



ET 03.365.052.4

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

# CABLES PARA LAS INSTALACIONES DE SEÑALIZACIÓN

3ª EDICIÓN: OCTUBRE 2024

### CONTROL DE CAMBIOS Y VERSIONES

Revisión		Modificaciones	Puntos Revisados
Nº	Fecha		
1	Octubre 2018 Erratum	Se corrige en el punto 10.7.6 el requisito de alargamiento a la rotura en cubiertas Termoplásticas al valor 100 %, de modo que el valor requerido para este parámetro coincida con los valores incluidos en las tablas 5, 17, 31 y 41 del documento.	10.7.6
2	Julio 2021 2ª Edición	Revisión de todos los tipos de cable y características técnicas que recoge esta ET. Adaptación del proceso de validación a la normativa actual.	Todos
3	Octubre 2024 3ª Edición	Revisión completa del documento, corrección de erratas y cambio de estructura recogiendo en el nuevo Anejo 1 todas las tablas de características físicas y eléctricas de los cables.	Todos

### EQUIPO REDACTOR

Grupo de Trabajo GT-403. Sistemas de energía, infraestructura y cables para señalización.

<p><b>Propone:</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Grupo de trabajo GT-403 Fecha: 4 de octubre de 2024</p>	<p><b>Aprueba:</b></p>          <p>Comité de Normativa Reunión de XX de XX de XXXX</p>
--	--

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

## PÁGINA

1.- OBJETO .....	10
2.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS CABLES .....	10
2.1.-REQUISITOS FUNCIONALES .....	10
2.2.-PARTES FUNDAMENTALES Y MATERIALES CONSTITUYENTES.....	10
2.3.-CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS CABLES.....	12
2.4.-DENOMINACIÓN Y CODIFICACIÓN DE LOS CABLES .....	13
2.5.-CLASIFICACIÓN DE LOS CABLES .....	14
2.6.-PROPIEDADES DE REACCIÓN AL FUEGO.....	15
3.- CABLES CON FORMACIÓN EN MULTICONDUCTORES.....	16
3.1.-CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	17
3.1.1.-CONDUCTORES.....	17
3.1.2.-AISLAMIENTO DE CADA CONDUCTOR.....	17
3.1.3.-FORMACIÓN EN MULTICONDUCTORES .....	17
3.1.3.1.-Conductores .....	17
3.1.3.2.-Código de colores .....	17
3.1.4.-ENVOLVENTE DEL NÚCLEO .....	18
3.1.5.-PANTALLA.....	18
3.1.5.1.-Cables sin factor de reducción.....	18
3.1.5.2.-Cables con factor de reducción .....	18
3.1.6.-CUBIERTA INTERIOR .....	18
3.1.6.1.-Cables con clases de reacción al fuego B2 <sub>ca</sub> -s1a-a1 .....	18
3.1.6.2.-Cables con clase de reacción al fuego F <sub>ca</sub> .....	18
3.1.7.-ARMADURA DE ACERO .....	18
3.1.7.1.-Cables sin factor de reducción.....	18
3.1.7.2.-Cables con factor de reducción .....	18
3.1.8.-CUBIERTA EXTERIOR .....	18
3.1.8.1.-Cables con clases de reacción al fuego B2 <sub>ca</sub> -s1a-a1 .....	18
3.1.8.2.-Cables con clase de reacción al fuego F <sub>ca</sub> .....	18
3.1.9.-CABLE SOPORTE (-8).....	19
3.2.-CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.....	19
3.2.1.-RESISTENCIA MECÁNICA.....	19
3.2.2.-RESISTENCIA AL IMPACTO .....	19
3.3.-CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS A 20°C .....	20
3.3.1.-RESISTENCIA ÓHMICA DE LOS CONDUCTORES.....	20
3.3.2.-RESISTENCIA DE AISLAMIENTO .....	20
3.3.3.-RIGIDEZ DIELECTRICA.....	20
3.3.4.-FACTOR DE REDUCCIÓN .....	20
4.- CABLES CON FORMACIÓN EN PARES.....	21
4.1.-CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	22
4.1.1.-CONDUCTORES.....	22
4.1.2.-AISLAMIENTO DE CADA CONDUCTOR.....	22

4.1.3.-FORMACIÓN EN PARES .....	22
4.1.3.1.-Cableado .....	22
4.1.3.2.-Código de colores .....	22
4.1.4.-ENVOLVENTE DEL NÚCLEO .....	22
4.1.5.-PANTALLA .....	22
4.1.6.-CUBIERTA INTERIOR .....	22
4.1.7.-ARMADURA DE ACERO .....	22
4.1.8.-CUBIERTA EXTERIOR .....	23
4.2.-CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.....	23
4.2.1.-RESISTENCIA MECÁNICA.....	23
4.2.2.-RESISTENCIA AL IMPACTO.....	23
4.3.-CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS A 20°C .....	23
4.3.1.-RESISTENCIA ÓHMICA DE LOS CONDUCTORES.....	23
4.3.2.-DESEQUILIBRIO DE RESISTENCIA.....	23
4.3.3.-RESISTENCIA DE AISLAMIENTO .....	23
4.3.4.-RIGIDEZ DIELECTRICA.....	23
4.3.5.-CAPACIDAD MUTUA .....	23
4.3.6.-DESEQUILIBRIOS DE CAPACIDAD .....	23
4.3.7.-ATENUACIÓN.....	24
4.3.8.-FACTOR DE REDUCCIÓN .....	24
5.- CABLES CON FORMACIÓN EN CUADRETES.....	25
5.1.-CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	25
5.1.1.-CONDUCTORES.....	25
5.1.2.-AISLAMIENTO DE CADA CONDUCTOR.....	25
5.1.3.-FORMACIÓN EN CUADRETES .....	26
5.1.3.1.-Cableado en capas concéntricas.....	26
5.1.3.2.-Código de colores .....	26
5.1.4.-ENVOLVENTE DEL NÚCLEO .....	26
5.1.5.-PANTALLA.....	26
5.1.5.1.-Cables sin factor de reducción .....	26
5.1.5.2.-Cables con factor de reducción .....	26
5.1.6.-CUBIERTA INTERIOR .....	26
5.1.6.1.-Cables con clases de reacción al fuego B <sub>2ca</sub> -s <sub>1a</sub> -a <sub>1</sub> .....	26
5.1.6.2.-Cables con clase de reacción al fuego F <sub>ca</sub> .....	26
5.1.7.-ARMADURA DE ACERO .....	27
5.1.7.1.-Cables sin factor de reducción .....	27
5.1.7.2.-Cables con factor de reducción .....	27
5.1.8.-CUBIERTA EXTERIOR .....	27
5.1.8.1.-para cables con clases de reacción al fuego B <sub>2ca</sub> -s <sub>1a</sub> -a <sub>1</sub> .....	27
5.1.8.2.-para cables con clase de reacción al fuego F <sub>ca</sub> .....	27
5.1.9.-CABLE SOPORTE (-8).....	27
5.2.-CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.....	27
5.2.1.-RESISTENCIA MECÁNICA.....	27
5.2.2.-RESISTENCIA AL IMPACTO.....	27

5.3.-CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS A 20°C.....	27
5.3.1.-RESISTENCIA ÓHMICA DE LOS CONDUCTORES.....	27
5.3.2.-DESEQUILIBRIOS DE RESISTENCIA.....	27
5.3.3.-RESISTENCIA DE AISLAMIENTO .....	27
5.3.4.-RIGIDEZ DIELECTRICA.....	28
5.3.5.-CAPACIDAD MUTUA .....	28
5.3.6.-DESEQUILIBRIOS DE CAPACIDAD .....	28
5.3.7.-DESVIACIONES DE CAPACIDAD.....	28
5.3.8.-ATENUACIÓN.....	28
5.3.9.-FACTOR DE REDUCCIÓN .....	28
6.- OTRAS CARACTERÍSTICAS .....	28
6.1.-MARCADO .....	28
7.- RELACION DE ENSAYOS .....	29
7.1.-ENSAYOS SOBRE LOS CONDUCTORES .....	29
7.1.1.-DIÁMETRO DE LOS CONDUCTORES .....	29
7.1.1.1.-Método de ensayo .....	29
7.1.1.2.-Criterio de aceptación .....	29
7.1.2.-RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ALARGAMIENTO A LA ROTURA DE LOS CONDUCTORES .....	29
7.1.2.1.-método de ensayo .....	29
7.1.2.2.-Criterio de aceptación .....	29
7.2.-ENSAYOS SOBRE EL AISLAMIENTO.....	29
7.2.1.-DENSIDAD DEL AISLAMIENTO .....	29
7.2.1.1.-Método de ensayo .....	29
7.2.1.2.-Criterio de aceptación .....	29
7.2.2.-RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ALARGAMIENTO A LA ROTURA DEL AISLAMIENTO .....	29
7.2.2.1.-Método de ensayo .....	29
7.2.2.2.-Criterio de aceptación .....	30
7.2.3.-RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ALARGAMIENTO A LA ROTURA DESPUÉS DEL ENVEJECIMIENTO DEL AISLAMIENTO .....	30
7.2.3.1.-Método de ensayo .....	30
7.2.3.2.-Criterio de aceptación .....	30
7.2.4.-ÍNDICE DE FLUIDEZ DEL AISLAMIENTO .....	30
7.2.4.1.-Método de ensayo .....	30
7.2.4.2.-Criterio de aceptación .....	30
7.2.5.-TIEMPO DE INDUCCIÓN A LA OXIDACIÓN DEL AISLAMIENTO .....	30
7.2.5.1.-Método de ensayo .....	30
7.2.5.2.-Criterio de aceptación .....	30
7.2.6.-RETRACCIÓN DEL AISLAMIENTO .....	31
7.2.6.1.-Método de ensayo .....	31
7.2.6.2.-Criterio de aceptación .....	31
7.2.7.-ESPESOR RADIAL DEL AISLAMIENTO .....	31
7.2.7.1.-Método de ensayo .....	31
7.2.7.2.-Criterio de aceptación .....	31

7.3.-ENSAYOS SOBRE EL NÚCLEO DEL CABLE .....	31
7.3.1.-FORMACIÓN DEL NÚCLEO DEL CABLE.....	31
7.3.1.1.-Método de ensayo .....	31
7.3.1.2.-Criterio de aceptación .....	31
7.3.2.-CÓDIGO DE COLORES DEL NÚCLEO DEL CABLE.....	32
7.3.2.1.-Método de ensayo .....	32
7.3.2.2.-Criterio de aceptación .....	32
7.4.-ENSAYOS SOBRE LA PANTALLA.....	32
7.4.1.-ESPESOR DE LA PANTALLA DE ALUMINIO – COPOLÍMERO .....	32
7.4.1.1.-Método de ensayo .....	32
7.4.1.2.-Criterio de aceptación .....	32
7.4.2.-SOLAPE DE LA PANTALLA DE ALUMINIO – COPOLÍMERO .....	33
7.4.2.1.-Método de ensayo .....	33
7.4.2.2.-Criterio de aceptación .....	33
7.4.3.-ADHERENCIA DE LA PANTALLA DE ALUMINIO – COPOLÍMERO / CUBIERTA.....	33
7.4.3.1.-Método de ensayo .....	33
7.4.3.2.-Criterio de aceptación .....	33
7.5.-ENSAYOS SOBRE LA CUBIERTA INTERIOR .....	34
7.5.1.-DENSIDAD DE LA CUBIERTA INTERIOR .....	34
7.5.1.1.-Método de ensayo .....	34
7.5.1.2.-Criterio de aceptación .....	34
7.5.2.-ESPESOR RADIAL DE LA CUBIERTA INTERIOR.....	34
7.5.2.1.-Método de ensayo .....	34
7.5.2.2.-Criterio de aceptación .....	34
7.6.-ENSAYOS SOBRE LA CUBIERTA EXTERIOR.....	34
7.6.1.-ESPESOR DE FLEJES DE ACERO .....	34
7.6.1.1.-Método de ensayo .....	34
7.6.1.2.-Criterio de aceptación .....	34
7.6.2.-DENSIDAD DE LA CUBIERTA EXTERIOR .....	35
7.6.2.1.-Método de ensayo .....	35
7.6.2.2.-Criterio de aceptación .....	35
7.6.3.-ESPESOR RADIAL DE LA CUBIERTA EXTERIOR.....	35
7.6.3.1.-Método de ensayo .....	35
7.6.3.2.-Criterio de aceptación .....	35
7.6.4.-RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ALARGAMIENTO A LA ROTURA DE LA CUBIERTA EXTERIOR.....	35
7.6.4.1.-Método de ensayo .....	35
7.6.4.2.-Criterio de aceptación .....	35
7.6.5.-RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ALARGAMIENTO A LA ROTURA DESPUÉS DEL ENVEJECIMIENTO DE LA CUBIERTA EXTERIOR.....	36
7.6.5.1.-Método de ensayo .....	36
7.6.5.2.-Criterio de aceptación .....	36
7.6.6.-ÍNDICE DE FLUIDEZ DE LA CUBIERTA EXTERIOR.....	36
7.6.6.1.-Método de ensayo .....	36
7.6.6.2.-Criterio de aceptación .....	36

7.6.7.-CONTENIDO EN NEGRO DE HUMO DE LA CUBIERTA EXTERIOR .....	36
7.6.7.1.-Método de ensayo .....	36
7.6.7.2.-Criterio de aceptación .....	36
7.6.8.-RESISTENCIA A LA FISURACIÓN DE LA CUBIERTA EXTERIOR .....	36
7.6.8.1.-Método de ensayo .....	37
7.6.8.2.-Criterio de aceptación .....	37
7.6.9.-ÍNDICE DE OXÍGENO LÍMITE DE LA CUBIERTA EXTERIOR .....	37
7.6.9.1.-Método de ensayo .....	37
7.6.9.2.-Criterio de aceptación .....	37
7.6.10.- ÍNDICE DE TEMPERATURA LÍMITE DE LA CUBIERTA EXTERIOR .....	37
7.6.10.1.-Método de ensayo .....	37
7.6.10.2.-Criterio de aceptación .....	37
7.7.-ENSAYOS DE CABLES AUTOSOPORTADOS.....	37
7.7.1.-ENSAYOS SOBRE LOS ALAMBRES DE ACERO DEL SOPORTE DE LOS CABLES AUTOSOPORTADOS .....	37
7.7.1.1.-RESISTENCIA A LA TRACCIÓN .....	37
7.7.1.1.1.-Método de ensayo.....	37
7.7.1.1.2.-Criterio de aceptación .....	38
7.7.1.2.-TORSIÓN .....	38
7.7.1.2.1.-Método de ensayo.....	38
7.7.1.2.2.-Criterio de aceptación .....	38
7.7.1.3.-GALVANIZADO .....	38
7.7.1.3.1.-Método de ensayo.....	38
7.7.1.3.2.-Criterio de aceptación .....	38
7.7.2.-ENSAYOS SOBRE EL CABLE DE ACERO DEL SOPORTE DE LOS CABLES AUTOSOPORTADOS .....	38
7.7.2.1.-VERIFICACIONES GEOMÉTRICAS.....	38
7.7.2.1.1.-Método de ensayo.....	38
7.7.2.1.2.-Criterio de aceptación .....	38
7.7.2.2.-CARGA DE ROTURA MÍNIMA .....	39
7.7.2.2.1.-Método de ensayo.....	39
7.7.2.2.2.-Criterio de aceptación .....	39
7.7.3.-DIMENSIONES DE LA CUBIERTA .....	39
7.7.3.1.-Método de ensayo .....	39
7.7.3.2.-Criterio de aceptación .....	39
7.8.-ENSAYOS SOBRE EL CABLE FINAL.....	39
7.8.1.-DIÁMETRO EXTERIOR DEL CABLE FINAL .....	39
7.8.1.1.-Método de ensayo .....	39
7.8.1.2.-Criterio de aceptación .....	40
7.8.2.-DOBLADO DEL CABLE FINAL .....	40
7.8.2.1.-Método de ensayo .....	40
7.8.2.2.-Criterio de aceptación .....	40
7.8.3.-MARCADO DE LA CUBIERTA DEL CABLE FINAL.....	40
7.8.3.1.-Método de ensayo .....	40
7.8.3.2.-Criterio de aceptación .....	40

7.8.4.-PENETRACIÓN DE AGUA EN EL CABLE FINAL .....	40
7.8.4.1.-Método de ensayo .....	40
7.8.4.2.-Criterio de aceptación .....	40
7.8.5.-RESISTENCIA AL IMPACTO DEL CABLE FINAL.....	40
7.8.5.1.-Método de ensayo .....	40
7.8.5.2.-Criterio de aceptación .....	41
7.9.-ENSAYOS ELÉCTRICOS .....	41
7.9.1.-RESISTENCIA ÓHMICA Y CONTINUIDAD DE CONDUCTORES .....	41
7.9.1.1.-Método de ensayo .....	41
7.9.1.2.-Criterio de aceptación .....	41
7.9.2.-DESEQUILIBRIO DE RESISTENCIA.....	41
7.9.2.1.-Método de ensayo .....	41
7.9.2.2.-Criterio de aceptación .....	41
7.9.3.-CAPACIDAD MUTUA .....	41
7.9.3.1.-Método de ensayo .....	42
7.9.3.2.-Criterio de aceptación .....	42
7.9.4.-DESEQUILIBRIO DE CAPACIDAD .....	42
7.9.4.1.-Método de ensayo .....	42
7.9.4.2.-Criterio de aceptación .....	43
7.9.5.-RESISTENCIA DE AISLAMIENTO .....	44
7.9.5.1.-Método de ensayo .....	44
7.9.5.2.-Criterio de aceptación .....	44
7.9.6.-RIGIDEZ DIELECTRICA.....	44
7.9.6.1.-Método de ensayo .....	44
7.9.6.2.-Criterio de aceptación .....	45
7.9.7.-ATENUACIÓN.....	45
7.9.7.1.-Método de ensayo .....	45
7.9.7.2.-Criterio de aceptación .....	45
7.9.8.-ENSAYOS DEL FACTOR DE REDUCCIÓN.....	45
7.9.8.1.-Método de ensayo .....	45
7.9.8.2.-Criterio de aceptación .....	47
7.10.- ENSAYOS DE REACCIÓN AL FUEGO.....	47
7.10.1.- MEDIDA DE LA EMISIÓN DE CALOR Y PRODUCCIÓN DE HUMOS EN CABLES DURANTE EL ENSAYO DE PROPAGACIÓN DE LA LLAMA.....	47
7.10.1.1.-Método de ensayo .....	47
7.10.1.2.-Criterio de aceptación.....	48
7.10.2.- ENSAYO DE PROPAGACIÓN VERTICAL DE LA LLAMA PARA UN CONDUCTOR INDIVIDUAL AISLADO O CABLE. PROCEDIMIENTO PARA LLAMA PREMEZCLADA DE 1 KW.....	48
7.10.2.1.-Método de ensayo .....	48
7.10.2.2.-Criterio de aceptación.....	48
7.10.3.- ENSAYOS A MEDIDA DE LA DENSIDAD DE LOS HUMOS EMITIDOS POR LOS CABLES EN COMBUSTIÓN BAJO CONDICIONES DEFINIDAS.....	48
7.10.3.1.-Método de ensayo .....	48
7.10.3.2.-Criterio de aceptación.....	48

