



**MTDYC 2.03.10**

**FECHA: ABRIL, 1.995**

MANUAL TECNICO DE DISTRIBUCION Y CLIENTES

**REALIZACION E INTERPRETACION DE MEDICIONES DE  
PUESTAS A TIERRA DE LOS APOYOS DE LINEAS AEREAS  
Y DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACION**

---

**NORMATIVO**

**INFORMATIVO**

**Promotor:** **INSIS-NOTEC**



**MTDYC 2.03.10**

**FECHA: ABRIL, 1.995**

MANUAL TECNICO DE DISTRIBUCION Y CLIENTES

ORGANISMO	FECHA	FIRMA	ORGANISMO	FECHA	FIRMA
			NOTEC	95-05-03	<i>[Handwritten signature]</i>
			INSIS	95-05-08	<i>[Handwritten signature]</i>

**REALIZACION E INTERPRETACION DE MEDICIONES DE  
PUESTAS A TIERRA DE LOS APOYOS DE LINEAS AEREAS  
Y DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACION**

**INDICE**

	Página
0 INTRODUCCION .....	2
1 OBJETO.....	2
2 CAMPO DE APLICACIÓN .....	2
3 DOCUMENTOS DE CONSULTA .....	2
4 REALIZACION DE LAS MEDICIONES.....	2
4.1 Condiciones generales.....	2
4.2 Equipo de medida.....	3
4.4 Mediciones de la resistividad del terreno.....	5
5 PROTOCOLO DE MEDICIONES .....	6

## 0 INTRODUCCION

Este documento anula y sustituye al MTD 3.2.5.6-2.

## 1 OBJETO

El objeto de esta guía es el de establecer el procedimiento a utilizar en la realización de mediciones de puestas a tierra de los apoyos de las líneas aéreas de A.T. y de centros de transformación.

## 2 CAMPO DE APLICACIÓN

Esta guía es de aplicación para la realización de las medidas de:

- resistencia de difusión de puesta a tierra
- resistividad del terreno,

En el primero de los supuestos la resistencia se medirá en todos los apoyos de líneas aéreas y en el segundo, la resistividad en los centros de transformación y en algunos casos concretos de líneas aéreas, como cruces y proximidad de gaseoductos y oleoductos.

## 3 DOCUMENTOS DE CONSULTA

- MTDYC [2.23.31](#) Construcción de líneas aéreas de alta tensión. Ejecución de las puestas a tierra de los apoyos.
- MTDYC [2.11.30](#) Criterios de diseño de puestas a tierra de los centros de transformación.
- MTDYC [2.11.31](#) Criterios de ejecución de puestas a tierra de los centros de transformación.

## 4 REALIZACION DE LAS MEDICIONES

### 4.1 Condiciones generales

- Las mediciones de puesta a tierra, en las líneas con cable de tierra, se realizarán independizando las puestas a tierra de la línea.
- En el resto de instalaciones para realizar las mediciones, también se independizará la puesta a tierra del apoyo de la línea. Cuando esto no sea viable, se tomarán las medidas adecuadas para proteger al operador de las mediciones de posibles sobretensiones.

- Se evitará el realizar mediciones en situaciones atmosféricas tormentosas.
- Antes de iniciar las mediciones se comprobará el estado de las pilas o de la batería del telurómetro.
- Los cables de línea, que enlazan el telurómetro con las picas, deben estar en buen estado no debiendo cruzarse, ni ir paralelos en distancias largas, a fin de impedir acoplamientos indeseados.
- Las picas deberán clavarse en el suelo a una profundidad "p" suficiente para que quede sujeta. Cuando esto no sea posible debido a las características del suelo (roca, hormigón, asfalto), se humedecerá el terreno con agua salada, colocando encima la pica envuelta en un paño también humedecido con agua salada.
- En la [tabla 2](#) se adjuntan valores tipo de resistividad de diferentes terrenos.

## 4.2 Equipo de medida

El equipo para la realización de medidas, tanto de la resistencia de la puesta a tierra de los apoyos de líneas aéreas y de centros de transformación, como de la resistividad del terreno, estará formado por un aparato de medida "telurómetro" y sus accesorios: picas, cables, etc.

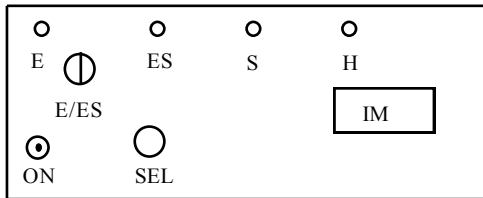
El telurómetro, fundamentalmente consta de un conmutador de diferentes rangos de lectura directa, un galvanómetro de puesta a "0" de cuatro bornas, dos de circuito de intensidad y dos de circuito de tensión, con un sistema de puente que una las salidas. Los accesorios consisten en dos o cuatro picas auxiliares y tres o cuatro cables de línea, según se trate de la medición de la puesta a tierra o de la resistividad del terreno, respectivamente.

