación deseado. (El puerto COM está identificado como "USB Serial Port").
- ❑ Si no lo puede ver, asegúrese de instalar el controlador USB correcto (vea las notas).
- ❑ El dispositivo está listo para comunicarse con el PC a través de USB.

Comunicación Bluetooth

El módulo interno Bluetooth permite una sencilla comunicación a través de Bluetooth con un PC y con dispositivos Android.

Cómo configurar una conexión Bluetooth entre el dispositivo y el PC:

- ❑ Encienda el instrumento.
- ❑ En el PC configure un puerto serial estándar para permitir la comunicación vía Bluetooth entre el dispositivo y el PC. Normalmente no se necesita código para emparejar los dispositivos.
- ❑ Ejecute el software Metrel ES Manager.
- ❑ Establezca el puerto de comunicación configurado.
- ❑ El dispositivo está listo para comunicarse con el PC a través de Bluetooth.

Notas:

- ❑ Debería instalar los controladores USB en el PC antes de usar la interfaz USB. Consulte las instrucciones de instalación de USB disponibles en el CD de instalación o descargue los controladores de la página web <http://www.ftdichip.com> MI 3290 usa un chip FT230X).
- ❑ El nombre del dispositivo Bluetooth configurado correctamente debe estar compuesto por el nombre del instrumento y el número de serie, p.e. MI 3290-123456781.
- ❑ El código de emparejamiento del dispositivo de comunicación Bluetooth es NNNN.

14 Mantenimiento

Solo podrán abrir el dispositivo Analizador de Tierra personas autorizadas. No hay componentes que puedan ser reemplazados por el usuario dentro del dispositivo. Las pilas solo pueden sustituirse por otras certificadas y solamente por personas autorizadas.

14.1 Limpieza

No se requiere ningún mantenimiento especial para la carcasa. Use un paño suave empapado con agua jabonosa o alcohol para limpiar la superficie del dispositivo o accesorio. Déjelo secar el dispositivo completamente antes de usarlo.

Advertencias:

- ❑ ¡No use líquidos derivados del petróleo o hidrocarburos!
- ❑ ¡No rocíe el dispositivo con líquido de limpiar!

14.2 Calibración periódica

Es esencial calibrar el dispositivo regularmente para garantizar las especificaciones técnicas enumeradas en este manual. Recomendamos una calibración anual. La calibración solo la podrá llevar a cabo personal autorizado. Por favor, contacte con su distribuidor para más información.

14.3 Reparación

Para reparaciones dentro o fuera del periodo de garantía, por favor, póngase en contacto con su distribuidor.

14.4 Actualización del dispositivo

El dispositivo puede ser actualizado desde un PC a través de un puerto de comunicación USB. Esto permite mantener el dispositivo actualizado incluso si cambian las normas o regulaciones. La actualización del firmware requiere acceso a internet y puede llevarse a cabo desde el software **Metrel ES Manager** con la ayuda de software de actualización especial – FlashMe que le guiará por el proceso de actualización. Para más información consulte el archivo de ayuda de Metrel ES Manager.

Nota:

- ❑ Consulte el capítulo **13 Comunicación** para consultar los detalles de la instalación del controlador USB.

15 Especificaciones técnicas

15.1 Tierra [Ze]

15.1.1 2, 3, 4 polos

Principio de medición Medición de tensión/corriente

Tierra	Frecuencia de prueba	Rango de medición	Resolución	Incertidumbre (* ver notas)
Ze	55 Hz ... 329 Hz	0,00 Ω ... 19,99 Ω	0,01 Ω	\pm (3 % de lectura + 3 dígitos)
		20,0 Ω ... 199,9 Ω	0,1 Ω	
		200 Ω ... 999 Ω	1 Ω	
		1,000 k Ω ... 1,999 k Ω	0,001 k Ω	
		2,00 k Ω ... 19,99 k Ω	0,01 k Ω	
	659 Hz ... 2,63 kHz	0,00 Ω ... 19,99 Ω	0,01 Ω	\pm (5 % de lectura + 3 dígitos)
		20,0 Ω ... 199,9 Ω	0,1 Ω	
		200 Ω ... 999 Ω	1 Ω	
		1,000 k Ω ... 1,999 k Ω	0,001 k Ω	
	3,29 kHz... 15,0 kHz	0,00 Ω ... 19,99 Ω	0,01 Ω	\pm (8 % de lectura + 3 dígitos)
		20,0 Ω ... 199,9 Ω	0,1 Ω	

Modo de prueba individual o barrido

Tensión de prueba de borne abierto 20 VAC / 40 VAC / 2500 VAC (500 VA)

Frecuencia de prueba 55 Hz; 82 Hz; 164 Hz; 329 Hz; 659 Hz; 1,31 kHz; 1,50 kHz;
2,63 kHz; 3,29 kHz; 6,59 kHz; 13,1 kHz; 15,0 kHz

Corriente de prueba de cortocircuito > 220 mA @ 164 Hz, 40 Vca

Rango de límite (Ze) 0,1 Ω ... 5 k Ω (OFF)

Forma de tensión de prueba onda senoidal

Definición de Ze Valor de impedancia Z(f).

Definición de Re Impedancia, excluyendo la reactancia R.

Tiempo de medición vea Tabla 15.2

Prueba automática de resistencia de la sonda sí (3, 4 - polos)

Prueba de conexión automática sí [H, S, ES, E]

Selección de rango automática Sí

Prueba automática de ruido de tensión Sí

*** Notas:**

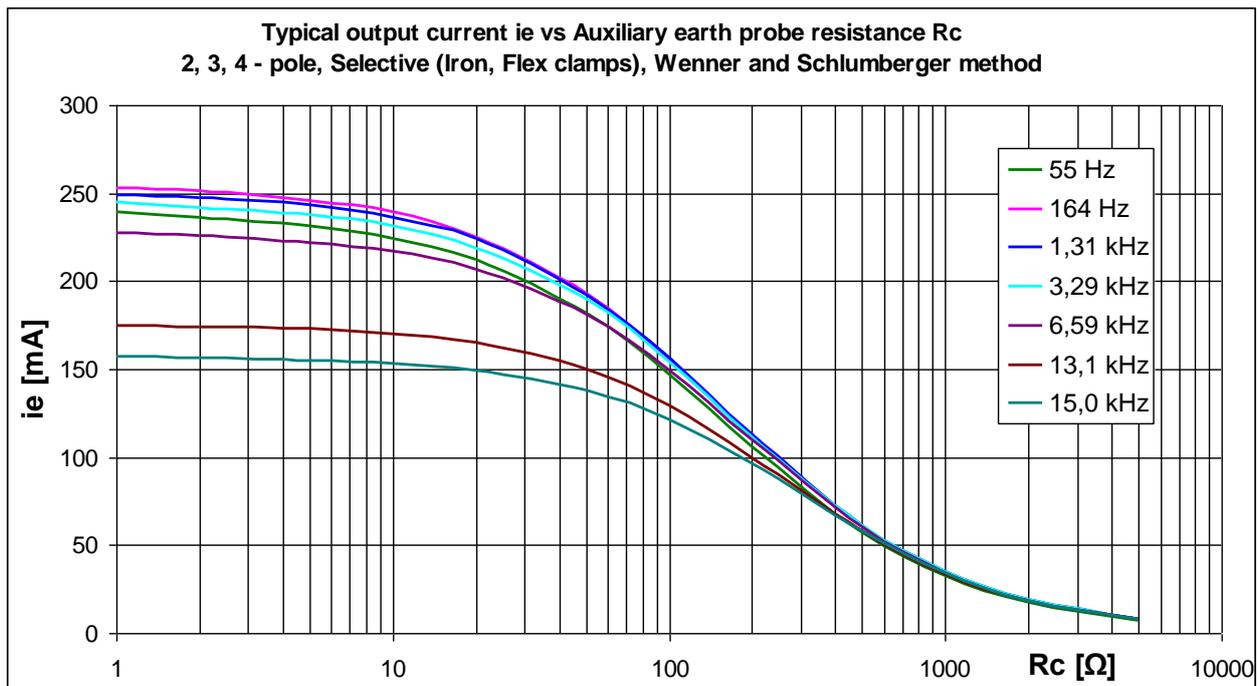
- La incertidumbre depende de la correcta compensación de las puntas de prueba para 2, 3 polos y la resistencia de las sondas y electrodos de tierra auxiliar (15.7 Influencia de los electrodos auxiliares).
- Cuando mida a altas frecuencias > 659 Hz, debe prestar especial atención a efectos parásitos, cableado, etc. Utilice la terminal de protección para H.

15.1.2 Selectiva (pinza de hierro)

Principio de medición: Tensión / medición de corriente (pinza de hierro externa)

Impedancia de tierra selectiva	Frecuencia de prueba	Rango de medición	Resolución	Incertidumbre
Zsel	55 Hz ... 329 Hz	0,00 Ω ... 19,99 Ω	0,01 Ω	±(8 % de lectura + 3 dígitos)
		20,0 Ω ... 199,9 Ω	0,1 Ω	
		200 Ω ... 999 Ω	1 Ω	
		1,000 kΩ ... 1,999 kΩ	0,001 kΩ	
		2,00 kΩ ... 19,99 kΩ	0,01 kΩ	
	659 Hz ... 1,50 kHz	0,00 Ω ... 19,99 Ω	0,01 Ω	
		20,0 Ω ... 199,9 Ω	0,1 Ω	
		200 Ω ... 999 Ω	1 Ω	
		1,000 kΩ ... 1,999 kΩ	0,001 kΩ	

- Modo de prueba.....individual o barrido
- Tensión de prueba de borne abierto 40 Vca
- Frecuencia de prueba 55 Hz, 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz, 659 Hz, 1,31 kHz, 1,50 kHz
- Corriente de prueba de cortocircuito > 220 mA @ 164 Hz, 40 Vca
- Rango de límite (Zsel) 0,1 Ω ... 5 kΩ (OFF)
- Forma de tensión de prueba onda senoidal
- Definición de Zsel valor de impedancia Z(f).
- Tiempo de medición vea Tabla 15.2
- Tipo de pinza de medición A1018
- Prueba automática de resistencia de la sonda sí
- Prueba de conexión automática sí [H, S, ES, E]
- Selección de rango automática Sí
- Prueba automática de ruido de tensión Sí
- Indicación de corriente baja de pinza sí [Ic]



15.1.3 2 pinzas

Principio de medición: Medición de la resistencia en circuitos cerrados con dos pinzas de corriente de hierro

Impedancia de bucle	Rango de medición	Resolución	Incertidumbre
Ze	0,00 Ω ... 9,99 Ω	0,01 Ω	$\pm(5\%$ de lectura + 2 dígitos)
	10,0 Ω ... 49,9 Ω	0,1 Ω	$\pm(10\%$ de lectura + 2 dígitos)
	50 Ω ... 100 Ω	1 Ω	$\pm(20\%$ de lectura)

Modo de prueba.....continuo

Distancia entre pinzas de prueba > 30 cm (min)

Frecuencia de prueba 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz

Rango de límite (Ze) 0,1 Ω ... 40 k Ω (OFF)

Forma de tensión de prueba onda senoidal

Definición de Ze valor de impedancia Z(f).

Frecuencia de refresco normalmente 3 s a 164 Hz (dependiendo de la frecuencia de la prueba)

Tipo de pinza de medición A1018

Tipo de pinza generadora A1019

Selección de rango automática Sí

Prueba automática de ruido de tensión Sí

Indicación de corriente baja de pinza Sí [Ic]

Corriente de bucle (de prueba) típica	Impedancias de bucle					
Frecuencia de prueba	10 m Ω	100 m Ω	500 m Ω	1 Ω	5 Ω	10 Ω
164 Hz	6,8 A	0,36 A	80 mA	40 mA	8 mA	4 mA

Tabla 15.1: Corriente de bucle (de prueba) típica para diferentes impedancias de bucle

15.1.4 Pasiva (pinzas flex 1-4)

Principio de medición: Medición pasiva de tensión/corriente (pinza flex externa)

Impedancia de tierra total:	Rango de medición	Resolución	Incertidumbre
Ztot	0,00 Ω ... 19,99 Ω	0,01 Ω	$\pm(8\%$ de lectura + 3 dígitos)
	20,0 Ω ... 199,9 Ω	0,1 Ω	
	200 Ω ... 999 Ω	1 Ω	
	1,000 Ω ... 1,999 Ω	0,001 k Ω	
	2,00 k Ω ... 19,99 k Ω	0,01 k Ω	

Modo de prueba.....continuo

Frecuencia nominal 45 Hz ... 150 Hz

Rango de límite (Zsel) 0,1 Ω ... 5 k Ω (OFF)

Definición de Ztot valor de impedancia Z(f).

