

ENSAYOS DE AISLACIÓN Y CONTINUIDAD EN CABLES APANTALLADOS DE MEDIA TENSIÓN

0.- Trámite y Revisiones

0.1.- Trámites

Este documento fue elaborado por un grupo de trabajo integrado por:

Andres Bevc	Proyectos Eólicos
Daniel Scanagatta	Normalización Técnica y Control de Calidad
Andrés Cardozo	Normalización Técnica y Control de Calidad
Martín Carrara	Normalización Técnica y Control de Calidad
Andrés Lorenzo	Mantenimiento Redes
Leonardo Campón	Explotación Interior (Este)

0.2.- Revisiones

MODIFICACIONES A LA VERSIÓN 02 del IT-DIS-AO-PM10-02	
APARTADO	APARTADO
7.2.3.	Se modifican los valores de tensión rms para la forma de onda coseno-rectangular a aplicar para cables nuevos según la norma IEEE 400-2 vigente (versión 2013).
MODIFICACIONES A LA VERSIÓN 01 del IT-DIS-AO-PM10-01	
APARTADO	APARTADO
-	Se modifica el título del documento
2.1.; 2.2.	Se actualizan documentos de referencias internos y externos
3.1.-	Se actualizan abreviaturas
7.2.-	Se agregan los ensayos de Descargas parciales y Tangente de delta para cable nuevos.
MODIFICACIONES A LA VERSIÓN 00 del IT-DIS-OB-0007	
APARTADO	DESCRIPCIÓN
Se cambia la codificación por pasar a ser un IT de actividades operativas, ya que aplica a obras y mantenimiento.	
1.-	Se incluye mayor detalle en el objetivo y en el ámbito de aplicación.
2.2.-	Se actualizan referencias externas.
3.1	Se actualizan abreviaturas.
7.-	Se actualizan ensayos y se agrega ensayo de Medición de la continuidad y resistencia óhmica de la pantalla metálica.

Versión: 03 Vigencia: 24/05/2018	Revisado por:	Aprobado por:
-------------------------------------	---------------	---------------

INDICE

0.-	TRÁMITE Y REVISIONES	1
0.1.-	TRÁMITES.....	1
0.2.-	REVISIONES.....	1
1.-	OBJETIVO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN	3
2.-	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	3
2.1.-	INTERNOS.....	3
2.2.-	EXTERNOS	3
3.-	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	3
3.1.-	ABREVIATURAS	3
4.-	REQUISITOS DE SEGURIDAD	4
5.-	INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....	4
6.-	MATERIALES	4
7.-	DESARROLLO DE TAREAS.....	4
7.1.-	GENERALIDADES.....	4
7.2.-	ENSAYOS	4
7.2.1.-	<i>Medición de la continuidad y resistencia óhmica de la pantalla metálica</i>	<i>5</i>
7.2.2.-	<i>Rigidez dieléctrica de la cubierta.....</i>	<i>6</i>
7.2.3.-	<i>Rigidez dieléctrica del aislamiento</i>	<i>7</i>
7.2.4.-	<i>Ensayo de descargas parciales.....</i>	<i>8</i>
7.2.5.-	<i>Ensayo de tangente delta</i>	<i>9</i>
8.-	REGISTROS.....	9
9.-	INVOLUCRADOS	10
10.-	ANEXOS.....	10

1.- Objetivo y ámbito de aplicación

Definir el procedimiento para efectuar los ensayos de los cables de Media Tensión (MT), de tensiones nominales U_o/U : 6/10 kV (API), 8.7/15 kV (API), 12/20 kV (XLPE), 18/30 kV (API y XLPE) y 38/66 kV (XLPE), y de sus accesorios, antes de su puesta en servicio en la Red de Distribución de UTE. Aplica para cables nuevos o cables en servicio que han sido reparados.

Es de aplicación en todo el ámbito geográfico de DIS.

2.- Documentos de referencia

2.1.- Internos

IT-DIS-OB-0010	-	Señalización y delimitación de la zona de trabajo
FO-DIS-OB-0164	-	Prueba aislación y continuidad
NO-DIS-MA-5107	-	Diagnóstico preventivo de cables subterráneos de MT con aislación XLPE (Método “OFF-LINE”)

2.2.- Externos

IEEE Std 400.2: “Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Using Very Low Frequency (VLF) (less than 1 Hz)”.

IEEE Std 400.3: “Guide for Partial Discharge Testing of Shielded Power Cable Systems in a Field Environment”.

IEC 55-1: “Tests on impregnated paper insulated metal-sheathed cables”.

