

**INDICE**

- 1 OBJETO**
- 2 PRESCRIPCIONES CONSTRUCTIVAS**
  - 2.1 Conductor
  - 2.2 Pantalla sobre el conductor
  - 2.3 Aislamiento
  - 2.4 Pantalla sobre aislamiento
  - 2.5 Colocación del aislamiento y de las pantallas semiconductoras
  - 2.6 Cubierta exterior
  - 2.7 Obturación longitudinal del cable
- 3 DESIGNACIÓN**
  - 3.1 Forma de designación
- 4 MARCAS**
- 5 ENSAYOS**
  - 5.1 Condiciones de realización de los ensayos
  - 5.2 Clasificación de los ensayos
- 6 DOCUMENTOS PARA CONSULTA**
- ANEXO I ELECCIÓN DE LA TENSIÓN ASIGNADA DE LOS CABLES**
- ANEXO II INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES**
  - 1 Intensidades máximas admisibles en los conductores.
  - 2 Intensidades máximas de cortocircuito admisibles en los conductores.
  - 3 Intensidades de cortocircuito admisibles en la pantalla.
- ANEXO III FIGURAS**

REALIZADA POR:  
DIRECCIÓN GENERAL DE DISTRIBUCIÓN  
Dirección Técnica – Ingeniería y Tecnología

APROBADA POR:  
DIRECCIÓN TÉCNICA

Vº Bº

EDITADA EN: NOVIEMBRE 97

ÁMBITO:

REVISADA EN:

DIRECCIÓN GENERAL DE DISTRIBUCIÓN  
GRUPO ENDESA

## 1 OBJETO

La presente norma, tiene por objeto especificar la construcción, las dimensiones y las prescripciones de ensayo de los cables unipolares de transporte de energía aislados con polietileno reticulado (XLPE) de tensiones asignadas,  $U_0/U$ , 12/20 y 18/30 kV.

## 2 PRESCRIPCIONES CONSTRUCTIVAS

### 2.1 Conductor

Los conductores serán circulares compactos, de clase 2 según la norma UNE 21 022, y estarán formados por varios alambres de aluminio cableados, con obturación longitudinal.

Las secciones nominales seleccionadas son 150, 240, y 400 mm<sup>2</sup>.

En la tabla I se indican las características principales de los conductores

**Tabla I: Características de los conductores**

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Número mínimo de alambres del conductor	Diámetro del conductor mm		Resistencia máxima del conductor a 20°C Ohm/km
		Mínimo	Máximo	
150	15	13,9	15,0	0,206
240	30	17,8	19,2	0,125
400	53	22,9	24,5	0,0778

### 2.2 Pantalla sobre el conductor

Estará constituida por una capa de mezcla semiconductor termoestable extruida, adherida al aislamiento en toda su superficie, con un espesor medio mínimo de 0,5 mm y sin acción nociva sobre el conductor y el aislamiento.

## 2.3 Aislamiento

### 2.3.1 Material

El aislamiento estará constituido por un dieléctrico seco extruido, indicado en la tabla II.

**Tabla II: Tipo de material**

Mezcla aislante	Temperatura máxima asignada al conductor °C	
	Servicio normal	Cortocircuito (duración máxima 5s)
Polietileno reticulado XLPE	90	250

Las características del polietileno reticulado se indican en la tabla III.

**Tabla III: Características de los aislamientos de polietileno reticulado**

Propiedades mecánicas	Unidades	XLPE
<b>Sin envejecimiento de la muestra en estufa de aire</b>		
Resistencia mínima a la tracción	N/mm <sup>2</sup>	12,5
Alargamiento mínimo en la rotura.	%	200
<b>Después de envejecimiento de la muestra en estufa de aire</b>		
Tratamiento { Temperatura.	°C	135±2
{ Duración	h	168
Resistencia a la tracción.	N/mm <sup>2</sup>	-
Variación máxima de la resistencia a la tracción.	%	±25
Alargamiento en la rotura.	%	-
Variación máxima del alargamiento	%	±25
<b>Después de envejecimiento del cable completo en estufa de aire (ensayo de no contaminación)</b>		
Tratamiento { Temperatura.	°C	100±2
{ Duración.	h	168
Resistencia a la tracción	N/mm <sup>2</sup>	-
Variación máxima de la resistencia a la tracción.	%	±25
Alargamiento en la rotura.	%	-
Variación máxima del alargamiento.	%	±25
<b>Después de envejecimiento en bomba de aire a 0,55 N/mm<sup>2</sup></b>		
Tratamiento { Temperatura.	°C	
{ Duración.	h	
Resistencia a la tracción.	N/mm <sup>2</sup>	
Variación máxima de la resistencia a la tracción.	%	
Alargamiento en la rotura.	%	
Variación máxima del alargamiento.	%	
Propiedades fisicoquímicas.		
<b>Alargamiento en caliente.</b>		
Tratamiento { Temperatura.	°C	200±3
{ Duración con carga.	min	15
{ Esfuerzo mecánico.	N/mm <sup>2</sup>	0,20
Alargamiento máximo con carga.	%	175
Alargamiento permanente máximo después del enfriamiento.	%	15
<b>Valoración con decalina del grado de reticulación-</b>		
Tiempo de extracción	h	6
Cantidad máxima de material extraído.	%	25
<b>Absorción de agua.</b>		
Temperatura del agua.	°C	85±2
Tiempo de inmersión.	h	336
Variación máxima de masa.	mg/cm <sup>2</sup>	1
<b>Contracción en caliente.</b>		
Tratamiento { Temperatura.	°C	130±2
{ Duración	h	1
Contracción máxima.	%	4
<b>Resistencia al ozono.</b>		
Concentración de ozono.	p.p.m.	
Duración sin formación de grietas.	h	
Propiedades eléctricas medidas en el cable.		
<b>Resistencia de aislamiento.</b>		
Valor mínimo de la resistividad volumétrica, p, a 90°C.	Ωcm	10 <sup>12</sup>
Valor mínimo de la constante de aislamiento, K, a 90°C.	MΩ.km	3,67
<b>Ángulo de pérdidas en función de la tensión a temperatura ambiente.</b>		
Tg δ máxima a U <sub>o</sub> .		40 10(4)
Variación máxima de tg δ entre 0,5 U <sub>o</sub> y 2U <sub>o</sub>		20 10(4)
<b>Ángulo de pérdidas en función de la temperatura a 2kV.</b>		
Tg δ máxima a temperatura ambiente.		40 10(4)
Tg δ máxima a la temperatura asignada máxima de servicio.		80 10(4)
<b>Descargas parciales.</b>		
Descargas máximas a 2U <sub>o</sub>	pC	5



### 2.3.2 Espesor del aislamiento

En la tabla IV se indica el espesor que debe tener el aislamiento de cada cable, en función de su tensión asignada.

**Tabla IV: Espesor del aislamiento**

Sección nominal del conductor mm <sup>2</sup>	Espesor del aislamiento de los cables de tensión asignada mm	
	12/20kV	18/30kV
150	5,5	8,0
240		
400		

### 2.4 Pantalla sobre aislamiento

La pantalla sobre el aislamiento estará constituida por una parte semiconductor a no metálica, asociada a una parte metálica.

La parte no metálica estará constituida por una capa de mezcla semiconductor termoestable extruida que debe quedar, después de la separación, sin trazas de mezcla semiconductor apreciables a simple vista. El espesor medio mínimo será de 0,5 mm.

La parte metálica estará constituida por una corona de alambres continuos de cobre recocido, de diámetro comprendido entre 0,5 y 1 mm, dispuestos en hélice abierta, de paso no superior a 20 veces el diámetro bajo pantalla.

La separación máxima entre alambres contiguos será de 4 mm.

Se admite que el 5% de los intersticios entre los alambres, redondeando al número entero inferior, pueda tener una separación comprendida entre 4 y 8 mm.

La sección geométrica real del conjunto de los alambres de la pantalla será de 16mm<sup>2</sup> como mínimo.

Sobre la mencionada corona de alambres se colocará, en hélice abierta, un fleje de cobre recocido, de una sección de 1mm<sup>2</sup> como mínimo, aplicado con un paso no superior a cuatro veces el diámetro bajo el fleje.

La continuidad de los alambres y la del fleje, debe conseguirse mediante soldadura.

Cuando se requiera la obturación longitudinal entre la semiconductor externa y la cubierta se colocará por encima de la corona de alambres.

## **2.5 Colocación del aislamiento y de las pantallas semiconductoras**

En el proceso de fabricación de los cables, la colocación del aislamiento y de las pantallas semiconductoras, se realizará por triple extrusión simultánea.

## **2.6 Cubierta exterior**

### **2.6.1 Material**

La cubierta exterior será de color rojo y estará constituida por un compuesto termoplástico a base de poliolefina.

Las características de la cubierta se indican en la tabla V.

**Tabla V: Características de la cubierta de poliolefina**

<b>Propiedades mecánicas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Poliolefina</b>
<b>Sin envejecimiento de la muestra</b>		
Resistencia mínima a la tracción	N/mm <sup>2</sup>	15,0
Alargamiento mínimo en la rotura	%	500
<b>Después de envejecimiento de la muestra en estufa de aire</b>		
Tratamiento { Temperatura	°C	110 ±2
Duración	h	336
Resistencia mínima a la tracción	N/mm <sup>2</sup>	-
Variación máxima de la resistencia a la tracción	%	-
Alargamiento mínimo en la rotura	%	300
Variación máxima del alargamiento	%	-
<b>Después de envejecimiento del cable completo en estufa de aire (ensayo de no contaminación)</b>		
Tratamiento { Temperatura	°C	100±2
Duración	h	168
Resistencia mínima a la tracción	N/mm <sup>2</sup>	-
Variación máxima de la resistencia a la tracción	%	-
Alargamiento mínimo en la rotura	%	300
Variación máxima del alargamiento	%	-
<b>Propiedades fisicoquímicas</b>		
<b>Pérdida de masa</b>		
Tratamiento { Temperatura	°C	100±2
Duración	h	168
Pérdida máxima de masa	mg/cm <sup>2</sup>	0,5
<b>Presión a temperatura elevada</b>		
Tratamiento { Temperatura	°C	115±2
Duración	h	6
Coficiente K	%	0,7
Profundidad máxima de la huella	%	50
<b>Comportamiento a baja temperatura</b>		
Alargamiento en frío		
- Temperatura	°C	30±2
- Alargamiento mínimo en la rotura	%	20
<b>Contracción</b>		
Tratamiento { Temperatura	°C	80±2
Duración	h	5,5
Contracción máxima	%	7
<b>Resistencia al desgarro</b>		
Temperatura	°C	20±5
Resistencia mínima	N/mm	24
<b>Resistencia a la abrasión</b>		
Temperatura	°C	20±5
Masa aplicada	kg	36
Número de desplazamientos		8
Velocidad de aplicación	m/s	0,3±15%
<b>Ensayo de absorción de agua (Método gravimétrico)</b>		
Temperatura del agua	°C	85±2
Tiempo de inmersión	h	336
Variación máxima de masa	mg/cm <sup>2</sup>	0,5
<b>Contenido de metales pesados</b>		
Plomo	%	<0,5
<b>Emisión de gases ácidos</b>		
Valor mínimo del pH	MicroS/m	4,3
Valor máximo de la conductividad	m	10
<b>Decoloración y pérdidas de características mecánicas</b>		
Decoloración		Muy poca
Variación máxima del alargamiento	%	15
Variación máxima de la resistencia a la tracción	%	15

### 2.6.2 Protección ambiental

En su composición, la cubierta exterior del cable prácticamente no contendrá ninguno de los elementos indicados a continuación:

- Metales pesados,
- Halógenos,
- Hidrocarburos volátiles.