Frecuencia de refresco de medición normalmente 6 s

Resistencia de entrada (S) 1,2 M Ω

Prueba de conexión automática Sí [S]

Selección de rango automática Sí

Prueba automática de ruido de tensión Sí

Indicación de corriente baja de pinza Sí [If1, If2, If3, If4]

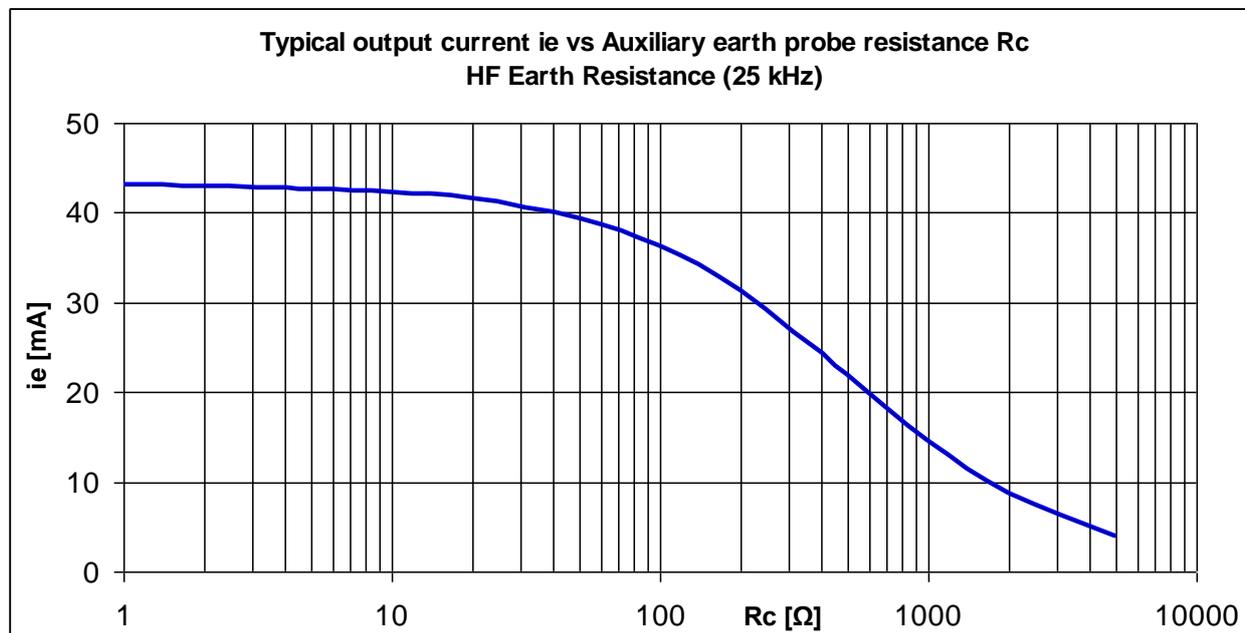
Reconocimiento de la pinza automática sí [F1, F2, F3, F4]

15.1.5 Resistencia a Tierra de AF (25 kHz)

Principio de medición Medición de corriente/tensión

Resistencia de tierra	Rango de medición	Resolución	Incertidumbre
Re	0,0 Ω ... 19,9 Ω	0,1 Ω	±(3 % de lectura + 2 dígitos)
	20 Ω ... 299 Ω	1 Ω	

- Modo de prueba..... individual
- Tensión de prueba de borne abierto 40 Vca
- Frecuencia de tensión de prueba 25 Hz
- Corriente de prueba de cortocircuito > 40 mA
- Rango de límite (Re) 1 Ω ... 100 Ω (OFF)
- Forma de tensión de prueba onda senoidal
- Definición de Re..... impedancia, excluyendo el valor de reactancia.
- Tiempo de medición normalmente 10 s
- Prueba automática de resistencia de la sonda Sí
- Prueba de conexión automática Sí [H, S, E]
- Selección de rango automática Sí
- Prueba automática de ruido de tensión Sí
- Compensación automática de
componente inductivo Sí
- Borne de protección Sí



15.1.6 Selectiva (pinzas flex 1 – 4)

Principio de medición: Medición pasiva de tensión/corriente (pinza flex externa)

Impedancia de tierra total:	Frecuencia de prueba	Rango de medición	Resolución	Incertidumbre
Ztot	55 Hz ... 329 Hz	0,00 Ω ... 19,99 Ω	0,01 Ω	±(8 % de lectura + 3 dígitos)
		20,0 Ω ... 199,9 Ω	0,1 Ω	
		200 Ω ... 999 Ω	1 Ω	
		1,000 kΩ ... 1,999 kΩ	0,001 kΩ	
		2,00 kΩ ... 19,99 kΩ	0,01 kΩ	
	659 Hz ... 1,50 kHz	0,00 Ω ... 19,99 Ω	0,01 Ω	
		20,0 Ω ... 199,9 Ω	0,1 Ω	
		200 Ω ... 999 Ω	1 Ω	
		1,000 kΩ ... 1,999 kΩ	0,001 kΩ	

- Modo de prueba..... individual o barrido
- Tensión de prueba de borne abierto 40 Vca
- Frecuencia de prueba 55 Hz, 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz, 659 Hz, 1,31 kHz, 1,50 kHz
- Corriente de prueba de cortocircuito > 220 mA @ 164 Hz, 40 Vca
- Rango de límite (Ztot) 0,1 Ω ... 5 kΩ (OFF)
- Forma de tensión de prueba onda senoidal
- Definición de Ztot valor de impedancia Z(f).
- Tiempo de medición vea Tabla 15.2
- Prueba automática de resistencia de la sonda Sí
- Prueba de conexión automática sí [H, S, ES, E]
- Selección de rango automática Sí
- Prueba automática de ruido de tensión Sí
- Indicación de corriente baja de pinza Sí [If1, If2, If3, If4]
- Reconocimiento de la pinza automática sí [F1, F2, F3, F4]

Tiempo típico de medición	Medición				
	Frecuencia de prueba	2 polos	3 polos	4 polos	Selectiva (pinza de hierro)
55 Hz	17 s	32 s	45 s	57 s	1:13 s
329 Hz	8 s	11 s	15 s	19 s	23 s
1,50 kHz	6 s	10 s	12 s	15 s	18 s
6,59 kHz	6 s	9 s	12 s	/	/
15,0 kHz	6 s	9 s	11 s	/	/
barrido	56 s	1:45 s	2:34 s	2:34 s	3:14 s (1 x pinza flex)

Tabla 15.2: Tiempo típico de medición para diferentes mediciones

15.2 Mediciones de resistencia de tierra específica [ρ]

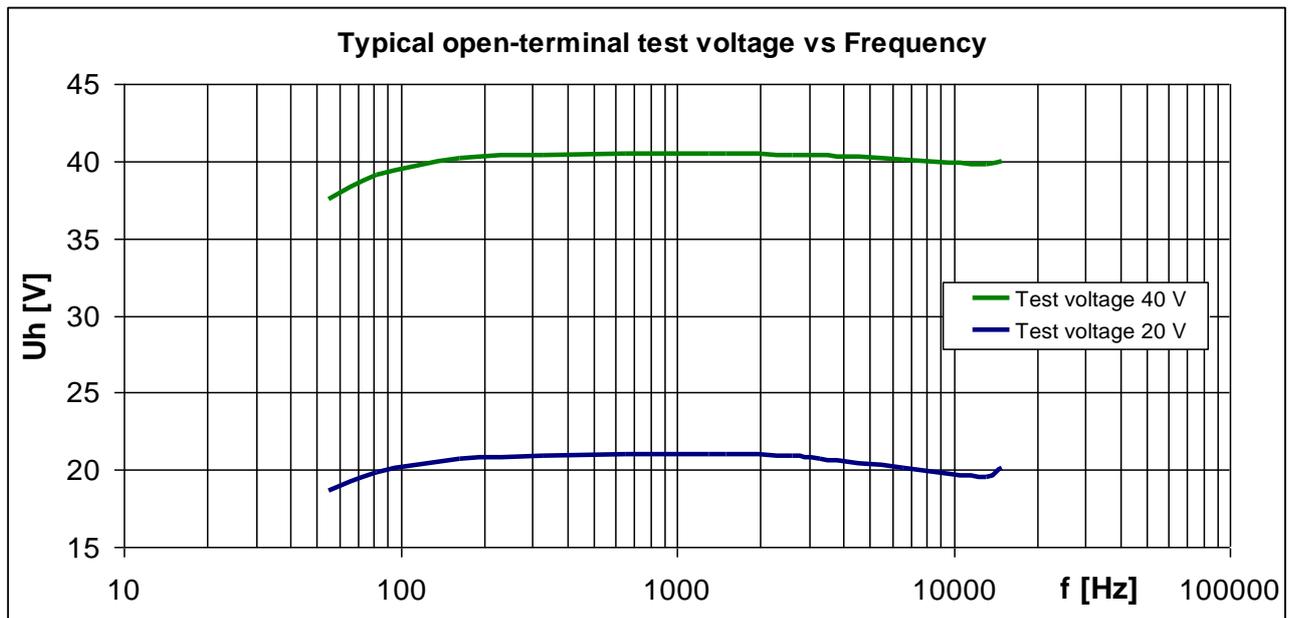
15.2.1 Método Wenner y Schlumberger

Principio de medición Medición de tensión/corriente

Tierra específica	Rango de medición	Resolución	Incertidumbre
ρ	0,00 Ωm ... 19,99 Ωm	0,01 Ωm	valor calculado (tenga en cuenta la incertidumbre de medición de 4 polos)
	20,0 Ωm ... 199,9 Ωm	0,1 Ωm	
	200 Ωm ... 999 Ωm	1 Ωm	
	1,000 kΩm ... 1,999 kΩm	0,001 kΩm	
	2,00 kΩm ... 19,99 kΩm	0,01 kΩm	

Tierra específica	Rango de medición	Resolución	Incertidumbre
ρ	0,00 Ωft ... 19,99 Ωft	0,01 Ωft	valor calculado (tenga en cuenta la incertidumbre de medición de 4 polos)
	20,0 Ωft ... 199,9 Ωft	0,1 Ωft	
	200 Ωft ... 999 Ωft	1 Ωft	
	1,000 kΩft ... 1,999 kΩft	0,001 kΩft	
	2,00 kΩft ... 59,99 kΩft	0,01 kΩft	

Modo de prueba individual
 Tensión de prueba de borne abierto 20 Vca o 40 Vca
 Frecuencia de prueba 164 Hz
 Corriente de prueba de cortocircuito > 220 mA @ 164 Hz, 40 Vca
 Rango límite (ρ) 0,1 Ωm ... 15 kΩm (OFF)
 Rango límite (ρ) 1 Ωft ... 40 kΩft (OFF)
 Forma de tensión de prueba onda senoidal
 Tiempo de medición vea Tabla 15.2
 Prueba automática de resistencia de la sonda Sí
 Prueba de conexión automática sí [H, S, ES, E]
 Selección de rango automática Sí
 Prueba automática de ruido de tensión Sí



15.3 Potencial de tierra [Vp]

15.3.1 Ratio de potencial

Principio de medición: Medición de tensión

Ratio de potencial	Rango de medición	Resolución	Incertidumbre (* ver notas)
Vp	0,001 ... 1,000	0,001	±(2 % de lectura + 2 dígitos)

Modo de prueba individual

Tensión de prueba de borne abierto 40 Vca

Frecuencia de prueba 55 Hz, 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz

Corriente de prueba de cortocircuito > 220 mA @ 164 Hz

Forma de tensión de prueba onda senoidal

Definición de Vp el valor invertido de tensión Us dividido por la tensión Uh.