El telurómetro deberá cumplir las disposiciones para mediciones de puestas a tierra según el principio potenciométrico, siguientes:

- alcance de medidas de  $0,1 \Omega$  a  $9,99 K \Omega$ ,
- precisión, error de funcionamiento en condiciones nominales máx.  $\pm 30\%$  de los indicados en la [tabla 1](#) adjunta,
- frecuencia de la tensión media  $108 \pm 3$  Hz,

y en cuanto a los grados de protección deberá cumplir con el tipo IP52 de la norma UNE 20 324-93.

En el mercado existen varios tipos de telurómetros que suelen tener una de las configuraciones siguientes:



E, H - Bornas de intensidad

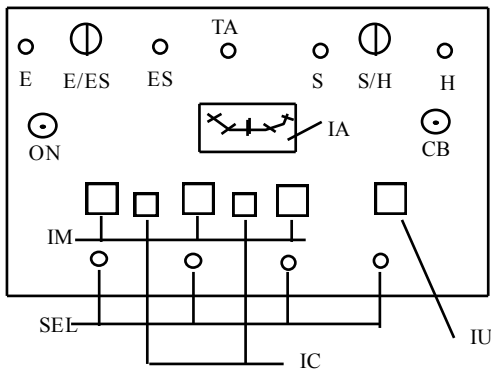
ES, S- Bornas de tensión

E/ES- Interruptor circuito E-ES

S/H- Interruptor circuito S-H

ON- Pulsador conexión aparato

CB- Pulsador control de batería



IM- Indicador de la medición

IU- Indicador de unidades

IC- Indicador de coma

SEL- Selector de escalas

IA- Indicador de aguja

TA- Tornillo de ajuste

Fig. 1

### 4.3 Medición de puesta a tierra

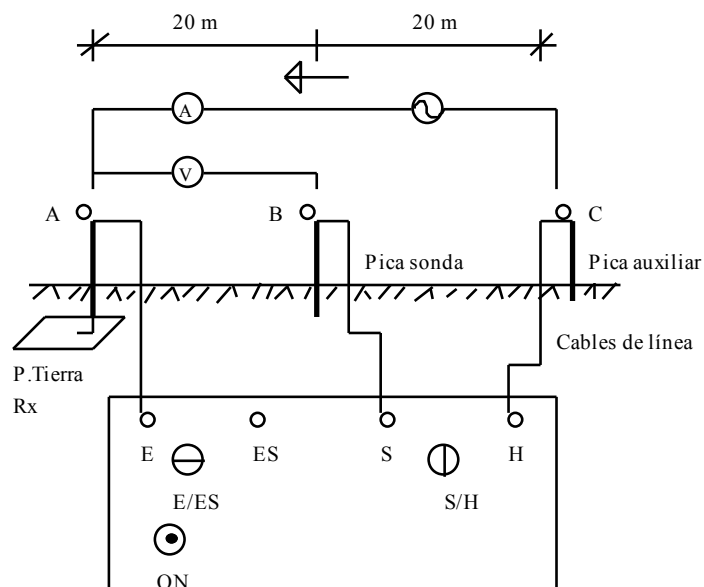


Fig. 2

Para obtener la resistencia de difusión  $R_x$  de la puesta a tierra (electrodo A), se procederá de la siguiente forma:

- Clavar "p" m en el suelo y a una distancia del electrodo A de 20 y 40 m las picas B y C respectivamente, debiendo quedar las tres picas en línea sensiblemente recta.
- Conectar los cables de línea picas-bornas del telurómetro, según indica la [figura 2](#).
- El interruptor E/ES estará conectado y el S/H desconectado.
- Actuar sobre el selector de escalas SEL.
- Conectar el aparato presionando ON.
- Leer el valor de medida en la/las ventanas IM.

Deberán tenerse en cuenta las instrucciones de uso del telurómetro que se utilice para realizar las mediciones.

#### 4.4 Mediciones de la resistividad del terreno

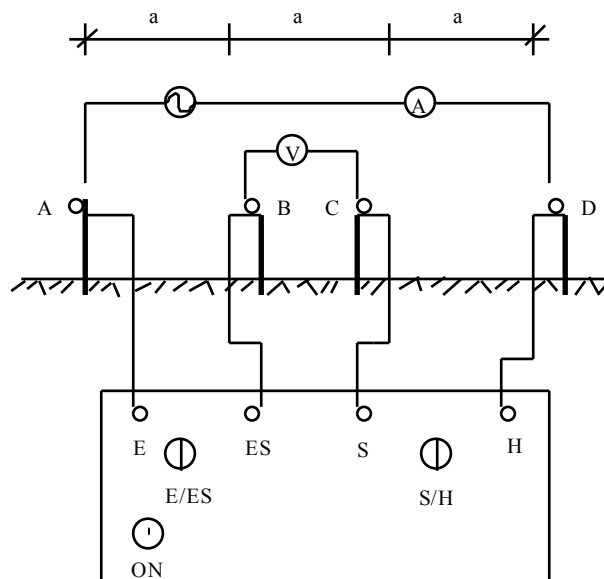


Fig. 3

La medida de resistividad del terreno, se realizará según el método Wenner, cuyo esquema se representa en la parte superior de la [figura 3](#).