7.10.4.- ENSAYO DE LOS GASES DESPRENDIDOS DURANTE LA COMBUSTIÓN DE MATERIALES PROCEDENTES DE LOS CABLES. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ (POR MEDIDA DEL PH) Y LA CONDUCTIVIDAD .....	48
7.10.4.1.-Método de ensayo .....	48
7.10.4.2.-Criterio de aceptación.....	49
8.- VALIDACIÓN .....	49
8.1.-CONDICIONES GENERALES.....	49
8.2.-CRITERIOS DE SELECCIÓN Y PROPORCIÓN DE LAS MUESTRAS A ENSAYAR.....	50
8.3.-LUGAR DE LOS ENSAYOS.....	50
8.4.-ENTIDAD TÉCNICA DE SEGUIMIENTO .....	50
8.5.-SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE VALIDACIÓN .....	51
9.- RECEPCIÓN .....	51
9.1.-CONDICIONES GENERALES.....	51
9.2.-CRITERIOS DE SELECCIÓN Y PROPORCIÓN DE LAS MUESTRAS A ENSAYAR.....	52
9.3.-LUGAR DE LOS ENSAYOS.....	53
9.4.-RELACIÓN DE ENSAYOS DE RECEPCIÓN .....	53
9.5.-CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO .....	54
10.-CONDICIONES DE TRANSPORTE, EMBALAJE Y ETIQUETADO .....	54
11.-GARANTÍAS.....	54
12.-NORMATIVA DEROGADA.....	54
13.-NORMATIVA DE REFERENCIA.....	55
I.Anejo 1. TABLAS DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS.....	58
II.Anejo 2. DIÁMETRO EXTERIOR DE CABLES Y ESPESORES DE CUBIERTAS.....	74
III.Anejo 3. CÓDIGOS RAL DE COLORES .....	83

## 1.-OBJETO

La presente especificación técnica (ET) tiene por objeto definir las características físicas, mecánicas y eléctricas, y fijar las condiciones de validación y suministro, de los cables a utilizar en los sistemas de señalización del subsistema de Control-Mando y Señalización para las instalaciones de Adif y Adif AV (en adelante Adif).

## 2.-CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS CABLES

### 2.1.-REQUISITOS FUNCIONALES

Los requisitos generales que deben cumplir los cables son:

- Los materiales de los conductores deben permitir la transmisión y el transporte de las señales eléctricas correspondientes de forma que se respeten los niveles de tensión, intensidad, frecuencia y energía de cada una de ellas.
- Los materiales de los aislantes deben aportar los niveles de protección frente al contacto eléctrico de forma que se asegure tanto la protección del entorno respecto de los efectos de las señales eléctricas que circulan por los conductores como de la inmunidad de éstos frente a las interferencias eléctricas provenientes de aquél.
- Los materiales de las pantallas deben ser aquellos que aporten el mismo nivel de inmunidad frente a los campos electromagnéticos externos mediante el acoplamiento con las propiedades de la armadura de acero de forma que su fabricación y reciclaje tengan el menor impacto sobre el medioambiente.
- Las materiales de las cubiertas interiores deben cubrir las condiciones de aislamiento eléctrico, protección mecánica y de reacción al fuego entre el núcleo del cable y las pantallas y armaduras. En la medida en que ello sea posible, incorporando los aditivos necesarios, deben ser de los mismos materiales que los aislantes de los conductores.
- Los materiales del asiento de la armadura deben ser, en la medida de lo posible, los mismos que los de los aislantes de los conductores.
- El material de la armadura debe proporcionar la protección mecánica necesaria para las acciones de transporte, almacenamiento, tendido y funcionamiento a lo largo de la vía útil de cada cable, junto con los efectos de apantallamiento electromagnético en los cables con factor de reducción (FR).
- El material de la cubierta exterior debe proporcionar el aislamiento eléctrico, la protección mecánica y los elementos de identificación del cable durante todas las fases hasta su puesta en servicio y a lo largo de su ciclo completo de funcionamiento.

### 2.2.-PARTES FUNDAMENTALES Y MATERIALES CONSTITUYENTES

Teniendo en cuenta los requisitos mencionados, los materiales que formarán cada una de las partes fundamentales de los cables y que aportarán diferentes cualidades en función del tipo de cable, serán las siguientes:

PARTES FUNDAMENTALES Y MATERIALES CONSTITUYENTES DE LOS CABLES		
PARTE FUNDAMENTAL	MATERIAL CONSTITUYENTE	Pos.
Conductores	Cobre <sup>(1)</sup>	I
Aislamiento de cada conductor	HDPE <sup>(2)</sup>	II
Pantalla <sup>(9)</sup>	Aluminio estanca <sup>(3)</sup>	III
	Cobre <sup>(4)</sup>	IV
Cubierta interior <sup>(9)</sup>	HFFRLS <sup>(5)</sup>	V
	LDPE o LLDPE <sup>(6)</sup>	VI
Armadura de acero <sup>(9)</sup>	Cinta de acero <sup>(7)</sup>	VII
	Fleje de acero <sup>(8)</sup>	VIII
Cubierta exterior <sup>(9)</sup>	HFFRLS <sup>(5)</sup>	IX
	LDPE o LLDPE <sup>(6)</sup>	X
Soporte <sup>(10)</sup>	Acero galvanizado y polietileno	XI

(1) Cobre electrolítico puro y uniformemente recocido, según UNE 21011-2 y conductividad mínima del 98 % del patrón internacional. Los conductores de cobre tendrán una resistencia a la tracción superior a 200 N/mm<sup>2</sup>, y deberán permitir un alargamiento antes de la rotura de al menos el 20%.

(2) Polietileno de alta densidad extruido según características indicadas en la Tabla 1 'Características del HDPE para aislamiento' del Anejo 1 de este documento. Los pigmentos utilizados para colorear el polietileno serán compatibles con el aislamiento y el antioxidante.

(3) Cinta lisa de aluminio de espesor 0,2 ± 0,025 mm recubierta por ambas caras por una capa de copolímero (1,4 kg/12,7 mm) formando un tubo estanco. El copolímero tendrá un espesor por cada cara de 0,04 mm como mínimo. La cinta de aluminio-copolímero tendrá un solape mínimo de 3 mm para núcleos de diámetro menor de 10 mm y de 6,5 mm para núcleos de diámetros mayores de 10 mm.

(4) Cinta o corona de alambres de cobre electrolítico. El número/diámetro de los alambres o el espesor de la cinta será el necesario para obtener FR 0,3. Por razones de fabricación, podrá disponer de una capa de asiento de la pantalla compuesta de polietileno de baja densidad de espesor radial máximo de 1 mm.

(5) Halogen Free Fire Retardant Low Smoke/Retardante de fuego libre de halógenos y bajo nivel de humo, según características indicadas en la Tabla 4 'Características de termoplásticos ignífugos para cubiertas' del Anejo 1 de este documento, para la formación de cables con reacción al fuego mínima B<sub>2ca</sub>-s1a-a1 conforme a las recogidas en el Reglamento Delegado (UE) 2016/364.

(6) Polietileno de baja densidad o Polietileno de baja densidad lineal, según características indicadas en la Tabla 3 'Características de LPDE o LLPDE para cubiertas' del Anejo 1 de este documento, para la formación de cables con reacción al fuego mínima F<sub>ca</sub> conforme a las recogidas en el Reglamento Delegado (UE) 2016/364.

(7) Cinta de acero de espesor 0,15 ± 0,025 mm recubierta por ambas caras por una capa de copolímero (min.0,04 mm por cada cara), formando un tubo estanco. Esta cinta irá corrugada con un mínimo de 8 corrugaciones cada 25 mm. La cinta de acero-copolímero tendrá un solape de 4,5 mm como mínimo.

(8) Flejes de acero con un espesor nominal de 0,2-0,3 mm y grado de recubrimiento Z100 según UNE-EN 10346. Podrán aplicarse con hélice abierta o cerrada con una anchura tal que se obtenga FR 0,3.

(9) Esta parte fundamental estará constituida solo por uno de los materiales indicados en función del tipo de cable.

(10) Esta parte es únicamente aplicable a los cables autoportados, característica opcional para algunos tipos de cables.

Tabla A. Partes y materiales constituyentes de los cables.

### 2.3.-CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS CABLES

Los cables que se incluyen en la presente ET quedan definidos, en función de los requisitos funcionales y materiales constituyentes, por sus características físicas, mecánicas y eléctricas.

#### FÍSICAS:

- Estructura del núcleo:
  - Diámetro de cada conductor y su aislamiento.
  - Elementos básicos y tipo de formación:
    - Formación en multiconductores: cada elemento básico está formado por un conductor con su aislamiento.
    - Formación en pares: cada elemento básico está formado por un conjunto de 2 conductores cada uno de ellos con su aislamiento, formando así un par.
    - Formación en cuadretes: cada elemento básico está formado por un conjunto de 4 conductores cada uno de ellos con su aislamiento, formando así un cuadrete.
  - Envoltente del núcleo.
- Tipo de apantallamiento: diferenciando si proporciona FR.

En esta ET todos aquellos cables que dispongan de pantalla de cobre deberán proporcionar FR 0,3 (factor de reducción de 0,3) entendiéndose que el efecto electromagnético sobre ellos se verá reducido, al menos, en un 70%.
- Tipo de cubiertas: interior y exterior, diferenciando sus propiedades ignífugas.
- Tipo de armadura: diferenciando si proporciona FR.
- Otras características, según necesidades de servicio: cables autoportados.

#### MECÁNICAS:

- Resistencia mecánica
- Resistencia al impacto

#### ELÉCTRICAS A 20°C:

- Resistencia óhmica y de aislamiento.
- Rigidez dieléctrica.
- Capacidad mutua.
- Desequilibrios de resistencia y capacidad.
- Atenuación.
- Efecto del FR.

## 2.4.-DENOMINACIÓN Y CODIFICACIÓN DE LOS CABLES

La denominación y codificación de los cables que se recogen en esta ET se compondrá de siglas y números en función de sus características físicas y en el orden indicado en la siguiente relación:

- Nº de elementos básicos  $\Rightarrow$  n $\circ$
- Elemento básico:
  - Formación en Multiconductores  $\Rightarrow$  H-
  - Formación en Cuadretes  $\Rightarrow$  X-
  - Formación en Pares  $\Rightarrow$  P-
- Diámetro del conductor (en mm):
  - $\Rightarrow$  0,9
  - $\Rightarrow$  1,4
- Tipo de apantallamiento:
  - Aluminio estanca  $\Rightarrow$  -EA
  - Cintas o hilos de cobre  $\Rightarrow$  -CC
- Tipo de cubierta interior:
  - Polietileno de baja densidad LDPE o LLDPE  $\Rightarrow$  P
  - Termoplástico ignífugo HFFRLS  $\Rightarrow$  T
- Tipo de armadura:
  - Flejes de acero  $\Rightarrow$  SS
- Tipo de cubierta exterior:
  - Polietileno de baja densidad LDPE o LLDPE  $\Rightarrow$  P
  - Termoplástico ignífugo HFFRLS  $\Rightarrow$  T
- Otras características:
  - Cables con Factor de Reducción  $\Rightarrow$  -FR 0,3
  - Cables autosoportados  $\Rightarrow$  -8

CODIFICACIÓN DE LOS CABLES							
Nº de elementos básicos	Elemento básico	Diámetro del conductor (mm)	Tipo de apantalla.	Tipo de cubierta interior	Tipo de armadura	Tipo de cubierta exterior	Otras Caract. (*)
Nº	H-	0,9	-EA	P	SS	P	-FR 0,3
	X-	1,4	-CC	T		T	-8
<p>Para la codificación de los cables se seleccionarán cada una de las siglas que define las características, en la secuencia indicada.</p> <p>(*)Algunos cables podrán disponer de una, de las dos o de ninguna de estas características. Los cables con tipo de apantallamiento -CC siempre dispondrán de FR 0,3.</p> <p><i>Ejemplo:</i></p> <p><i>Cable de 3 cuadretes de diámetro 1,4 mm, con pantalla de cintas o hilos de cobre, cubierta interior de termoplástico ignífugo HFFRLS, armadura de flejes de acero, cubierta exterior de termoplástico ignífugo HFFRLS y FR 0,3:</i></p> <p style="text-align: center;"><i>3X-1,4-CCTSST-FR 0,3</i></p>							

Tabla B. Codificación para la denominación de los cables de esta ET.

## 2.5.-CLASIFICACIÓN DE LOS CABLES

Los tipos de cables a los que aplica la presente ET son:

- Cables multiconductores con conductores de 1,4 mm de diámetro, con opción de disponer de la característica -8:
  - H-EAPSSP (F<sub>ca</sub>)
  - H-CCPSSP-FR 0,3 (F<sub>ca</sub>)
  - H-EATSST (B<sub>2ca</sub>-s1a-a1)
  - H-CCTSST-FR 0,3 (B<sub>2ca</sub>-s1a-a1)
- Cables de pares con conductores de 0,9 ó 1,4 mm de diámetro:
  - P-CCTSST-FR 0,3 (B<sub>2ca</sub>-s1a-a1)
- Cables de cuadretes con conductores de 0,9 ó 1,4 mm de diámetro, con opción de disponer de la característica -8:
  - X-EAPSSP (F<sub>ca</sub>)
  - X-CCPSSP-FR 0,3 (F<sub>ca</sub>)
  - X-EATSST (B<sub>2ca</sub>-s1a-a1)
  - X-CCTSST-FR 0,3 (B<sub>2ca</sub>-s1a-a1)

A continuación se muestra un cuadro resumen en el que se recogen los tipos de cables con formación en multiconductor, cuadrete y par que contempla esta ET:

CABLES CON FORMACIÓN EN MULTICONDUCTOR				CABLES CON FORMACIÓN EN CUADRETE				CABLES CON FORMACIÓN EN PAR		
Nº elem	D <sup>(1)</sup>	TIPOS	Opcional <sup>(2)</sup>	Nº elem	D <sup>(1)</sup>	TIPOS	Opcional <sup>(2)</sup>	Nº elem	D <sup>(1)</sup>	TIPO
2H-	1,4	-EAPSSP -CCPSSP-FR 0,3 -EATSST -CCTSST-FR 0,3	-8	1X-	0,9	-EAPSSP -CCPSSP-FR 0,3 -EATSST -CCTSST-FR 0,3	-8	1P-	0,9	-CCTSST-FR 0,3
4H-				3X-				1,4		
7H-				7X-						
9H-				10X-						
12H-				14X-						
19H-				19X-						
27H-				25X-						
37H-				28X-						
48H-										
61H-										

(1) Diámetro del conductor (mm).

(2) Los cables podrán disponer de la característica opcional.

Tabla C. Tipos de cables con formación en multiconductor, cuadrete y par que contempla esta ET.

## 2.6.-PROPIEDADES DE REACCIÓN AL FUEGO

Los cables objeto de la presente ET deberán cumplir con las siguientes clases de reacción al fuego, conforme a las recogidas en el Reglamento Delegado (UE) 2016/364:

- Cables tipo EAPSSP y CCPSSP:
  - Clase de reacción al fuego mínima F<sub>ca</sub>
- Cables tipo EATSST y CCTSST:
  - Clase de reacción al fuego mínima B2<sub>ca</sub>-s1a-a1

### 3.-CABLES CON FORMACIÓN EN MULTICONDUCTORES

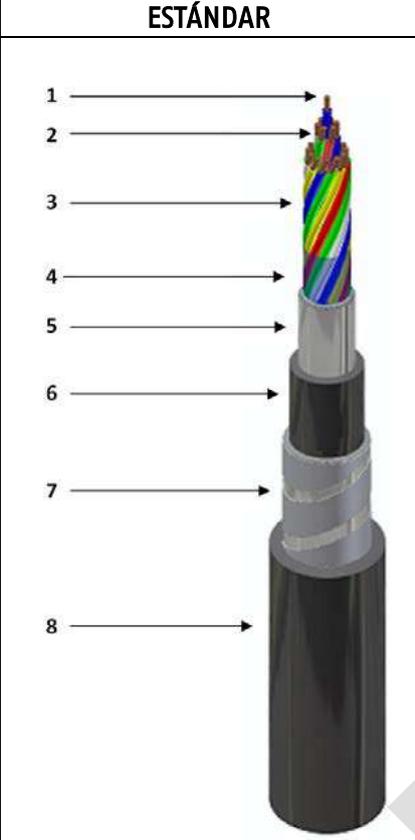
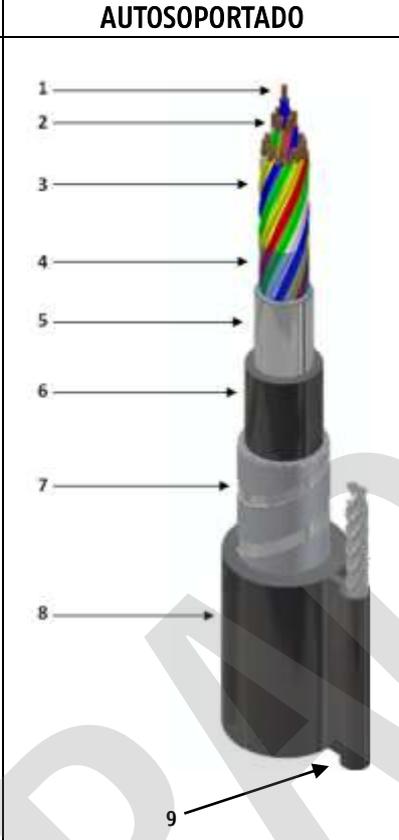
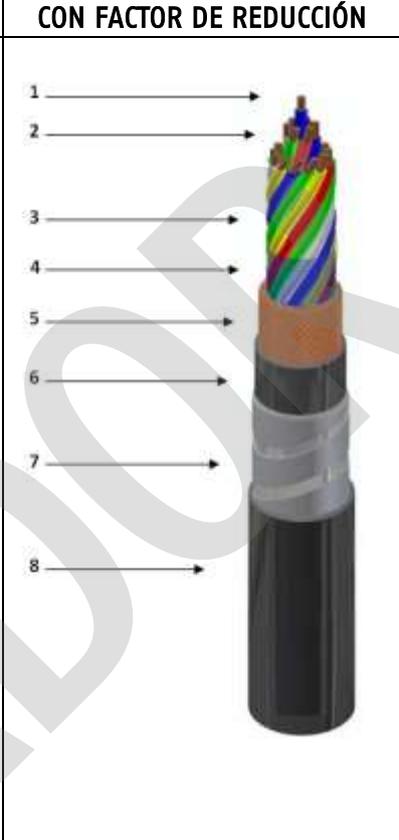
ESTÁNDAR	AUTOSOPORTADO	CON FACTOR DE REDUCCIÓN
		
1. Conductor		apartado 3.1.1
2. Aislamiento		apartado 3.1.2
3. Formación de conductores		apartado 3.1.3
4. Envoltente del núcleo		apartado 3.1.4
5. Pantalla		apartado 3.1.5
6. Cubierta interior		apartado 3.1.6
7. Armadura		apartado 3.1.7
8. Cubierta exterior		apartado 3.1.8
9. Soporte (-8)		apartado 3.1.9

Tabla D. Cables con conformación en multiconductores.