IEC 60502-2: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) – Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)

IEC 60840: “Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV) up to 150 kV ($U_m = 170$ kV) – Test methods and requirements”.

3.- Definiciones y Abreviaturas

3.1.- Abreviaturas

MT	-	Media Tensión
XLPE	-	Polietileno reticulado
API	-	Aislación de papel impregnado
DIS	-	Distribución
OB	-	Obras
DP	-	Descargas Parciales
TD	-	Tangente de delta
VLF	-	Extra baja frecuencia (Very Low Frequency)
PDIV	-	Tensión de ignición de la descarga parcial

4.- Requisitos de seguridad

Para controlar los riesgos generados por las actividades que se están desarrollando y el contexto operacional, se debe seleccionar y utilizar la combinación de Fichas Preventivas que correspondan.

Durante la ejecución de la tarea se debe señalizar o delimitar la zona de trabajo según el IT-DIS-OB-0010 Señalización y delimitación de la zona de trabajo.

5.- Instrumentos de Medida

- Medidor de rigidez dieléctrica
- Medidor de resistencia eléctrica
- Medidor de nivel de DP
- Medidor de nivel de TD

6.- Materiales

No aplica

7.- Desarrollo de Tareas

7.1.- Generalidades

Este procedimiento se aplica en todos los nuevos tendidos de las líneas subterráneas de MT realizados con cables de aislación XLPE contemplados en la norma NO-DIS-MA-1502 o bien cables API contemplados en la norma IEC-55, antes de su puesta en servicio, tanto para los tendidos realizados por UTE como los realizados por terceros, como parte del control de calidad y antes de emitir la certificación de finalización de la obra. Asimismo, este procedimiento se aplica a cables subterráneos MT de tendidos existentes que se reparen, como parte del control de calidad y antes de emitir la certificación de las reparaciones efectuadas en ellos.

El tramo de cable se prueba una vez montados sus accesorios y toda manipulación necesaria para su instalación.

En los casos de tramos mixtos (cables nuevos instalados empalmados con otros que han estado en explotación) UTE se reserva el derecho de ensayar ambos tramos en forma separada, cada uno con los controles de calidad correspondientes que son detallados más adelante. Una vez empalmados, los ensayos a realizar son los correspondientes a los de un cable existente.

También a consideración de UTE podrán ensayarse cables en dos o más tramos, en caso que el largo total impida la realización de algunos de los ensayos de acuerdo a esta normativa.

7.2.- Ensayos

Se realizan los siguientes ensayos, de acuerdo al siguiente orden:

- Medición de la continuidad y resistencia óhmica de la pantalla metálica.
- Rigidez dieléctrica de la cubierta.
- Rigidez dieléctrica del aislamiento.
- Ensayo de nivel de descargas parciales
- Ensayo de tangente delta

Para casos excepcionales en los que las necesidades de Explotación lo requieran (cables en servicio), se puede omitir algunos de los ensayos.

Un resultado no satisfactorio en cualquiera de las pruebas enumeradas implica la suspensión de las pruebas siguientes y la localización y reparación de la anomalía.

Una vez realizada la reparación se procede a la repetición de esa prueba y de las que pudieran ser afectadas por la reparación efectuada.

Se debe entregar el informe de las pruebas realizadas.

En tramos de cables nuevos (terna unipolar) se pueden admitir las siguientes reparaciones:

- En la cubierta hasta tres reparaciones por km.
- En la pantalla:
 - En cables de menos de 100 m ninguna reparación.
 - En cables de más de 100 m, una reparación por km.
- En el aislamiento:
 - En cables de menos de 100 m ninguna reparación.
 - En cables de más de 100 m, una reparación por km.

7.2.1.- Medición de la continuidad y resistencia óhmica de la pantalla metálica

La comprobación de la calidad de la pantalla es importante para la vida útil de los cables y en caso de existir fallos en la misma, se procede en los casos de cables nuevos a la localización y reparación inmediata de los defectos.

7.2.1.1.- Ejecución

Unir las pantallas de los tres cables entre sí en un extremo y desconectarlas de tierra. La conexión de las tres pantallas entre sí, debe realizarse correctamente para no introducir resistencia adicional en el circuito a medir.

Conectar en el otro extremo el medidor entre dos pantallas y medir los valores de resistencia en los tres pares de pantallas como a continuación se detalla.

El equipo de medida (medidor de resistencias de bajo valor) a utilizar, debe cumplir con las siguientes características mínimas:

- Capacidad de medir resistencias en el rango 10mΩ a 10Ω con:
 - Exactitud: 0.3% de la lectura o mejor.
 - Resolución: 10mΩ o mejor.
- La corriente inyectada por el sistema de medición en ningún caso podrá ser superior a los 10 A.