### 2.6.3 Espesor de la cubierta

En la tabla VI se indica el espesor que debe tener la cubierta exterior de cada cable, en función de su tensión asignada.

**Tabla VI**

Sección nominal del conductor mm <sup>2</sup>	Espesor mínimo de la cubierta de los cables de tensión asignada mm	
	12/20 kV	18/30 kV
150	2	2
240	2	2
400	2	2

### 2.7 Obturación longitudinal del cable

Para evitar la propagación longitudinal del agua por el cable, los cables aislados con XLPE estarán provistos de un elemento que asegure la obturación longitudinal entre la pantalla semiconductor externa y la cubierta.

## 3 DESIGNACIÓN

### 3.1 Forma de designación

La designación de los cables se efectuará por medio de siglas que indiquen las características siguientes:

- Tipo constructivo
- Tensión asignada del cable, expresada en kV,
- Indicaciones relativas al conductor y a la pantalla metálica.



### **3.1.1 Tipo constructivo**

Se designará por un grupo de letras que caracterizan los elementos principales del cable en el orden siguiente:

#### **3.1.1.1 Aislamiento**

R = Polietileno reticulado

#### **3.1.1.2 Pantallas**

H = Pantallas semiconductoras sobre el conductor y sobre el aislamiento y con pantalla metálica de alambres arrollados helicoidalmente.

#### **3.1.1.3 Cubierta exterior**

Z1 = Poliolefina

#### **3.1.1.4 Obturación longitudinal**

OL= Obturación longitudinal

### **3.1.2 Tensión asignada del cable**

Se expresará en kV y designará los valores de  $U_0$  y de  $U$ , en la forma  $U_0/U$ .

### **3.1.3 Indicaciones relativas al conductor y a la pantalla metálica**

- La cifra 1, correspondiente a un solo conductor, seguida del signo x,
- La sección nominal del conductor, expresada en  $\text{mm}^2$ ,
- La letra K, indicativa de que el conductor es circular y compacto,
- Las letras Al, indicativas de que el conductor es de aluminio,
- El signo +, seguido de la letra H y de la sección de la pantalla metálica, en  $\text{mm}^2$

### **3.1.4 Ejemplos de designación**

Cable unipolar con obturación longitudinal de 150 mm<sup>2</sup> de sección circular compacta de aluminio, aislado con polietileno reticulado, apantallado, con una sección metálica de 16 mm<sup>2</sup> y con cubierta exterior de poliolefina, para U<sub>0</sub> = 12 kV.

RHZ1-OL 12/20 kV 1 x 150 K Al+H16

## **4 MARCAS**

Los cables llevarán unas marcas indelebles y fácilmente legibles que identifiquen claramente al fabricante, la designación completa del cable y las dos últimas cifras del año de fabricación.

Las marcas se realizarán por grabado o relieve sobre la cubierta. La separación entre marcas no será superior a 30 cm.

Ejemplo de marca de identificación de un cable fabricado en 1996.

FABRICANTE RHZ1-OL 12/20 kV 1 x 240 K Al + H16 96

## **5 ENSAYOS**

### **5.1 Condiciones de realización de los ensayos**

#### **5.1.1 Temperatura ambiente**

Los ensayos dieléctricos deben efectuarse a una temperatura ambiente de 20±15°C y los demás ensayos a 20±5°C.

#### **5.1.2 Frecuencia y forma de la onda de las tensiones de ensayo a frecuencia industrial**

La frecuencia de las tensiones de ensayo con corriente alterna, no debe ser ni inferior a 49 Hz ni superior a 51 Hz. La forma de la onda de estas tensiones debe ser prácticamente senoidal. Los valores indicados son valores eficaces.

#### **5.1.3 Forma de la onda de las tensiones de ensayo con impulsos de tipo rayo pleno**

En estos impulsos, la duración del frente es de 1,2 microsegundos y la duración hasta el valor mitad de la cresta es de 50 microsegundos.

La tolerancia en el valor de cresta es del ±3%, la tolerancia en la duración del frente es del ±30% y la tolerancia en la duración hasta el valor mitad es del ±20%.

## **5.2 Clasificación de los ensayos**

Los ensayos se clasifican en:

a) Ensayos de calificación:

- Eléctricos,
- No eléctricos,
- De larga duración.

b) Ensayos individuales

c) Ensayos de recepción:

- Ensayos individuales
- Ensayos sobre muestras

### **5.2.1 Ensayos de calificación**

Como requisito previo para calificar una fabricación para Grupo Endesa, el fabricante deberá demostrar que dispone de un sistema de calidad que cumpla lo indicado en las normas UNE 9001 o UNE 9002.

Los ensayos de calificación deben efectuarse sobre un tipo de cable especificado en esta norma antes de su suministro, para demostrar que sus características son adecuadas para las aplicaciones previstas. Estos ensayos son de tal naturaleza, que, después de haberlos efectuado, no es necesario repetirlos, salvo que se realicen cambios en los materiales utilizados o en el diseño del cable, susceptibles de modificar sus características.

Los ensayos de calificación eléctricos y no eléctricos, para cada tipo de aislamiento, se efectuarán sobre dos secciones elegidas al azar; una correspondiente al nivel de tensión 12/20 kV y otra al de 18/30 kV.

El fabricante deberá disponer en sus propias instalaciones de un laboratorio dotado con los aparatos necesarios para efectuar todos los ensayos mencionados en el párrafo anterior, excepto el espectrofotómetro indicado en el apartado 5.2.1.2.24 y la cámara climática requerida en el apartado 5.2.1.2.26.

El ensayo de larga duración se realizará sobre la sección de 150 mm<sup>2</sup> en la tensión de 12/20 kV.

Si uno cualquiera de los ensayos no es satisfactorio, se considerará que el tipo de cable no cumple con las especificaciones exigidas.

Cuando un fabricante desee obtener la calificación de los cables con obturación longitudinal, además de cumplir los requisitos, verificaciones y ensayos, especificados en el presente Estándar, deberá proporcionar las longitudes de muestras necesarias para efectuar la verificación y ensayos indicados a continuación:

- Marcas
- Compatibilidad de constituyentes
- Penetración de agua

Asimismo, deberá disponer en su laboratorio del equipo indicado en el Apartado 5.2.1.2.27 para efectuar el ensayo de penetración del agua.

### 5.2.1.1 Ensayos de calificación, eléctricos

Son los indicados en la tabla VII

**Tabla VII: Ensayos de calificación, eléctricos**

Ensayo	Muestra a ensayar	Métodos y condiciones	Valores a obtener y condiciones	
Resistencia eléctrica del conductor	3m	Apartado 5.2.1.1.1	Apartado 2.1	
Resistencia eléctrica de la pantalla metálica		Apartado 5.2.1.1.2	Apartado 5.2.1.1.2	
Resistividad de las pantallas semiconductoras		Apartado 5.2.1.1.3	Apartado 5.2.1.1.3	
Resistividad volumétrica y constante del aislamiento	5m, como mínimo	Apartado 5.2.1.1.4	Apartado 2.3.1	
Descargas parciales	Ensayos secuenciales a efectuar sobre una misma muestra de cable terminado de 10m a 15m de longitud	Apartado 5.2.1.1.5	Apartado 2.3.1	
Enrollamiento, seguido de un ensayo de descargas parciales		Apartado 5.2.1.1.6	Apartado 5.2.1.1.6	
tg $\delta$ en función de la tensión		Apartado 5.2.1.1.7	Apartado 2.3.1	
tg $\delta$ en función de la temperatura		Apartado 5.2.1.1.8	Apartado 2.3.1	
Ciclos de calentamiento, seguido de un ensayo de descargas parciales		Apartado 5.2.1.1.9	Apartado 5.2.1.1.9	
Tensión soportada a impulsos, seguido de un ensayo de tensión alterna		Apartado 5.2.1.1.10	Apartado 5.2.1.1.10	
Tensión aplicada durante 4 h		Apartado 5.2.1.1.11	Apartado 5.2.1.1.11	
Dieléctrico de la cubierta exterior		12m	Apartado 5.2.1.1.12	Apartado 5.2.1.1.12

#### 5.2.1.1.1 Medida de la resistencia eléctrica de los conductores

Una muestra de longitud superior a 2 m de cable, se introduce en el local de ensayo, mantenido a una temperatura prácticamente constante, por lo menos desde 12 h antes del ensayo. Si se tiene dudas acerca de si la temperatura del conductor es igual a la del local, se medirá la resistencia del conductor, después de que el cable haya permanecido 24 h en el local de ensayo. También puede medirse la resistencia sobre una muestra de conductor, acondicionada durante 1 h en un baño de aceite con temperatura regulada.

La resistencia medida debe referirse a una temperatura de 20° C y a una longitud de 1km de cable mediante las fórmulas y los factores indicados en la norma UNE 21 022.

La resistencia del conductor medida con corriente continua a 20° C, no debe ser superior al valor indicado en el apartado 2.1.

#### 5.2.1.1.2 Medida de la resistencia eléctrica de la pantalla metálica

Se actúa sobre la pantalla de forma similar a la indicada en el apartado anterior para el conductor. La resistencia eléctrica de la pantalla metálica no debe superar el valor de 1,24 Ohm/km a 20°C.

### **5.2.1.1.3 Medida de la resistividad eléctrica de las pantallas semiconductoras**

#### **5.2.1.1.3.1 Preparación de la muestra**

Se retira la cubierta exterior y la pantalla metálica de un trozo de cable y se cortan muestras de unos 50 cm aproximadamente.

Para efectuar la medida de la resistividad de la pantalla semiconductoras interna (sobre el conductor), se corta longitudinalmente en dos partes iguales una de las muestras y se retira el conductor.

Para la medida de la resistividad de la pantalla semiconductoras externa (sobre el aislamiento) se utiliza otra muestra.

Tal como se indica en la figura 1, sobre cada una de las dos probetas, se realizan cuatro electrodos mediante pintura de plata, aplicada sobre la pantalla semiconductoras: dos electrodos de tensión, A, separados 20 cm y dos electrodos de corriente, B, separados aproximadamente 30 cm y dispuestos simétricamente respecto a los anteriores.

En la probeta destinada a la medida de la resistividad de la pantalla semiconductoras interna, los electrodos pueden extenderse sobre el aislamiento, para facilitar las conexiones al circuito de ensayo; en tal caso, se debe retirar la pantalla semiconductoras externa.

Se recomienda que las probetas así preparadas se mantengan durante 48 horas antes de efectuar las mediciones. Ver Figura 1 en Anexo FIGURAS

#### **5.2.1.1.3.2 Método y condiciones de trabajo**

El ensayo se efectúa:

- Primero a  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  de temperatura,
- Después se efectúa de nuevo a  $90 \pm 2^\circ\text{C}$ , colocando previamente la probeta de una estufa, durante 2 horas como mínimo.

El esquema del circuito de ensayos es el representado en la figura 2. Ver Figura 2 en Anexo FIGURAS.

Se inyecta entre los electrodos B una corriente alterna de 50 Hz y se mide la tensión entre los electrodos A por medio de un voltímetro V1 de impedancia interna por lo menos igual a 10 MOhm.

La potencia disipada entre los electrodos A (es decir,  $\frac{V_1 \times V_2}{R}$ ) no debe ser superior a 0,1 W.