### 3.1.-CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

#### 3.1.1.-Conductores

Según apartado 2.2, posición I de la Tabla A de este documento.

El diámetro nominal de los conductores será de 1,4 mm.

#### 3.1.2.-Aislamiento de cada conductor

Según apartado 2.2, posición II de la Tabla A de este documento.

Tendrá un espesor radial mínimo de 0,45 mm, de forma que se cumplan las características eléctricas de esta especificación.

#### 3.1.3.-Formación en multiconductores

##### 3.1.3.1.-CONDUCTORES

Los conductores aislados se cablearán en capas concéntricas con direcciones opuestas de cableado y con un paso de hélice máximo de 700 mm.

La distribución de los conductores en las diferentes capas del cable será la indicada en la Tabla 2 'Configuración de los cables multiconductores' del Anejo 1 de este documento.

##### 3.1.3.2.-CÓDIGO DE COLORES

El color del aislamiento de cada conductor, según sea la posición del mismo en la capa, será:

- 1º - Negro
- 2º - Blanco
- 3º - Rojo
- 4º - Gris
- 5º - Azul
- 6º - Marrón
- 7º - Verde
- 8º - Amarillo

Todas las capas cumplirán con esta distribución, repitiéndose la secuencia (3 a 8) en aquellas con más de 8 conductores (en cada capa sólo hay un negro y un blanco y detrás de un amarillo siempre va un rojo).

El código RAL de los colores a emplear se recoge en el Anejo 3 de este documento.

En la figura siguiente se muestra un ejemplo del código de colores en un cable de 48 conductores.

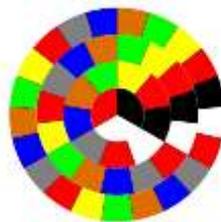


Figura 1. Ejemplo de color del aislamiento en cable de 48 conductores.

### **3.1.4.-Envolvente del núcleo**

Estará compuesta al menos por una cinta de un material que disponga de la adecuada resistencia térmica y que permita soportar el ensayo de rigidez dieléctrica del cable completo. Cubrirá el núcleo de forma completa y se dispondrá helicoidal o longitudinalmente con un solape completo entre capas.

### **3.1.5.-Pantalla**

#### **3.1.5.1.-CABLES SIN FACTOR DE REDUCCIÓN**

Según apartado 2.2, posición III de la Tabla A de este documento.

#### **3.1.5.2.-CABLES CON FACTOR DE REDUCCIÓN**

Según apartado 2.2, posición IV de la Tabla A de este documento.

### **3.1.6.-Cubierta interior**

La cubierta interior se colocará sobre la pantalla. Sobre la cubierta interior se aplicarán una o varias cintas dieléctricas de protección colocadas helicoidalmente y solapadas.

#### **3.1.6.1.-CABLES CON CLASES DE REACCIÓN AL FUEGO B<sub>2ca</sub>-s1a-a1**

Según apartado 2.2, posición V de la Tabla A de este documento.

#### **3.1.6.2.-CABLES CON CLASE DE REACCIÓN AL FUEGO F<sub>ca</sub>**

Según apartado 2.2, posición VI de la Tabla A de este documento.

### **3.1.7.-Armadura de acero**

#### **3.1.7.1.-CABLES SIN FACTOR DE REDUCCIÓN**

Según apartado 2.2, posición VII de la Tabla A de este documento.

#### **3.1.7.2.-CABLES CON FACTOR DE REDUCCIÓN**

Según apartado 2.2, posición VIII de la Tabla A de este documento.

### **3.1.8.-Cubierta exterior**

La cubierta exterior se colocará sobre la armadura siendo:

#### **3.1.8.1.-CABLES CON CLASES DE REACCIÓN AL FUEGO B<sub>2ca</sub>-s1a-a1**

Capa de color morado (RAL 4008) según apartado 2.2, posición V de la Tabla A de este documento.

#### **3.1.8.2.-CABLES CON CLASE DE REACCIÓN AL FUEGO F<sub>ca</sub>**

Capa de color negro (RAL 9005) según apartado 2.2, posición VI de la Tabla A de este documento.

### 3.1.9.-Cable soporte (-8)

El cable autoportado dispondrá de un soporte con las siguientes características:

- Estará compuesto por 19 alambres de acero galvanizado dispuestos en tres capas [1+6+12] según se muestra en la figura 5.

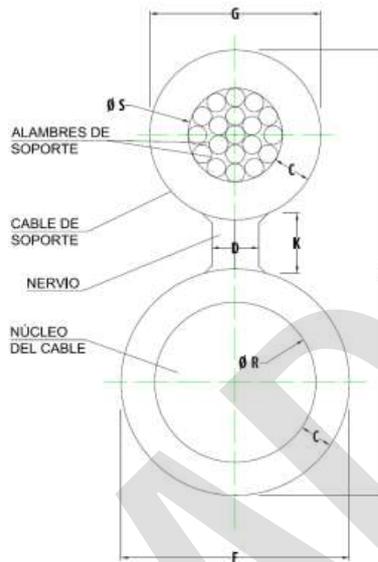


Figura 2. Sección de cable autoportado en la que se muestra la distribución de los alambres componentes del soporte.

- El recubrimiento de cinc o aleación de cinc podrá ser de clase A o B y cumplirá con lo indicado en la norma UNE-EN 10264-2.
- Los extremos del soporte estarán protegidos contra el descableado de los mismos.
- Los valores geométricos de los soportes serán los recogidos en la Tabla 5 'Características de los cables de soporte' del Anejo 1 de este documento.
- El espesor nominal de la cubierta de polietileno sobre el soporte y las dimensiones del nervio de unión se indican en la Tabla 6 'Espesor radial de la cubierta exterior' del Anejo 1 de este documento.

## 3.2.-CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

### 3.2.1.-Resistencia mecánica

El cable deberá superar el ensayo de doblado conforme a la norma EN 50289-3-9.

### 3.2.2.-Resistencia al impacto

El cable deberá superar el ensayo de resistencia al impacto conforme a la norma EN 50289-3-6.

### **3.3.-CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS A 20°C**

#### **3.3.1.-Resistencia óhmica de los conductores**

El valor de la resistencia óhmica de los conductores cumplirá con los valores de la Tabla 7 'Resistencia óhmica de los conductores' del Anejo 1 de este documento.

#### **3.3.2.-Resistencia de aislamiento**

La resistencia de aislamiento medida entre un conductor y el conjunto de los demás conductores conectados entre ellos, con la pantalla y a tierra, no deberá ser inferior a 15.000 MΩ·km a 20°C.

El valor de la resistencia de aislamiento medida entre el conjunto de conductores conectados entre sí y frente a la pantalla y armadura, multiplicado por el número de conductores, no será inferior a 15.000 MΩ·km.

#### **3.3.3.-Rigidez dieléctrica**

Se realizará conforme a los ensayos indicados en la norma EN 50289-1-3 con las tensiones recogidas en la Tabla 8 'Tensiones de Ensayo' del Anejo 1 de este documento.

#### **3.3.4.-Factor de reducción**

Los cables con FR son aquellos que se dotan con una combinación de capas metálicas (cobre + acero), con el fin de ofrecer un apantallamiento anti-inductivo.

La Combinación de conductores de cobre y los flejes de acero permitirán obtener FR 0,3 para una tensión inducida de entre 110 y 320 V/km a la frecuencia de 50 Hz.

#### 4.-CABLES CON FORMACIÓN EN PARES

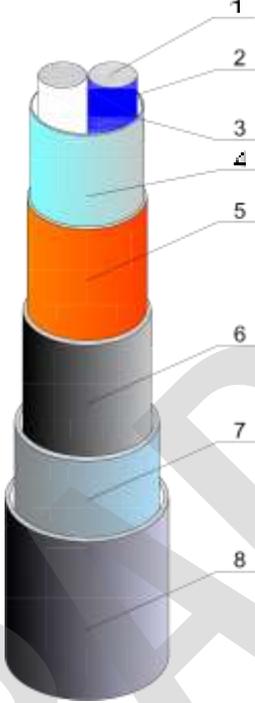
CABLE CON FORMACIÓN EN PARES CON FR 0,3		
		
1. Conductor		apartado 4.1.1
2. Aislamiento		apartado 4.1.2
3. Formación en pares		apartado 4.1.3
4. Envoltura del núcleo		apartado 4.1.4
5. Pantalla		apartado 4.1.5
6. Cubierta interior		apartado 4.1.6
7. Armadura		apartado 4.1.7
8. Cubierta exterior		apartado 4.1.8

Tabla E. Cables con conformación en pares.

## **4.1.-CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

### **4.1.1.-Conductores**

Según apartado 2.2, posición I de la Tabla A de este documento.

El diámetro nominal de los conductores será de 0,9 ó 1,4 mm.

### **4.1.2.-Aislamiento de cada conductor**

Según apartado 2.2, posición II de la Tabla A de este documento.

Tendrá un espesor radial medio suficiente para poder cumplir las características eléctricas de esta especificación.

### **4.1.3.-Formación en pares**

Los dos conductores del par se torsionarán entre sí helicoidalmente con paso inferior a 150 mm.

#### **4.1.3.1.-CABLEADO**

Los cables de pares estarán formados por un único par.

#### **4.1.3.2.-CÓDIGO DE COLORES**

Los conductores del par serán de color blanco y azul:

1º - **Blanco**

2º - **Azul**

El código RAL de los colores a emplear se recoge en el Anejo 3 de este documento.

### **4.1.4.-Envoltente del núcleo**

Estará formado por una cinta de forma que soporte las condiciones térmicas del servicio y el ensayo de rigidez dieléctrica del cable.

### **4.1.5.-Pantalla**

Este tipo de cable siempre contará con FR.

Según apartado 2.2, posición IV de la Tabla A de este documento.

### **4.1.6.-Cubierta interior**

Este tipo de cable siempre contará con clase de reacción al fuego B2ca-s1a-a1, según apartado 2.2, posición V de la Tabla A de este documento.

Sobre la cubierta interior se aplicarán una o varias cintas dieléctricas de protección colocadas helicoidalmente y solapadas.

### **4.1.7.-Armadura de acero**

Según apartado 2.2, posición VIII de la Tabla A de este documento.

#### **4.1.8.-Cubierta exterior**

Sobre la armadura se colocará la cubierta exterior siendo una capa de color morado (RAL 4008) con clase de reacción al fuego B2<sub>ca</sub>-s1a-a1, según apartado 2.2, posición V de la Tabla A de este documento.

#### **4.2.-CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS**

##### **4.2.1.-Resistencia mecánica**

El cable deberá superar el ensayo de doblado conforme a la norma EN 50289-3-9.

##### **4.2.2.-Resistencia al impacto**

El cable deberá superar el ensayo de resistencia al impacto conforme a la norma EN 50289-3-6.

#### **4.3.-CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS A 20°C**

##### **4.3.1.-Resistencia óhmica de los conductores**

La resistencia óhmica de los conductores cumplirá con los valores de la Tabla 7 'Resistencia óhmica de los conductores' del Anejo 1 de este documento.

##### **4.3.2.-Desequilibrio de resistencia**

La diferencia de resistencia, en corriente continua, entre los dos conductores del par no deberá sobrepasar los valores indicados en la Tabla 9 'Desequilibrios de resistencia' del Anejo 1 de este documento.

##### **4.3.3.-Resistencia de aislamiento**

La resistencia de aislamiento medida entre un conductor y el conjunto de los demás conductores, conectados a la pantalla metálica y a tierra, no deberá ser inferior a 15.000 MΩ·km a 20°C.

El valor de la resistencia de aislamiento medida entre el conjunto de conductores conectados entre sí y la pantalla y armadura, multiplicado por el número de conductores, no será inferior a 15.000 MΩ·km.

##### **4.3.4.-Rigidez dieléctrica**

Se realizará conforme a los ensayos indicados en la norma EN 50289-1-3 con las tensiones recogidas en la Tabla 8 'Tensiones de Ensayo' del Anejo 1 de este documento.

##### **4.3.5.-Capacidad mutua**

El valor de la capacidad mutua del par, medido con corriente alterna de 1.000±200 Hz, deberá ser de 58 nF/km.

##### **4.3.6.-Desequilibrios de capacidad**

El valor del desequilibrio de capacidad, medido a 1.000±200 Hz, no excederá de 2.625 pF/km.

#### 4.3.7.-Atenuación

La atenuación del par, medida a una temperatura de 20°C, deberá ser como máximo la de la Tabla 10 'Valores máximos de atenuación para cables con formación en pares (dB/km)' del Anejo 1 de este documento.

#### 4.3.8.-Factor de reducción

Los cables con FR son aquellos que se dotan con una combinación de capas metálicas (cobre + acero), con el fin de ofrecer un apantallamiento anti-inductivo.

La combinación de conductores de cobre y los flejes de acero permitirán obtener FR 0,3 para una tensión inducida de entre 110 y 320 V/km a la frecuencia de 50 Hz.

## 5.-CABLES CON FORMACIÓN EN CUADRETES

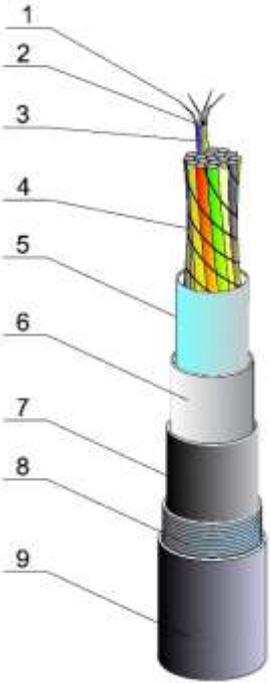
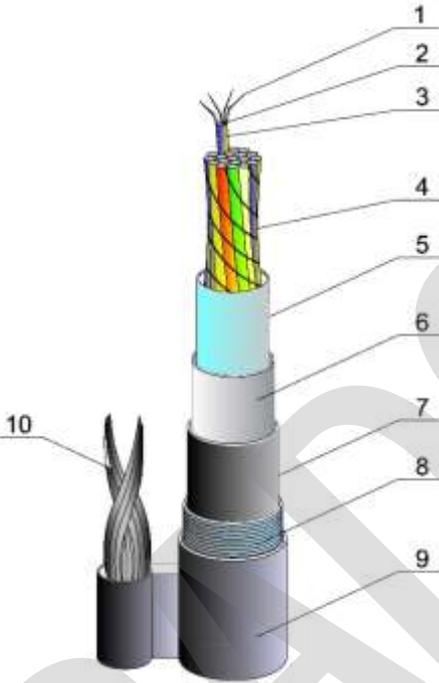
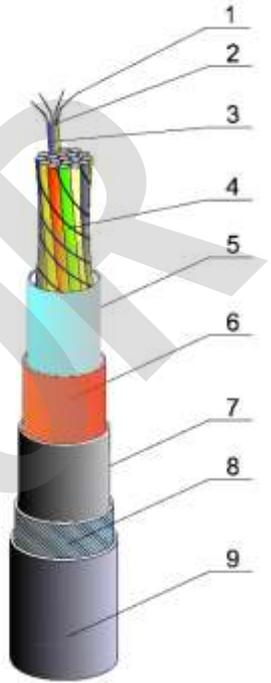
ESTÁNDAR	AUTO-SOPORTADO	CON FACTOR DE REDUCCIÓN
		
1. Conductor		apartado 5.1.1
2. Aislamiento		apartado 5.1.2
3. Formación en cuadretes		apartado 5.1.3
4. Cableado en capas concéntricas		apartado 5.1.3.1
5. Envoltente del núcleo		apartado 5.1.4
6. Pantalla		apartado 5.1.5
7. Cubierta interior		apartado 5.1.6
8. Armadura		apartado 5.1.7
9. Cubierta exterior		apartado 5.1.8
10. Soporte (-8)		apartado 5.1.9

Tabla F. Cables con conformación en cuadretes.

### 5.1.-CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

#### 5.1.1.-Conductores

Según apartado 2.2, posición I de la Tabla A de este documento.

El diámetro nominal de los conductores será de 0,9 ó 1,4 mm.

#### 5.1.2.-Aislamiento de cada conductor

Según apartado 2.2, posición II de la Tabla A de este documento.

Tendrá un espesor radial medio suficiente para poder cumplir las características eléctricas de esta especificación.

### **5.1.3.-Formación en cuadretes**

Cada cuadrete se torsionará de manera que los cuatro conductores recorran una trayectoria helicoidal con un paso inferior a 150 mm.

Cada cuadrete se atará con una ligadura de nylon u otro material equivalente, dispuesto en hélice abierta.

#### **5.1.3.1.-CABLEADO EN CAPAS CONCÉNTRICAS**

Los cuadretes se dispondrán en capas concéntricas para formar el núcleo del cable.

Sobre el núcleo del cable se pondrán una o varias cintas de material dieléctrico, capaz de soportar el ensayo de rigidez dieléctrica del cable.