Si llamamos A, B y C a los tres valores (en Ohmios), obtenidos en las correspondientes mediciones de resistencia:

A = Valor medido entre las fases 1 y 2

B = Valor medido entre las fases 2 y 3

C = Valor medido entre las fases 3 y 1

Los resultados de las resistencias correspondientes a cada fase, se obtienen de las expresiones:

$$R_1 = (A + C - B) / 2$$

$$R_2 = (B + A - C) / 2$$

$$R_3 = (C + B - A) / 2$$

Los resultados anteriores se consideran correctos cuando son inferiores a 1,24 Ω /km.

Si en las mediciones anteriores se detectan apartamientos, se procede a la localización de los mismos y a su reparación.

7.2.2.- Rigidez dieléctrica de la cubierta

Tiene por objeto comprobar que en el proceso de instalación no se han generado defectos que permitan la penetración de agua o humedad en el interior de los cables.

La tensión de prueba aplicable en el ensayo de la cubierta del cable una vez completada su instalación, es de **10 kV en continua**, con una duración de **1 minuto**.

7.2.2.1.- Ejecución

Desconectar las pantallas de los tres cables entre sí, comprobar que no existe posibilidad de contacto accidental durante la medida, con masas metálicas o tierra, ni entre ellas.

Aplicar de forma progresiva la tensión del nivel establecido y durante el tiempo indicado en el punto anterior, entre la pantalla de cada fase y la red de tierra de la instalación o en su defecto instalar una toma de tierra provisional.

La cubierta se considera en buena condición cuando la tensión aplicada y la corriente de fuga permanecen estables durante el tiempo de prueba. La corriente de fuga por fase debe registrarse.

7.2.2.2 En caso de producirse una perforación:

1. Si la cubierta no soporta la tensión de ensayo, se procede a la localización de la o las anomalías, y a su posterior reparación.
2. Se analizará en sitio el tipo de anomalía puntualizada:
 - a. Si el daño en la cubierta no implica daño visible en los alambres de la pantalla o semiconductora del cable, la reparación consistirá en la reconstrucción de la cubierta (por ejemplo mediante mantas termocontraíbles o cintas de reparación adecuadas)
 - b. Si el daño implica la afectación de algún alambre de la pantalla y/o semiconductora, la reparación se realizará mediante el montaje de un empalme completo
3. Finalizada la o las reparaciones, se vuelve a realizar el ensayo para poder localizar cualquier otro daño posible. Si el ensayo no es satisfactorio, se reitera el procedimiento desde el punto 1, sin realizar la reparación.

7.2.3.- Rigidez dieléctrica del aislamiento

Para fuente VLF se realiza el ensayo de acuerdo a la forma de onda de la fuente:

Forma de onda sinusoidal:

Cable MT	U _o (kV)	Cables nuevos		Cables en servicio	
		Tiempo de aplicación de la tensión [min]	Valor de la tensión de ensayo (fase-tierra) [kV rms]	Tiempo de aplicación de la tensión [min]	Valor de la tensión de ensayo (fase-tierra) [kV rms]
XLPE unipolar 12/20 kV	12	60	26	30	20
XLPE unipolar 18/30 kV	18	60	38	30	29
API tripolar 6/10 kV	6	-	-	30	12
API tripolar 8,7/15 kV	8,7	-	-	30	16
API tripolar 18/30 kV	18	-	-	30	29

Forma de onda coseno-rectangular:

Cable MT	U _o (kV)	Cables nuevos		Cables en servicio	
		Tiempo de aplicación de la tensión [min]	Valor de la tensión de ensayo (fase-tierra) [kV rms]	Tiempo de aplicación de la tensión [min]	Valor de la tensión de ensayo (fase-tierra) [kV rms]
XLPE unipolar 12/20 kV	12	60	37	30	28
XLPE unipolar 18/30 kV	18	60	54	30	41
API tripolar 6/10 kV	6	-	-	30	16
API tripolar 8,7/15 kV	8,7	-	-	30	22
API tripolar 18/30 kV	18	-	-	30	41

Vista la inconveniencia de los ensayos de tensión aplicada con fuente de tensión continua (lo cual esta explicitado en las normas internacionales) cuando se trate de cables en servicio, y solo en casos excepcionales cuando la jefatura responsable de UTE lo admita, se autorizará en forma alternativa el uso de una fuente de tensión continua. En este caso, se realizará el ensayo de acuerdo a la siguiente tabla:

Cable MT	Uo (kV)	Cables en servicio	
		Tiempo de aplicación de la tensión [min]	Tensión de ensayo en c.c. [kV]
XLPE, unipolar, 12/20 kV	12	10	30
XLPE, unipolar, 18/30 kV	18	10	45
API, tripolar, 6/10 kV	6	10	15
API, tripolar, 8,7/15 kV	8,7	10	22
API, tripolar, 18/30 kV	18	10	45

La tensión debe aplicarse y disminuirse en forma gradual.