### 5.2.1.1.3.3 Resultados

La resistividad eléctrica, en Ohm.cm, de las pantallas semiconductoras, se obtiene de las formulas siguientes:

Pantalla semiconductora interna:

$$\frac{\pi}{8} \times \frac{V_1}{V_2} \times \frac{D^2 \times d^2}{L} \times R$$

Pantalla semiconductora externa:

$$\frac{V_1}{V_2} \times \frac{S}{L} \times R$$

en las que:

V1 y V2 = Lectura de los voltímetros en V.

L = Separación entre los electrodos A, en cm.

R = Resistencia del circuito de ensayo, en Ohms.

D = Diámetro exterior de la pantalla semiconductora interna, en cm.

d = Diámetro exterior del conductor, en cm.

S = Sección de la pantalla semiconductora externa, en cm<sup>2</sup> [obtenida por medida de su densidad y por su peso ( Véase el apartado 9.1.4 b2 de la norma UNE 60811/1-1)].

La resistividad deberá ser inferior a 5.000 Ohm.cm a 20°C y a 25.000 Ohm.cm a 90°C.

### 5.2.1.1.4 Medida de la resistencia de aislamiento.

Esta medida se realiza sobre una muestra de cable de 5 m de longitud como mínimo, antes de cualquier otro ensayo eléctrico.

Se retiran la cubierta y la pantalla metálica y el conductor aislado se sumerge en agua a 90°C, como mínimo 1h antes del ensayo. La medida se lleva a cabo entre el conductor y el agua.

La tensión de la corriente continua de ensayo, estará comprendida entre 80 V y 500 V y se aplicará durante un tiempo suficiente para alcanzar una medida estable, aunque este tiempo nunca será inferior a 1 min. ni superior a 5 min.

La resistividad volumétrica se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$\rho = \frac{2\pi x l x R}{\log_e \frac{D}{d}}$$

en la que:

$\rho$  = Resistividad volumétrica, en Ohmios centímetros.

R = Resistencia de aislamiento medida, en Ohmios.

l = Longitud de conductor aislado, sumergido en agua, en cm.

D = Diámetro exterior del aislamiento, en milímetros.

d = Diámetro interior del aislamiento, en milímetros.

La constante de aislamiento, K, se calcula por la fórmula siguiente:

$$K = \frac{l x R x 10^{-11}}{\log_{10} \frac{D}{d}} = 10^{-11} \cdot 0,367 \rho \text{ (M} \Omega \text{ms.km)}$$

#### **5.2.1.1.5 Ensayo de descargas parciales.**

Se realizará el ensayo de acuerdo con lo indicado en la norma UNE 21 175/2. Las descargas parciales se medirán a una tensión de 2 U<sub>0</sub> y deberán ser menores de 5 pC.

#### **5.2.1.1.6 Ensayo de arrollamiento seguido de un ensayo de descargas parciales.**

La muestra se arrolla alrededor de un cilindro de ensayo (por ejemplo, el tambor de una bobina) a la temperatura ambiente. A continuación, se desenrolla la muestra y se repite el proceso, teniendo en cuenta que la curvatura en la muestra debe ser de sentido contrario.

Este ciclo de operaciones debe efectuarse tres veces.

El diámetro del cilindro de ensayo debe ser: 20(d+D) ± 5%, siendo d y D los diámetros reales del conductor y del cable respectivamente, expresados en milímetros.

Al final de este ensayo, la muestra debe someterse a una medición de las descargas parciales y el resultado debe cumplir lo indicado en el apartado 5.2.1.1.5.



#### **5.2.1.1.7 Medida de la $\text{tg } \delta$ en función de la tensión.**

El factor de pérdidas dieléctricas de la muestra, acondicionada mecánicamente como se indica en el apartado 5.2.1.1.6, debe medirse la temperatura ambiente, con tensiones alternas, a la frecuencia industrial, iguales a  $0,5 U_0$ ,  $U_0$  y  $2U_0$ .

Los valores medidos no deben sobrepasar los valores indicados en el apartado 2.3.

#### **5.2.1.1.8 Medida de la $\text{tg } \delta$ en función de la temperatura.**

La muestra de cable completo debe calentarse mediante uno de los métodos descritos a continuación. La temperatura del conductor debe conocerse en todos los casos, bien midiendo su resistencia o bien mediante un termómetro situado en el baño, en la estufa o en la superficie de la pantalla.

La muestra deberá colocarse bien en una cuba con líquido o en una estufa, o bien deberá calentarse mediante una corriente que circule por la pantalla metálica situada sobre el aislamiento.

La temperatura se eleva progresivamente hasta que el conductor alcance la temperatura asignada de  $90^\circ \text{C}$ .

El factor de pérdidas dieléctricas debe medirse con una tensión alterna, a frecuencia industrial, de 2 kV, a la temperatura ambiente y a  $90^\circ \text{C}$ .

Los resultados, tanto a la temperatura ambiente como a  $90^\circ \text{C}$ , deben cumplir lo indicado en el apartado 2.3.

#### **5.2.1.1.9 Ensayo de ciclos de calentamiento**

La muestra sometida a los cuatro ensayos precedentes, se coloca sobre el suelo de la sala de ensayos y se calienta, haciendo pasar una corriente alterna por el conductor hasta que éste alcance una temperatura constante, superior a  $10^\circ \text{C}$  a la temperatura máxima asignada del aislamiento.

Esta corriente de calentamiento debe aplicarse durante 2 h como mínimo; a continuación, se deja que la muestra se enfríe naturalmente en el aire durante un mínimo de 4 h. Este ciclo debe repetirse dos veces más.

Después del tercer ciclo, deben medirse las descargas parciales y el resultado debe cumplir lo indicado en el apartado 5.2.1.1.5.

#### **5.2.1.1.10 Ensayo de tensión soportada a impulsos, seguido de un ensayo de tensión alterna.**

Este ensayo debe efectuarse sobre la muestra, cuando el conductor tenga una temperatura  $5^\circ \text{C}$  superior a la temperatura máxima de servicio asignada al aislamiento.

Los impulsos se aplicarán de acuerdo con el método indicado en la norma UNE 21 132.

El cable debe soportar, sin perforación, 10 impulsos positivos y 10 impulsos negativos de tensión, de los valores apropiados que se indican en la tabla VIII.

**Tabla VIII: Tensión soportada a los impulsos**

Tensión asignada $U_0/U$ kV	12/20	18/30
Tensión de ensayo kV	125	170

Después de la prueba descrita, se somete al cable a un ensayo de tensión alterna de  $2,5 U_0$  kV a frecuencia industrial y a temperatura ambiente, durante 15 min.

El aislamiento no debe perforarse.

#### **5.2.1.1.11 Ensayo de tensión de cuatro horas**

A la temperatura ambiente, se aplicará a la muestra, durante 4 h, una tensión a frecuencia industrial entre el conductor y la pantalla.

La tensión de ensayo debe ser igual a  $3 U_0$ . La tensión debe incrementarse progresivamente hasta el valor especificado.

El aislamiento no debe perforarse.

#### **5.2.1.1.12 Ensayo dieléctrico de la cubierta exterior**

Sobre una muestra de 12 m de cable como mínimo, se realizará el ensayo descrito en el apartado 3.1 (por inmersión en agua) de la norma UNE 21 143, sin que se perfora la cubierta del cable.

### 5.2.1.2 Ensayos de calificación no eléctricos

Son los indicados en la tabla IX.

**Tabla IX.- Ensayos de calificación, no eléctricos**

Ensayos	Muestra a ensayar	Método y condiciones	Valores a obtener y prescripciones
<b>Marcas</b>	2m	Examen visual	Capítulo 4
<b>Número de alambres y diámetro del conductor</b>		Examen visual	Apartado 2.1
<b>Espesor del aislamiento</b>		UNE 60811 1-1	Apartados 2.3.2 y 5.2.1.2.1
<b>Propiedades mecánicas del aislamiento</b> - Sin envejecimiento - Después de envejecimiento en estufa de aire. - Después de envejecimiento del cable completo en estufa de aire - Después de envejecimiento en bomba de aire	2m	UNE 60811 1-1 UNE 60811 1-2 UNE 60811 1-2 UNE 60811 1-2	Apartado 2.3.1 Apartado 2.3.1 Apartado 2.3.1 Apartado 2.3.1
<b>Propiedades fisicoquímicas del aislamiento</b> - Alargamiento en caliente - Valoración con decalina del grado de reticulación - Absorción de agua (Método gravimétrico) - Contracción en caliente - Resistencia al ozono	2m	UNE 60811 2-1 Apartado 5.2.1.2.6 UNE 60811 1-3 UNE 60811 1-3 UNE 60811 2-1	Apartado 2.3.1 Apartado 5.2.1.2.6 Apartado 2.3.1 Apartado 2.3.1 Apartado 2.3.1
<b>Espesor de las pantallas semiconductoras</b>		UNE 60811 1-1	Apartados 2.2, 2.4 y 5.2.1.2.10
<b>Propiedades mecánicas de la pantalla semiconductor sobre el aislamiento</b>		UNE 60811 1-1	Apartado 5.2.1.2.11
<b>Separación de la pantalla semiconductor situada sobre el aislamiento</b>	2m	Apartado 5.2.1.2.12	Apartado 5.2.1.2.12
<b>Compatibilidad de los constituyentes</b>		Apartado 5.2.1.2.13	Apartado 5.2.1.2.13
<b>Pantalla metálica</b> - Número, diámetro, sección total y separación de los alambres - Paso de la hélice - Sección y paso del fleje	2m	Medidas	Apartado 2.4
<b>Espesor de la cubierta</b>		UNE 60811 1-1	Apartados 2.6.2 y 5.2.1.2.14
<b>Propiedades mecánicas de la cubierta</b> - Sin envejecimiento - Después de envejecimiento en estufa de aire - Después de envejecimiento del cable completo en estufa de aire	1m	UNE 60811 1-1 UNE 60811 1-2 UNE 60811 1-2	Apartado 2.6.1 Apartado 2.6.1 Apartado 2.6.1
<b>Propiedades fisicoquímicas de la cubierta</b> - Pérdida de masa - Presión a temperatura elevada - Comportamiento a baja temperatura - Alargamiento en frío - Contracción - Resistencia al desgarro - Resistencia a la abrasión - Absorción de agua - Contenido de plomo - Emisiones de gases ácidos - Decoloración y pérdida de las características mecánicas	3m	UNE 60811 3-2 UNE 60811 3-1  UNE 60811 1-4 UNE 60811 1-3 Apartado 5.2.1.2.21 Apartado 5.2.1.2.22 UNE 60811 1-3 Apartado 5.2.1.2.24 UNE 21 147 2 Apartado 5.2.1.2.26	Apartado 2.6.1 Apartado 2.6.1  Apartado 2.6.1 Apartado 2.6.1 Apartado 2.6.1 Apartado 2.6.1 Apartado 2.6.1 Apartado 2.6.1 Apartado 2.6.1
<b>* Penetración de agua</b>	6m	Apartado 5.2.1.2.27	Apartado 5.2.1.2.27

\*Solo en los cables con obturación longitudinal.

#### **5.2.1.2.1 Medida del espesor del aislamiento**

Se toma una muestra de conductor aislado.

El procedimiento operativo que se debe seguir, se describe en la norma UNE 60811/1-1.

La media de todos los valores medidos, redondeada con una aproximación de 0,1 mm, no debe ser inferior al espesor especificado en el apartado 2.3.2 y el menor valor medido no debe ser inferior al valor especificado en más de 0,1 mm + 10%.

#### **5.2.1.2.2 Determinación de las propiedades mecánicas del aislamiento, antes y después del envejecimiento**

La forma de proceder en este ensayo se describe en las normas UNE 60811/1-1 y UNE60811/1-2.