El núcleo se atará con una ligadura de nylon u otro material equivalente, dispuesto en hélice abierta.

La distribución de cuadretes en las distintas capas será la indicada en la Tabla 11 'Disposición de los cuadretes en capas' del Anejo 1 de este documento.

#### **5.1.3.2.-CÓDIGO DE COLORES**

El color del aislamiento de cada conductor, según sea la posición en la capa y la de ésta en el cable se recoge en la Tabla 12 'Código de colores e identificación de los cuadretes' del Anejo 1 de este documento.

El código RAL de los colores a emplear se recoge en el Anejo 3 de este documento.

### **5.1.4.-Envoltente del núcleo**

Estará formado por una cinta de forma que soporte las condiciones térmicas del servicio y el ensayo de rigidez dieléctrica del cable.

### **5.1.5.-Pantalla**

#### **5.1.5.1.-CABLES SIN FACTOR DE REDUCCIÓN**

Según apartado 2.2, posición III de la Tabla A de este documento.

#### **5.1.5.2.-CABLES CON FACTOR DE REDUCCIÓN**

Según apartado 2.2, posición IV de la Tabla A de este documento.

### **5.1.6.-Cubierta interior**

La cubierta interior se colocará sobre la pantalla. Sobre la cubierta interior se aplicarán una o varias cintas dieléctricas de protección colocadas helicoidalmente y solapadas.

#### **5.1.6.1.-CABLES CON CLASES DE REACCIÓN AL FUEGO B<sub>2ca</sub>-s1a-a1**

Según apartado 2.2, posición V de la Tabla A de este documento.

#### **5.1.6.2.-CABLES CON CLASE DE REACCIÓN AL FUEGO F<sub>ca</sub>**

Según apartado 2.2, posición VI de la Tabla A de este documento.

### **5.1.7.-Armadura de acero**

#### **5.1.7.1.-CABLES SIN FACTOR DE REDUCCIÓN**

Según apartado 2.2, posición VII de la Tabla A de este documento.

#### **5.1.7.2.-CABLES CON FACTOR DE REDUCCIÓN**

Según apartado 2.2, posición VIII de la Tabla A de este documento.

### **5.1.8.-Cubierta exterior**

La cubierta exterior se colocará sobre la armadura siendo:

#### **5.1.8.1.-PARA CABLES CON CLASES DE REACCIÓN AL FUEGO B<sub>2ca</sub>-s1a-a1**

Capa de color morado (RAL 4008) según apartado 2.2, posición V de la Tabla A de este documento.

#### **5.1.8.2.-PARA CABLES CON CLASE DE REACCIÓN AL FUEGO F<sub>ca</sub>**

Capa de color negro (RAL 9005) según apartado 2.2, posición VI de la Tabla A de este documento.

### **5.1.9.-Cable soporte (-8)**

Según apartado 3.1.9 de este documento.

## **5.2.-CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS**

### **5.2.1.-Resistencia mecánica**

El cable deberá resistir el ensayo de doblado conforme a la norma EN 50289-3-9.

### **5.2.2.-Resistencia al impacto**

El cable deberá superar el ensayo de resistencia al impacto conforme a la norma EN 50289-3-6.

## **5.3.-CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS A 20°C**

### **5.3.1.-Resistencia óhmica de los conductores**

El valor de la resistencia óhmica de los conductores cumplirá con los valores de la Tabla 7 'Resistencia óhmica de los conductores' del Anejo 1 de este documento.

### **5.3.2.-Desequilibrios de resistencia**

La diferencia de resistencia, en corriente continua, entre dos conductores de cada cuadro no deberá sobrepasar los valores indicados en la Tabla 9 'Desequilibrios de resistencia' del Anejo 1 de este documento.

### **5.3.3.-Resistencia de aislamiento**

La resistencia de aislamiento medida entre un conductor y el conjunto de los demás conductores, conectados a la pantalla metálica y a tierra, no deberá ser inferior a 15.000 MΩ·km a 20°C.

El valor de la resistencia de aislamiento medida entre el conjunto de conductores conectados entre sí y la pantalla y armadura, multiplicado por el número de conductores, no será inferior a 15.000 M $\Omega$ ·km.

#### **5.3.4.-Rigidez dieléctrica**

Se realizará conforme a los ensayos indicados en la norma EN 50289-1-3 con las tensiones recogidas en la Tabla 8 'Tensiones de Ensayo' del Anejo 1 de este documento.

#### **5.3.5.-Capacidad mutua**

El valor de la capacidad mutua de cada par de conductores, medida con corriente alterna de 1.000 $\pm$ 200Hz, ha de cumplir con los valores de la Tabla 13 'Capacidad mutua (nF/km)' del Anejo 1 de este documento.

#### **5.3.6.-Desequilibrios de capacidad**

Los valores de desequilibrios de capacidad, medidos a 1.000 $\pm$ 200 Hz, han de cumplir con los valores de la Tabla 14 'Desequilibrios de capacidad (nF/460 m)' del Anejo 1 de este documento.

#### **5.3.7.-Desviaciones de capacidad**

La desviación de un par sobre la media de todos los pares análogos no excederá del 3 % como valor medio y del 9 % como valor máximo individual.

Los límites indicados en los valores medios se aplicarán solo a cables de más de 7 cuadretes.

#### **5.3.8.-Atenuación**

El valor máximo de la atenuación de los pares del cable terminado, medida a una temperatura de 20°C, no excederá los valores de la Tabla 15 'Valores máximos de atenuación para cables con formación en cuadretes (dB/km)' del Anejo 1 de este documento.

#### **5.3.9.-Factor de reducción**

Los cables con FR son aquellos que se dotan con una combinación de capas metálicas (cobre + acero), con el fin de ofrecer un apantallamiento anti-inductivo.

La combinación de conductores de cobre y los flejes de acero permitirán obtener FR 0,3 para una tensión inducida de entre 110 y 320 V/km a la frecuencia de 50 Hz.

### **6.-OTRAS CARACTERÍSTICAS**

#### **6.1.-MARCADO**

Los cables presentarán en el exterior de la cubierta una inscripción perfectamente legible, grabada o impresa con tinta indeleble blanca o amarilla y repetida con una separación de un metro. La inscripción contendrá la siguiente información:

- Nombre del fabricante (siglas).
- Año de fabricación (Los dos últimos dígitos).
- Lote de fabricación.
- Tipo de cable (según la denominación indicada en el apartado 2.2).
- Clase de reacción al fuego.
- Metraje.
- Siglas de Adif.

## **7.-RELACION DE ENSAYOS**

### **7.1.-ENSAYOS SOBRE LOS CONDUCTORES**

#### **7.1.1.-Diámetro de los conductores**

##### **7.1.1.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El diámetro del conductor se medirá según lo especificado en la norma UNE-21011-2.

##### **7.1.1.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

Los diámetros de los conductores medidos serán de 0,9 mm ó 1,4 mm según la clasificación de los cables indicada en el apartado 2.3 en este documento.

#### **7.1.2.-Resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura de los conductores**

##### **7.1.2.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo se realizará conforme a la norma UNE-EN 50289-3-2.

##### **7.1.2.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si, aplicando al menos una carga de tracción de 200 N/mm<sup>2</sup>, el valor del alargamiento antes de la rotura es de al menos el 20 % superior respecto al de la muestra original.

### **7.2.-ENSAYOS SOBRE EL AISLAMIENTO**

#### **7.2.1.-Densidad del aislamiento**

##### **7.2.1.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo se realizará conforme a la norma UNE-EN 60811-606.

Se realizará según el método de suspensión (método general) recogido en el apartado 4.2 de la norma UNE-EN 60811-606.

##### **7.2.1.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si el valor de la densidad está comprendido entre 0,94 y 0,97 g/cm<sup>3</sup>.

#### **7.2.2.-Resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura del aislamiento**

##### **7.2.2.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo se realizará conforme a la norma UNE-EN 60811-501.

Las probetas serán de tipo tubular.

La velocidad de separación de las mordazas será de 25±5 mm/min.

#### 7.2.2.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN

El ensayo se considerará superado si la resistencia a la tracción es superior a 18 N/mm<sup>2</sup> y el alargamiento a la rotura es superior al 300 % respecto a la muestra original.

#### 7.2.3.-Resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura después del envejecimiento del aislamiento

##### 7.2.3.1.-MÉTODO DE ENSAYO

El ensayo se realizará conforme a lo indicado en la norma UNE-EN 60811-401, con el procedimiento de envejecimiento recogido en el apartado 4.2.3.2 de dicha norma.

Las probetas serán de tipo tubular.

Las condiciones de ensayo serán las siguientes:

- Tiempo 24 horas.
- Temperatura 100°C.

La velocidad de separación de las mordazas será de 25±5 mm/min.

##### 7.2.3.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN

El ensayo se considerará superado si la variación máxima de la resistencia a la tracción y el alargamiento a la rotura no superan el ±25 % respecto a la muestra original.

#### 7.2.4.-Índice de fluidez del aislamiento

##### 7.2.4.1.-MÉTODO DE ENSAYO

El ensayo se realizará conforme a la norma UNE-EN 60811-511.

El método de ensayo será el C.

##### 7.2.4.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN

El ensayo se considerará superado si el índice de fluidez obtenido es inferior a 0,9 g/10min.

#### 7.2.5.-Tiempo de inducción a la oxidación del aislamiento

##### 7.2.5.1.-MÉTODO DE ENSAYO

El ensayo se realizará conforme a la norma UNE-EN ISO 11357-6.

Las condiciones del ensayo serán:

- Tiempo mínimo: 60 minutos.
- Temperatura en el calorímetro diferencial: 200°C.

Se realizará sobre 3 muestras. Las muestras se deben ensayar por duplicado.

##### 7.2.5.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN

El ensayo se considerará superado si el tiempo de inducción a la oxidación (OIT isotérmico) es superior a 60 minutos.

## **7.2.6.-Retracción del aislamiento**

### **7.2.6.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo se realizará conforme a la norma UNE-EN 60811-502.

Se tomará como mínimo una muestra de cada color del aislamiento.

La longitud de cada muestra será de 200 mm y se reducirá a 150 mm, pelando los extremos de la misma en una longitud de 25 mm por cada lado.

Las condiciones del ensayo serán:

- Temperatura: 115°C.
- Duración: 4 horas.

### **7.2.6.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si la contracción total es inferior al 5% respecto a la muestra original.

## **7.2.7.-Espesor radial del aislamiento**

Este ensayo sólo es de aplicación a los cables con formación en multiconductores.

### **7.2.7.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo se realizará conforme a la norma UNE-EN 60811-201.

El ensayo se realizará sobre 3 muestras.

### **7.2.7.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El espesor radial cumplirá lo indicado en el apartado 3.1.2.

## **7.3.-ENSAYOS SOBRE EL NÚCLEO DEL CABLE**

### **7.3.1.-Formación del núcleo del cable**

#### **7.3.1.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

Se realizará mediante inspección visual.

Se cortará una muestra de 50 cm de longitud del extremo exterior del cable que se desea ensayar. Se quitará la cubierta procediendo a extraer cuidadosamente el núcleo y la envolvente exterior del mismo.

A 25 cm de uno de los extremos de la muestra se ata una ligadura a su alrededor, procediéndose a acampanar los pares o cuadretes de forma que ésta quede dispuesta para una fácil identificación de las capas, ligaduras y direcciones de las mismas.

#### **7.3.1.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

Se comprobará que se cumple con lo indicado en los siguientes apartados, en función del tipo de cable:

- Cables con formación en multiconductores: apartado 3.1.3.
- Cables con formación en pares: apartado 4.1.3.
- Cables con formación en cuadretes: apartado 5.1.3.

### **7.3.2.-Código de colores del núcleo del cable**

#### **7.3.2.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

Se realizará mediante inspección visual.

Se partirá de la muestra tomada en el apartado anterior.

#### **7.3.2.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

Se comprobará que se cumple con lo indicado en los siguientes apartados, en función del tipo de cable:

- Cables con formación en multiconductores: apartado 3.1.3.2.
- Cables con formación en pares: apartado 4.1.3.2.
- Cables con formación en cuadretes: apartados 5.1.3.2.

### **7.4.-ENSAYOS SOBRE LA PANTALLA**

#### **7.4.1.-Espesor de la pantalla de aluminio – copolímero**

##### **7.4.1.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

Se cortará una muestra de 30 cm de longitud del extremo exterior del cable. Se quitará el núcleo de la cubierta, procediendo a extraer cuidadosamente y sin deformar los diferentes elementos constituyentes como la cubierta exterior, la armadura, la cubierta interior y la pantalla de aluminio-copolímero.

Se medirá el espesor de la cinta de aluminio-copolímero, mediante un micrómetro de bola (precisión 0,01 mm) o una lupa milimetrada.

Se tomarán 3 puntos equidistantemente separados de la muestra cortada. Se realizará una doble medición en cada uno de los puntos, según diámetros perpendiculares entre sí, es decir, girando 90° la muestra entre cada medición.

Acto seguido se quemarán con la ayuda de un mechero las capas de copolímero de ambas caras. Se dejará enfriar durante diez minutos y se repetirán las mediciones en los mismos puntos, obteniéndose con su medida el espesor del aluminio.

Una vez realizada la medición del espesor del aluminio, el espesor del copolímero se calculará restando al valor del espesor del conjunto aluminio/copolímero el valor del espesor del aluminio y dividiendo el resultado obtenido por dos.

##### **7.4.1.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si el espesor de la cinta de aluminio es de  $0,2\pm 0,025$  mm y el espesor del recubrimiento de copolímero en cada cara de la cinta de aluminio es de 0,04 mm como mínimo.

## **7.4.2.-Solape de la pantalla de aluminio – copolímero**

### **7.4.2.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

Se medirá el solape de la cinta de aluminio-copolímero mediante un calibre de pie de rey o regla milimetrada.

### **7.4.2.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si el solape mínimo es de 6,5 mm en núcleos de diámetro  $\geq$  10 mm o de 3 mm en núcleos de diámetro  $<$  10 mm.

## **7.4.3.-Adherencia de la pantalla de aluminio – copolímero / cubierta**

### **7.4.3.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

Se realizará sobre tres muestras tomadas del conjunto de la cubierta metálico-plástica. Cada una de ellas tendrá 150 mm de longitud y 12,7 mm de anchura, y serán cortadas longitudinalmente de la cubierta del cable según tres generatrices separadas entre sí 90°. En la toma de muestras se eliminará la zona correspondiente al solape de pantalla-cubierta.

Se utilizará un equipo de tracción adecuado, que permita regular su velocidad de manera uniforme.

Por uno de los extremos de la muestra de ensayo se separarán, aproximadamente, 50 mm de la pantalla de laminado Aluminio/Polietileno de la cubierta (polietileno o termoplástico). Seguidamente, en la mordaza superior del equipo de tracción se colocará dicho laminado y en la mordaza inferior la cubierta, formando ángulo de 90° con el resto del laminado adherido a la cubierta. El ángulo de 90° deberá mantenerse durante todo el tiempo que dure el ensayo.

Se anotarán los valores requeridos para separar la cubierta del laminado, midiéndolos a intervalos regulares de 6 segundos y a lo largo de la longitud de la muestra de ensayo.

La prueba se realizará sobre 3 muestras de ensayo, con un mínimo de 7 lecturas válidas para cada muestra.

La velocidad de separación de las mordazas será de 100 mm/minuto y la velocidad de gráfica de 200 mm/minuto.

El valor de la fuerza de adherencia vendrá dado por la media de los valores conseguidos en las medidas de cada una de las muestras ensayadas, después de desechar la primera y la última lectura de las determinaciones.

### **7.4.3.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si el valor de la fuerza de adherencia es superior a 1,4 kg/12,7 mm.

## **7.5.-ENSAYOS SOBRE LA CUBIERTA INTERIOR**

### **7.5.1.-Densidad de la cubierta interior**

#### **7.5.1.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo se realizará conforme a la norma UNE-EN 60811-606.

Se realizará según el método de suspensión (método general) recogido en el apartado 4.2 de la norma UNE-EN 60811-606.

#### **7.5.1.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si el valor de la densidad está comprendido entre 0,92 y 0,94 g/cm<sup>3</sup> para las cubiertas tipo P y entre 1,30 y 1,60 g/cm<sup>3</sup> para las cubiertas tipo T.

### **7.5.2.-Espesor radial de la cubierta interior**

#### **7.5.2.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo se realizará conforme a lo indicado en la norma UNE-EN 60811-202.

El número de muestras a ensayar será 3.

#### **7.5.2.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El valor de espesor radial de la cubierta interior cumplirá con el recogido en el Anejo 2 para cada tipo de cable.

## **7.6.-ENSAYOS SOBRE LA CUBIERTA EXTERIOR**

### **7.6.1.-Espesor de flejes de acero**

Este ensayo es de aplicación únicamente a los cables con FR.

#### **7.6.1.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

Se cortará una muestra de 30 cm de longitud del extremo exterior del cable. Se quitará el núcleo de la cubierta, procediendo a extraer cuidadosamente y sin deformar los diferentes elementos constituyentes como la cubierta exterior, la armadura de flejes de acero, la cubierta interior y la pantalla de cintas o alambres de cobre.

Se medirá el espesor de los flejes de acero de la armadura, mediante un micrómetro de bola (precisión 0,01 mm) o una lupa milimetrada.

Se tomarán 3 puntos equidistantemente separados de la muestra cortada. Se realizará una doble medición en cada uno de los puntos, según diámetros perpendiculares entre sí, es decir, girando 90° la muestra entre cada medición.

#### **7.6.1.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

Se comprobará que se cumple con lo indicado en los siguientes apartados, en función del tipo de cable:

- Cables con formación en multiconductores: apartado 3.1.7.2.
- Cables con formación en pares: apartado 4.1.7.
- Cables con formación en cuadretes: apartado 5.1.7.2.

## **7.6.2.-Densidad de la cubierta exterior**

### **7.6.2.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo se realizará conforme a la norma UNE-EN 60811-606.

Se realizará según el método de suspensión (método general) recogido en el apartado 4.2 de la norma UNE-EN 60811-606.

### **7.6.2.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si el valor de la densidad está comprendido entre 0,92 y 0,94 g/cm<sup>3</sup> para las cubiertas tipo P y entre 1,30 y 1,60 g/cm<sup>3</sup> para las cubiertas tipo T.

## **7.6.3.-Espesor radial de la cubierta exterior**

### **7.6.3.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo se realizará conforme a lo indicado en la norma UNE-EN 60811-202.