Resistencia de entrada (S) 1,2 MΩ

Tiempo de medición normalmente 10 s a 164 Hz (dependiendo de la frecuencia de prueba)

Prueba de conexión automática Sí [H, S, E]

Selección de rango automática Sí

Prueba automática de ruido de tensión Sí

* Notas:

- La incertidumbre depende de la resistencia mínima de la sonda $R_c > 300 \Omega$.

15.3.2 Fuente actual de P&C (Paso y Contacto)

Principio de medición Medición de corriente (MI 3290) /tensión (MI 3295M)

MI 3290 (fuente de corriente)

Corriente	Rango de medición	Resolución	Precisión
Igen	0,0 mA ... 99,9 mA	0,1 mA	±(2 % de lectura + 2 dígitos)
	100 mA ... 999 mA	1 mA	

Modo de prueba continua

Tensión de prueba de borne abierto 40 Vca

Frecuencia de prueba 55 Hz, 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz

Corriente de prueba mínima > 50 mA

Impedancia de generador de salida ~ 100 Ω

Forma de tensión de prueba onda senoidal

Prueba de conexión automática Sí [H, E]

MI 3295M (metro)

Tensión	Rango de medición	Resolución	Precisión
Um	0,01 mV ... 19,99 mV	0,01 mV	±(2 % de lectura + 2 dígitos)
	20,0 mV ... 199,9 mV	0,1 mV	
	200 mV ... 1999 mV	1 mV	
	2,00 V ... 19,99 V	0,01 V	
	20,0 V ... 59,9 V	0,1 V	

Modo de prueba individual

Resistencia de entrada (seleccionable) 1 kΩ, 1 MΩ

Rango de Ifault (seleccionable) 10 A ... 200 kA

Rechazo de ruido Filtrado DSP, 55 Hz, 64 dB rechazo de ruido de 50 (60) Hz

Paso y toque	Rango de medición	Resolución	Precisión
Us, Ut	0,0 V ... 199,9 V	0,1 V	valor calculado
	200 V ... 999 V	1 V	

La tensión de paso/contacto se obtiene en base a este cálculo: $U_s, U_t = U_m \cdot (I_{\text{fault}} / I_{\text{gen}})$

15.4 Impedancia de impulso [Zp]

15.4.1 Medición de impulso

Principio de medición: Medición de tensión (de pico) / corriente (de pico)

Impedancia de impulso	Rango de medición	Resolución	Incertidumbre
Zp	0,0 Ω ... 19,9 Ω	0,1 Ω	(8% de lectura + 8 dígitos)±
	20 Ω ... 199 Ω	1 Ω	

- Modo de prueba.....individual
- Tensión de prueba de borne abierto~120 V_{peak}
- Corriente de prueba de cortocircuito~6 A_{peak}
- Forma de onda de impulso.....10 / 350 μs
- Definición de Zp.....Tensión de pico dividida por la corriente de pico.
- Rango de límite (Zp)1 Ω ... 100 Ω (OFF)
- Tiempo de medición.....normalmente 20 s
- Prueba de conexión automática Sí [H, S, E]
- Prueba automática de resistencia de la sonda Sí (a 3,29 kHz)
- Prueba automática de ruido de tensión Sí
- Borne de protección Sí

Influencia de los electrodos auxiliares.

La sonda de corriente Rc y la sonda de potencial Rp se miden con 3 polos a una frecuencia fija de 3,29 kHz a 40 Vca de tensión de prueba con borne abierto.

Máx. Rc y Rp (> 100 Ω + (40 * Ra)) ó 1 kΩ (lo que sea menor)

Error adicional si exceden máx. Rc o Rp ±(20% de la lectura)

Influencia del ruido

Tensión de interferencia de ruido máxima en bornes H, S y E 1 V rms

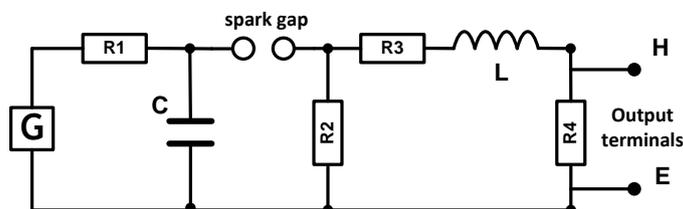


Figura 15.1: Circuito simplificado del generador de impulso en el MI 3290

donde:

- G Fuente de alta tensión.
- R1..... Resistencia de carga
- C..... Condensador de almacenamiento de energía
- R2, R4..... Resistencias de ajuste duración de impulso
- R3..... Resistencia de ajuste de impedancia
- L Inductor de ajuste de tiempo de aumento de impulso.

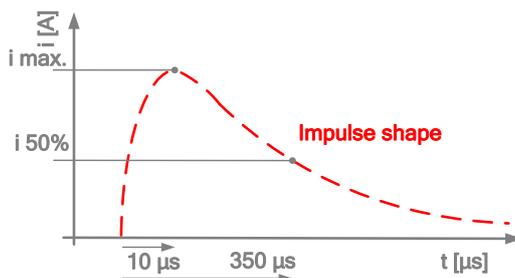


Figura 15.2: Cortocircuito de forma de impulso típico

15.5 Resistencia C.C. [R]

15.5.1 Ohmímetro (200 mA)

Principio de medición: Medición de tensión (CC) / corriente (CC)

Resistencia C.C.	Rango de medición	Resolución	Incertidumbre (* ver notas)
R	0,00 Ω ... 19,99 Ω	0,01 Ω	±(2 % de lectura + 2 dígitos)
	20,0 Ω ... 199,9 Ω	0,1 Ω	
	200 Ω ... 999 Ω	1 Ω	
	1,00 kΩ ... 1,99 kΩ	10 Ω	

Modo de prueba..... individual

Tensión de prueba de borne abierto ~20 Vcc

Corriente de prueba de cortocircuito mín. mA_{cc} a la resistencia de carga de 2 Ω

Dirección de corriente de prueba unidireccional

Máx. inductividad..... 2 H

Rango de límite (R) 0,1 Ω ... 40 Ω (OFF)

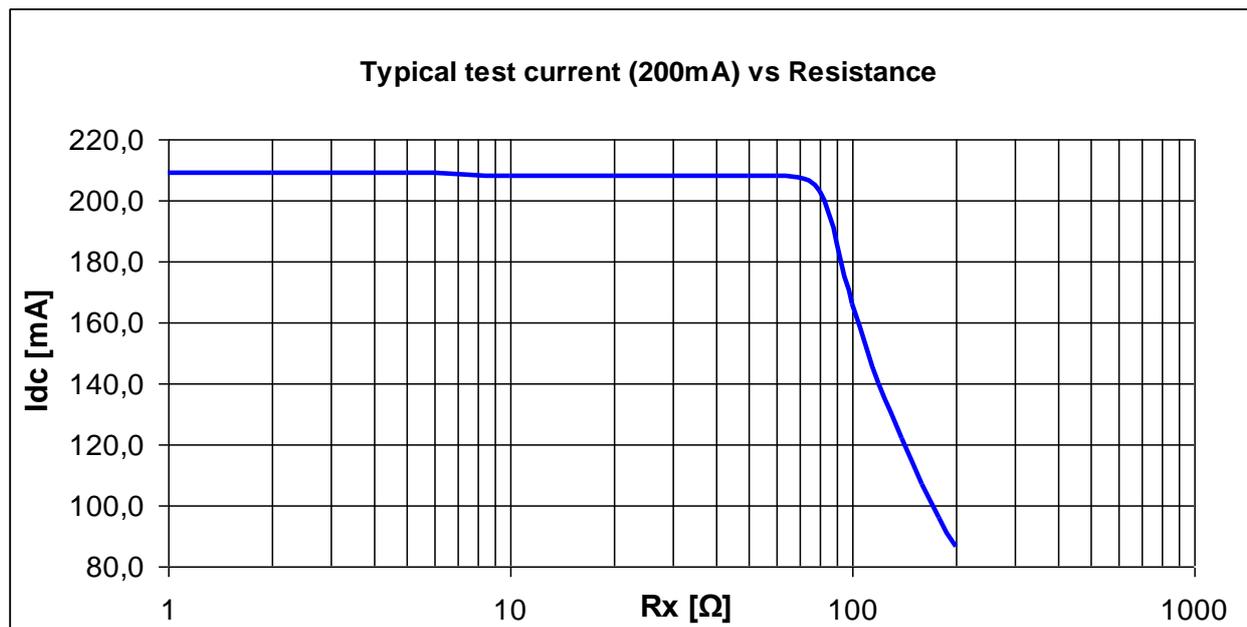
Tiempo de medición..... normalmente 5 s

Método de prueba 2 hilos

Compensación de punta de prueba sí hasta 5 Ω

Selección de rango automática Sí

Prueba automática de ruido de tensión Sí



* Nota:

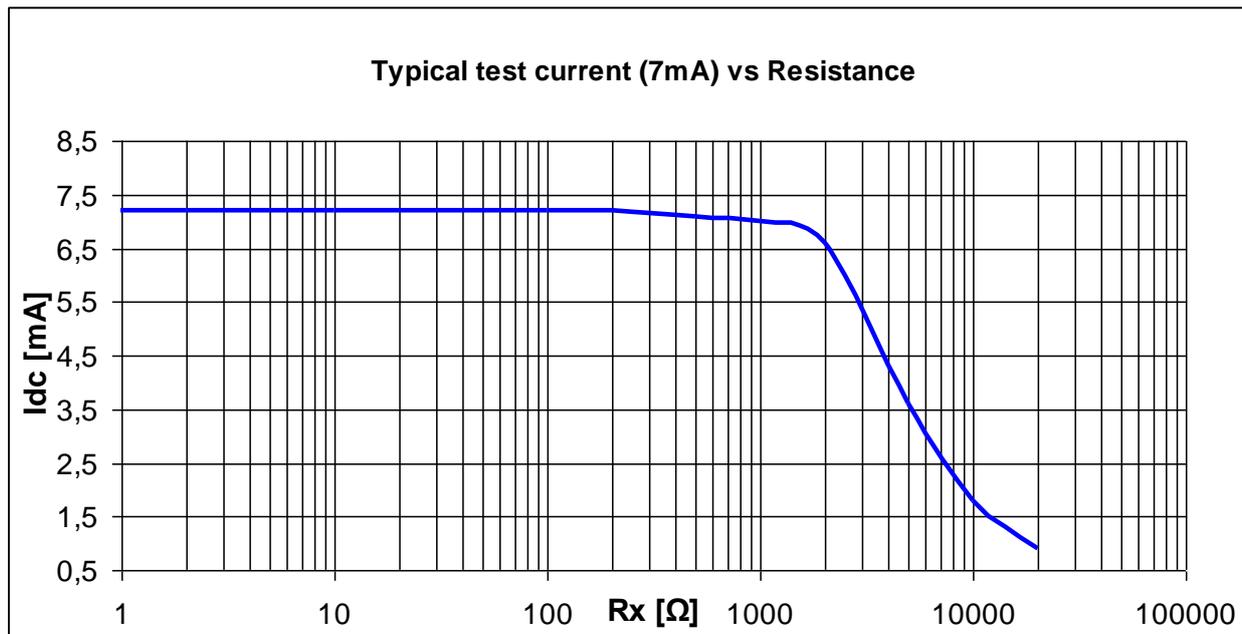
- La incertidumbre depende de la correcta compensación de las puntas de prueba.