Las prescripciones se establecen en el apartado 2.3.1.

#### **5.2.1.2.3 Ensayo adicional de envejecimiento sobre trozos de cables completos**

La forma de proceder en este ensayo se describe en la norma UNE 60811/1-2. Las prescripciones se establecen en el apartado 2.3.1.

#### **5.2.1.2.4 Envejecimiento del aislamiento en bomba de aire**

La forma de proceder en este ensayo se describe en la norma UNE 60811/1-2.

Las prescripciones se establecen en el apartado 2.3.1

#### **5.2.1.2.5 Alargamiento en caliente del aislamiento**

La forma de proceder en este ensayo se describen en la norma UNE 60811/2-1. las probetas se obtendrán de la parte del aislamiento más próxima al conductor.

Las prescripciones se establecen en el apartado 2.3.1.

#### **5.2.1.2.6 Valoración con decalina del grado de reticulación del polietileno reticulado**

##### **5.2.1.2.6.1 Equipo de ensayo**

- a) Balanza analítica con una precisión de 0,001 g,
- b) Utensilios adecuados para cortar la muestra en láminas muy finas,

- c) Cestos de malla de acero con luz máxima de 250 micrometros,
- d) Hilo de cobre de 1 mm de diámetro,
- e) Matraz de vidrio de una capacidad mínima de 2 l,
- f) Columna de refrigeración adaptable al matraz, con una altura capaz de condensar los vapores de la decalina,
- g) Placa calefactora, o similar, con termostato capaz de regular la temperatura del matraz, con la decalina en ebullición, con una precisión de  $\pm 2$  °C,
- h) Pinzas de laboratorio para sujetar y pesar los cestos de malla de acero,
- i) Campana de gases, para extracción de humos,
- j) Disolvente decahidronaftaleno puro (decalina), de calidad R.A.

#### **5.2.1.2.6.2 Preparación de la muestra**

La muestra para ensayo, debe prepararse de forma que se puedan cortar láminas muy finas de aislamiento, sin que se produzca un excesivo calentamiento del mismo a causa del corte.

Se deposita una cantidad de, aproximadamente, 1 g de muestra  $P_0$  (pesada con una precisión mínima de 0,001 g, cortada en láminas muy finas, en el interior de un cesto formado por una malla de acero inoxidable de 250 micrometros de luz máxima.

Dicho cesto tiene que poderse cerrar perfectamente para que la muestra no se caiga durante el proceso de extracción.

#### **5.2.1.2.6.3 Procedimiento operativo**

Se parte de un peso de, aproximadamente, 1 g de aislamiento,  $P_0$ , determinado con una precisión mínima de 0,001 g. Se pesa el cesto,  $P_1$ , una vez cerrado con la muestra dentro, y con la misma precisión.

En un matraz, con decalina hasta un 70 % de su volumen, se introduce y se deja colgado, con la ayuda de un hilo de cobre, el cesto cerrado con la muestra dentro, de modo que el cesto quede sumergido en la mitad de la decalina contenida en el matraz.

Se coloca la columna de refrigeración encima del matraz que contiene la decalina, procurando que la unión entre el matraz y la columna quede lo mas hermética posible.

Todo el conjunto debe colocarse dentro de una campana de gases, con extractor de humo.

Se abre el agua refrigerante de la columna, se conecta el calefactor y se espera que la decalina llegue a su temperatura de ebullición, dejando entonces que el termostato vaya regulando dicha temperatura.

Después de 6 horas de extracción con decalina, contadas desde el inicio de la ebullición, se desconecta el termostato y la placa calefactora, dejando que la decalina llegue a la temperatura ambiente y una vez alcanzada ésta, se cierra el agua de refrigeración.

Se sacan los cestos que han estado sumergidos, se secan con un trapo limpio y se colocan en una estufa de vacío durante un mínimo de 2 horas a 90°C.

#### **5.2.1.2.6.4 Evaluación de los resultados**

Nada más sacar los cestos de la estufa de vacío, se pesan, P<sub>2</sub>, y por diferencia de peso, respecto al peso del cesto con la muestra original, P<sub>1</sub>, se obtiene la cantidad aislamiento que, en estas condiciones, ha extraído la decalina.

$$\text{Porcentaje de aislamiento extraído} = \frac{P_1 - P_2}{P_0} \times 100$$

La reticulación se considera aceptable si este valor es inferior al 25%.

#### **5.2.1.2.7 Ensayo de absorción de agua de los aislamientos**

La forma de proceder en este ensayo se describe en la norma UNE 60811/1-3.

Las prescripciones se establecen en el apartado 2.3.1.

#### **5.2.1.2.8 Medida de la contracción longitudinal del aislamiento de polietileno reticulado**

La forma de proceder en este ensayo se describe en la norma UNE 60811/1-3, adoptando para L la longitud de 200 mm.

Las prescripciones se establecen en el apartado 2.3.1.

#### **5.2.1.2.9 Ensayo de resistencia al ozono del aislamiento**

La forma de proceder en este ensayo se describe en la norma UNE 60811/2-1

Las prescripciones se establecen en el apartado 2.3.1.

#### **5.2.1.2.10 Medida del espesor de las pantallas semiconductoras**

Se toma una sola muestra de cable.

El procedimiento operativo que se debe seguir se describe en la norma UNE 60811/1-1.

En el caso de la pantalla semiconductoras situada sobre el conductor, la media de todos los valores medidos, redondeada con una aproximación de 0,1 mm, no debe ser inferior al espesor especificado de 0,5 mm y el menor valor medido no debe ser inferior al espesor especificado en más de 0,2 mm + 20% del valor especificado.

En el caso de la pantalla semiconductoras externa situada sobre el aislamiento, la media de todos los valores medidos, redondeada con una aproximación de 0,1 mm, no debe ser inferior al espesor especificado de 0,5 mm y el menor valor medido no debe ser inferior al espesor especificado en más de 0,1 mm + 15% del valor especificado.

#### **5.2.1.2.11 Determinación de las propiedades mecánicas de la pantalla sobre el aislamiento**

Se preparan probetas de tipo halterio a partir de las tiras de pantalla semiconductoras, obtenidas en el ensayo de separación de la pantalla semiconductoras sobre el aislamiento.

El procedimiento operativo que se debe seguir se describe en la norma UNE 60811/1-1.

La carga de rotura debe ser igual o superior a 7 N/mm<sup>2</sup>.

El alargamiento debe ser igual o superior al 150%.

#### **5.2.1.2.12 Ensayo de separación de la pantalla semiconductoras sobre el aislamiento (NO SE REALIZARÁ ESTE ENSAYO)**

##### **5.2.1.2.12.1 Fundamento del ensayo**

El ensayo consiste en medir la fuerza necesaria para separar del aislamiento una tira de la pantalla semiconductoras, adherida al mismo en una longitud de 50 mm, tirando de ella en la dirección del eje del cable, a 180° de su posición inicial.

##### **5.2.1.2.12.2 Preparación de la muestra**

La muestra para ensayo, de 150 mm de longitud aproximadamente, se prepara así:

Se retira del cable una tira del conjunto formado por el aislamiento y las pantallas semiconductoras interna y externa, de 150 mm de longitud y de 10 mm de anchura,

medidos sobre la pantalla semiconductora externa. Esta tira se obtiene aplicando el cuchillo a lo largo de dos generatrices con la profundidad suficiente para cortar la pantalla semiconductora interna.

En esta tira, se separa a mano una longitud de pantalla semiconductora externa tal, que quede una longitud de 50 mm de pantalla adherida al aislamiento, como se indica en la figura 3, ver Anexo Figuras.

En la parte separada, puede cortarse el aislamiento del cable para facilitar el enganche a la máquina de tracción.

#### **5.2.1.2.12.3 Método y condiciones de ensayo**

Las temperaturas de ensayo son 0°C, 20°C y 40°C, con una tolerancia de  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

Una de las mordazas de la máquina de tracción sujeta el aislamiento del cable y, la otra, la pantalla semiconductora externa plegada 180° sobre sí misma, ver figura 4, Anexo Figuras.

El conjunto se coloca en un recinto frío o en una estufa, hasta que la temperatura de la muestra se estabiliza en el valor especificado para el ensayo, con una tolerancia de  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

La velocidad de separación de la máquina de tracción debe ser de  $50 \pm 5$  mm/min.

#### **5.2.1.2.12.4 Mediciones**

Se registra, de forma continua, el esfuerzo de separación en función de la separación de las mordazas de la máquina de tracción. Se toma nota del valor de cresta obtenido en el arranque del ensayo (valor máximo) y del valor obtenido en régimen estabilizado.

Se considera como esfuerzo de separación de una probeta, la semisuma de los esfuerzos máximos y mínimos registrados durante su ensayo, excluyendo el esfuerzo de arranque en el caso de que este sea superior a todos los demás.

El esfuerzo de separación de cada una de las tres probetas que se deben ensayar a cada una de las tres temperaturas debe estar comprendido entre 0,5 daN y 2,5 daN.

#### **5.2.1.2.13 Ensayo de compatibilidad de los constituyentes**

Tres muestras de cable completo, de 400 mm de longitud y con los extremos cubiertos, se someten a un envejecimiento a 100°C, en una estufa de aire caliente, según se indica en la norma UNE 60811/1-2.

La primera muestra se envejece durante 14 días, la segunda y la tercera durante 42 días.



Las variaciones máximas de las características mecánicas del aislamiento y de la cubierta de protección deben ser inferiores al:

- a)  $\pm 30\%$  entre los valores iniciales y los correspondientes a 42 días de envejecimiento.
- b)  $\pm 20\%$  entre los valores correspondientes a 14 días y a 42 días de envejecimiento.

Las variaciones máximas del alargamiento en la rotura de la pantalla semiconductor sobre el aislamiento deben ser inferiores al:

- c)  $\pm 40\%$  entre el valor inicial y el correspondiente a 42 días de envejecimiento.
- d)  $\pm 25\%$  entre el valor correspondiente a 14 días y el correspondiente a 14 días de envejecimiento.

Sobre la segunda muestra se efectúa, además, el ensayo de separación de la pantalla semiconductor sobre el aislamiento, tal como se indica en el apartado 5.2.1.2.12.

El ensayo se efectúa a temperatura ambiente.

Sobre la tercera muestra se efectúa el ensayo de medida de la resistividad eléctrica de las pantallas semiconductoras sobre el conductor y sobre el aislamiento, tal como se indica en el apartado 5.2.1.1.3. Los valores resultantes no deben ser superiores a los especificados.

#### **5.2.1.2.14 Medida del espesor de la cubierta exterior**

Se toma una muestra de cable.

El procedimiento operativo que se debe seguir se describe en la norma UNE 60811/1-1.

La media de todos los valores medidos, redondeada con una aproximación de 0,1 mm, no debe ser inferior al valor especificado, y el menor valor medido no debe ser inferior al valor especificado en más de 0,2 mm + 20% del valor especificado.

#### **5.2.1.2.15 Determinación de las propiedades mecánicas de la cubierta antes y después del envejecimiento**

La forma de proceder en este ensayo se describe en la norma UNE 60811/1-1 y UNE60811/1-2.

Las prescripciones se establecen en el apartado 2.6.1

#### **5.2.1.2.16 Ensayo adicional de envejecimiento sobre trozos de cable completos**

La forma de proceder en este ensayo se describe en la norma UNE 60811/1-1 y UNE60811/1-2.

Las prescripciones se establecen en el apartado 2.6.1.

#### **5.2.1.2.17 Ensayo de pérdida de masa de la cubierta**

La forma de proceder en este ensayo se describe en la norma UNE 60811/3-2.