El número de muestras a ensayar será 3.

### **7.6.3.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

Los valores del espesor radial de la cubierta interior cumplirán con los recogidos en el Anejo 2 para cada tipo de cable.

## **7.6.4.-Resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura de la cubierta exterior**

### **7.6.4.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo se realizará conforme a la norma UNE-EN 60811-501.

Las probetas serán de tipo halterio.

La velocidad de separación de las mordazas será de 25 ±5 mm/min.

### **7.6.4.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si la resistencia a la tracción es superior a los siguientes valores en función del tipo de cubierta:

- Cubierta LLDPE: resistencia a la tracción 16 N/mm<sup>2</sup> y alargamiento a la rotura 500 %.
- Cubierta LDPE: resistencia a la tracción 12,5 N/mm<sup>2</sup> y alargamiento a la rotura 500 %.
- Cubierta Termoplástica: resistencia a la tracción 8 N/mm<sup>2</sup> y alargamiento a la rotura 100 %.

### **7.6.5.-Resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura después del envejecimiento de la cubierta exterior**

#### **7.6.5.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo se realizará conforme a lo indicado en la norma UNE-EN 60811-401, con el procedimiento de envejecimiento recogido en el apartado 4.2.3.2 de dicha norma.

Las probetas serán de tipo halterio.

Las condiciones de ensayo serán las siguientes:

- Tiempo 24 horas.
- Temperatura 100°C.

La velocidad de separación de las mordazas será de  $25 \pm 5$  mm/min.

#### **7.6.5.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si la variación máxima de la resistencia a la tracción y el alargamiento a la rotura no superan el  $\pm 25$  % respecto a los de la muestra original.

### **7.6.6.-Índice de fluidez de la cubierta exterior**

Este ensayo será de aplicación únicamente a las cubiertas de polietileno.

#### **7.6.6.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo se realizará conforme a la norma UNE-EN 60811-511.

El método de ensayo será el C.

#### **7.6.6.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si el índice de fluidez obtenido es igual o inferior a 0,9 g/10 min. para las cubiertas LLDPE o está comprendido entre 0,15 y 0,40 g/10 min. para las cubiertas LDPE.

### **7.6.7.-Contenido en negro de humo de la cubierta exterior**

Este ensayo será de aplicación únicamente a las cubiertas de polietileno.

#### **7.6.7.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo se realizará conforme a la norma UNE-EN 60811-605.

#### **7.6.7.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si el valor obtenido está comprendido en el rango  $2,5 \pm 0,5$  %.

### **7.6.8.-Resistencia a la fisuración de la cubierta exterior**

Este ensayo será de aplicación únicamente a las cubiertas de polietileno.

#### **7.6.8.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo será según el método B definido en la norma UNE-EN 60811-406.

#### **7.6.8.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si después de las 24 h en la estufa no han fallado más de dos probetas.

#### **7.6.9.-Índice de oxígeno límite de la cubierta exterior**

Este ensayo será de aplicación únicamente a las cubiertas de termoplástico ignífugo HFFRLS (cubierta T).

##### **7.6.9.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo se realizará según el método definido en la norma UNE-EN ISO 4589-2.

##### **7.6.9.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si el valor obtenido es igual o superior al 30%.

#### **7.6.10.-Índice de temperatura límite de la cubierta exterior**

Este ensayo será de aplicación únicamente a las cubiertas de termoplástico ignífugo HFFRLS (cubierta T).

##### **7.6.10.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo se realizará según el método definido en la norma UNE-EN ISO 4589-3.

La temperatura será de 250°C.

##### **7.6.10.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si el valor obtenido es igual o superior a 30%.

#### **7.7.-ENSAYOS DE CABLES AUTOSOPORTADOS**

Estos ensayos serán de aplicación a los cables autoportados.

##### **7.7.1.-Ensayos sobre los alambres de acero del soporte de los cables autoportados**

###### **7.7.1.1.-RESISTENCIA A LA TRACCIÓN**

###### **7.7.1.1.1.-Método de ensayo**

El ensayo se realizará conforme a la norma UNE-EN ISO 6892-1.

Para la determinación de la resistencia a la tracción se cumplirá con lo establecido en el punto 10.3.3.3 de la norma UNE-EN ISO 6892-1.

Se realizará sobre 6 muestras.

#### **7.7.1.1.2.-Criterio de aceptación**

El ensayo se considerará superado si el valor mínimo obtenido es superior a 1.400 N/mm<sup>2</sup>.

#### **7.7.1.2.-TORSIÓN**

##### **7.7.1.2.1.-Método de ensayo**

El ensayo se realizará conforme a la norma UNE 7468.

Las dimensiones de las muestras y el número mínimo de torsiones a realizar durante el ensayo cumplirán con lo establecido en el punto 6.5 de la norma UNE-EN 10264-2.

El ensayo se realizará sobre 6 muestras.

##### **7.7.1.2.2.-Criterio de aceptación**

Las probetas deberán soportar sin agrietarse ni romperse.

#### **7.7.1.3.-GALVANIZADO**

##### **7.7.1.3.1.-Método de ensayo**

El ensayo se realizará conforme a la norma UNE-EN 10244-2.

Las dimensiones de las probetas cumplirán con lo establecido en el punto 5.2.3.4 de la norma UNE-EN 10244-2.

En ensayo se realizará según el método gravimétrico especificado en el punto 5.2.2 de la norma UNE-EN 10244-2.

El ensayo se realizará sobre una muestra. La muestra tendrá una longitud de 600 mm.

##### **7.7.1.3.2.-Criterio de aceptación**

El ensayo se considerará superado si el valor mínimo de la masa de recubrimiento cumple lo siguiente:

- Alambres de 0,60 mm de diámetro nominal: 60 g/m<sup>2</sup> para clase B y 115 g/m<sup>2</sup> para clase A.
- Alambres de 1,10 mm de diámetro nominal: 80 g/m<sup>2</sup> para clase B y 165 g/m<sup>2</sup> para clase A.

#### **7.7.2.-Ensayos sobre el cable de acero del soporte de los cables autoportados**

##### **7.7.2.1.-VERIFICACIONES GEOMÉTRICAS**

###### **7.7.2.1.1.-Método de ensayo**

El ensayo se realizará conforme a lo indicado en el punto 4.1.3 de la norma UNE 36711.

Se realizarán seis mediciones sobre distintos puntos de cable.

###### **7.7.2.1.2.-Criterio de aceptación**

El ensayo se considerará superado si el valor medio obtenido cumple lo siguiente:

- Para el cable de diámetro nominal 3 mm la tolerancia será de +7% -1%.
- Para el cable de diámetro nominal 5,5 mm la tolerancia será de +6% -1%.

### **7.7.2.2.-CARGA DE ROTURA MÍNIMA**

#### **7.7.2.2.1.-Método de ensayo**

El ensayo se realizará conforme a lo indicado en la norma UNE 7326.

Se realizará sobre una muestra. La longitud mínima entre anclajes será de 300 mm.

#### **7.7.2.2.2.-Criterio de aceptación**

El ensayo se considerará superado si el valor obtenido cumple lo siguiente:

- Para el cable de diámetro nominal 3 mm la carga de rotura mínima será de 6.900 N.
- Para el cable de diámetro nominal 5,5 mm la carga de rotura mínima será de 23.500 N.

### **7.7.3.-Dimensiones de la cubierta**

#### **7.7.3.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El número de muestras a ensayar será 3.

Para determinar el espesor de la cubierta sobre el soporte y el espesor de la cubierta sobre el cable, el ensayo se realizará conforme a lo indicado en la norma UNE-EN 60811-202.

Para determinar la altura y la anchura del nervio se realizarán las medidas según lo especificado en la norma UNE-EN 60811-203.

#### **7.7.3.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

Los valores del espesor radial de la cubierta serán como mínimo los siguientes, tanto sobre el soporte como sobre el cable:

- Soporte tipo A: 2,00 mm.
- Soporte tipo B: 2,50 mm.

Los valores de la altura y la anchura del nervio cumplirán los siguientes valores:

- Altura del nervio (K):
  - Soporte tipo A:  $2,00 \text{ mm} \leq K \leq 4,50 \text{ mm}$ .
  - Soporte tipo B:  $2,00 \text{ mm} \leq K \leq 4,50 \text{ mm}$ .
- Anchura del nervio (D):
  - Soporte tipo A:  $3,00 \text{ mm} \leq K \leq 4,00 \text{ mm}$ .
  - Soporte tipo B:  $3,30 \text{ mm} \leq K \leq 4,50 \text{ mm}$ .

### **7.8.-ENSAYOS SOBRE EL CABLE FINAL**

#### **7.8.1.-Diámetro exterior del cable final**

##### **7.8.1.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

Se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 60811-203.

El ensayo se realizará sobre dos muestras, una de cada extremo.

#### **7.8.1.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

Los resultados deben cumplir con lo especificado en el Anejo 2 para cada tipo de cable.

#### **7.8.2.-Doblado del cable final**

##### **7.8.2.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El ensayo se realizará mediante el método de doblado simple especificado en el apartado 4 de la norma UNE-EN 50289-3-9.

Se realizará según el procedimiento 2, a temperatura ambiente. El diámetro del mandril será 15 veces mayor que el del cable.

El ensayo se realizará sobre 3 muestras. Cada una de ellas tendrá una longitud aproximada de 2 m.

Cada muestra se someterá a 1 ciclo de curvado. A continuación, se girará la generatriz del cable 90° y se repetirá el ciclo de doblado.

##### **7.8.2.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

La muestra, después de someterse al ensayo, se examinará cuidadosamente, primero en su cubierta exterior y después de ser despojada de ésta, en los elementos del núcleo o capas constituyentes. En ninguno de estos componentes deberán aparecer señales de rotura, agrietamientos, fisuras o defectos análogos.

#### **7.8.3.-Marcado de la cubierta del cable final**

##### **7.8.3.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

El método de ensayo será mediante la comprobación visual.

##### **7.8.3.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

Se comprobará visualmente que las marcas sobre el cable cumplen lo especificado en el apartado 6.1 y las marcas en las bobinas cumplen lo especificado en el apartado 10.

#### **7.8.4.-Penetración de agua en el cable final**

##### **7.8.4.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

Se realizará según el método A definido en la norma UNE-EN 50289-4-2.

El ensayo se realizará sobre 3 muestras.

##### **7.8.4.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

Una vez finalizado en ensayo no se debe detectar ninguna huella de agua en el lado sellado de la muestra.

#### **7.8.5.-Resistencia al impacto del cable final**

##### **7.8.5.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

Se realizará de acuerdo a la norma UNE-EN 50289-3-6.

La muestra se preconditionará a una temperatura de  $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 4 horas.

La energía de impacto será de 41,5 kg.cm.

La muestra tendrá una longitud de 1 m.

El ensayo se realizará sobre 5 puntos de la muestra.

El impacto se realizará sobre la zona de solape de la pantalla metálico-plástica interior.

#### **7.8.5.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si al inspeccionar visualmente el cable después del impacto la cubierta del cable no se observa daño físico alguno (melladura, agrietamiento,...).

### **7.9.-ENSAYOS ELÉCTRICOS**

#### **7.9.1.-Resistencia óhmica y continuidad de conductores**

##### **7.9.1.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

Se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 50289-1-2.

El ensayo se realizará a temperatura ambiente.

El ensayo se realizará sobre la bobina completa.

En los cables de cuadretes se medirá el 100% de los circuitos del núcleo.

##### **7.9.1.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

Los resultados deben cumplir con lo especificado en los apartados 3.3.1, 4.3.1 y 5.3.1 de este documento, según el tipo de cable ensayado.

#### **7.9.2.-Desequilibrio de resistencia**

##### **7.9.2.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

Partiendo de los resultados del ensayo de resistencia óhmica se calculará el desequilibrio de resistencia en los cables con formación de pares y de cuadretes.

El desequilibrio de resistencia se calculará conforme a lo indicado en el apartado 5 de la UNE-EN 50289-1-2.

En los cables de cuadretes se medirá el 100% de los circuitos del núcleo.

##### **7.9.2.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

Los resultados deben cumplir con lo especificado en los apartados 4.3.2 y 5.3.2 de este documento.

#### **7.9.3.-Capacidad mutua**

El ensayo será de aplicación a los cables con formación de pares y de cuadretes.

### 7.9.3.1.-MÉTODO DE ENSAYO

Se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 50289-1-5, realizando la medida en condiciones de simetría, conforme al apartado 4.3.2.1 de dicha norma.

El ensayo se realizará sobre la misma bobina sobre la que se haya realizado el ensayo de resistencia óhmica.

El ensayo se realizará a temperatura superior a 20°C y a una frecuencia comprendida entre 1.000±200 Hz.

En los cables de cuadretes se medirá el 100% de los circuitos del núcleo.

### 7.9.3.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN

Los resultados deben cumplir con lo especificado en los apartados 4.3.5 y 5.3.5 de este documento.

### 7.9.4.-Desequilibrio de capacidad

El ensayo será de aplicación a los cables con formación de pares y de cuadretes.

#### 7.9.4.1.-MÉTODO DE ENSAYO

La muestra para el ensayo estará constituida por la longitud de un trozo de cable contenido en una bobina.

En los cables de cuadretes se medirá el 100% de los circuitos del núcleo.

Se utilizará indistintamente un equipo automático o manual de desequilibrios de capacidad, cuya frecuencia de medida esté comprendida en el rango 1000±200 Hz.

Por un extremo del cable bajo prueba se conectarán los cuadretes a medir a los bornes del equipo, manteniendo el otro extremo en circuito abierto. Los restantes conductores del cable estarán conectados eléctricamente entre sí y a la cubierta metálica (caso de que exista) y a su vez, el conjunto, conectado a tierra.

Realizada la medida, se conectarán dos nuevos pares, pasando los ya medidos a formar parte del conjunto de conductores del cable.

En cada longitud de cable se podrán medir los siguientes parámetros y/o tipos de desequilibrios de capacidad:

$$K_1 = \text{Par 1} - \text{Par 2}$$

$$K_2 = \text{Par 1} - \text{Fantasma (1/2)}$$

$$K_3 = \text{Par 2} - \text{Fantasma (1/2)}$$

$$K_4 = \text{Fantasma (1/2)} - \text{Fantasma (3/4)}$$

$$K_5 = \text{Par 1} - \text{Fantasma (3/4)}$$

$$K_6 = \text{Par 2} - \text{Fantasma (3/4)}$$

$$K_7 = \text{Par 3} - \text{Fantasma (1/2)}$$

$$K_8 = \text{Par 4} - \text{Fantasma (1/2)}$$

$K_9 = \text{Par 1} - \text{Par 3}$

$K_{10} = \text{Par 1} - \text{Par 4}$

$K_{11} = \text{Par 2} - \text{Par 3}$

$K_{12} = \text{Par 2} - \text{Par 4}$

$E_1 = \text{Par 1} - \text{Tierra}$

$E_2 = \text{Par 2} - \text{Tierra}$

$E_3 = \text{Fantasma (1/2)} - \text{Tierra}$

PAR-PANTALLA: Los desequilibrios de capacidad a tierra  $E_1$ ,  $E_2$  y  $E_3$  pueden medirse de dos maneras distintas. Si todos los conductores se conectan a la pantalla y ésta a tierra, se trata de DESEQUILIBRIO A TIERRA. Si solamente la pantalla se conecta a tierra y los demás conductores no sometidos a prueba se dejan flotando, se trata de DESEQUILIBRIO A PANTALLA. El desequilibrio a tierra produce una lectura para cada par, mientras el DESEQUILIBRIO A PANTALLA solamente da lectura para aquellos pares muy cercanos a ella.

Los resultados de los diferentes tipos de desequilibrios de capacidad se expresarán en picofaradios por 460 m para cables de cuadretes:

a) Desequilibrios  $K1 - K4 - K9 - K10 - K11 - K12$

Cuando el cable bajo prueba sea de longitud diferente a 460 m en cuadretes. El valor obtenido se pasará a 460 m, aplicando las siguientes fórmulas de paso:

En Cuadretes:

$$\Delta c \times \sqrt{\frac{L}{460}} \text{ Valores medios (3)}$$

$$\Delta c \times \frac{L}{460} \text{ Valor máximo individual (4)}$$

siendo:

$\Delta c =$  Valor obtenido del desequilibrio

$L =$  Longitud del cable, en metros.

NOTA: Las longitudes inferiores a 100 m se considerarán como si realmente fueran de 100 m.

b) Desequilibrios  $K2-K3-K5-K6-K7-K8-E1-E2-E3$

Para corregir estos tipos de desequilibrios a una longitud de 460 m en cuadretes, se aplicarán las siguientes fórmulas de paso:

$$\Delta c \times \frac{L}{460}; \text{ Valores medios y máx. indiv.}$$

#### 7.9.4.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN

Los resultados deben cumplir con lo especificado en los apartados 4.3.6 y 5.3.6 de este documento, según el tipo de cable ensayado.

### **7.9.5.-Resistencia de aislamiento**

#### **7.9.5.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

Se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 50289-1-4.

El ensayo se realizará sobre la bobina completa.

El ensayo se realizará sobre la misma bobina sobre la que se haya realizado el ensayo de resistencia óhmica.

El ensayo se realizará a una temperatura de 20°C.

La muestra se someterá a una tensión de 500 V durante 1 minuto.

#### **7.9.5.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN**

El ensayo se considerará superado si se cumple lo siguiente:

- La resistencia de aislamiento medida entre un conductor y el conjunto de los demás conductores, conectados a la pantalla metálica y a tierra, no es inferior a 15.000 MΩ·km a 20°C.
- El valor de la resistencia de aislamiento medida entre el conjunto de conductores conectados entre sí y la pantalla y armadura, multiplicado por el número de conductores, no será inferior a 15.000 MΩ·km.

### **7.9.6.-Rigidez dieléctrica**

#### **7.9.6.1.-MÉTODO DE ENSAYO**

Se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 50289-1-3.

El ensayo se realizará sobre la bobina completa.

El ensayo se realizará sobre la misma bobina sobre la que se haya realizado el ensayo de resistencia óhmica.

La tensión de ensayo se aplicará durante 10 s y será la indicada en la Tabla 8 'Tensiones de Ensayo' del Anejo 1 de este documento, según el tipo de cable ensayado. Podrá realizarse en corriente continua o en corriente alterna, según los valores indicados en los apartados anteriores.