15.5.2 Ohmímetro (7 mA)

Principio de medición: Medición de tensión (CC) / corriente (CC)

Resistencia C.C.	Rango de medición	Resolución	Incertidumbre (* ver notas)
R	0,0 Ω ... 199,9 Ω	0,1 Ω	±(3 % de lectura + 2 dígitos)
	200 Ω ... 999 Ω	1 Ω	
	1,00 kΩ ... 9,99 kΩ	0,01 kΩ	
	10,0 kΩ ... 19,9 kΩ	0,1 kΩ	

- Modo de prueba.....continuo
- Tensión de prueba de borne abierto~20 Vcc
- Corriente de prueba de cortocircuito~7,2 mA_{cc}
- Dirección de corriente de prueba unidireccional
- Rango de límite (R)1 Ω ... 15,0 kΩ (OFF)
- Frecuencia de refresco de mediciónnormalmente 2 s
- Método de prueba 2 hilos
- Compensación de punta de prueba sí hasta 5 Ω
- Selección de rango automática Sí
- Prueba automática de ruido de tensión Sí



* Nota:

- La incertidumbre depende de la correcta compensación de las puntas de prueba (2 hilos).

15.6 Impedancia CA [Z]

15.6.1 Medidor de impedancia

Principio de medición: Medición de tensión (CA) / corriente (CA)

Impedancia CA	Frecuencia de prueba	Rango de medición	Resolución	Incertidumbre
Z	55 Hz ... 15,0 kHz	0,00 Ω ... 19,99 Ω	0,01 Ω	$\pm(3\%$ de lectura + 2 dígitos)
		20,0 Ω ... 199,9 Ω	0,1 Ω	
		200 Ω ... 999 Ω	1 Ω	
		1,000 k Ω ... 1,999 k Ω	0,001 k Ω	
		2,00 k Ω ... 19,99 k Ω	0,01 k Ω	

Modo de prueba..... individual o barrido

Tensión de prueba de borne abierto 20 Vca o 40 Vca

Frecuencia de tensión de prueba 55 Hz, 82 Hz, 164 Hz, 329 Hz, 659 Hz, 1,31 kHz, 1,50 kHz,
2,63 kHz 3,29, 6,59 kHz, 13,1 kHz, 15,0 kHz

Corriente de prueba de cortocircuito > 220 mA @ 164 Hz, 40 Vca

Rango de límite (R) 1 Ω ... 15,0 k Ω (OFF)

Forma de tensión de prueba onda senoidal

Tiempo de medición..... normalmente 10 s a 164 Hz (dependiendo de la frecuencia de prueba)

Método de prueba 4 hilos

Rc1 + Rc2. 5 Ω máx.

Rp1 + Rp2..... 5 Ω máx.

Prueba de conexión automática sí [C1, P1, P2, C2]

Selección de rango automática Sí

Prueba automática de ruido de tensión Sí

15.7 Corriente [I]

15.7.1 Medidor RMS de pinza de hierro

Principio de medición: Medición de corriente (RMS)

Corriente RMS	Rango de medición	Resolución	Incertidumbre (* ver notas)
I	1,0 mA ... 99,9 mA	0,1 mA	$\pm(2\%$ de lectura + 3 dígitos)
	100 mA ... 999 mA	1 mA	
	1,00 A ... 7,99 A	0,01 A	

Modo de prueba..... continuo

Impedancia de entrada 10 Ω (1/4W máx.)

Frecuencia nominal 45 Hz ... 1,5 kHz

Frecuencia de refresco de medición normalmente 1 s

Rango de límite (I) 10 mA ... 9,00 A (OFF)

Tipo de pinza de medición A1018

Selección de rango automática Sí

* Nota:

- No mida cerca de otros conductores portadores de corriente si es posible. Campos magnéticos externos pueden causar una incertidumbre de medición adicional.

Pinzas	Campo magnético externo	Incertidumbre adicional
Pinza de hierro (A1018)	30 A / m	$\pm(15\%$ de lectura)

15.7.2 Medidor de pinza flex RMS

Principio de medición:Medición de corriente (RMS)

Corriente RMS	Rango de medición	Resolución	Incertidumbre (* ver notas)
If1, If2, If3, If4	10 mA ... 99,9 mA	0,1 mA	±(8 % de lectura + 3 dígitos)
	100 mA ... 999 mA	1 mA	
	1,00 A ... 9,99 A	0,01 A	
	10,0 A ... 49,9 A	0,1 A	

Modo de prueba.....continuo

Impedancia de entrada (F1 –F4)..... 10 kΩ

Frecuencia nominal45 Hz ... 1,5 kHz

Frecuencia de refresco de mediciónnormalmente 2 s

Tipo de pinza de mediciónA1487

Selección de rango automática Sí

Reconocimiento de la pinza automática sí [F1, F2, F3, F4]

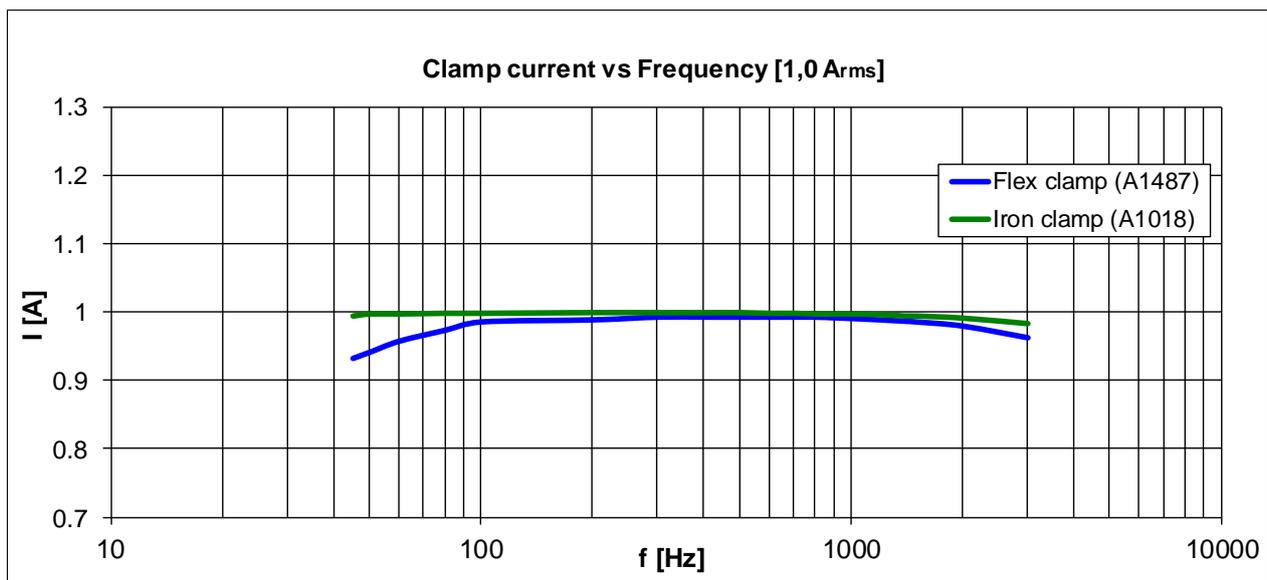
* Nota:

- Rangos de medición de corriente RMS e incertidumbre para una espira excepto para el rango de medición de 10 mA ... 99,9 mA, que debe ser por lo menos 3 espiras.
- No mida cerca de otros conductores portadores de corriente si es posible. Campos magnéticos externos pueden causar una incertidumbre de medición adicional.

Pinzas	Campo magnético externo	Incertidumbre adicional
Pinzas flex (A1487)	5 A/m	±(15 % de lectura)

- Es muy importante que el conductor esté en el centro y perpendicular al cabezal de medición.
- Valor total de la corriente flex (If1, If2, If3, If4) depende del número de espiras de la pinza flex (1, 2, 3, 4, 5, 6) y se define según la siguiente ecuación:

$$I_{f_{FS}} = \frac{49,9[A]}{\text{number of turns}}$$



15.8 Influencia de los electrodos auxiliares.

Definición de Rc, Rp y Ra:

Rc Impedancia de sondas de corriente auxiliares (Rh + Re)

Rp Impedancia de sondas de corriente auxiliares (Rs + Res)

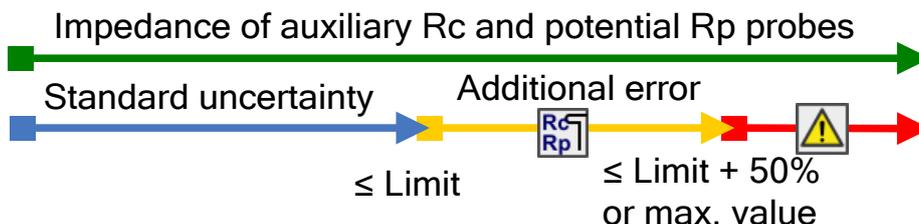
Ra Resistencia de tierra

**Función de medición 3, 4 polos, selectiva (pinza de hierro, flex),
Método Wenner y Schlumberger,
Resistencia de tierra de AF (25 kHz)**

Incertidumbre adicional si se supera el límite (Rh, Rs, Res, Re) o valor máx. (lo que sea menor).

Frecuencia de prueba	Límite para Rh y Rs	Límite para Res y Re	valor máx.	Incertidumbre adicional
55 Hz ... 164 Hz	$> 100 \Omega + (2 \text{ k} * Ra)$	$> 100 \Omega + (1 \text{ k} * Ra)$	50 k Ω	$\pm(15 \%$ de lectura)
329 Hz ... 659 Hz	$> 100 \Omega + (1 \text{ k} * Ra)$	$> 100 \Omega + (500 * Ra)$	25 k Ω	$\pm(15 \%$ de lectura)
1,31 kHz ... 2,63 kHz	$> 100 \Omega + (500 * Ra)$	$> 50 \Omega + (250 * Ra)$	12,5 k Ω	$\pm(15 \%$ de lectura)
3,29 kHz ... 6,59 kHz	$> 100 \Omega + (250 * Ra)$	$> 50 \Omega + (125 * Ra)$	6,25 k Ω	$\pm(15 \%$ de lectura)
13,1 kHz ... 15,0 kHz	$> 50 \Omega + (150 * Ra)$	$> 50 \Omega + (50 * Ra)$	3,1 k Ω	$\pm(15 \%$ de lectura)
25,0 kHz	$> 250 \Omega + (500 * Ra)$	/	2 k Ω	$\pm(15 \%$ de lectura)

Si se supera el límite de las puntas de prueba auxiliares en un 50% adicional, entonces se supera el rango de medición del instrumento.



	El rango del instrumento de medición se ha excedido. ¡La medición no se iniciará o mostrará!
--	---

Nota:

- Icono de alta impedancia de sondas de corriente auxiliar o potencial.

	Alta impedancia de corriente auxiliar o sondas potenciales.
	Alta impedancia de la sonda de corriente auxiliar Rc.
	Alta impedancia de la sonda de corriente auxiliar Rp.

15.9 Influencia de la corriente de prueba baja a través de las pinzas.

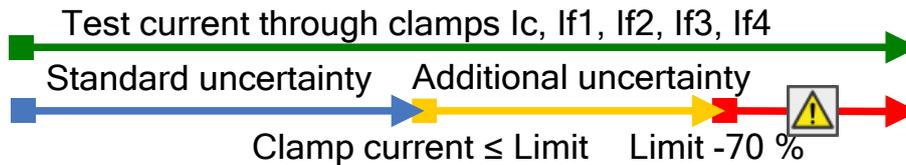
En sistemas grandes la corriente parcial medida es solo una pequeña porción de la corriente de prueba a través de la pinza de corriente. ¡Se debe tener en cuenta la exactitud de la medición para corrientes pequeñas y la inmunidad contra las corrientes de ruido! El dispositivo mostrará el icono de advertencia de “corriente baja” en este caso.

	<p>Corriente de prueba baja a través de las pinzas de hierro o flex. Pueden darse resultados anormales. <i>Límite [pinzas de hierro < 1 mA y pinzas flex < 5 mA].</i></p>
---	--

Función de mediciónselectiva (pinza de hierro, flex),
**Pasiva, Prueba de cable de tierra de pilón (PGWT),
 Medidor RMS de pinza de hierro y flex**

Pinzas	Incertidumbre adicional si se excede el límite inferior corriente		
	Índice	Límite	Incertidumbre adicional
Pinza de hierro (A1018)	IC	< 1 mA	±(10 % de lectura + 2 dígitos)
Pinzas flex (A1487)	If1, If2, If3, If4	< 5 mA (* vea notas)	±(10 % de lectura + 3 dígitos)

Si se supera el límite inferior de corriente un 70% [$I_c < 0,3 \text{ mA}$ y $I_{f1-4} < 1,5 \text{ mA}$] se desactiva el resultado de la medición principal.