Las prescripciones se establecen en el apartado 2.6.1.

#### **5.2.1.2.18 Ensayo de presión a temperatura elevada para la cubierta**

La forma de proceder en este ensayo se describe en la norma UNE 60811/3-1.

Las prescripciones se establecen en el apartado 2.6.1.

#### **5.2.1.2.19 Ensayo de comportamiento a baja temperatura para la cubierta**

La forma de proceder en este ensayo se describe en la norma UNE 60811/1-4.

Las prescripciones se establecen en el apartado 2.6.1.

#### **5.2.1.2.20 Ensayo de contracción de la cubierta**

La forma de proceder en este ensayo se describe en la norma UNE 60811/1-3, adoptando para L la longitud de 200 mm.

Las prescripciones se establecen en el apartado 2.6.1

#### **5.2.1.2.21 Ensayo de resistencia al desgarrado de la cubierta**

Se toman tres muestras de cable de 150 mm de longitud cada una de dos zonas distintas del cable, separadas entre si de 1 m como mínimo.

Se cortan las cubiertas de las muestras paralelamente al eje del cable y se retiran los conductores aislados y las pantallas.

Se procede a conseguir dos superficies lisas, planas y paralelas, procurando no provocar un excesivo calentamiento. El espesor debe quedar entre 1 mm y 2 mm.

Mediante un troquel u otro dispositivo apropiado se obtienen las probetas con las dimensiones indicadas en la figura 5, ver Anexo FIGURAS.

A continuación, se seccionan las probetas longitudinalmente con una cuchilla, dejando únicamente sin seccionar una longitud de 4 mm próxima al extremo más ancho de la probeta.

Las probetas se colocan en una maquina de tracción, fijando a las mordazas los extremos de las dos ramas en que se ha dividido la probeta. La velocidad de separación de las mordazas debe ser de  $500 \pm 5$  mm/min, aproximadamente.

Se mide el esfuerzo necesario para que se realice el desgarrado completo de la probeta.

La resistencia al desgarrado se determina por la relación entre el esfuerzo, expresado en Newtons, y el espesor medio de la parte correspondiente de la probeta, expresado en milímetros.

La media de los resultados obtenidos deberá cumplir el valor especificado en el apartado 2.6.1.

#### **5.2.1.2.22 Ensayo de resistencia a la abrasión de la cubierta**

Este ensayo se realiza sobre cables provistos de una cubierta de 2,0 mm de espesor.

##### **5.2.1.2.22.1 Muestra**

La muestra de cable se sujeta firmemente sobre una base metálica rígida.

En la generatriz superior del cable se aplica un dispositivo metálico cónico, de un radio de curvatura en su punta de 1 mm, con un ángulo de  $90^\circ$  y una masa de 36 kg. La superficie cónica no debe tener asperezas.

El citado dispositivo se somete a un movimiento de vaivén, a velocidad constante, entre las marcas A y B, ver figura 6, Anexo Figuras.

Las características del ensayo son las siguientes:

- Distancia entre A y B:  $50 \pm 10$  cm;
- Velocidad de desplazamiento entre A y B: 0,3 m/s, con una tolerancia del  $\pm 15\%$ ;
- Ocho desplazamientos del dispositivo sobre el cable (4 idas y 4 vueltas).

Al final del ensayo no debe ser visible a simple vista, normal o corregida sin amplificación, la pantalla metálica comprendida entre A y B.

#### **5.2.1.2.23 Ensayo de absorción de agua de la cubierta**

La forma de proceder en este ensayo se describe en la norma UNE 60811/1-3.

Las prescripciones se establecen en el apartado 2.6.1

#### **5.2.1.2.24 Determinación del contenido de plomo en la cubierta**

La determinación del contenido de plomo se efectuará con un espectrofotómetro adecuado.

Las prescripciones se establecen en el apartado 2.6.1

#### **5.2.1.2.25 Determinación de los gases ácidos desprendidos durante la combustión de la cubierta**

La forma de proceder en este ensayo se describen en la norma UNE 21 147/2.

Las prescripciones se establecen en el apartado 2.6.1.

#### **5.2.1.2.26 Ensayo de decoloración y pérdida de características mecánicas de la cubierta**

Este ensayo consiste fundamentalmente en una exposición prolongada de las probetas a los rayos ultravioleta.

La fuente luminosa utilizada debe ser tal, que en una atmósfera seca (humedad relativa inferior al 30%), la superficie expuesta de las dos superficies planas de la probeta, es decir, la cara correspondiente a la parte externa del cable de las probetas, reciba una radiación cuya distribución energética en función de la longitud de onda esté conforme con los valores indicados en la figura 7, ver Anexo FIGURAS.

Esta radiación puede obtenerse con una lámpara de xenón provista de filtros de cuarzo.

Para tener en cuenta la dispersión de las lámparas y su envejecimiento, se admiten las tolerancias siguientes:

- a)  $\pm 20\%$  en la zona de radiación ultravioleta (longitudes de onda inferiores a 400 nm).
- b)  $\pm 50\%$  en la zona de radiación visible (longitudes de onda superiores a 400 nm).

#### **5.2.1.2.26.1 Procedimiento operativo**

Las probetas se someterán a un ciclo de cinco días de duración, que consta de los ensayos siguientes:

Exposición durante un día a la radiación luminosa en atmósfera húmeda (humedad relativa igual o superior al 85%) a la temperatura de  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  con aspersiones.

**Nota:** La aspersión de agua desmineralizada dura tres minutos por período de veinte minutos; se realizará con ayuda de inyectores en los que la salida de agua debe ser suficiente para asegurar el lavado de todas las probetas.

Exposición durante un día en una atmósfera húmeda a la temperatura de  $50\pm 2^{\circ}\text{C}$ , con choques térmicos obtenidos por tres permanencias de una hora en un recinto mantenido a  $-25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . La duración del traslado de las probetas del calor al frío o del frío al calor, debe ser lo más corta posible.

El tiempo de permanencia en la atmósfera húmeda entre dos choques térmicos debe ser siempre igual o superior a una hora.

Exposición durante 2 días a la radiación luminosa en una atmósfera seca en la que la temperatura se mantiene a  $70\pm 2^{\circ}\text{C}$  y la humedad relativa es inferior al 30%.

En el quinto día, exposición durante 8 horas en un recinto saturado de humedad a la temperatura de  $40\pm 3^{\circ}\text{C}$  y con un 0'067% en volumen de dióxido de azufre. Durante las últimas 16 horas, la puerta del recinto se deja abierta al ambiente del laboratorio.

Durante las exposiciones, las probetas se colocan en soportes, sujetas por sus palas, teniendo cuidado de que no se encuentren sometidas a ningún esfuerzo de tracción.

Una vez terminado el ensayo, se retiran las probetas y se mantienen al abrigo de la luz, en el ambiente del laboratorio, durante 24 horas como mínimo; posteriormente, se comprobará visualmente que no se aprecia una decoloración sensible de las probetas envejecidas con relación a las de estado inicial.

#### **5.2.1.2.26.2 Sanción del ensayo**

La realización de este ensayo requiere la preparación de dos lotes de seis probetas, de los cuales uno será el de referencia. Las probetas, que serán de tipo halterio, se dividen en dos lotes.

- El lote de referencia se conserva a la temperatura ambiente y al abrigo de la luz durante todo el ensayo climático;
- El otro lote se somete a la secuencia de cinco días especificada y seguidamente se acondiciona como el lote de referencia durante 24 horas como mínimo.

Una vez verificada la no decoloración sensible, en cada uno de los lotes se miden, de acuerdo con las indicaciones de la norma UNE 60811/1-1, de los alargamientos y a la tracción de las probetas, siendo, respectivamente:

- en el lote de referencia:  $A_0$  y  $R_0$ ;
- en el segundo lote:  $A_1$  y  $R_1$ .

Los valores medios obtenidos deben cumplir las condiciones siguientes:

$$a) \quad \left| \frac{A_1 - A_0}{A_0} \right| \times 100 \leq 15$$

$$b) \quad \left| \frac{R_1 - R_0}{R_0} \right| \times 100 \leq 15$$

#### **5.2.1.2.27 Ensayo de penetración de agua**

Este ensayo sólo se realiza sobre los cables provistos de una obturación longitudinal destinada a impedir la penetración de agua, bien a través del conductor o bien a través del intersticio existente entre la pantalla semiconductor externa y la cubierta.

Debe utilizarse agua de la red de distribución pública con fluoresceína.

##### **5.2.1.2.27.1 Preparación de la muestra**

Un trozo de cable completo, de 6 m de longitud como mínimo y que no haya sufrido ningún otro ensayo, se somete al ensayo de arrollamiento indicado en el apartado 5.2.1.1.6.

Del trozo de cable se toman dos muestras de 3 m. Cada muestra se coloca horizontalmente y de su parte central se corta un anillo, de 50 mm de anchura aproximadamente, que contenga todos los componentes del cable comprendidos entre el conductor y la cubierta.

El anillo debe cortarse de forma tal que los intersticios existentes entre los distintos componentes, queden expuestos a la acción del agua.

Cada muestra se introduce en una cuba, de las dimensiones indicadas en la figura 8, a través de la dos juntas de estanqueidad apropiada, evitando cualquier esfuerzo sobre la cubierta exterior, ver Anexo FIGURAS.

#### **5.2.1.2.27.2 Penetración de agua.**

Sobre el lugar del que se ha sacado el anillo, se coloca verticalmente un tubo de 10 mm de diámetro interior como mínimo, que se acopla como se indica en la figura 8, ver Anexo FIGURAS.

El tubo se llena, en un período de tiempo que no exceda de 5 min, con agua a una temperatura de  $20\pm 10^{\circ}\text{C}$ , hasta que la altura sobre el centro del cable sea de  $1000\pm 5$  mm.

Se deja reposar la muestra durante 24 h, manteniendo la altura del agua indicada en el párrafo anterior.

A continuación, la muestra se somete a 10 ciclos, consistentes en calentar el conductor a una temperatura comprendida entre  $95^{\circ}\text{C}$  y  $100^{\circ}\text{C}$  (evitando que el agua hierva) durante 4 horas, seguidas de 8 horas de enfriamiento natural.

Durante el período de calentamiento, el conductor debe mantenerse a la temperatura indicada durante 2 horas como mínimo.

Para la medida de la temperatura se recomienda poner en serie con las muestras en ensayo un trozo del mismo cable instalado al aire, es decir, no sometido a la presión del agua. Así, la temperatura se puede medir sobre esta muestra (imagen térmica) mediante termopares colocados sobre el conductor cerca del centro del trozo de cable.

#### **5.2.1.2.27.3 Examen de las muestras de cable ensayadas.**

Durante el período de ensayo, no debe salir agua por los extremos de la muestra.

Después del período de enfriamiento del décimo ciclo, las dos muestras se despojan de los componentes correspondientes, con el fin de medir, a título informativo, la distancia que ha recorrido el agua, tanto en el conductor como en la pantalla metálica.

#### **5.2.1.3 Ensayo de calificación de larga duración**

El resultado satisfactorio de este ensayo supone la calificación del sistema de aislamiento formado por la pantalla sobre el conductor, el dieléctrico y la pantalla sobre el aislamiento, para toda la gama de tensiones y secciones de conductor especificadas en este Estándar.

Por tanto, este ensayo se efectúa sólo sobre una muestra de cable de  $150\text{ mm}^2$  de sección de la tensión asignada de 12/20 kV, considerándose que si esta muestra cumple el ensayo, también lo cumplen los cables de las restantes tensiones y secciones.