Se realizarán los siguientes ensayos:

- Prueba entre Conductores en Grupo para cables de pares y de cuadretes:  
Por un extremo del cable se unirán eléctricamente todos los conductores que tienen igual color de aislamiento. A continuación se constituirán dos o cuatro grupos, según que sea formación en pares o cuadretes. Cuando el número de pares o cuadretes sea superior a 100, se fraccionarán estos grupos en subgrupos de 25 unidades. Seguidamente se procederá a conexión eléctrica los grupos formados por medio de un hilo de cobre desnudo. Para efectuar el ensayo se conectará el terminal negativo del equipo de prueba al conjunto de grupos formado y sucesivamente se irá sacando grupo a grupo, aplicándole a cada uno de ellos el terminal positivo del equipo con la tensión requerida.
- Prueba del núcleo en cables con formación de multiconductores:  
Se realizará conforme a lo indicado en el apartado 4.4.2 de la norma UNE-EN 50289-1-3.

- Prueba Núcleo–Pantalla:

Se procederá de forma análoga a la prueba anterior, excepto que se conectará el terminal negativo del equipo de prueba a la pantalla metálica del cable y el positivo al mazo constituido por todos los conductores unidos eléctricamente entre sí.

- Prueba entre Pantallas:

Uno de los extremos del cable se despojará de la cubierta plástica, quedando las pantallas metálicas aisladas entre si y desnudas al objeto de poder realizar en las mismas una buena conexión eléctrica. La longitud de conexión de las pantallas será de, aproximadamente, 12 cm. Por el otro extremo deberán mantenerse las pantallas, separadas de tal forma que no existan contactos, y asimismo se evitará una aproximación excesiva que pueda dar lugar a falsos contactos en los ensayos de tensión. Los conductores estarán unidos entre si y conectados a tierra, y a su vez deberán quedar aislados de ambas pantallas. Seguidamente se conectarán los terminales del equipo de prueba a cada una de las pantallas.

#### 7.9.6.2.–CRITERIO DE ACEPTACIÓN

La muestra ensayada se inspeccionará visualmente, no observándose perforaciones o deterioro de cualquiera de los elementos del cable.

#### 7.9.7.–Atenuación

Este ensayo es de aplicación a los cables con formación de pares y a los cables con formación de cuadretes.

##### 7.9.7.1.–MÉTODO DE ENSAYO

Se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 50289-1-8, justificándose la elección del método (A, B, C o D) de los propuestos en dicha norma.

El ensayo se realizará sobre la bobina completa.

En ensayo se realizará para las frecuencias especificadas en los apartados 4.3.7 y 5.3.8 en función del tipo de cable ensayado.

##### 7.9.7.2.–CRITERIO DE ACEPTACIÓN

Los resultados deben cumplir con lo especificado en los apartados 4.3.7 y 5.3.8 en función del tipo de cable ensayado.

#### 7.9.8.–Ensayos del factor de reducción

##### 7.9.8.1.–MÉTODO DE ENSAYO

Los dispositivos necesarios para la realización del ensayo serán los siguientes:

- Fuente de corriente alterna.
- Transformador.
- Voltímetro con indicación del valor eficaz.

La fuente de corriente y/o transformador deben ser regulables de tal modo que puedan ajustarse las tensiones de cubierta exigidas en cada caso (en cada anillo: cubierta metálica – conductor de retorno). Debe asegurarse que entre los puntos 1 y 2, según la Figura 4, exista siempre una tensión prácticamente senoidal para cualquier valor de la intensidad.

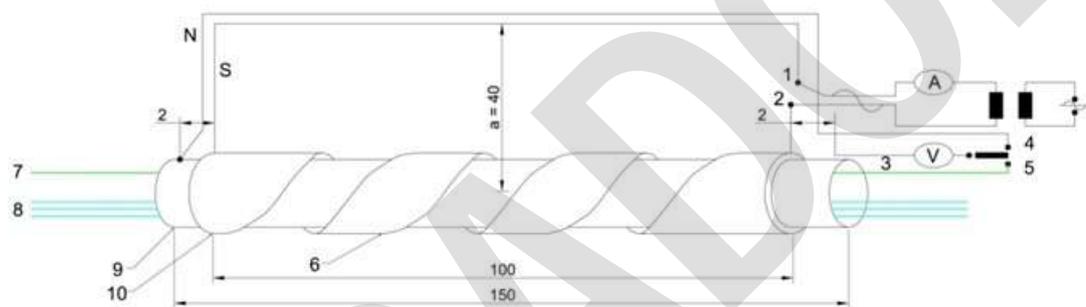
Una curva de tensión se considera para este ensayo como prácticamente senoidal cuando ninguno de sus valores momentáneos varía del valor momentáneo de igual fase de la onda básica (primer armónico) en más del 10% del valor de cresta de la onda básica.

El dispositivo de ensayo debe ser tal que el FR pueda determinarse con una tolerancia de  $\pm 5\%$  del valor medido  $+0,01$ .

- El método de ensayo a emplear será el descrito a continuación:

Un esquema de la disposición de los elementos de medición se ilustra en la Figura 3.

Para el ensayo se utiliza un trozo de cable de aproximadamente 150 cm de largo. La corriente de ensayo se aplica al cable por un alambre de cobre de un diámetro mínimo de 5 mm, el cual abraza anularmente la cubierta metálica y está soldado con la misma, así como con la armadura protectora de inducción, en condiciones de buena conductividad. La distancia entre los centros de ambos anillos de alambre debe ser de 100 cm.



Todas las medidas expresadas en centímetros (cm)

Figura 3. Disposición para el ensayo del FR.

Siendo:

- 1-5: Puntos del circuito de medida
- 6: Armadura
- 7: Conductor a ensayar
- 8: Restantes conductores, aislados entre sí y contra la cubierta del cable
- 9: Cubierta metálica
- 10: Electrodo anular aplicado por soldadura
- a: Distancia axial entre cable y línea de retorno

Si para mejorar el FR se alojan bajo la cubierta metálica alambres conductores, cintas o elementos similares, también deben unirse bien con dichos anillos. Las partes de cubiertas y armadura sobresalientes de los anillos deben ser lo más cortas posible.

La línea de corriente S y la línea de medición N son tendidas una tan cerca de la otra que juntas forman con el trozo de cable un rectángulo casi cerrado cuya inductancia simula la inductancia del bucle de tierra (aprox. 2 mH/km).

Como línea de corriente S para intensidades de corriente no excesivas es útil, por ejemplo, un cable de cobre de 19 alambres y  $50 \text{ mm}^2$  de sección nominal, en el cual, en su capa exterior un alambre está sustituido por un alambre de cobre aislado como línea de medida N. A una distancia axial de 40 cm resulta entonces para el bucle de la disposición de medición una inductancia que simula bien la inductancia natural media del bucle de tierra formada por la envoltura metálica y el circuito de tierra (aprox. 2 mH/km).

En una disposición de medida apta también para grandes intensidades de corriente, el conductor de corriente  $S$  puede consistir, por ejemplo, en dos pletinas de cobre planas dispuestas paralelamente, cuya distancia mutua corresponde aproximadamente al espesor de barra y entre las cuales está dispuesto el alambre de cobre aislado  $M$ . Entonces se deja como distancia axial un valor tal que para la disposición de medición resulta la misma inductancia que en la disposición de medición exactamente fijada en 10 que antecede con el cable de cobre de 19 alambres. Este requisito también debe observarse empleándose otros conductores para estructurar la disposición de medición.

Para la realización de las mediciones, un hilo cualquiera del cable en el extremo de medición se conecta al punto 5 del circuito, y el otro extremo del hilo se conecta con la toma de potencial en la cubierta del cable por una conexión lo más corta posible. Todos los demás hilos deben estar aislados entre si y contra la cubierta del cable. En primer término y en posición "4" del conmutador, se regula la tensión  $E_m$  entre la envoltura del cable y la línea de medición, con ajuste a un valor deseado de la tensión de la cubierta y seguidamente se hace constar en posición "5" del conmutador la pertinente tensión  $E_a$  entre cubierta metálica e hilo.

Estas mediciones se realizan según convenio en algunos puntos dentro del margen fijado de la tensión de cubierta.

#### 7.9.8.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN

Existen las siguientes relaciones entre las tensiones  $E_a$  y  $E_m$ , la intensidad de corriente  $I$ , la resistencia de acoplamiento  $R_k$  de la cubierta metálica incluida la armadura protectora de inducción eventualmente existente y la impedancia  $R_m$  de la envoltura del cable con línea de retorno (de tierra):

$$E_a = I \times R_k; \quad E_m = I \times R_m$$

El factor de reducción  $R_k$  de la cubierta metálica incluyendo la armadura protectora de inducción existente, resulta de la relación de los valores de tensión  $E_a$  y  $E_m$  como sigue:

$$r_k = \frac{E_a}{E_m} = \frac{R_k}{R_m}$$

Los valores del FR para una corriente la una frecuencia determinada se representan en un diagrama como función de la tensión  $E_m$  (en V/km) referida en 1 km.

#### 7.10.-ENSAYOS DE REACCIÓN AL FUEGO

Para la realización de estos ensayos se atenderá a los métodos de ensayo y evaluación recogidos en la norma UNE-EN 50575.

##### 7.10.1.-Medida de la emisión de calor y producción de humos en cables durante el ensayo de propagación de la llama

Este ensayo aplica únicamente a los cables con clase de reacción al fuego  $B_{2ca}-s1a-a1$ .

##### 7.10.1.1.-MÉTODO DE ENSAYO

El ensayo se realizará conforme a lo indicado en la norma UNE-EN 50399.

#### 7.10.1.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN

Para la clase de reacción al fuego B2<sub>ca</sub>-s1a-a1 se considera el ensayo superado si los valores obtenidos para los distintos parámetros cumplen:

- $FS \leq 1,5$  m
- $THR_{1200} s \leq 15$  MJ
- $HRR \text{ máx} \leq 30$  kW
- $FIGRA \leq 150$  W/s
- $TSP_{1200} \leq 50$  m<sup>2</sup>
- $SPR \text{ máx.} \leq 0,25$  m<sup>2</sup>/s

#### 7.10.2.-Ensayo de propagación vertical de la llama para un conductor individual aislado o cable. Procedimiento para llama premezclada de 1 kW

##### 7.10.2.1.-MÉTODO DE ENSAYO

El ensayo se realizará conforme a lo indicado en la norma UNE-EN 60332-1-2.

##### 7.10.2.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN

Se considerará superado el ensayo (H propagación de las llamas):

- si  $H \leq 425$  mm para la clase de reacción al fuego B2<sub>ca</sub>-s1a-a1.
- si  $H > 425$  mm Para la clase de reacción al fuego F<sub>ca</sub>.

#### 7.10.3.-Ensayos a medida de la densidad de los humos emitidos por los cables en combustión bajo condiciones definidas

Este ensayo aplica únicamente a los cables con clase de reacción al fuego B2<sub>ca</sub>-s1a-a1.

##### 7.10.3.1.-MÉTODO DE ENSAYO

El ensayo se realizará conforme a lo indicado en la norma UNE-EN 61034-2.

##### 7.10.3.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN

Para la clase de reacción al fuego B2<sub>ca</sub>-s1a-a1 se considera el ensayo superado si el valor obtenido para la transmitancia lumínica toma un valor  $\geq 80\%$ .

#### 7.10.4.-Ensayo de los gases desprendidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables. Determinación de la acidez (por medida del pH) y la conductividad

Este ensayo aplica únicamente a los cables con clase de reacción al fuego B2<sub>ca</sub>-s1a-a1.

##### 7.10.4.1.-MÉTODO DE ENSAYO

El ensayo se realizará conforme a lo indicado en la norma UNE-EN 60754-2.

#### 7.10.4.2.-CRITERIO DE ACEPTACIÓN

Para la clase de reacción al fuego B2<sub>ca</sub>-s1a-a1 se considera el ensayo superado si los valores obtenidos para los distintos parámetros cumplen:

- Conductividad  $\leq 2,5 \mu\text{S}/\text{mm}$ .
- pH  $> 4,3$ .

### 8.-VALIDACIÓN

#### 8.1.-CONDICIONES GENERALES

El proceso de validación se registrará por lo establecido en el "Procedimiento para la validación de productos ferroviarios" vigente, regulándose todas sus fases desde la solicitud de validación hasta su validación definitiva.

Se realizarán los ensayos recogidos en el apartado 7 correspondientes al cumplimiento de las normas de referencia para la verificación de los requisitos expuestos en este documento.

La solicitud de validación irá acompañada de la siguiente documentación:

- Tipo del cable.
- Números de Identificación de las bobinas presentadas, con indicación de longitud nominal Número de Lote, Orden de Fabricación y Fecha de Fabricación.
- Plan de Calidad y hojas de registro del mismo, que el fabricante ha aplicado a los lotes de fabricación en cuestión, con indicación de pruebas, porcentajes y criterios de aceptación y rechazo que el fabricante utiliza en la producción de este producto.
- Certificado de todos los materiales que conforman el cable, así como el proveedor de cada uno de ellos y sus características técnicas.
- Descripción detallada del procedimiento de fabricación.
- Plan de seguimiento de la trazabilidad de los materiales.
- Plano descriptivo en el cual se puedan apreciar las diferentes capas que componen el cable.
- Memoria técnica detallada, en la que se haga constancia de, al menos, los materiales y espesores nominales de cada capa y las características eléctricas.

Si en alguno de los ensayos se obtuvieran resultados en desacuerdo con lo prescrito, Adif se reserva el derecho de interrumpir la serie de ensayos a efectuar, dando el producto por rechazado.

Se podrán admitir modificaciones que representen alguna mejora del producto sobre las características estipuladas en la presente especificación técnica, previa aprobación de Adif.

## 8.2.-CRITERIOS DE SELECCIÓN Y PROPORCIÓN DE LAS MUESTRAS A ENSAYAR

Los ensayos se realizarán sobre un conjunto de bobinas de cable fabricadas con el mismo conjunto de materiales, evidenciando los lotes de, al menos, el cobre, el aluminio, el acero, los polímeros y el estado de calibración de todos los medios de fabricación y de control de calidad. La validación se otorgará para todos los cables de esta ET en el caso de que todos los ensayos se realicen sobre alguno de los grupos de muestras siguientes:

- Opción 1:
  - 4H-1.4-EAPSSP
  - 25X-1.4-CCTSST-FR 0,3-8
  - 1P-0.9-CCTSST-FR 0,3
  - 48H-1.4-EATSST
- Opción 2:
  - 48H-1.4-CCTSST-FR 0,3-8
  - 25X-1.4-EAPSSP
  - 1P-1.4-CCTSST-FR0,3
  - 7X-0.9-CCPSSP-FR0,3

En caso contrario, el fabricante debe proponer una opción de muestras a ensayar, avalada por un dictamen de la Entidad Técnica de Seguimiento y que debe ser aprobada por el Área Técnica de Validaciones de ADIF previamente a su fabricación.

## 8.3.-LUGAR DE LOS ENSAYOS

Los ensayos deberán ser realizados en laboratorios adecuados, principalmente entidades acreditadas por ENAC para la aplicación de la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017, aceptados previamente por el Área Técnica de Adif, bajo la supervisión de personal técnico de una entidad propuesta por el fabricante, identificada como "Entidad Técnica de Seguimiento".

## 8.4.-ENTIDAD TÉCNICA DE SEGUIMIENTO

La Entidad Técnica de Seguimiento (en adelante, la entidad) será un organismo o empresa independiente del fabricante o proveedor del producto objeto de validación, acreditado por ENAC para las actividades de Inspección y Certificación en el Sector Ferroviario en aplicación de las Normas UNE-EN ISO/IEC 17020:2012 y UNE-EN ISO/IEC 17065:2012 y las normas específicas del Sector Ferroviario aplicables al producto, referidas en el correspondiente Anexo Técnico emitido por ENAC.

Se valorará, igualmente, que dicha entidad tenga experiencia en las actividades de evaluación de la conformidad de la validación y verificación conforme a la norma UNE-EN ISO/IEC 17029:2019 para los ensayos realizados en laboratorios acreditados conforme a la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017.

Esta entidad será propuesta por el fabricante a ADIF en la Fase de Solicitud del inicio del proceso de validación, debiendo ser aprobada por el Área Técnica responsable del proceso.

En el caso de que no exista en el mercado una entidad que cumpla con las condiciones para la interpretación, análisis y valoración técnica del resultado de los ensayos y pruebas, el fabricante puede proponer que las funciones de inspección recogidas en la norma de referencia, sean efectuadas por entidades independientes de reconocido prestigio, que deberán acreditar en cada caso su cualificación para dicho desempeño, previa aprobación por el Área Técnica.

## 8.5.-SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE VALIDACIÓN

La entidad será la responsable de realizar la planificación inicial y el seguimiento de todas las actividades del proceso de validación. Sin perjuicio de las encomendadas por el fabricante, sus principales funciones serán:

- Presentar un informe de idoneidad para el desempeño de la funciones como Entidad Técnica de Seguimiento, el cual debe recoger las evidencias de la capacitación, experiencia e independencia de todos los medios humanos así como los medios técnicos y materiales a utilizar en el proceso.
- Elaboración del Plan de Validación.
- Elaboración del Plan de Ensayos.
- Propuesta justificada de los Laboratorios para la realización de los Ensayos.
- Supervisión de la realización de los ensayos.
- Elaboración de los informes de validación de los ensayos.
- Elaboración del Plan de Pruebas de la Instalación Piloto.
- Seguimiento de las Pruebas de la Instalación Piloto.
- Elaboración de los informes de seguimiento de la Instalación Piloto.
- Elaboración del Informe de la Validación Definitiva.
- Elaboración de toda aquella documentación solicitada por ADIF durante el desarrollo del proceso de validación.

## 9.-RECEPCIÓN

### 9.1.-CONDICIONES GENERALES

La presentación a la recepción deberá ser notificada por escrito, en el impreso que Adif establezca al efecto, al agente receptor haciendo constar como mínimo:

- Referencia del pedido.
- Fecha de presentación.
- Tipo del cable.
- Números de Identificación de las bobinas presentadas, con indicación de longitud nominal, Nº de Lote, Orden de Fabricación y Fecha de Fabricación.
- Plan de Calidad y hojas de registro del mismo, que el fabricante ha aplicado a los lotes de fabricación en cuestión, con indicación de pruebas, porcentajes y criterios de aceptación y rechazo que el fabricante utiliza en la producción de este producto.
- Certificado de todos los materiales que conforman el cable, así como el proveedor de cada uno de ellos y sus características técnicas.
- Documentación de las verificaciones realizadas de acuerdo a la norma UNE-EN 50575.
- Cualquier otra indicación especial del pedido que ADIF considere conveniente.