	<p>El rango del instrumento de medición se ha excedido. ¡La medición no se iniciará o mostrará!</p>
---	--

Nota:

- Cuando utilice solo una, dos o tres flex pinzas, siempre conecte una pinza al borne F1 (puerto de sincronización).

	<p>F1 - Borne de entrada 1 de pinza flex (puerto de sincronización) no está conectado al instrumento. Siempre conecte una pinza a la borne F1.</p>
---	--

- Asegúrese de introducir el número de espiras correctamente en la ventana de parámetros de prueba.

$$\text{limit } I_{f_{1,2,3,4}} = \frac{5,0[mA]}{\text{number of turns}}$$

- Asegúrese de que la flecha marcada en el punto de acoplamiento de la pinza apunta en el sentido correcto para una medición de fase correcta.

	<p>Corriente negativa a través de las pinzas flex, compruebe que la dirección de las pinzas flex es la correcta [↑ ↓].</p>
---	--

<p>Selective</p> <p>If1 10.3 mA</p> <p>If2 -10.2 mA</p> <p>If3 84.9 mA</p> <p>If4 -10.3 mA</p>	<p>Corriente negativa a través de pinzas flex If2 y If4 (marcado con un -).</p>
---	---

15.10 Influencia del ruido

Definición de ruido:

Inyección de interferencia en serie (tensión / corriente) con frecuencias de sistema de: 16 2/3 Hz, 50 Hz, 60 Hz, 400 Hz o CC (frecuencias de IEC 61557-5).

Función de medición 2, 3, 4 polos, selectiva (pinza de hierro, flex), Método Wenner y Schlumberger, Resistencia de tierra de AF (25 kHz), ratio de potencial

Tensión de interferencia de ruido máxima

en bornes H, S, ES y E 40 V rms

Corriente de interferencia de ruido máxima a través de:

Pinzas flex (A1487) 30 A rms (una espira)

Pinzas de hierro (A1018) 5 A rms

Campo magnético externo máx. 100 A/m (Sin influencia)

Frecuencia de ruidos inyectados	Frecuencia de prueba	Rechazo de ruido (* ver notas)
400 Hz	55 Hz ... 15,0 kHz	> 80 dB
60 Hz	55 Hz	> 50 dB
	82 Hz ... 15,0 kHz	> 80 dB
50 Hz	55 Hz	> 50 dB
	82 Hz ... 15,0 kHz	> 80 dB
16 2/3 Hz	55 Hz ... 15,0 kHz	> 80 dB
CC	55 Hz ... 15,0 kHz	> 80 dB

Función de medición 2 pinzas.

Corriente de interferencia de ruido máxima a través de:

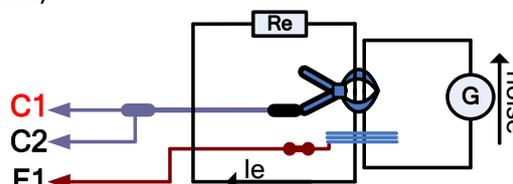
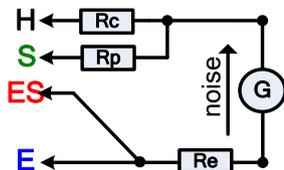
Pinzas de hierro (A1018) 5 A rms ($R_e < 20\Omega$)

1 A rms ($R_e > 20\Omega$)

Campo magnético externo máx. 100 A/m (Sin influencia)

Nota:

- Ejemplos de inyección de ruido (tensión / corriente)



- Icono de ruido



Se han detectado un alto ruido eléctrico durante la medición. Pueden darse resultados anormales. *Límite [la frecuencia de ruido se acerca ($\pm 6\%$) a la frecuencia de prueba].*

- A la entrada alta de señales de medición en los bornes H, S, ES, E, pinza, F1, F2, F2, F3 o F4. Posibles causas: se han alcanzado la tensión/corriente de interferencia de ruido máximo; compruebe el número de espiras en las pinzas flex.



El rango del instrumento de medición se ha excedido.
¡La medición no se iniciará o mostrará!

- Relación señal-ruido

$$SNR_{db} = 20 * \log_{10} \left(\frac{A_{SIGNAL}}{A_{NOISE}} \right)$$

15.11 Subresultados en funciones de medición

Subresultado	Rango de medición	Resolución	Incertidumbre
Rp, Rc	0 Ω ... 49,9 kΩ	1 Ω ... 0,1 kΩ	±(8 % de lectura + 3 dígitos)
Re	0,01 Ω ... 19,9 kΩ	0,01 Ω ... 0,1 kΩ	±(8 % de lectura + 3 dígitos)
Ie	0,01 mA ... 999 mA	0,01 mA ... 1 mA	±(3 % de lectura + 3 dígitos)
Ic	0,01 mA ... 9,99 A	0,01 mA ... 0,01 A	±(5 % de lectura + 3 dígitos)
Us	0,01 V ... 49,9 V	0,01 V ... 0,1 V	±(1 % de lectura + 3 dígitos)
If1, If2, If3, If4	0,1 mA ... 49,9 A	0,1 mA ... 0,1 A	±(5 % de lectura + 3 dígitos)
Zsel1, Zsel2, Zsel3, Zsel4	0,1 Ω ... 19,9 kΩ	0,1 Ω ... 0,1 kΩ	±(8 % de lectura + 3 dígitos)
f	40,0 Hz ... 25,0 kHz	0,1 Hz ... 0,1 kHz	±(0,2 % de lectura + 1 dígito)
Igen	0,01 mA ... 999 mA	0,01 mA ... 1 mA	±(2 % de lectura + 2 dígitos)
If_sum	0,01 mA ... 99,9 A	0,01 mA ... 0,1 mA	±(5 % de lectura + 3 dígitos)
Uh, Us, Ues	0,01 V ... 49,9 V	0,01 V ... 0,1 V	±(1 % de lectura + 3 dígitos)
Iac	0,1 mA ... 999 mA	0,1 mA ... 1 mA	±(2 % de lectura + 2 dígitos)
R, X	1 Ω ... 19,9 kΩ	1 Ω ... 0,1 Ω	Solo indicación
φ	1 ° ... 360 °	1 °	Solo indicación
I_{dc}	0,1 mA ... 999 mA	0,1 mA ... 1 mA	±(2 % de lectura + 2 dígitos)

15.12 Información general

Alimentación por pila	14,4 V DC (4,4 Ah Li-ion)
Tiempo de carga de la pila.....	4,5 h normalmente (descarga total)
Alimentación por red.....	90-260 V _{AC} , 45-65 Hz, 100 VA
Categoría de sobretensión	300 V CAT II

Duración de carga de las pilas:

Estado inactivo	> 24 h
Mediciones	> 8 h de pruebas continuas con 4 polos, R _c < 2 kΩ
Temporizador de autoapagado	10 min (estado de reposo)

Clasificación de protección aislamiento reforzado 

Categorías de medición 300 V CAT IV

Nivel de contaminación..... 2

Nivel de protección..... IP 65 (carcasa cerrada), IP 54 (carcasa open)

Dimensiones (ancho × alto × largo) 36 cm x 16 cm x 33 cm

Peso 6,0 kg, (sin accesorios)

Advertencias sonoras/visuales sí

Pantalla pantalla TFT a color de 4,3 pulgadas (10,9 cm) 480x272 píxeles con táctil

Condiciones de referencia:

Rango de temp de referencia..... 25 °C ± 5 °C

Rango de humedad de referencia 40 %RH ... 60 %RH

Condiciones de operación:

Rango de temperatura de trabajo -10 °C ... 50 °C

Humedad relativa máx. 90 %RH (0 °C ... 40 °C), sin condensación

Altitud nominal de funcionamiento hasta 3000 m

Condiciones de almacenamiento:

Rango de temperatura -10 °C ... 70 °C

Humedad relativa máx. 90 %RH (-10 °C ... 40 °C)
80 %RH (40 °C ... 60 °C)

Comunicación USB:

Comunicación esclava USB..... separado galvánico

Frecuencia de baudios..... 115200 bit/s

Conector conector USB estándar - tipo B

Comunicación Bluetooth:

El código de emparejamiento del dispositivo: NNNN.

Frecuencia de baudios..... 115200 bit/s

Módulo Bluetooth Clase 2

Datos:

Memoria >1 GBit

Software para PC sí

Las especificaciones que se citan tienen un factor de cobertura $k = 2$, equivalente a un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La exactitud de las mediciones tiene una vigencia de 1 año en las condiciones de referencia. Coeficiente de temperatura fuera de estos límites es 0,2% del valor medido por ° C y 1 dígito.

Apéndice A – Objetos de estructura

Los elementos de estructura utilizados en el organizador de memorias dependen del perfil del instrumento.

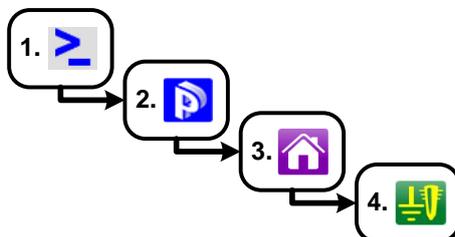


Figura A.1: Jerarquía del organizador de memorias

Símbolo	Nombre por defecto	Parámetros:
	Nodo	/
	Proyecto	nombre del proyecto, descripción del proyecto;
	Edificio	nombre, descripción, ubicación, tipo, potencia nominal, tensión nominal;
	Subestación	nombre, descripción, ubicación, tipo, potencia nominal, tensión nominal;
	Central eléctrica	nombre, descripción, ubicación, tipo, potencia nominal;
	Torre de transmisión	nombre, descripción, ubicación, tipo, tipo de material, potencia nominal, tensión nominal;
	Alumbrado público	nombre, descripción, ubicación, tipo de material, tensión nominal;
	Transformador	nombre, descripción, ubicación, potencia nominal, tensión nominal;
	Pararrayos	nombre, descripción, ubicación;
	Varilla de puesta a tierra	nombre, descripción, ubicación;
	Malla	nombre, descripción, ubicación;
	Valla	nombre, descripción, ubicación;
	Tubería	nombre, descripción, ubicación;

Apéndice B - Cuadro de selección de perfiles

Perfiles disponibles y las funciones de medición para el analizador de tierra:

Funciones de medición disponibles		Código de perfil Nombre	ARAB MI 3290 GF	ARAA MI 3290 GL	ARAC MI 3290 GP	ARAD MI 3290 GX
Grupo	Icono					
2 polos	Tierra		•	•	•	•
3 polos	Tierra		•	•	•	•
4 polos	Tierra		•	•	•	•
Selectiva (pinza de hierro)	Tierra			•		•
2 pinzas	Tierra			•		•
Resistencia de tierra de AF (25 kHz)	Tierra			•		•
Selectiva (pinzas flex 1 – 4)	Tierra				•	•
Pasiva (pinzas Flex 1-4)	Tierra				•	•
Método Wenner	Específico		•	•	•	•
Método Schlumberger	Específico		•	•	•	•
Medición de impulso	Pulso			•		•
Ohmímetro (200 mA)	DC R		•			•
Ohmímetro (7 mA)	DC R		•			•
Medidor de impedancia	AC Z		•			•
Potencial	Potencial		•			•
Fuente de corriente de P&C (Paso y Contacto)	Potencial		•			•
Prueba de cable de tierra de pilón	Prueba				•	•
Medidor de pinza de hierro RMS	Corriente			•		•
Medidor de pinza flex RMS	Corriente				•	•
Verificación de voltímetro	Cuadro de verificación		•	•	•	•
	n		•			
Verificación de amperímetro	Cuadro de verificación			•	•	•
	n					
Verificación de pinzas de hierro, flex	Cuadro de verificación			•	•	•
	n					
						