#### **5.2.1.3.1 Muestra de cable**

Las muestras que se vayan a utilizar en el ensayo de larga duración deben pasar previamente una prueba selectiva.

Esta prueba selectiva consiste en aplicar una tensión igual a  $10 U_0$  entre el conductor y la pantalla metálica, durante 1 minuto.

Si la muestra no soporta la prueba se considera defectuosa y se descarta. Sólo se utilizan en el ensayo de larga duración aquellas que soportan la tensión de  $10 U_0$ .

La muestra para ensayo se obtiene retirando del cable la cubierta exterior y los alambres de la pantalla metálica. Su longitud activa total, en uno o en varios trozos, debe ser de 60 m, es decir, sin incluir la longitud necesaria para las terminaciones requeridas en los ensayos de envejecimiento y perforación.

#### **5.2.1.3.2 Acondicionamiento**

Primeramente, la muestra se somete a los tres ciclos del ensayo de arrollamiento especificado en el apartado 5.2.1.1.6. A continuación, la muestra se sumerge en una cuba con agua a unos  $80^{\circ}\text{C}$  durante un mes, haciendo penetrar agua, además, a través del conductor. Una vez concluido el período de acondicionamiento, se deja enfriar el agua, sin sacar la muestra, hasta la temperatura ambiente.

El agua utilizada tanto para la cuba de acondicionamiento como para la alimentación del conductor debe ser agua del grifo, a la que se debe añadir 0,03 g de ClNa por cada 100 g de agua y el ClH necesario para mantener un pH comprendido entre 6,5 y 7,5.

Al conductor debe suministrársele el agua por uno de sus extremos desde un depósito, y no se debe comenzar a contar el tiempo de acondicionamiento previsto antes de que aparezca agua por el otro extremo.

#### **5.2.1.3.3 Envejecimiento**

La muestra puede mantenerse en la cuba utilizada para el acondicionamiento, o puede trasladarse a otra cuba de ensayo con agua que tenga la misma composición química que el agua utilizada en el acondicionamiento, pero a una temperatura de  $30^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Los conductores aislados se enrollan de forma que tengan un diámetro de curvatura  $\leq 40 D$ , siendo  $D$  el diámetro sobre el aislamiento.

El pH del agua se debe controlar mensualmente, ajustándolo cuando sea necesario.

El agua, a discreción del laboratorio, puede calentarse en una cuba independiente y enviarla luego a la cuba de ensayo, con el fin de conseguir una buena homogeneidad de su temperatura. Debe haber una superficie mínima de  $0,5 \text{ m}^2$  por  $1 \text{ m}^3$  de agua, abierta a la



atmósfera en la cuba de calentamiento o en la cuba de ensayo, para asegurar la oxigenación del agua.

A los conductores, al igual que en el acondicionamiento, también se les debe suministrar agua, verificándose mensualmente su presencia en el extremo por el que debe salir. Si se detecta una obstrucción, como por ejemplo a consecuencia de la corrosión del conductor, se considera que ya se ha suministrado una cantidad de agua para saturar las pantallas semiconductoras y el aislamiento, y el extremo opuesto a la alimentación de agua se debe sellar adecuadamente.

Se deben instalar terminaciones adecuadas y se debe aplicar a la muestra una tensión de  $2,5 U_0$ . Los registros de la tensión y de la temperatura deben conservarse.

El tiempo acumulado de envejecimiento no debe ser inferior a 17.500 horas. La muestra no debe perder contacto con el agua durante más de 24 horas en alguna ocasión ni durante más de cinco días a lo largo del tiempo total de envejecimiento.

#### **5.2.1.3.4 Valoración del envejecimiento por aplicación escalonada de la tensión**

##### **5.2.1.3.4.1 Preparación de la muestra y ensayo con tensión escalonada**

Al final del período de envejecimiento, se saca del agua el conductor aislado y se corta en doce longitudes activas de 5 m cada una (sin cortar las longitudes necesarias para las terminaciones) que se deben guardar temporalmente en agua.

**Nota** - Se recomienda no incluir en el ensayo escalonado ni los extremos de conductor aislado que hayan estado fuera del agua durante el período de envejecimiento, ni la pequeña parte de conductor aislado (unos 150 mm) situada debajo de la superficie del agua, ya que el envejecimiento de esta pequeña parte puede no haberse realizado en condiciones controladas.

La preparación de la muestra debe efectuarse en un período no superior a tres días.

La muestra debe devolverse a la cuba con agua si el ensayo debe efectuarse más de dos días después de preparar la muestra.

La valoración del envejecimiento debe realizarse aplicando la tensión escalonadamente. La tensión de ensayo debe empezar a  $3 U_0$  y debe incrementarse un valor igual a  $1 U_0$  cada 5 min, aunque también son admisibles menores incrementos de la tensión y del tiempo, si tienen la misma pendiente.

##### **5.2.1.3.4.2 Criterio de aceptación**

La tensión que se debe aplicar se deduce de la fórmula siguiente:

$$U = 0,5 \times E_i \times d \times \log_e \frac{D}{d}, \text{ en kV}$$

en la que:

$E_i$  es el gradiente indicado en la tabla X, en kV/mm

$d$  es el diámetro sobre la pantalla del conductor, en milímetros

$D$  es el diámetro sobre el aislamiento, en milímetros

**Tabla X**

<b>Criterio de aceptación</b>	<b>Gradiente a soportar, <math>E_i</math> kV/mm</b>
El 100% de las muestras debe soportar satisfactoriamente el gradiente	14
Como mínimo, el 73% de la muestra debe soportar satisfactoriamente el gradiente	18
Como mínimo, el 40% de la muestra debe soportar satisfactoriamente el gradiente	22

No deben someterse al ensayo de tensión aquellas muestras que tengan defectos que puedan achacarse a factores externos, tales como daños en los empalmes o contorneos en las terminaciones. Sin embargo, es necesario presentar, como mínimo, nueve de las muestras envejecidas para obtener la aceptación.

Con las muestras que hayan soportado la tensión más elevada, se continúan los ensayos hasta su perforación, aplicando la tensión en la forma escalonada que se indica en el apartado 5.2.1.3.4.1. Los valores de la tensión de perforación sólo tienen un valor informativo.

## **5.2.2 Ensayos individuales**

Ensayos que se efectúan sobre todas las longitudes de cable completo fabricadas o, si se considera apropiado, durante la fabricación, con el fin de comprobar que cumplen las prescripciones.

Los ensayos que se deben efectuar son:

### **5.2.2.1 Medida de la resistencia eléctrica de los conductores**

Una bobina de cable completo, o una muestra de ella, se introduce en el local de ensayo, mantenido a una temperatura prácticamente constante, por lo menos desde 12 horas antes del ensayo. Si se tienen dudas acerca de si la temperatura del conductor es

igual a la del local, se medirá la resistencia, después de que el cable haya permanecido 24 horas en el local de ensayo.

La resistencia medida debe referirse a una temperatura de 20°C y a una longitud de 1 km mediante las fórmulas y los factores indicados en la norma UNE 21 022.

La resistencia del conductor con corriente continua a 20°C, no debe ser superior al valor indicado en el apartado 2.1.

#### **5.2.2.2 Medida de la resistencia eléctrica de la pantalla metálica**

El método de ensayo es idéntico al indicado en el apartado anterior.

La resistencia medida no debe ser superior a 1,24 Ohm/km.

#### **5.2.2.3 Ensayo de tensión**

El ensayo de tensión se efectúa a temperatura ambiente, aplicando una tensión alterna a frecuencia industrial.

Los cables deben someterse a una tensión de ensayo de 2,5  $U_0$ , durante 5 min, aplicada entre el conductor y la pantalla metálica sin que se perfore el aislamiento.

#### **5.2.2.4 Ensayo de descargas parciales**

Este ensayo debe realizarse de acuerdo con lo indicado en la norma UNE 21 175/3.

Las descargas parciales deben medirse a una tensión de 1,7  $U_0$  y deben ser menores de 10 pC.

#### **5.2.2.5 Ensayo dieléctrico de la cubierta exterior**

Este ensayo, como se prevé en el apartado 3.1 de la norma UNE 21 143, sirve para detectar en seco los eventuales defectos que pueda tener la cubierta.

Se aplica una tensión de 15 kV si se trata de corriente alterna o de 20 kV si se lleva a cabo el ensayo con corriente continua.

La permanencia mínima del cable en la zona de ensayo, debe ser de 0,1 s.

#### **5.2.3 Ensayos de recepción**

Son los ensayos individuales y los ensayos sobre muestras que realizan los representantes de las Compañías eléctricas en el laboratorio del fabricante sobre

muestras de cable completo o sobre sus componentes, cuando adquieren una partida de cables, para comprobar que el cable terminado cumple las especificaciones de esta Norma.

Los ensayos sobre muestras son los indicados en la tabla XI.

**Tabla XI: Ensayos sobre muestras**

Ensayo	Muestra a ensayar	Método y condiciones	Valores a obtener y prescripciones
<b>Marcas</b>	Una bobina como mínimo de cada serie de fabricación de la misma sección del cable, con un máximo del 10% del número de bobinas del pedido.	Examen visual	Capítulo 4
<b>Características geométricas del aislamiento</b> - Espesor		UNE 60811 1-1	Apartados 2.3.2 y 5.2.1.2.1
<b>Propiedades mecánicas del aislamiento sin envejecer</b> - Resistencia a la tracción - Alargamiento en la rotura		UNE 60811 1-1 UNE 60811 1-1	Apartado 2.3.1 Apartado 2.3.1
<b>Propiedades fisicoquímicas del aislamiento</b> - Alargamiento en caliente		UNE 60811 2-1	Apartado 2.3.1
<b>Propiedades eléctricas del aislamiento</b> - Ensayo de tensión de 4 h - Pérdidas dieléctricas en función de la tensión		Apartado 5.2.1.1.11 Apartado 5.2.1.1.7	Apartado 5.2.1.1.11 Apartado 2.3.1
<b>Separación de la pantalla semiconductora sobre el aislamiento</b>		Apartado 5.2.1.2.12	Apartado 5.2.1.2.12
<b>Pantalla metálica</b> - Número, diámetro, sección total y separación de los alambres - Paso y sentido de la hélice - Sección y paso del fleje		Medidas	Apartado 2.4
<b>Características geométricas de la cubierta</b> - Espesor		UNE 60811 1-1	Apartados 2.6.2 y 5.2.1.2.14
<b>Propiedades mecánicas de la cubierta sin envejecer</b> - Resistencia a la tracción - Alargamiento en la rotura		UNE 60811 1-1 UNE 60811 1-1	Apartado 2.6.1 Apartado 2.6.1
<b>Propiedades fisicoquímicas de la cubierta</b> - Presión a temperatura elevada - Choque térmico - Resistencia al desgarro de la cubierta		UNE 60811 3-1 UNE 60811 3-1 Apartado 5.2.1.2.21	Apartado 2.6.1 Apartado 2.6.1 Apartado 2.6.1

El usuario podrá exigir los resultados de la totalidad, o de una parte, de los ensayos indicados en la tabla XI y las actas de prueba de los ensayos individuales efectuados sobre la partida adquirida.

El usuario se reserva el derecho de asistir, o no, a la realización de los ensayos indicados en la tabla XI, así como de que se repitan en su presencia los ensayos individuales sobre un 10%, como máximo, de las bobinas que componen la partida.

Si en cualquiera de los ensayos se produce un fallo, se tomará una nueva muestra de doble tamaño, que no debe tener ningún fallo, ya que si lo hubiese se rechazaría el lote.