Se detallará en cada pedido la longitud de las bobinas. Cuando no se hayan podido definir inicialmente las longitudes de suministro, por estar pendientes de replanteo, el fabricante solicitará previamente a ADIF las longitudes de fabricación para poder concluir con el suministro.

Con objeto de poder efectuar los ensayos de recepción de los cables, la punta interior deberá disponer de una longitud accesible entre 2 y 3 metros.

En concreto los documentos que se deben aportar son:

- Listado de bobinas, con las siguientes indicaciones:
  - Número de carrete.
  - Número identificativo en fabricación.
  - Longitud total.
  - Longitud nominal.
  - Marcas de metraje de cubierta inicial y final.

Los cables se presentaran a recepción agrupados en lotes, en estado de entrega y embalados con sus espiras debidamente bobinadas y sin superposición de las mismas.

A menos que se especifique lo contrario, las bobinas de los cables del mismo tipo y características formaran un solo lote sin limitación de cantidad, siempre que hayan sido fabricadas durante un mismo proceso ininterrumpido de fabricación y empleando los mismos materiales.

## 9.2.-CRITERIOS DE SELECCIÓN Y PROPORCIÓN DE LAS MUESTRAS A ENSAYAR

Las muestras a ensayar estarán constituidas por trozos de cable de longitud variable según el tipo de ensayo, tomadas del extremo exterior de la bobina y habiendo sido previamente desechada una longitud de cable de por lo menos 0,25 m. Las probetas se obtendrán de las muestras.

El número de bobinas a ensayar seguirá el siguiente criterio:

- Hasta 50 bobinas:
  - Sobre un 30% de las bobinas se medirá:
    - Resistencia óhmica y Continuidad.
    - Rigidez dieléctrica del aislamiento.
    - Inspección Visual (formación del cable, marcaje, formación de las pantallas, etc.).
  - Sobre un 10% de las bobinas:
    - Todas las pruebas eléctricas.
    - Control dimensional.
    - Cracking de la cubierta exterior.
    - Alargamiento de la cubierta exterior.
    - Resistencia a la tracción de la cubierta exterior.
  - Sobre un 5% de las bobinas:
    - Doblado.
    - Pruebas físicas (mínimo un hilo por color y calibre).

Para cables de diferente FORMACIÓN que solo varíen en la cubierta se podrán convalidar los ensayos correspondientes al núcleo.

- Para lotes de más de 50 bobinas se podrá realizar una reducción de los ensayos del 50%.

### 9.3.-LUGAR DE LOS ENSAYOS

Los ensayos se realizarán en un laboratorio que disponga de los medios adecuados a los ensayos a realizar y los certificados de calibración necesarios, previa aprobación de Adif.

### 9.4.-RELACIÓN DE ENSAYOS DE RECEPCIÓN

Los ensayos a realizar serán los siguientes:

APARTADO	ENSAYOS
7.1.1.-	Diámetro de los conductores
7.1.2.-	Resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura de los conductores
7.2.2.-	Resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura del aislamiento
7.2.7.-	Espesor radial del aislamiento
7.3.1.-	Formación del núcleo del cable
7.3.2.-	Código de colores del núcleo del cable
7.4.2.-	Solape de la pantalla de aluminio-copolímero
7.4.3.-	Adherencia de la pantalla de aluminio-copolímero / cubierta
7.5.2.-	Espesor radial de la cubierta interior
7.6.3.-	Espesor radial de la cubierta exterior
7.6.4.-	Resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura de la cubierta exterior
7.7.3.-	Dimensiones de la cubierta de los cables autoportados
7.8.1.-	Diámetro exterior del cable
7.8.2.-	Ensayo de doblado del cable
7.8.3.-	Marcado de la cubierta
7.8.4.-	Penetración de agua
7.8.5.-	Resistencia al impacto
7.9.1.-	Resistencia óhmica y continuidad de conductores
7.9.2.-	Desequilibrio de resistencia
7.9.3.-	Capacidad mutua
7.9.4.-	Desequilibrio de capacidad
7.9.5.-	Resistencia de aislamiento
7.9.6.-	Rigidez dieléctrica
7.9.7.-	Atenuación

Tabla 1. Relación de ensayos de recepción.

### 9.5.-CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Si un ensayo de recepción ofreciera un resultado negativo, se tomarán dos nuevas muestras del mismo lote de fabricación y se repetirá ese ensayo sobre ambas muestras. Si alguna de las dos no supera el ensayo se rechazará el lote completo.

### 10.-CONDICIONES DE TRANSPORTE, EMBALAJE Y ETIQUETADO

Los cables objeto de la presente especificación se embalarán en bobinas, con sus extremos sujetos y protegidos suficientemente para evitar cualquier deterioro durante su transporte y manipulación.

Las bobinas llevarán en sus costados una placa metálica con las siguientes inscripciones en forma clara y bien visible, conforme a la norma UNE-EN 50575:

- Nombre del Fabricante y Suministrador.
- Tipo de cable (según la denominación indicada en el apartado 2.2).
- Longitud del cable en la bobina, en metros.
- Flecha indicando el sentido de giro.
- Peso bruto y neto.
- Número de pedido.
- Fecha de fabricación.
- Número de serie de la bobina.
- Número de lote.
- Orden de fabricación.
- Clase de reacción al fuego.
- Macado CE.
- Marca indeleble (en relieve sobre la madera) con el número de carrete, sin que pueda dar lugar a error o equívoco.

### 11.-GARANTÍAS

Las garantías serán las establecidas en el contrato de obra, suministro y/o instalación correspondiente entre ADIF y la empresa acreditada suministradora o instaladora de cables y en todo caso cumplirá con la legislación vigente al respecto.

### 12.-NORMATIVA DEROGADA

Esta Especificación Técnica deroga y sustituye a la ET 03.365.052.4, 2ª edición de julio de 2021.

La presente especificación técnica entrará en vigor en su fecha de aprobación por el Comité de Normativa.

### 13.-NORMATIVA DE REFERENCIA

En el contenido de esta especificación técnica se hace referencia a los documentos normativos que se citan a continuación.

En el caso de documentos referenciados sin edición y fecha se utilizará la última edición vigente; en el caso de normas citadas con versión exacta, se debe aplicar esta edición concreta.

En el caso de normas UNE EN que establezcan condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción, que sean transposición de normas EN cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea, será de aplicación la última versión comunicada por la Comisión y publicada en el DOUE.

- Reglamento Delegado (UE) 2016/364 relativo a la clasificación de las propiedades de reacción al fuego de los productos de construcción. Boletín Oficial del Estado.
- UNE 21011-2 Alambres de cobre recocido de sección recta circular. Características. AENOR.
- UNE-EN 50289-3-2 Cables de comunicación. Especificación para métodos de ensayo. Parte 3-2: Métodos de ensayo mecánico. Resistencia a la tracción y alargamiento del conductor. AENOR.
- UNE-EN 60811-606 Cables eléctricos y de fibra óptica. Métodos de ensayo para materiales no metálicos. Parte 606: Ensayos físicos. Métodos para determinar la densidad. AENOR.
- UNE-EN 60811-511 Cables eléctricos y de fibra óptica. Métodos de ensayo para materiales no metálicos. Parte 511: Ensayos mecánicos. Medición del índice de fluidez en caliente de los compuestos de polietileno. AENOR.
- UNE-EN ISO 11357-6 Plásticos. Calorimetría diferencial de barrido (DSC). Parte 6: Determinación del tiempo de inducción a la oxidación (OIT isotérmico) y de la temperatura de inducción a la oxidación (OIT dinámica). (ISO 11357-6:2008). AENOR.
- UNE-EN 60811-605 Cables eléctricos y de fibra óptica. Métodos de ensayo para materiales no metálicos. Parte 605: Ensayos físicos. Medición del contenido de negro de humo y/o de cargas minerales en los compuestos de polietileno. AENOR.
- UNE-EN 60811-406 Cables eléctricos y de fibra óptica. Métodos de ensayo para materiales no metálicos. Parte 406: Ensayos varios. Resistencia a la fisuración de los compuestos de polietileno y polipropileno. AENOR.
- UNE-EN ISO 4589-2 Plásticos. Determinación del comportamiento al fuego mediante el índice de oxígeno. Parte 2: Ensayo a temperatura ambiente. (ISO 4589-2:1996). AENOR.
- UNE-EN ISO 4589-3 Plásticos. Determinación del comportamiento al fuego mediante el índice de oxígeno. Parte 3: Ensayo a temperatura elevada. (ISO 4589-3:1996). AENOR.
- UNE-EN 50289-3-9 Cables de comunicación. Especificación para métodos de ensayo. Parte 3-9: Métodos de ensayo mecánico. Ensayos de doblado. AENOR.
- UNE-EN 50289-4-2 Cables de comunicación. Especificación para métodos de ensayo. Parte 4-2: Métodos de ensayo ambientales. Penetración del agua. AENOR.
- UNE-EN 50289-3-6 Cables de comunicación. Especificación para métodos de ensayo. Parte 3-6: Métodos de ensayo mecánico. Resistencia al impacto del cable. AENOR.

- UNE-EN 50289-1-2 Cables de comunicación. Especificación para métodos de ensayo. Parte 1-2: Métodos de ensayos eléctricos. Resistencia en corriente continua. AENOR.
- UNE-EN 50289-1-5 Cables de comunicación. Especificación para métodos de ensayo. Parte 1-5: Métodos de ensayos eléctricos. Capacidad. AENOR.
- UNE-EN 50289-1-4 Cables de comunicación. Especificación para métodos de ensayo. Parte 1-4: Métodos de ensayos eléctricos. Resistencia de aislamiento. AENOR.
- UNE-EN 50289-1-3 Cables de comunicación. Especificación para métodos de ensayo. Parte 1-3: Métodos de ensayos eléctricos. Rigidez dieléctrica. AENOR.
- UNE-EN 50289-1-8 Cables de comunicación. Especificación para métodos de ensayo. Parte 1-8: Métodos de ensayos eléctricos. Atenuación. AENOR.
- UNE-EN 60332-1-2 Métodos de ensayo para cables eléctricos y cables de fibra óptica sometidos a condiciones de fuego. Parte 1-2: Ensayo de resistencia a la propagación vertical de la llama para un conductor individual aislado o cable. Procedimiento para llama premezclada de 1kW. AENOR.
- UNE-EN 61034-2 Medida de la densidad de los humos emitidos por cables en combustión bajo condiciones definidas. Parte 2: Procedimientos de ensayo y requisitos. AENOR.
- UNE-EN 60754-2 Ensayo de los gases desprendidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables. Parte 2: Determinación de la acidez (por medida del pH) y la conductividad. AENOR.
- UNE-EN 50575 Cables de energía control y comunicación. Cables para aplicaciones generales en construcciones sujetos a requisitos a reacción al fuego. AENOR.
- UNE 7468 Materiales metálicos. Alambres. Ensayo de torsión simple. AENOR.
- UNE-EN 10264-2 Alambres de acero y productos de alambre. Alambres de acero para cables. Parte 2: Alambre de acero no aleado estirado en frío para cables de uso general. AENOR.
- UNE-EN ISO 6892-1 Materiales metálicos. Ensayo de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente. AENOR.
- UNE-EN 10244-2 Alambre de acero y productos de alambre. Recubrimientos metálicos no ferrosos sobre alambre de acero. Parte 2: Recubrimientos de cinc o de aleaciones de cinc. AENOR.
- UNE 36711 Condiciones generales técnicas de suministro e inspección de cables de acero. AENOR.
- UNE 7326 Ensayo de tracción de cables y cordones de acero. AENOR.
- UNE-EN 60811-202 Cables eléctricos y de fibra óptica. Métodos de ensayo para materiales no metálicos. Parte 202: Ensayos generales. Medición del espesor de las cubiertas no metálicas. AENOR.
- UNE-EN 60811-203 Cables eléctricos y de fibra óptica. Métodos de ensayo para materiales no metálicos. Parte 203: Ensayos generales. Medición de las dimensiones exteriores. AENOR.

- UNE-EN 60811-201 Cables eléctricos y de fibra óptica. Métodos de ensayo para materiales no metálicos. Parte 201: Ensayos generales. Medición del espesor de aislamiento. AENOR.
- UNE-EN 60811-401 Cables eléctricos y de fibra óptica. Métodos de ensayo para materiales no metálicos. Parte 401: Ensayos varios. Métodos de envejecimiento térmico. Envejecimiento en estufa de aire. AENOR.
- UNE-EN 60811-501 Cables eléctricos y de fibra óptica. Métodos de ensayo para materiales no metálicos. Parte 501: Ensayos mecánicos. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas de las mezclas de aislamientos y cubiertas. AENOR.
- UNE-EN 60811-502 Cables eléctricos y de fibra óptica. Métodos de ensayo para materiales no metálicos. Parte 502: Ensayos mecánicos. Ensayo de contracción para aislamientos. AENOR.
- UNE-EN 50399 Métodos de ensayo comunes para cables sometidos a condiciones de fuego. Medida de la emisión de calor y producción de humos en cables durante el ensayo de propagación de la llama. Equipo de ensayo, procedimientos, resultados. AENOR.
- UNE-EN ISO/IEC 17025:2017. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. (ISO/IEC 17025:2017). AENOR.
- Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. AENOR.
- UNE-EN ISO/IEC 17020:2012 Evaluación de la conformidad. Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección. AENOR.
- UNE-EN ISO/IEC 17065:2012 Evaluación de la conformidad. Requisitos para organismos que certifican productos, procesos y servicios. AENOR.
- UNE-EN ISO/IEC 17029:2019 Evaluación de la conformidad. Principios generales y requisitos para los organismos de validación y verificación. AENOR.
- UNE-EN 10346:2015 Productos planos de acero recubiertos en continuo por inmersión en caliente. AENOR.

## I. Anejo 1. TABLAS DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	PÁGINA
1.- TABLA 1 – CARACTERÍSTICAS DEL HDPE PARA AISLAMIENTO .....	59
2.- TABLA 2 – CONFIGURACIÓN DE LOS CABLES MULTICONDUCTORES.....	60
3.- TABLA 3 – CARACTERÍSTICAS DE LLDPE Y LDPE PARA CUBIERTAS .....	61
4.- TABLA 4 – CARACTERÍSTICAS DE TERMOPLÁSTICOS IGNÍFUGOS PARA CUBIERTAS .....	62
5.- TABLA 5 – CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES DE SOPORTE.....	63
6.- TABLA 6 – ESPESOR RADIAL DE LA CUBIERTA EXTERIOR.....	64
7.- TABLA 7 – RESISTENCIA ÓHMICA DE LOS CONDUCTORES.....	65
8.- TABLA 8 – TENSIONES DE ENSAYO.....	66
9.- TABLA 9 – DESEQUILIBRIOS DE RESISTENCIA.....	67
10.-TABLA 10 – VALORES MÁXIMOS DE ATENUACIÓN PARA CABLES CON FORMACIÓN EN PARES .....	68
11.-TABLA 11 – DISPOSICIÓN DE LOS CUADRETES EN CAPAS .....	69
12.-TABLA 12 – CÓDIGO DE COLORES E IDENTIFICACIÓN DE LOS CUADRETES .....	70
13.-TABLA 13 – CAPACIDAD MUTUA .....	71
14.-TABLA 14 – DESEQUILIBRIOS DE CAPACIDAD .....	72
15.-TABLA 15 – VALORES MÁXIMOS DE ATENUACIÓN PARA CABLES CON FORMACIÓN EN CUADRETES ..	73

## 1.- TABLA 1 – CARACTERÍSTICAS DEL HDPE PARA AISLAMIENTO

TABLA 1 – Características del HDPE para aislamiento	
CARACTERÍSTICAS	VALOR
Densidad materia moldeada	0,94 a 0,97 g/cm <sup>3</sup>
Resistencia a la tracción mínima (materia extruida)	18 N/mm <sup>2</sup>
Alargamiento mínimo a la rotura (materia extruida)	300%
Variación máxima de resistencia a la tracción después del envejecimiento térmico (24h 100°C) (materia moldeada)	±25%
Variación máxima de alargamiento a la rotura después del envejecimiento (24h 100°C)	±25%
Índice de fluidez de la materia prima	<0,9 g/10 min
Tiempo de inducción a la oxidación (OIT)	≥60 min
Retracción máxima (materia extruida)	5 %

Tabla 1. Características del polietileno de alta densidad (HDPE) para aislamiento.

## 2.- TABLA 2 – CONFIGURACIÓN DE LOS CABLES MULTICONDUCTORES

TABLA 2 – Configuración de los cables multiconductores					
NÚMERO DE CONDUCTORES	CENTRO	1ª CAPA	2ª CAPA	3ª CAPA	4ª CAPA
4	4				
7	1	6			
9	2 (3)	7 (6)			
12	3	9			
19	1	6	12		
27	3	9	15		
37	1	6	12	18	
48	3	9	15	21	
61	1	6	12	18	24

Tabla 2. Configuración de los cables Multiconductores.

### 3.- TABLA 3 – CARACTERÍSTICAS DE LLDPE Y LDPE PARA CUBIERTAS

TABLA 3 – Características de LLDPE y LDPE para cubiertas		
CARACTERÍSTICAS	VALOR	
	LLDPE	LDPE
Densidad	0,92 a 0,94 g/cm <sup>3</sup>	
Resistencia a la tracción mínima	16 N/mm <sup>2</sup>	12,5 N/mm <sup>2</sup>
Alargamiento mínimo a la rotura	500%	
Variación máxima de resistencia a la tracción después del envejecimiento térmico (24h 100°C)	±25 %	
Variación máxima de alargamiento a la rotura después del envejecimiento (24h 100°C)	±25 %	
Índice de fluidez	≤ 0,9 g/10 min	0,15 a 0,40 g/10 min
Contenido en negro de humo	2,5 ±0,5 %	
Resistencia a la fisuración (cracking)	0 Fallos	
Fragilidad a baja temperatura (material moldeada)	-76°C	

Tabla 3. Características del polietileno de baja densidad (LDPE y LLDPE) para cubiertas.