Para hacer la medición de la resistividad del terreno, procederemos de la siguiente forma:

- Clavar "p" m en el terreno, cuatro picas en línea recta separadas entre sí la distancia "a".
- Conectar los cables de línea picas-bornes del telurómetro, según indica la [figura 3](#).
- Los interruptores E/ES y S/H estarán desconectados.
- Actuar sobre el selector de escalas SEL.
- Conectar el aparato presionando ON.
- Leer el valor de medida en la/las ventanas IM = R.

El valor de la resistividad del terreno " $\rho_e$ " en  $\Omega \cdot m$  vendrá dado por:

$$\rho_e = 2 \pi \cdot a \cdot R = 6,3 \cdot a \cdot R \quad \Omega \cdot m$$

siendo "a" distancia entre picas en m y "R" medida del telurómetro en  $\Omega$ .

- La distancia "a" estará comprendida entre 1 y 4 m, debiendo tomarse como mínimo medidas a 2 y 4 m.
- La profundidad de las picas en el terreno, no debe ser superior a 1/20 de la distancia "a" o sea  $p = 0,05 a$ .

Deberán tenerse en cuenta las instrucciones del uso del telurómetro que se utilice para realizar las mediciones.

## 5 PROTOCOLO DE MEDICIONES

En la medición de las puestas a tierra de los apoyos, los valores obtenidos del telurómetro se pasan directamente al "Protocolo de toma de tierra", teniendo en cuenta el orden de mediciones que se indica en dicho protocolo.

En cuanto a la medición de la resistividad del terreno, se cumplimentará el "Protocolo de medidas de resistividad del terreno" adjunto, que corresponda a los mismos criterios.

**TABLA 1**

ALCANCE 9,99 $\Omega$		ALCANCE 99,9 $\Omega$		ALCANCE 999 $\Omega$		ALCANCE 9,99 k $\Omega$	
máx. R <sub>E</sub> requerida	indicación máx.	máx. R <sub>E</sub> requerida	indicación máx.	máx. R <sub>E</sub> requerida	indicación máx.	máx. R <sub>E</sub> requerida	indicación máx.
0,1	0,08	-	-	-	-	-	-
0,5	0,47	-	-	-	-	-	-
1,0	0,94	10	9,4	100	93	1 k	0,87 k
2,0	1,91	20	19,1	200	187	2 k	1,84 k
3,0	2,88	30	28,8	300	282	3 k	2,82 k
4,0	3,85	40	38,5	400	380	4 k	3,80 k
5,0	4,82	50	48,2	500	477	5 k	4,77 k
6,0	5,79	60	57,8	600	574	6 k	5,74 k
7,0	6,76	70	67,4	700	672	7 k	6,72 k
8,0	7,73	80	76,9	800	769	8 k	7,69 k
9,0	8,70	90	86,3	900	866	9 k	8,66 k
9,99	9,66	99,9	95,6	999	963	9,99 k	9,63 k

Según VDE 0413, parte 5

**Tabla 2**

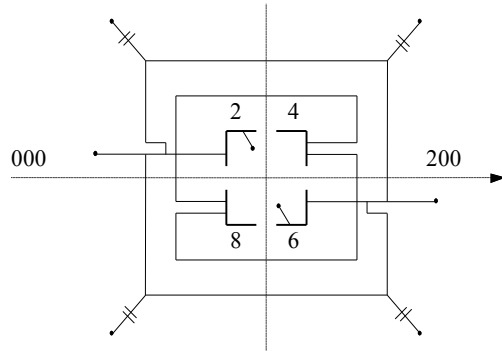
NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHMIOS METRO
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3 000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1 500 a 3 000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1 000 a 5 000
Calizas agrietadas	500 a 1 000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1 500 a 10 000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600
Hormigón	2 000 a 3 000
Basalto o grava	3 000 a 5 000

Según MIE-RAT 13



**CROQUIS DE LA TOMA DE TIERRA**

SOBRE EL CROQUIS ADJUNTO SE REMARCARA LA DISPOSICION DE LAS ZANJAS DE LA T.T.