Nota: Para el caso del cable XLPE 38/66 kV se realizará el ensayo de tensión aplicada sometiendo al cable a la tensión de red en vacío durante 24 horas, de acuerdo al punto 15.2 de la norma IEC 60840.

Para que el resultado del ensayo sea válido, no se debe producir ninguna falla en el aislamiento del cable ni en los accesorios.

7.2.3.1 En caso de producirse una perforación:

4. Se localiza el punto de la falla.
5. Se corta el cable en el lugar eliminando el tramo en falla y se realiza un nuevo ensayo uniendo los dos tramos resultantes mediante puentes.
6. Si el ensayo del punto anterior es satisfactorio, se procede a realizar la reparación.
7. Finalizada la reparación, se vuelve a realizar el ensayo previo en la puesta en servicio para poder localizar cualquier otro daño posible. Si el ensayo no es satisfactorio, se reitera el procedimiento desde el punto 1, sin realizar la reparación.

7.2.4.- Ensayo de descargas parciales

Tiene por objeto comprobar en el proceso de instalación la calidad en el montaje de empalmes y terminales verificando el estado de la aislación por medio de la medida de descargas parciales. En caso de existir niveles no aceptables de DP se deberá localizar y reparar el/los puntos defectuosos y repetir el ensayo para verificar el estado.

La metodología para realizar la medida de DP se hará según la norma NO-DIS-MA-5107 (punto 5.1)

A continuación se muestra una tabla con los criterios de aceptación y rechazo para el caso de cables nuevos a ser puestos en servicio. En el caso de cables en servicio (sean cables que se quieren diagnosticar o bien para verificar el resultado de una actividad de mantenimiento preventivo), la

valoración del estado se realizará tomando en cuenta los baremos de estado que se encuentran en la norma NO-DIS-MA-5107:

Tabla 1: Criterio de aceptación/rechazo DP

Interpretación de resultados para cables nuevos o reparaciones			
Ensayo	Instalación	Criterio de aceptación	Criterio de rechazo
DP	Tramo XLPE c/empalmes y terminales	< 250 pC	>250 pC - PDIV < U_0 >500 pC - PDIV > U_0
	Tramo API c/empalmes y terminales	< 4000 pC	>4000 pC

7.2.5.- Ensayo de tangente delta

Tiene por objeto comprobar en el proceso de instalación la calidad del montaje, en particular descartándose la eventual entrada de humedad en algún punto. En caso de existir niveles inaceptables de TD se deberá localizar y reparar el/los tramos afectados y repetir el ensayo para verificar el estado.

La metodología para realizar la medida de TD se hará según la norma NO-DIS-MA-5107 (punto 5.3)

A continuación se muestra una tabla con los criterios de aceptación y rechazo para los resultados obtenidos en el ensayo de TD.

Tabla 2: Tabla de aceptación/rechazo TD

TD	Criterios para cables nuevos – Tabla I.2 IEEE 400-2 2013					
Tipo de cable	Acción Requerida	VLF-TDTS (Desviación standard a U_0) [10^{-3}]		VLF-DTD (Diferencia entre la medida a U_0 y $2U_0$) [10^{-3}]		VLF-TD (Medida de tangente delta a $2U_0$) [10^{-3}]
Cables XLPE	Aceptación	< 0.1	y	< 0.6	y	< 1.2
	Rechazo	>0.1	o	>0.6	o	> 1.2

8.- Registros

Código del Formulario	Responsable de archivo	Lugar de archivo y soporte	Indexación	Periodo de archivo
FO-DIS-OB-0164 Formulario de Ensayos en cables subterráneos de Media Tensión	Director de Obra o jefe de turno MON	Subgerencia de Obras y Proyectos en INT y Subgerencia de Obras en MON o Mantenimiento redes MON	Por número de carpeta o número de OT	10 años

9.- Involucrados

Este documento se difunde de acuerdo al listado de Responsables de Difusión de Documentos de DYC LI-DYC-CA-0001, según listas internas:

DIS L1 REDES Y DISTRIBUCION

DIS L2 EXPLOTACION

DIS L3 OBRAS Y PROYECTOS

DIS L5 MANTENIMIENTO

DIS L6 ESTUDIOS

DIS L10 OBRAS

10.-Anexos

No aplica.