Apéndice C - Funcionalidad y colocación de puntas de prueba

Para una prueba estándar de la resistencia dos puestas a tierra se utilizan punta de pruebas (voltaje y corriente). Por el cuello de botella de la tensión, es importante que los electrodos de prueba están colocados correctamente. Puede encontrar más información sobre los principios descritos en este documento en el manual: *Puestas a tierra, conexiones y protección para instalaciones y equipos electrónicos.*

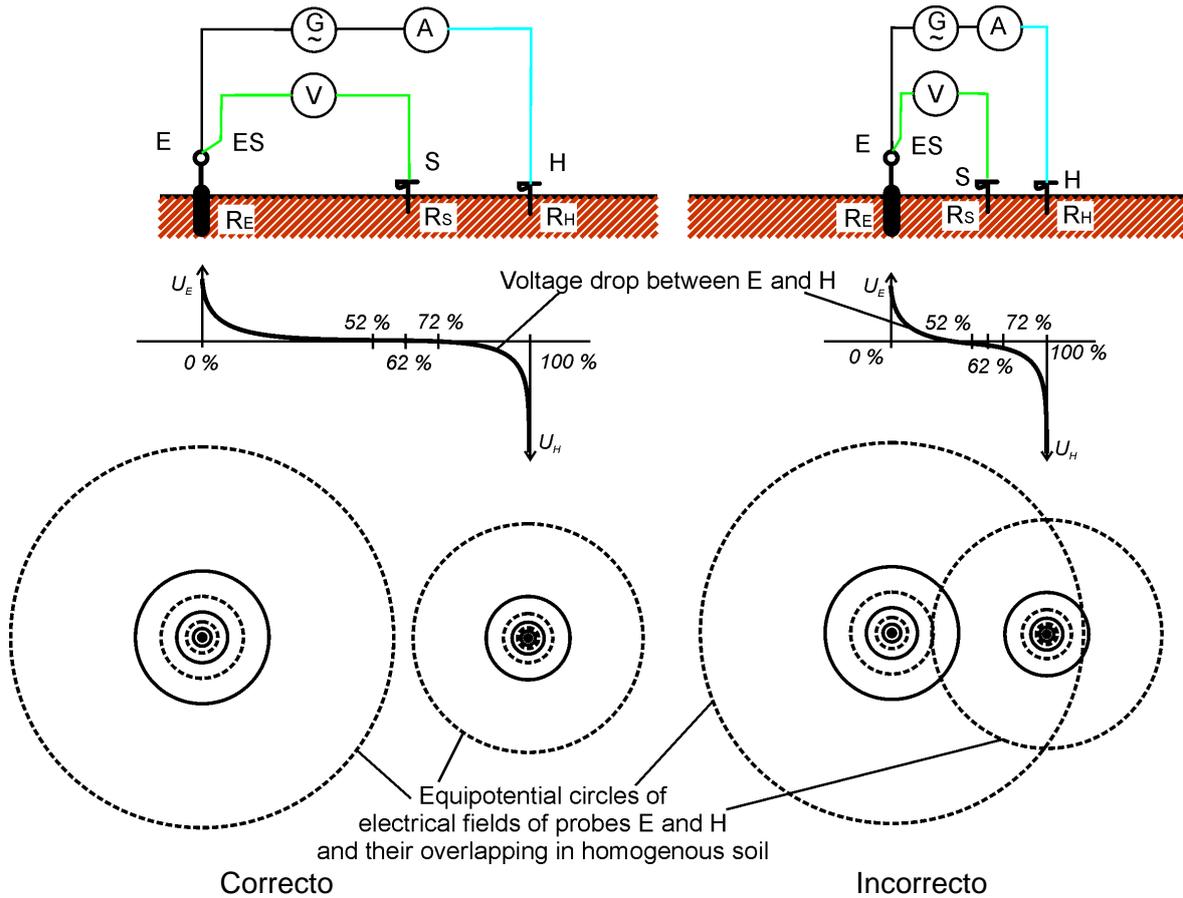


Figura C.1: Colocación de sondas

La sonda E está conectada al electrodo de puesta a tierra (varilla).

La sonda H sirve para cerrar el bucle de medición. La tensión entre la sonda S y E es la caída de tensión en la resistencia medida. La correcta colocación de las sondas es esencial. Si se coloca la sonda S demasiado cerca del sistema de puesta a tierra, entonces la resistencia medida será demasiado pequeña (solo se vería una parte del embudo de tensión).

Si se coloca la sonda S demasiado cerca de la sonda H, entonces la resistencia a tierra medida del embudo de tensión de la sonda H afectaría el resultado.

Es importante conocer el tamaño de la instalación de puesta a tierra a la hora de colocar la sonda de prueba correcta. El parámetro a representa la dimensión máxima del electrodo de puesta a tierra (o sistema de electrodos) y puede definirse según Figura C.2.

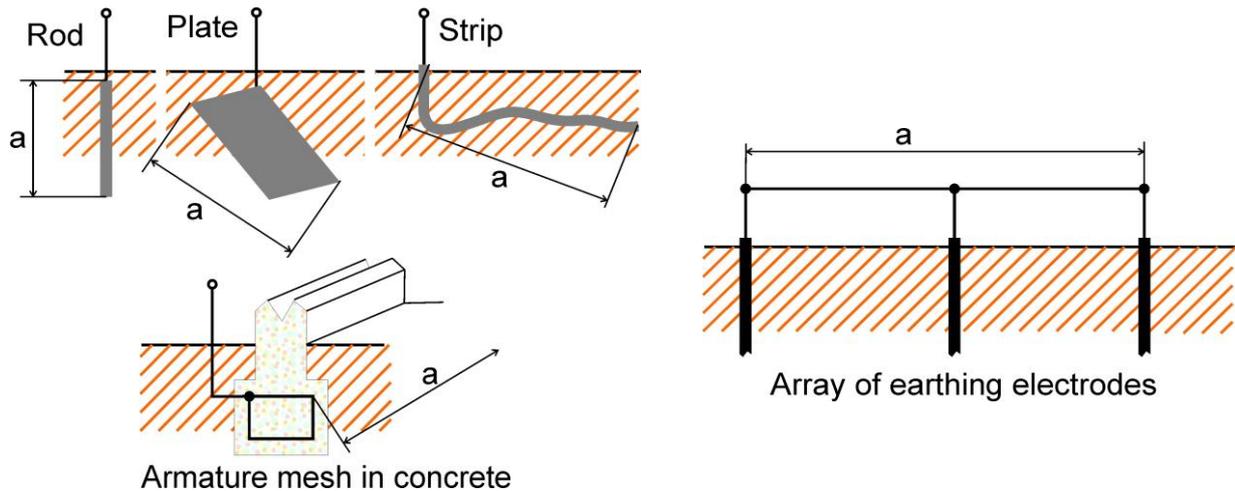


Figura C.2: Definición del parámetro a

Colocación en línea recta

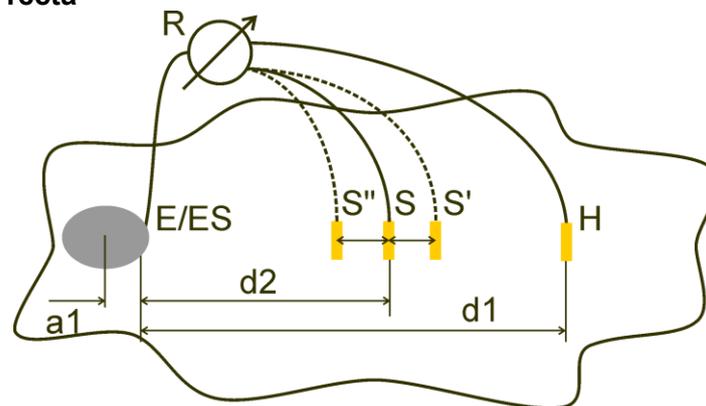


Figura C.3: Colocación en línea recta

Después de definir la dimensión máxima de **a** en un sistema de puesta a tierra, se pueden realizar las mediciones colocando correctamente las sondas de prueba. Con una medición con tres sondas S (S'', S, S') se pretende verificar que la distancia **d1** seleccionada es suficientemente larga.

- La distancia desde el electrodo de puesta a tierra E/ES a la sonda de corriente H será:

$$d_1 \geq 5a$$

- La distancia desde el electrodo de puesta a tierra E/ES a la sonda de potencial S será:

$$d_2 = 0,62d_1 - 0,38a_1 [\Omega]$$

a1.....distancia entre el punto de conexión del sistema de puesta a tierra y el centro.

Medición 1

- La distancia desde el electrodo de puesta a tierra E/ES a la sonda de tensión S será:

$$d_2$$

Medición 2

- La distancia desde el electrodo de puesta a tierra E/ES a la sonda de tensión S será:
 $d_2 = 0,52d_1 - 0,38a_1(S'')$

Medición 3

- La distancia desde el electrodo de puesta a tierra E/ES a la sonda de tensión S será:
 $d_2 = 0,72d_1 - 0,38a_1(S')$

En caso de un seleccionar correctamente d_1 , el resultado de las mediciones 2 y 3 son simétricas respecto al resultado de la medición 1. Las diferencias (medición 2 - medición 1, medición 3 - medición 2) deben ser inferiores al 10%. Diferencias mayores o resultados no simétricos significan que los embudos de tensión están influyendo en la medición y que d_1 debe ser aumentada.

Notas:

- La incertidumbre inicial de resistencia a la tierra depende de la distancia entre electrodos d_1 y el tamaño del electrodo de puesta a tierra a . Puede verse en la Tabla C.4

d_1/a	Incertidumbre [%]
5	10
10	5
50	1

Tabla C.4: Influencia del ratio d_1/a respecto a la incertidumbre inicial

- Es aconsejable repetir la medición con las puntas de prueba en diferentes ubicaciones.
- Las puntas de prueba se colocarán en la dirección opuesta al electrodo probado (180° o por lo menos 90°). El resultado final es un promedio de dos o más resultados parciales.
- Según la norma IEC 60364-6 las distancias S'-S (medición 2) y S''-S (medición 3) debe ser de 6 metros.

Colocación equilátera

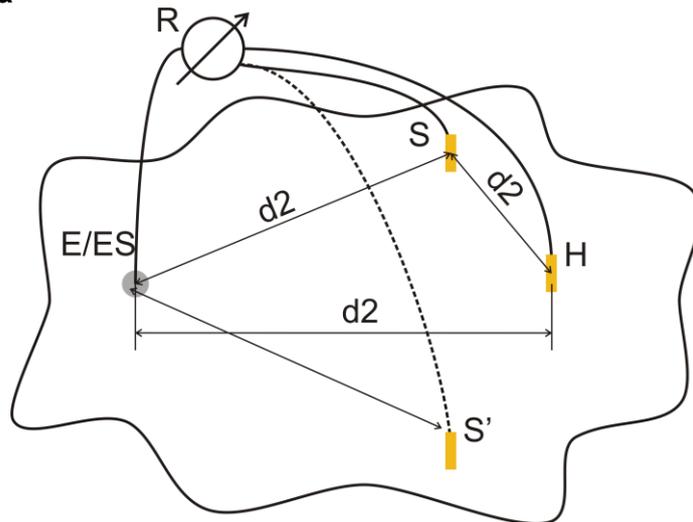


Figura C.5: Colocación equilátera

Medición 1

La distancia entre el electrodo de puesta a tierra a prueba y la sonda de prueba de corriente H y la de tensión S debe ser al menos: $d_2 = 5 \cdot a$

Medición 2

La distancia desde el electrodo de puesta a tierra a la sonda de tensión S (S'): d_2 , lado contrario con respecto a H

La primera medición se debe hacer con las puntas de prueba S y H a una distancia de d_2 . Las conexiones E, puntas de prueba H y S deben formar un triángulo equilátero.