CONCEPTO	PICAS		LONGITUD DE ZANJA DE 0,40 DE ANCHO X PROFUNDIDAD			APORTACION TIERRA VEGETAL
	TIERRA	ROCA	TIERRA		ROCA	
			0,60	0,80	0,40	LONG.ZANJA
PUESTA A TIERRA	ZANCAS					
	1 <sup>er</sup> ANILLO					
MEJORA DE TIERRA	2º ANILLO					
	ANTENAS					
	TOTAL					

**MATERIALES**

PICAS.....	U
CABLE DE COBRE DE 50 mm <sup>2</sup> .....	m
CONEXIONES CABLES.....	U
CONEXIONES CABLE-PICA.....	U
CONEXIONES CABLE-APOYO.....	U

TIPO DE TERRENO..... (ARENA,ARCILLA, ROCA, PANTANOSO)  
 ESTADO DEL TERRENO..... (MUY SECO, SECO,SEMI-HUMEDO, HUMEDO)  
 FECHA DE EJECUCION PT..... MT ..... Ω

**MEDIDAS DE RESISTENCIA DE DIFUSION EN Ω**

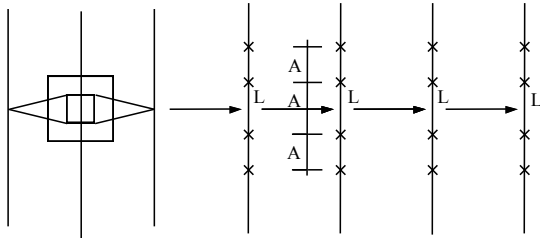
ZONA	PUESTA A TIERRA				MEJORA DE TIERRA				MEJORA ESPECIAL	TOMA DE TIERRA COMPLETA	
	ZANCA	ZANCA	1 <sup>er</sup> ANILLO	CONJUNTO	2º ANILLO	CONJUNTO	ANTENAS	CONJUNTO		SIN LINEA	CON LINEA
N	X	X	-	X	-	-	X	X	-	X	X
A	X	X	X	X	-	-	X	X	-	X	X
F-PC-AM	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

**REVISIONES**

FECHA	ESTADO DEL TERRENO	Ω

**CONFORME**  
 CONTRATISTA..... EL JEFE DE TRABAJOS ..... a ..... de ..... de 19 .....

**ENTERADO**  
 SUPERVISOR DE IDL



**MEDIDAS DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO**

TIPO DE TERRENO  
ESTADO DEL TERRENO

FECHA DE LA REALIZACION DE MEDIDAS .....

$\rho_e = 6,3 \cdot a \cdot R$        $a = \text{en m.}$

R = Resistencia medida con el telurómetro en  $\Omega$

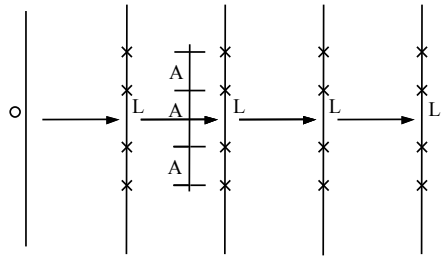
DISTANCIA "L" DEL APOYO EN m	DISTANCIA "A" ENTRE PICAS EN m.											
	1 m		2 m		3 m		4 m		m		m	
	LECTURA TELUROM.	$\rho_e \Omega \cdot m$	LECTURA TELUROM.	$\rho_e \Omega \cdot m$	LECTURA TELUROM.	$\rho_e \Omega \cdot m$	LECTURA TELUROM.	$\rho_e \Omega \cdot m$				
5												
10												
15												
20												
25												
30												

CONTRATISTA .....

**CONFORME**  
EL JEFE DE TRABAJOS

..... a ..... de ..... de 19 .....

**ENTERADO**  
SUPERVISOR DE IDL



$\rho_e = 6,3 \cdot a \cdot R$        $a = \text{en m.}$

R = Resistencia medida con el telurómetro en  $\Omega$

**MEDIDAS DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO**

TIPO DE TERRENO  
ESTADO DEL TERRENO

FECHA DE LA REALIZACION DE MEDIDAS.....

DISTANCIA "L" DEL CENTRO EN m	DISTANCIA "A" ENTRE PICAS EN m.											
	1 m		2 m		3 m		4 m		m		m	
	LECTURA TELUROM.	$\rho_e$ $\Omega \cdot m$	LECTURA TELUROM.	$\rho_e$ $\Omega \cdot m$	LECTURA TELUROM.	$\rho_e$ $\Omega \cdot m$	LECTURA TELUROM.	$\rho_e$ $\Omega \cdot m$				
5												
10												
15												
20												
25												
30												

CONTRATISTA .....

**CONFORME**  
EL JEFE DE TRABAJOS

..... a ..... de ..... de 19 .....

**ENTERADO**  
SUPERVISOR DE IDL