## **6 DOCUMENTOS PARA CONSULTA**

UNE EN ISO 9001	Sistemas de la calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en el diseño, el desarrollo, la producción, la instalación y el servicio postventa.
UNE EN ISO 9002	Sistemas de la calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en la producción, la instalación y el servicio postventa.
UNE 21-022-82	Conductores de cables aislados.
UNE 21-132-80	Ensayos de impulsos en cables y sus accesorios.
UNE 21-143-85	Ensayo de cubiertas exteriores de cables que tienen una función especial de protección, y que se aplican por extrusión.
UNE 21-147-93/2	Ensayo de los gases desprendidos durante la combustión de materiales de cables eléctricos. Parte 2: Determinación del grado de acidez (corrosividad) de los gases por medición del pH y la conductividad.
UNE EN 60811/1-1	Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos. Parte 1: Métodos de aplicación general. Sección 1: Medidas de espesores y diámetros. Ensayos para la determinación de las propiedades mecánicas.
UNE EN 60811/1-2	Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos. Parte 1: Métodos de aplicación general. Sección 2: Métodos de envejecimiento térmico.
UNE EN 60811/1-3	Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos. Parte 1: Métodos de aplicación general. Sección 3: Métodos para

determinar la densidad. Ensayos de absorción de agua.  
Ensayo de contracción.

UNE EN 60811/1-4 Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos. Parte 1: Métodos de aplicación general. Sección 4: Ensayos a baja temperatura.

UNE EN 60811/2-1 Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos. Parte 2: Métodos específicos para materiales elastoméricos. Sección 1: Ensayos de resistencia al ozono. Ensayo de alargamiento en caliente. Ensayo de resistencia al aceite mineral.

UNE EN 60811/3-1 Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos. Parte 3: Métodos específicos para mezclas de PVC. Sección 1: Ensayo de presión a alta temperatura. Ensayo de resistencia a la fisuración.

UNE EN 60811/3-2 Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos. Parte 3: Métodos específicos para mezclas de PVC. Sección 2: Ensayo de pérdida de masa. Ensayo de estabilidad térmica.

UNE 21-175-91/2 Métodos de ensayo eléctricos para cables eléctricos. Ensayo de descargas parciales.

UNE 21-175-93/3 Métodos de ensayo eléctricos para los cables eléctricos. Métodos de ensayo para medidas de descargas parciales sobre longitudes de cables de potencia extruidos.

RU 3305C Cables unipolares con conductores de aluminio y aislamiento seco para redes de alta tensión de hasta 36 kV.

**ANEXO I**

**ELECCIÓN DE LA TENSIÓN ASIGNADA DE LOS CABLES**

En la tabla A1 se indica la tensión asignada que debe tener un cable en función de la tensión asignada de la red y de su sistema de puesta a tierra. Desde este punto de vista, las redes se clasifican en las tres categorías siguientes:

**Categoría A:** Categoría en la que los defectos se eliminan tan rápidamente como sea posible y en cualquier caso antes de 1 min.

**Categoría B:** Esta categoría comprende las redes que, en caso de defecto, sólo funcionan con una fase a tierra durante un tiempo limitado. Generalmente, la duración de este funcionamiento no debería exceder de 1 hora, pero podrá admitirse una duración mayor cuando eso se especifique en la norma particular del tipo de cable considerado.

**Nota-** Conviene tener presente que en una red en la que un defecto a tierra no se elimina automática y rápidamente, los esfuerzos suplementarios soportados por el aislamiento de los cables durante la duración del defecto, reducen la vida de los cables en una cierta proporción. Si se prevé que una red va a funcionar frecuentemente con un defecto permanente, puede ser económico clasificar dicha red dentro de la categoría C siguiente.

**Categoría C:** Esta categoría comprende todas las redes no incluidas ni en la categoría A ni en la categoría B

**Tabla A1**

**Tensión asignada,  $U_0/U$ , recomendada para los cables que se deben utilizar en redes trifásicas**

Red de sistema trifásico		Tensión asignada del cable $U_0/U$ kV
Tensión asignada ,U kV	Categoría	
≤ 15	C	12/20
20	A y B C	
25	A y B C	18/30
30	A y B	

**ANEXO II**
**INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES**
**1 Intensidades máximas permanentes admisibles en los conductores**

Son las indicadas en la tabla B1. Se han tomado de la norma UNE 20 435, para la temperatura máxima admisible de los conductores y condiciones del tipo de instalación allí establecidas.

**Tabla B1**

**Intensidad máxima admisible , en amperios, en servicio permanente y con corriente alterna, de los cables seleccionados en este documento**

Sección nominal de los conductores mm <sup>2</sup>	INSTALACIÓN AL AIRE	INSTALACIÓN ENTERRADA
	Cable aislado con XLPE	Cable aislado con XLPE
150	320	315
240	435	415
400	580	530
Temperatura máxima en el conductor: 90°C	- Temperatura del aire: 40°C - Un terno de cables unipolares en contacto mutuo - Disposición que permita una eficaz renovación del aire	- Temperatura del terreno: 25°C - Un terno de cables unipolares en contacto mutuo - Profundidad de la instalación: 100 cm - Resistividad térmica del terreno: 100.°C.cm/W

Cuando las condiciones reales de instalación sean distintas de las tipo, la intensidad admisible se deberá corregir aplicando los factores relacionados en la citada norma UNE, de entre los que, por su mayor significación para redes de distribución, señalamos los siguientes:

a) Cables instalados al aire en ambientes de temperatura distinta de 40°C. Se aplicarán los coeficientes indicados en la tabla B2

**Tabla B2**

Temperatura ambiente	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
Coeficiente de corrección	1,18	1,10	1,00	0,90	0,77

b) Cables expuestos directamente al sol. Se utilizará un coeficiente corrector de 0,9, excepto para los cables trenzados en haz alrededor de un fiador, que se consideran en condiciones óptimas de disipación.

c) Varias ternas de cables enterrados directamente en una misma zanja. Se aplicarán los coeficientes indicados en la tabla B3.



**Tabla B3**

Ternas situadas en un mismo plano horizontal	NÚMERO DE TERNAS							
	2	3	4	5	6	8	10	12
Con una separación aproximadamente de 7 cm (espesor de un ladrillo)	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50
En contacto	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47

d) Ternas de cable enterrados en una zanja, en el interior de tubos o similares.

Se recomienda aplicar un coeficiente corrector de 0,8, en el caso de una terna de cables unipolares instalada en el interior de un mismo tubo, y de 0,9 si los cables de la terna están en tubos diferentes. Es obligatorio en el primer caso que la relación entre el diámetro del tubo y el diámetro aparente de la terna no sea inferior a 2.

No obstante lo anterior, cuando se trate de instalaciones tubulares que no superen longitudes de 15 m (cruzamientos de caminos, carreteras, etc), no será necesario aplicar coeficiente corrector.

e) Cables directamente enterrados o en conducciones enterradas en terrenos de resistividad térmica distinta de 100°C.cm/W. Se aplicarán los coeficientes indicados en la tabla B4.

**Tabla B4**

Resistividad térmica del terreno °C cm/W	80	100	120	150	200	250
Coeficiente de corrección	1,09	1	0,93	0,85	0,75	0,68

## 2 Intensidades máximas de cortocircuito admisibles en los conductores

En la tabla B5 se indican las intensidades de corriente de cortocircuito admisibles para diferentes tiempos de duración del cortocircuito.

De acuerdo con la norma UNE 20 435, estas intensidades corresponden a una temperatura de 250°C alcanzada por el conductor, supuesto que todo el calor desprendido durante el proceso de cortocircuito es absorbido por el propio conductor.

**Tabla B5**  
**Intensidad de cortocircuito admisible en los conductores en kA**

Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Duración del cortocircuito ( Seg. )								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
150	44,1	30,4	25,5	19,8	13,9	11,4	9,9	8,8	8,1
240	70,5	48,7	40,8	31,6	22,3	18,2	15,8	14,1	12,9
400	117,6	81,2	68,0	52,8	37,2	30,4	26,4	23,6	21,6

### 3 Intensidades de cortocircuito admisibles en la pantalla

En la tabla B6 se indican las intensidades admisibles, en la pantalla de cobre especificada en este Documento, en función del tiempo de duración del cortocircuito.

Estas intensidades se han tomado para una temperatura máxima en la pantalla de 160°C, según la norma UNE 20 435

**Tabla B6**

Sección de la pantalla mm <sup>2</sup>	Duración del cortocircuito (Seg.)							
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0
16	6,4	5,8	5,1	4,2	3,5	2,9	2,5	2,2