Para la segunda medición la punta de prueba S debe colocarse a la misma distancia d_2 en el lado contrario a la punta de prueba de H. Las conexiones E, puntas de prueba H y S deben formar otra vez un triángulo equilátero. La diferencia entre ambas mediciones no deberá superar el 10%. Si se produce una diferencia superior al 10%, debería incrementarse proporcionalmente la distancia d_2 y repetir ambas mediciones. Una solución simple es intercambiar solo las puntas de prueba S y H (puede hacerse en el lado del instrumento). El resultado final es un promedio de dos o más resultados parciales. Es aconsejable repetir la medición con las puntas de prueba en diferentes ubicaciones. Las puntas de prueba se colocarán en la dirección opuesta al electrodo probado (180° o por lo menos 90°).

Resistencias de sonda de prueba

En general, la sonda de prueba debe tener una resistencia baja a la tierra. En el caso de que la resistencia sea alta (generalmente debido a suelo seco) las puntas de prueba de H y S puedan afectar significativamente el resultado de la medición. Una alta resistencia de la sonda H significa que la mayoría de la caída de tensión a prueba se concentra en la sonda de corriente y la caída de tensión medida del electrodo de puesta a tierra a prueba es pequeña. Una alta resistencia de la sonda S puede formar un divisor de tensión con la impedancia interna del instrumento dando un resultado inferior. La resistencia de la sonda de prueba puede verse reducida por:

- ❑ Riego en las cercanías de las sondas con agua normal o salada.
- ❑ Agotamiento de los electrodos bajo una superficie seca.
- ❑ Aumento del tamaño de la sonda de prueba o puesta en paralelo de las puntas de prueba.

El equipo de prueba METREL muestra advertencias apropiadas en este caso, de acuerdo con la norma IEC 61557-5. Todos los probadores de tierra METREL pueden realizar mediciones exactas para resistencias de la sonda más allá de los límites establecidos en IEC 61557-5.

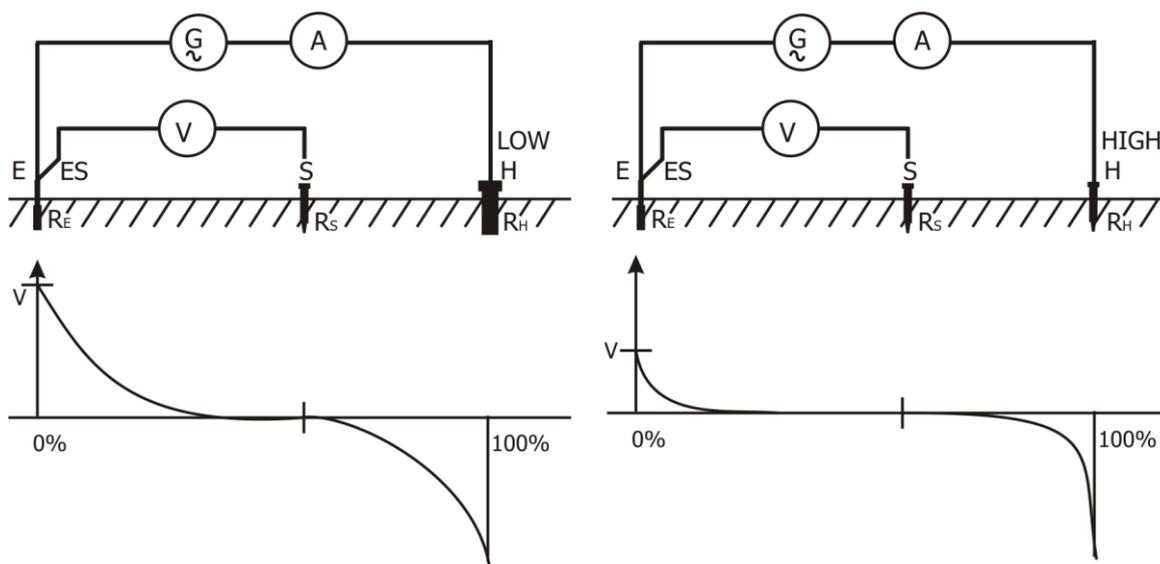
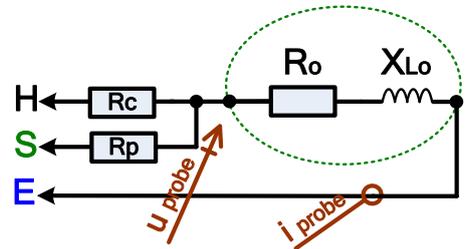


Figura C.6: Diferentes caídas de tensión medidas a alta y baja resistencia de sonda

Apéndice D – Ejemplo de pulso y 3 polos

Descripción de objetos a prueba y diagrama de cableado:

Objeto a prueba	Ro	Lo	RC	RP
Re1	1 Ω	1 μH	50 Ω	200 Ω
Re2	1 Ω	25 μH	50 Ω	200 Ω
Re3	1 Ω	55 μH	50 Ω	200 Ω
Re4	1 Ω	376 μH	50 Ω	200 Ω



Resultados de la medición de impulso:

Impulso [Zp]	Re1	Re2	Re3	Re4
10/350 μs	1,0 Ω	1,1 Ω	2,0 Ω	12,6 Ω

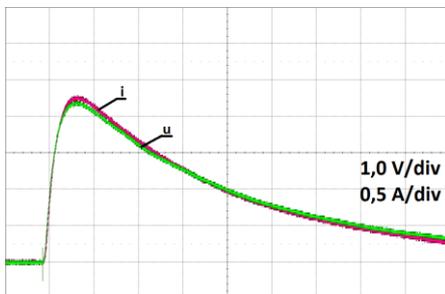


Figura D.1: Captura de osciloscopio Re1

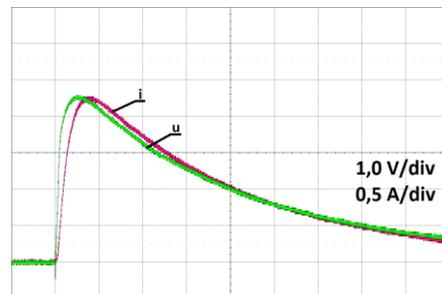


Figura D.2: Captura de osciloscopio Re2

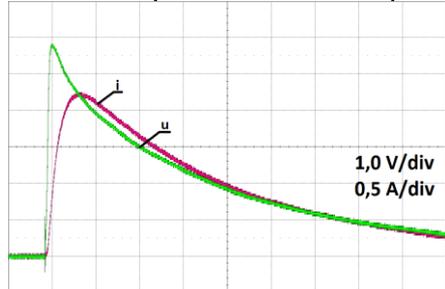


Figura D.3: Captura de osciloscopio Re3

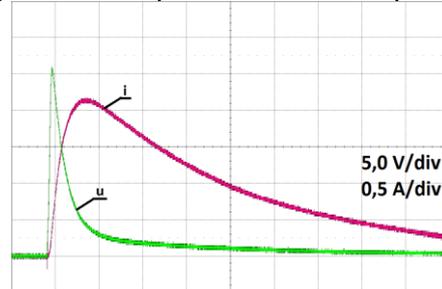
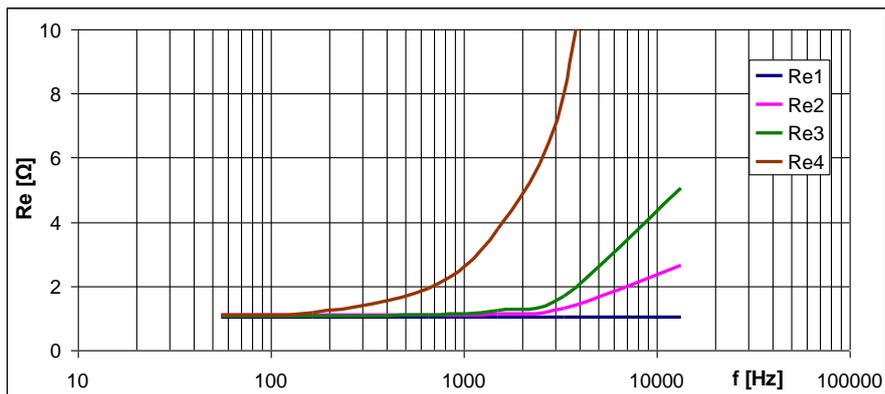


Figura D.4: Captura de osciloscopio Re4

Resultados de medición de 3 polos:

3 Polos [Re]					Valor de impedancia calculados			
Frecuencia de prueba	Re1	Re2	Re3	Re4	Re1	Re2	Re3	Re4
55 Hz	1,04 Ω	1, 10 Ω	1,08 Ω	1,11 Ω	1,0 Ω	1,0 Ω	1,0 Ω	1,0 Ω
164 Hz	1,04 Ω	1,11 Ω	1,08 Ω	1,17 Ω	1,0 Ω	1,0 Ω	1,0 Ω	1,1 Ω
660 Hz	1,04 Ω	1,11 Ω	1,11 Ω	1,93 Ω	1,0 Ω	1,0 Ω	1,0 Ω	1,8 Ω
1,5 kHz	1,04 Ω	1,15 Ω	1,24 Ω	3,78 Ω	1,0 Ω	1,0 Ω	1,1 Ω	3,7 Ω
3,29 kHz	1,04 Ω	1,30 Ω	1,70 Ω	8,02 Ω	1,0 Ω	1,1 Ω	1,5 Ω	7,8 Ω
13,3 kHz	1,04 Ω	2,63 Ω	5,04 Ω	31,5 Ω	1,0 Ω	2,3 Ω	4,7 Ω	31,4 Ω



Apéndice E - Programación de pruebas automáticas en el Metrel ES Manager

El editor de pruebas automáticas es una parte del software Metrel ES Manager. En el editor de pruebas automáticas, se pueden preprogramar y organizar en grupos las pruebas automáticas, antes de cargarlas en el instrumento.

I. Área de trabajo del editor de pruebas automáticas

Para entrar en el área de trabajo del editor de pruebas automáticas, seleccione  en la pestaña de inicio del SW de PC Metrel ES Manager. El área de trabajo del editor de pruebas automáticas se divide en cuatro áreas principales. En la parte izquierda **1** aparece el grupo seleccionado de pruebas automáticas. En la parte del medio del área de trabajo **2**, se muestran los elementos de la prueba automática seleccionada. A la derecha, se muestran la lista de pruebas individuales disponibles **3** y la lista de comandos de flujo **4**.