**ANEXO III**

**FIGURAS**

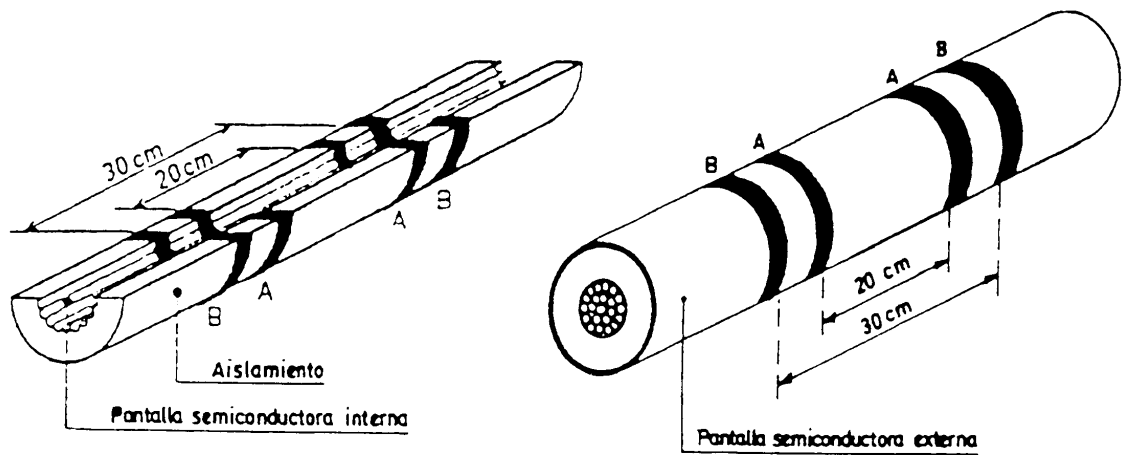


Fig. 1

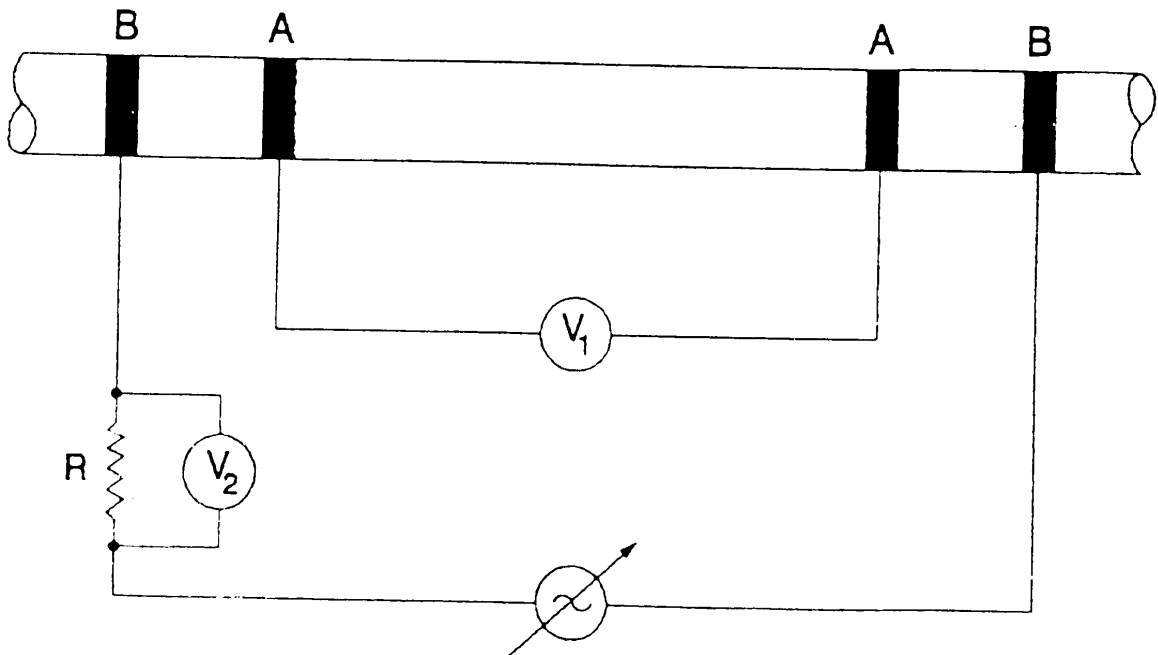


Fig. 2

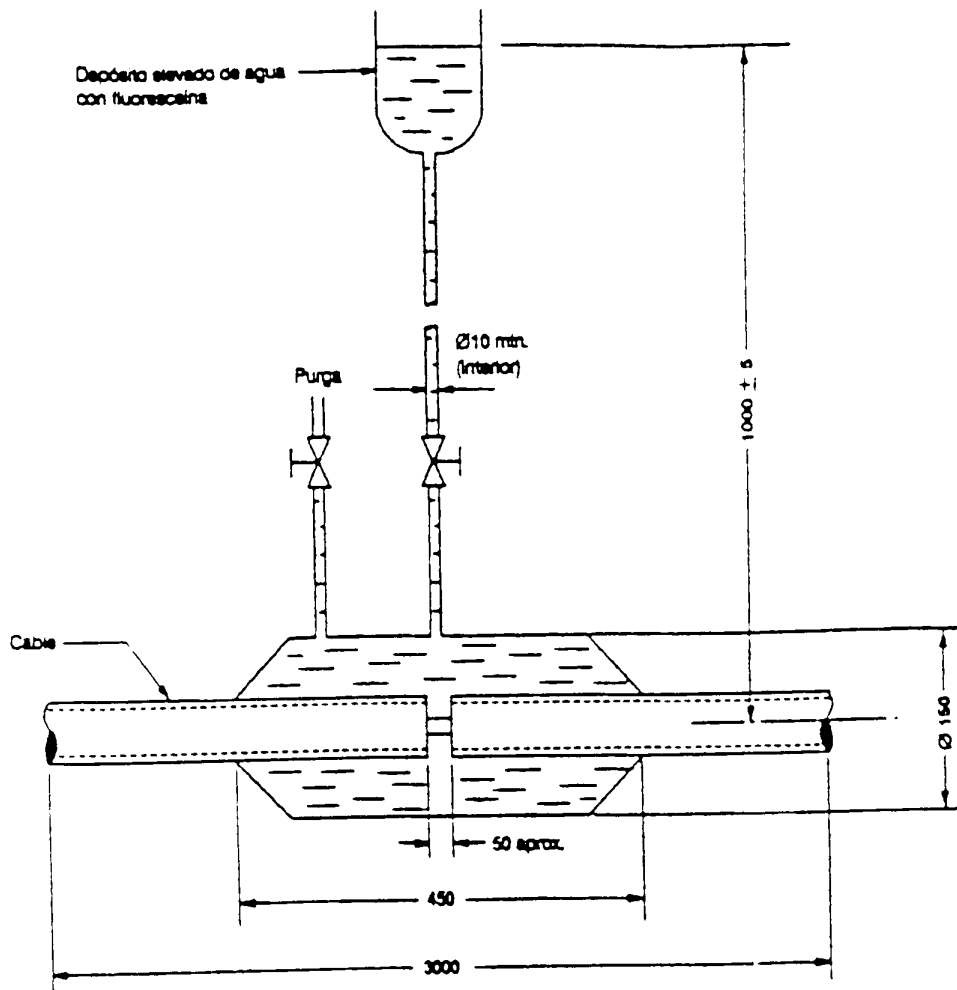


Fig. 8.-Equipo para el ensayo de penetración de agua

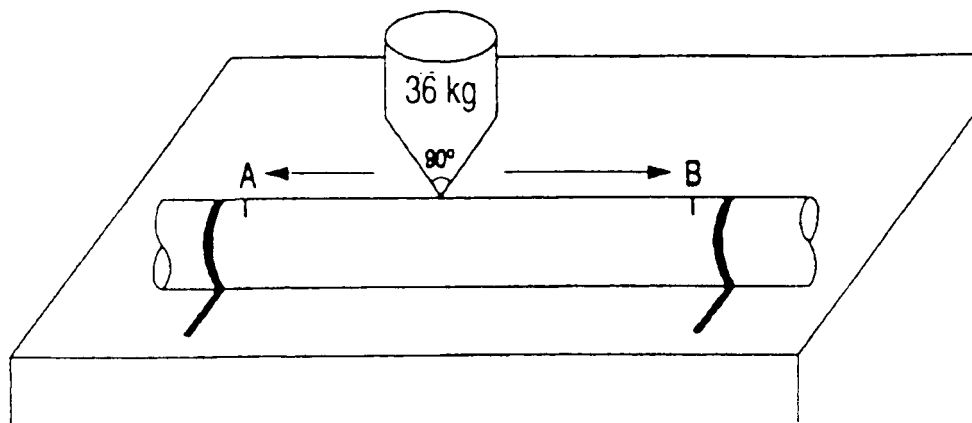


Fig. 6

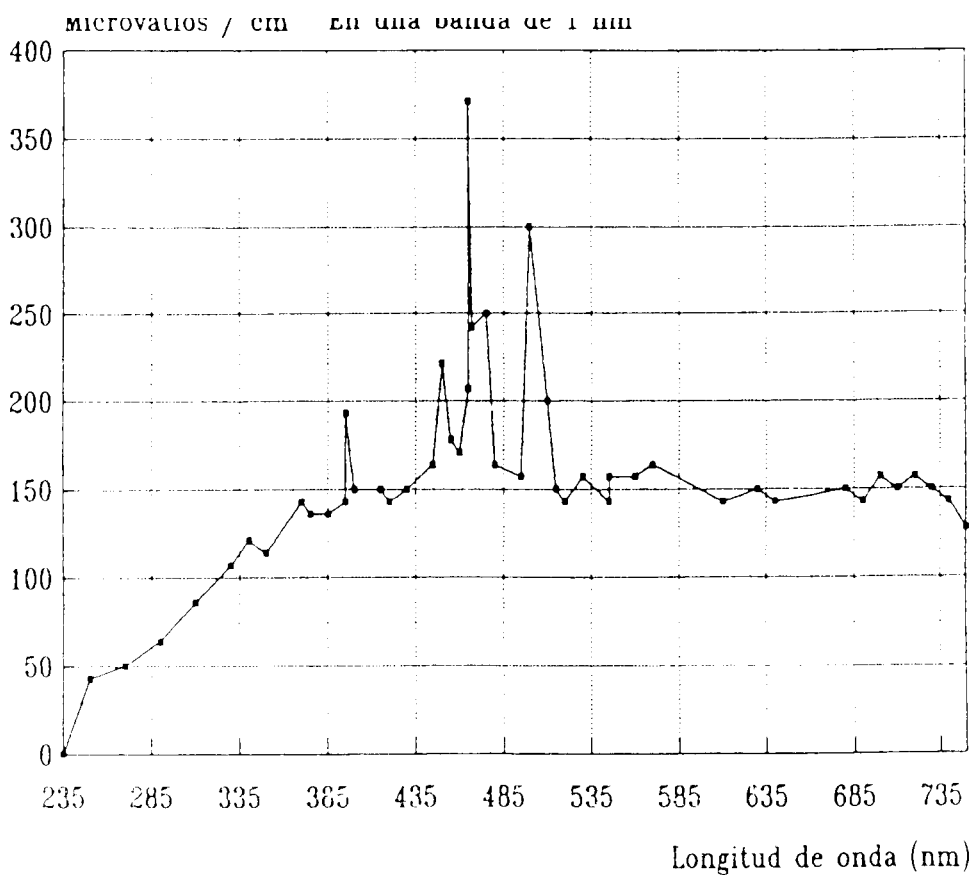


Fig. 7.- Energía recibida en función de la longitud de onda

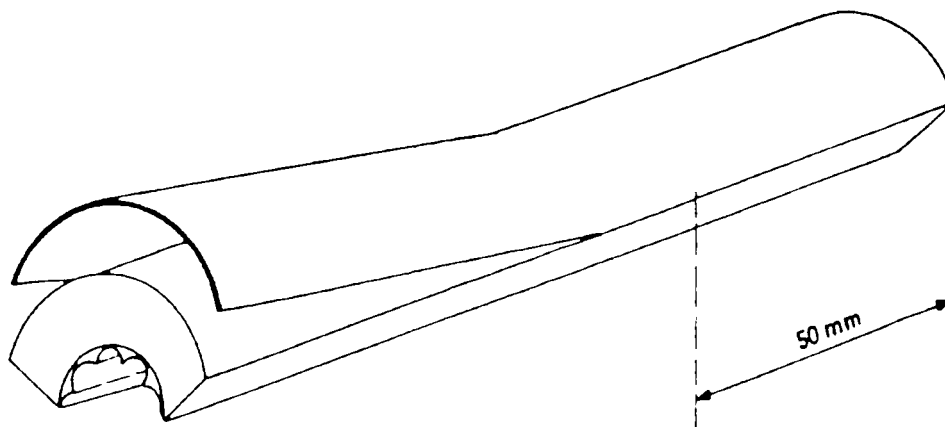


Fig. 3

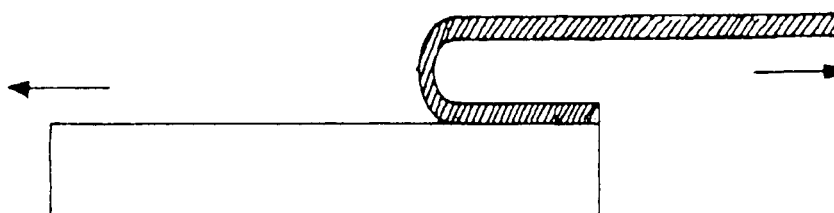


Fig. 4

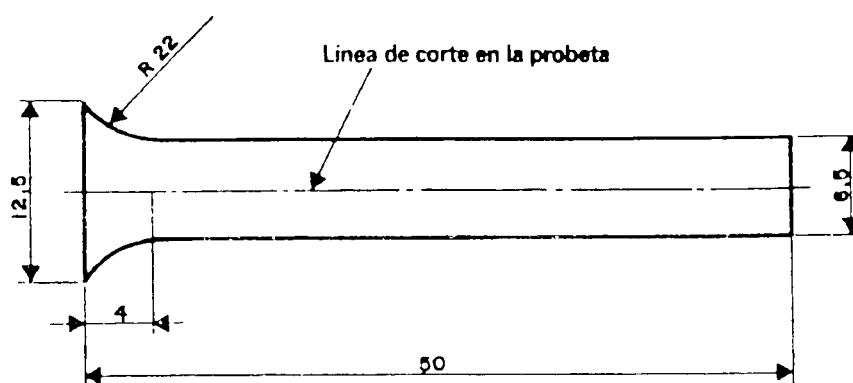


Fig. 5