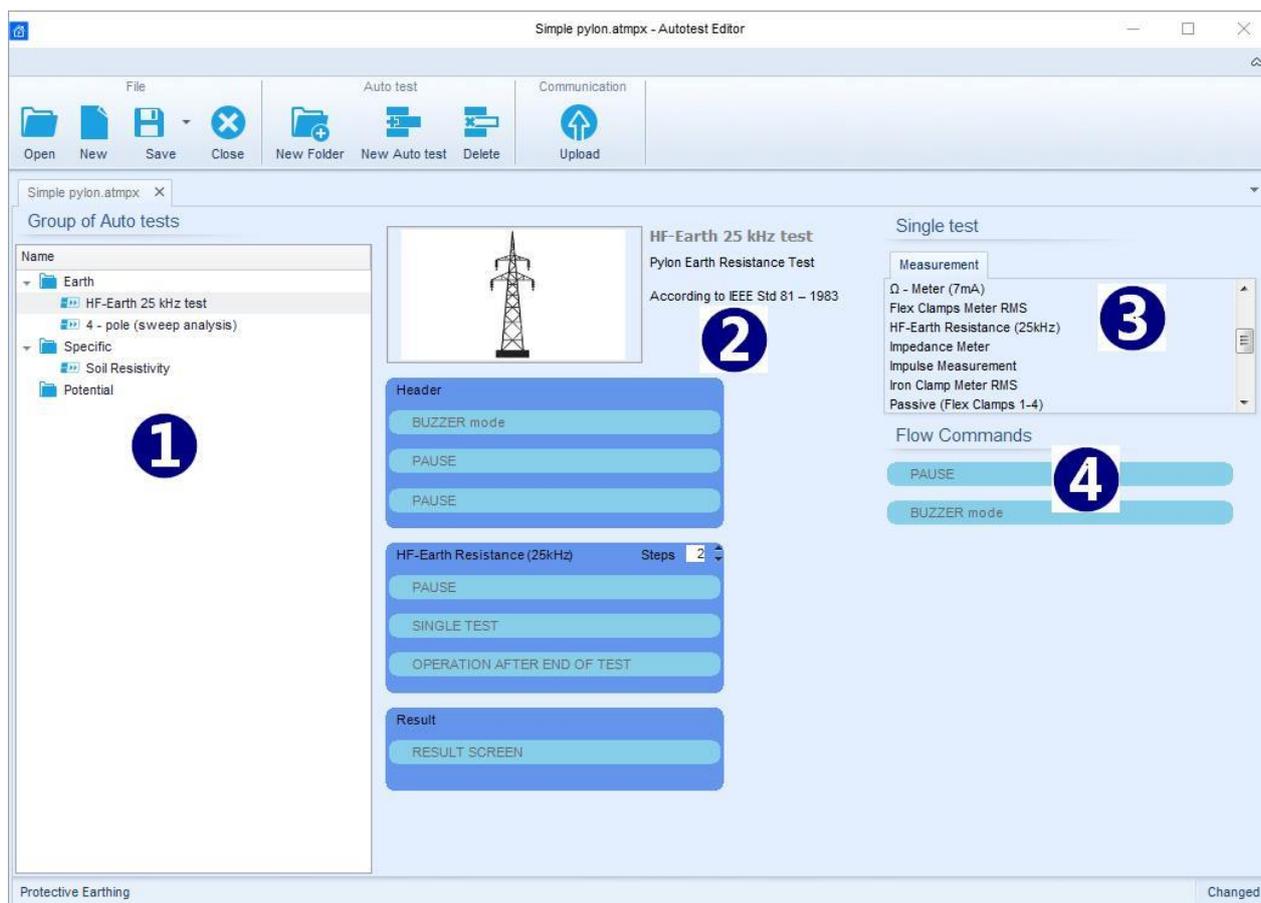


Figura E.1: Área de trabajo del editor de pruebas automáticas

Una prueba automática **2** empieza por Nombre, Descripción e Imagen, seguido por el primer paso (Cabecera), uno o más pasos de medición y termina con el último paso (resultado).

Introduciendo las pruebas individuales apropiadas **3** y comandos de flujo **4** y sus parámetros, se pueden crear secuencias arbitrarias de prueba automática.

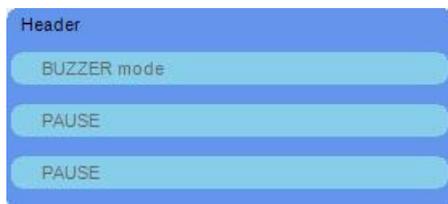


Figura E.2: Ejemplo de un encabezado de prueba automática

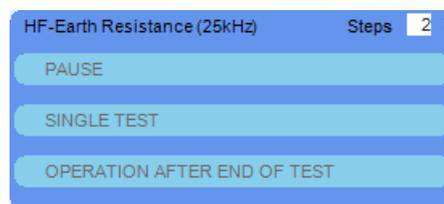


Figura E.3: Ejemplo de un paso de medición

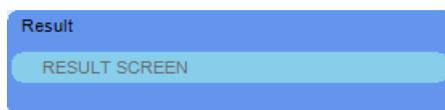


Figura E.4: Ejemplo de una parte del resultado de prueba automática

II. Gestión de grupos de pruebas automáticas

Las pruebas automáticas pueden dividirse en grupos definidos por el usuario de distintas de pruebas automáticas. Cada grupo de pruebas automáticas se almacena en un archivo. Se pueden abrir más archivos simultáneamente en el editor de pruebas automáticas.

Dentro de grupo de pruebas automáticas, se puede organizar la estructura de árbol con carpetas/subcarpetas que tengan las pruebas automáticas. La estructura de árbol del grupo activo de pruebas automáticas se muestra en la parte izquierda del editor de áreas de trabajo, vea la Figura E.5..

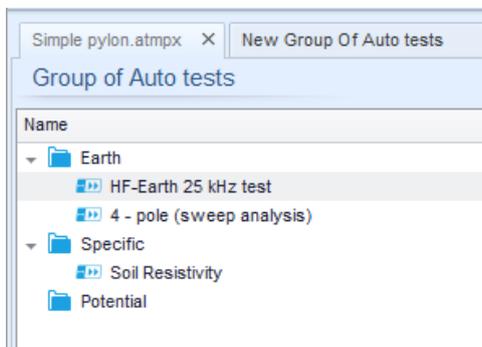


Figura E.5: Organización de grupos de pruebas automáticas

Las opciones de operación para los grupos de pruebas automáticas están disponibles en barra de menú en la parte superior del editor de áreas de trabajo de pruebas automáticas.

Opciones de operación con archivos:



Abre un archivo (grupo de pruebas automáticas).



Salva/guarda el grupo de pruebas automáticas abierto a un archivo.



Crea un nuevo archivo (grupo de pruebas automáticas).



Cierra el archivo (grupo de pruebas automáticas).

Opciones de operación para grupo de pruebas automáticas (también disponibles haciendo clic derecho sobre la carpeta o prueba auto):



Agrega una nueva carpeta / subcarpeta al grupo



Agrega una nueva prueba automática al grupo.



Elimina:
elimina la prueba automática seleccionada.
la carpeta seleccionada con todas las subcarpetas y pruebas automáticas

Un clic derecho sobre la prueba automática o carpeta seleccionada, le da opciones adicionales:



Pruebas Automáticas: Editar nombre, Descripción e imagen (vea la Figura E.6).

Carpeta: Editar el nombre de la carpeta



Pruebas Automáticas: Copiar en el portapapeles

Carpeta: Copiar al portapapeles, incluyendo subcarpetas y pruebas automáticas



Pruebas Automáticas: Cortar al portapapeles

Carpeta: Cortar al Portapapeles junto con todas las subcarpetas y todas las pruebas automáticas



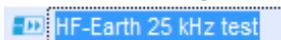
Pruebas Automáticas: Pegarlo en la ubicación seleccionada

Carpeta: Pegarlo en la ubicación seleccionada

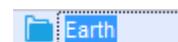
Doble clic en el nombre del objeto permite editar el nombre:

Nombre de la prueba automática: Edita el nombre de la prueba automática

DOBLE CLIC



Nombre de la carpeta: Editar el nombre de la carpeta



Arrastrar y soltar la prueba automática o la carpeta / subcarpeta seleccionada la mueve a una nueva ubicación:

ARRASTRAR
Y SOLTAR



mover a carpeta



insertar

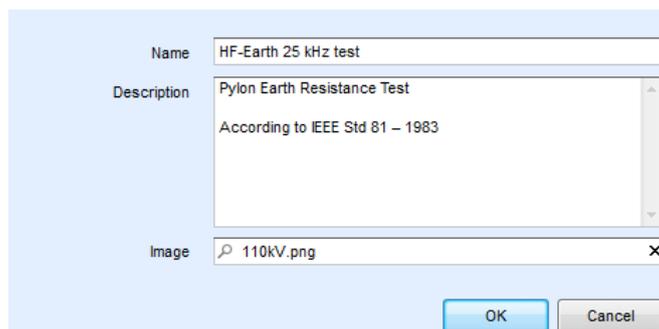


Figura E.6: Edición de un encabezado de prueba automática

III. Elementos de una prueba automática

Pasos de pruebas automáticas

Hay tres tipos de pasos de prueba automática.

Cabecera

El paso de la cabecera está vacío por defecto.

Se pueden agregar flujos de comandos al paso de la cabecera.

Paso de medición

El paso de medición contiene una prueba individual y la operación una vez terminado el comando de flujo de la prueba por defecto. Otros comandos de flujo pueden agregarse también al paso de medición.

Resultado

El paso de resultado contiene el comando de flujo de pantalla de resultado por defecto. Pueden agregarse otros comandos de flujo también al paso de resultado.

Pruebas individuales

Las pruebas individuales son las mismas que menú de medición del Metrel ES Manager.

Pueden establecer los límites y parámetros de las mediciones. No se puede establecer los resultados y subresultados.

Comandos de flujo

Se usan los comandos de flujo para controlar el flujo de las mediciones. Consulte el capítulo Descripción de comandos de flujo para obtener más información.

Número de pasos de medición

A menudo el mismo paso de medición tiene que realizarse en varios puntos del dispositivo a prueba. Es posible establecer cuántas veces se repetirá un paso de una medición. Todos los resultados de pruebas individuales llevadas a cabo se almacenan en el resultado de la prueba automática como si estuviesen programadas como pasos de medición independientes.

IV. Crear / modificar una prueba automática

Si crea una nueva prueba automática desde cero, el primer paso (cabecera) y el último paso (resultado) se ofrecen por defecto. Los pasos de medición deben ser introducidos por el usuario.

Opciones:

Agregar un paso de medición

Haciendo doble clic en una prueba individual, un nuevo paso de medición aparecerá como el último de los pasos de la medición. También puede ser arrastrar y soltar en la posición adecuada en la prueba automática.

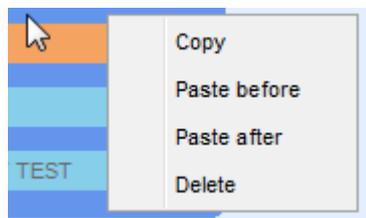
Agregar comandos de flujo El comando de flujo seleccionado puede ser arrastrado desde la lista de comandos de flujo y soltado en el lugar apropiado en cualquier paso de la prueba automática.

Cambio de posición del comando de flujo dentro de un paso Haciendo clic en un elemento y el utilizando las teclas  y .

Ver / cambiar los parámetros de comandos de flujo o pruebas individuales. Haciendo doble clic en el elemento.

Ajustar el número de pasos de medición Estableciendo un número de 1 a 20 en el campo .

Haga clic derecho sobre el paso de medición seleccionado / comando de flujo



Copiar – pegar antes de

Un paso / flujo de comando de medición puede copiarse y pegarse sobre la ubicación seleccionada en el mismo o en otra prueba automática.

Copiar – pegar después de

Un paso / flujo de comando de medición puede copiarse y pegarse bajo la ubicación seleccionada en el mismo o en otra prueba automática.

Eliminar

Elimina el paso de medición / comando de flujo seleccionado.

V. Descripción de los comandos de flujo

Al hacer doble clic en Insertar comando de flujo se abre la ventana de menú, donde se puede introducir texto o imagen, se puede activar la señalización externa y comandos externos y se pueden establecer parámetros. Al final de una prueba el dispositivo va automáticamente a la pantalla de resultados con comandos de flujo, el resto de comando pueden seleccionarse desde el menú de comandos de flujo.

Pausa

Una pausa con un mensaje de texto o imagen se puede insertar en cualquier lugar en los pasos de medición. El icono de advertencia se puede establecer solo o añadido a un mensaje de texto. Se puede introducir un mensaje de texto arbitrario en el campo texto de la ventana de menú.

Parámetros:

Tipo de pausa: Mostrar texto o aviso seleccione para mostrar el icono de advertencia

Mostrar imagen  Navegar para buscar la ruta de la imagen

Duración en segundos, infinitos no hay entrada

Modo de zumbido

El éxito o fracaso de una Medición se indica con pitidos.

- Éxito – doble pitido después de la prueba
- Fracaso – pitido largo después de la prueba

El pitido ocurre justo después de la medición de prueba individual.

Parámetros:

Estado On – activa el modo de zumbador
Off – desactiva el modo de zumbador

Operaciones tras una prueba

Este comando de flujo controla el proceso de la prueba automática en cuanto a los resultados de medición.

Parámetros:

Operaciones tras una prueba - PASS (ÉXITO) - FAIL (FRACASO) - NO STATUS (NINGÚN ESTADO)	La operación puede ajustarse individualmente para cada caso: pass, fail o no status.
	Manual – La secuencia de prueba se detiene y espera un comando adecuado (tecla enter) para continuar.
	Auto – La secuencia de prueba procede automáticamente.