#### 4.- TABLA 4 – CARACTERÍSTICAS DE TERMOPLÁSTICOS IGNÍFUGOS PARA CUBIERTAS

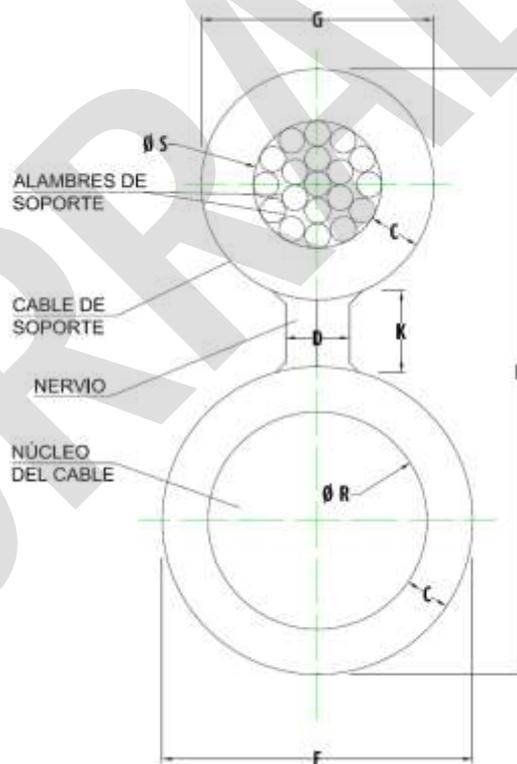
TABLA 4 – Características de termoplásticos ignífugos para cubiertas	
CARACTERÍSTICAS	VALOR
Densidad	1,30 a 1,60 g/cm <sup>3</sup>
Resistencia a la tracción mínima	8 N/mm <sup>2</sup>
Alargamiento mínimo a la rotura	100%
Variación máxima de resistencia a la tracción después del envejecimiento (24h 100°C)	±25%
Variación máxima de alargamiento a la rotura después del envejecimiento (24h 100°C)	±25%
Índice de oxígeno límite	≥30%
Índice de temperatura límite (250°C)	≥30%

Tabla 4. Características de termoplásticos ignífugos para cubiertas.

## 5.- TABLA 5 – CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES DE SOPORTE

TABLA 5 – Características de los cables de soporte							
Tipo de soporte	Formación de soporte por capas	Diámetro nominal del soporte 'S' (mm)	Diámetro nominal del alambre (mm)	Masa mínima del recubrimiento (g/m <sup>2</sup> )		Resistencia a la tracción mínima del alambre (N/mm <sup>2</sup> )	Carga de rotura mínima del cable (N)
				Clase A	Clase B		
Tipo A	1+6+12	3,0	0,6±0,020	115	60	1.400	6.900
Tipo B	1+6+12	5,5	1,1±0,025	165	80	1.400	23.500

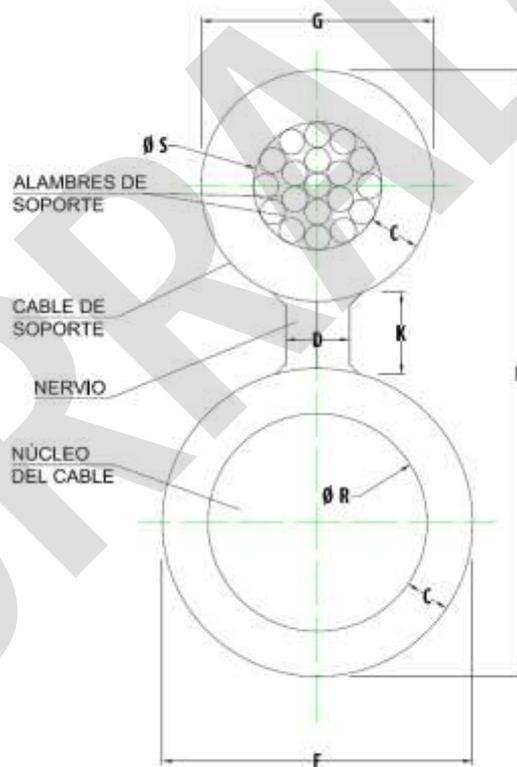
Tabla 5. Características de los cables de soporte.



## 6.- TABLA 6 – ESPESOR RADIAL DE LA CUBIERTA EXTERIOR

TABLA 6. Espesor radial de la cubierta exterior						
Tipo de soporte	Espesor nominal sobre el soporte 'C' (mm)	Espesor nominal sobre el cable 'C' (mm)	Altura del nervio 'K'		Anchura del nervio 'D'	
			Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
Tipo A	2,00	2,00	2,00	4,50	3,00	4,00
Tipo B	2,50	2,50	2,00	4,50	3,30	4,50

Tabla 6. Espesor radial de la cubierta exterior.



## 7.- TABLA 7 – RESISTENCIA ÓHMICA DE LOS CONDUCTORES

TABLA 7. Resistencia óhmica de los conductores		
Diámetro de conductor (mm)	0,9	1,4
Valor medio ( $\Omega/\text{km}$ )	27,5 $\pm$ 1	11,2 $\pm$ 0,5
Máximo valor individual ( $\Omega/\text{km}$ )	29,0	11,9

Tabla 7. Resistencia óhmica de los conductores.

## 8.- TABLA 8 – TENSIONES DE ENSAYO

Tabla 8. Tensiones de Ensayo		
Aislamiento entre	Tensión continua	Tensión alterna
Conductores (Núcleo)	3.000 V	2.100 V
Núcleo-Pantalla	3.500 V	2.500 V
Pantalla- Armadura	2.800 V	2.000 V
Armadura-Cubierta Exterior	6.000 V	4.200 V

Tabla 8. Tensiones de Ensayo.

## 9.- TABLA 9 – DESEQUILIBRIOS DE RESISTENCIA

TABLA 9. Desequilibrios de resistencia (%)		
Diámetro de conductor (mm)	0,9	1,4
Valor medio	1%	1%
Máximo valor individual	2%	2%

Tabla 9. Desequilibrios de resistencia (%).

**10.-TABLA 10 – VALORES MÁXIMOS DE ATENUACIÓN PARA CABLES CON FORMACIÓN EN PARES**

TABLA 10. Valores máximos de atenuación para cables con formación en pares (dB/km)		
Diámetro de conductor		Frecuencia
0,9 mm	1,4 mm	
0,74 dB/km	0,47 dB/km	800 Hz
1,01 dB/km	0,65 dB/km	1.500 Hz
1,42 dB/km	0,92 dB/km	3.000 Hz
12,8 dB/km	7,98 dB/km	1 MHz

Tabla 10. Valores máximos de atenuación para cables con formación en pares (dB/km).

### 11.-TABLA 11 – DISPOSICIÓN DE LOS CUADRETES EN CAPAS

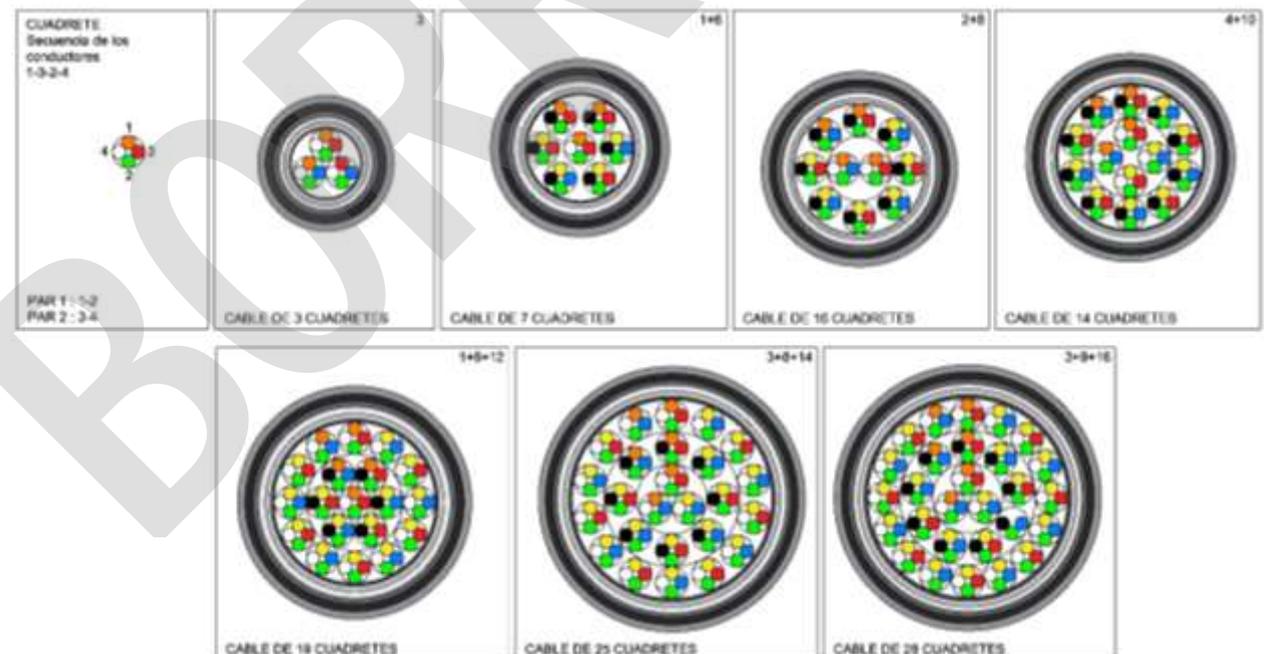
TABLA 11 Disposición de los cuadretes en capas			
Número de cuadretes	Cuadretes en cada capa		
	Centro	1ª capa	2ª capa
1	1		
3	3		
7	1	6	
10	2	8	
14	4	10	
19	1	6	12
25	3	8	14
28	3	9	16

Tabla 11 Disposición de los cuadretes en capas.

## 12.-TABLA 12 – CÓDIGO DE COLORES E IDENTIFICACIÓN DE LOS CUADRETES

TABLA 12. Código de colores e identificación de los cuadretes			
Cuadrete		Esquema de identificación	
Par	Conductor	Colores*	Situación del cuadrete en la capa
1	1	Naranja	Primero y último cuadrete en el centro y cada capa
		Amarillo	Cuadretes intermedios en el centro y cada capa
	2	Verde	En todos los cuadretes
2	3	Rojo	El primer cuadrete y cuadretes impares en el centro y cada capa Primero, 3º, 5º, etc. (impares)
		Azul	El último cuadrete y cuadretes pares en el centro y cada capa Último, 2º, 4º, etc. (pares)
	4	Blanco	En el centro y capas pares
		Negro	En la primera capa y capas impares

En las siguientes esquemas se muestran ejemplos de cables con formación en cuadretes.



\*El código RAL de los colores a emplear se recoge en el Anejo 3 de este documento.

Tabla 12. Código de colores e identificación de los cuadretes.

### 13.-TABLA 13 – CAPACIDAD MUTUA

TABLA 13. Capacidad mutua (nF/km)		
Díámetro de conductor (mm)	0,9	1,4
Valor medio (nF/km )(*)	38±3	41±4
Máximo valor individual (nF/km )	45	48

(\*) Se aplicarán sólo a cables de más de 7 cuadretes.

Tabla 13. Capacidad mutua (nF/km).

#### 14.-TABLA 14 – DESEQUILIBRIOS DE CAPACIDAD

TABLA 14. Desequilibrios de capacidad (nF/460 m)		
Desequilibrio	Valor medio (*) (pF/460 m)	Máximo valor individual (pF/460 m)
Físico-Físico	35	250
Par-Par (adyacente)	35	250
Par-Par (no adyacente)	35	250
Físico-Tierra	320	1.200

(\*) Se aplicarán sólo a cables de más de 7 cuadretes.

Tabla 14. Desequilibrios de capacidad (nF/460 m).

**15.-TABLA 15 – VALORES MÁXIMOS DE ATENUACIÓN PARA CABLES CON FORMACIÓN EN CUADRETES**

TABLA 15. Valores máximos de atenuación para cables con formación en cuadretes (dB/km)		
Diámetro de conductor		Frecuencia
0,9 mm	1,4 mm	
0,70 dB/km	0,46 dB/km	1 kHz
1,60 dB/km	0,85 dB/km	10 kHz
2,10 dB/km	1,30 dB/km	30 kHz

Tabla 15. Valores máximos de atenuación para cables con formación en cuadretes (dB/km).

## II. Anejo 2. DIÁMETRO EXTERIOR DE CABLES Y ESPESORES DE CUBIERTAS

La información contenida en este anejo es meramente informativa, prevaleciendo lo indicado en cada apartado de esta ET.

<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	<b>PÁGINA</b>
1.- CABLES CON FORMACIÓN EN MULTICONDUCTORES.....	75
1.1.-TIPO EAPSSP Y EATSST .....	75
1.2.-TIPO EAPSSP-8 .....	76
1.3.-TIPO CCPSSP.....	77
1.4.-TIPO CCTSST .....	77
2.- CABLES CON FORMACIÓN EN CUADRETES.....	78
2.1.-TIPO EAPSSP .....	78
2.2.-TIPO EATSST .....	79
2.3.-TIPO EAPSSP-8 .....	80
2.4.-TIPO CCPSSP.....	81
2.5.-TIPO CCTSST .....	82
3.- CABLE CON FORMACIÓN EN PAR.....	82

## 1.-CABLES CON FORMACIÓN EN MULTICONDUCTORES

En ningún punto del cable las cubiertas exterior e interior tendrán un espesor menor del 70% del nominal y el valor medio del espesor radial de la cubierta no será inferior al 80% del nominal.

El diámetro nominal del cable no superará el valor indicado en la tabla más un 10% para cables con clase de reacción al fuego  $F_{ca}$ . Para cables con clase de reacción al fuego  $B2_{ca}-s1a-a1$  el diámetro nominal del cable no superará el valor indicado más un 20%.

### 1.1.-TIPO EAPSSP Y EATSST

Diámetro conductor (mm)	Nº de elementos	Espesor radial cub. Int. (mm)	Espesor radial cub. Ext. (mm)	Diámetro nominal cable (mm)
1,4	2	1,4	1,2	14,2
1,4	4	1,4	1,2	14,2
1,4	7	1,4	1,2	15,7
1,4	9	1,4	1,2	17,2
1,4	12	1,4	1,2	18,2
1,4	19	1,4	1,2	20,7
1,4	27	1,4	1,3	23,4
1,4	37	1,4	1,3	25,9
1,4	48	1,4	1,4	28,6
1,4	61	1,4	1,4	30,6

Tabla A1. Dimensiones cables de multiconductores con cubiertas EAPSSP y EATSST.

## 1.2.-TIPO EAPSSP-8

Díámetro conductor (mm)	Nº de elementos	Espesor radial cub. Int. (mm)	Espesor radial cub. Ext. (mm)	Díámetro soporte (mm)	Díámetro nominal cable (mm)
1,4	2	1,4	2	3	26,3x15,8
1,4	4	1,4	2	3	26,3x15,8
1,4	7	1,4	2,5	5,5	32,3x18,3
1,4	9	1,4	2,5	5,5	33,8x19,8
1,4	12	1,4	2,5	5,5	34,8x20,8
1,4	19	1,4	2,5	5,5	37,3x23,3
1,4	27	1,4	2,5	5,5	39,8x25,8
1,4	37	1,4	2,5	5,5	42,3x28,3
1,4	48	1,4	2,5	5,5	44,8x30,8
1,4	61	1,4	2,5	5,5	46,7x32,8

Tabla A2. Dimensiones cables de multiconductores con cubiertas EAPSSP-8.

### 1.3.-TIPO CCPSSP

Diámetro conductor (mm)	Nº de elementos	Espesor radial cub. Int. (mm)	Espesor radial cub. Ext. (mm)	Diámetro nominal cable (mm)
1,4	2	1,5	1,6	16,6
1,4	4	1,5	1,6	16,6
1,4	7	1,5	1,6	18,3
1,4	9	1,5	1,6	19,6
1,4	12	1,5	1,6	20,5
1,4	19	1,5	1,6	23,1
1,4	27	1,5	1,6	25,6
1,4	37	1,5	1,6	28,1
1,4	48	1,6	1,8	31,2

Tabla A3. Dimensiones cables de multiconductores con cubiertas CCPSSP (FR 0,3).

### 1.4.-TIPO CCTSST

Diámetro conductor (mm)	Nº de elementos	Espesor radial cub. Int. (mm)	Espesor radial cub. Ext. (mm)	Diámetro nominal cable (mm)
1,4	4	1,5	1,6	19,0
1,4	7	1,6	1,6	21,0
1,4	9	1,6	1,6	22,0
1,4	12	1,6	1,8	24,0
1,4	19	1,6	1,8	27,0
1,4	27	1,7	1,8	30,0
1,4	37	1,7	1,8	34,0
1,4	48	1,7	1,8	37,0

Tabla A4. Dimensiones cables de multiconductores con cubiertas CCTSST (FR 0,3).

## 2.-CABLES CON FORMACIÓN EN CUADRETES

En ningún punto del cable las cubiertas exterior e interior tendrán un espesor menor del 70% del nominal y el valor medio del espesor radial de la cubierta no será inferior al 80% del nominal.

El diámetro nominal del cable no superará el valor indicado en la tabla más un 10% para cables con clase de reacción al fuego  $F_{ca}$ . Para cables con clase de reacción al fuego  $B2_{ca}-s1a-a1$  el diámetro nominal del cable no superará el valor indicado más un 20%.

### 2.1.-TIPO EAPSSP

Diámetro conductor (mm)	Nº de elementos	Espesor radial cub. Int. (mm)	Espesor radial cub. Ext. (mm)	Diámetro nominal cable (mm)
0,9	1	1,3	1,4	14,0
0,9	3	1,3	1,4	20,0
0,9	7	1,3	1,4	24,0
0,9	10	1,3	1,4	28,0
0,9	14	1,4	1,6	30,0
0,9	19	1,4	1,6	31,0
0,9	25	1,4	1,6	34,0
0,9	28	1,4	1,6	36,0
1,4	1	1,3	1,4	18,0
1,4	3	1,3	1,4	24,0
1,4	7	1,4	1,6	31,0
1,4	10	1,4	1,6	35,0
1,4	14	1,5	1,6	40,0
1,4	19	1,6	1,8	46,0
1,4	25	1,6	1,8	51,0

Tabla A5. Dimensiones cables de cuadretes con cubierta EAPSSP.

## 2.2.-TIPO EATSST

Diámetro conductor (mm)	Nº de elementos	Espesor radial cub. Int. (mm)	Espesor radial cub. Ext. (mm)	Diámetro nominal cable (mm)
0,9	1	1,4	1,2	17,0
0,9	3	1,4	1,2	22,0
0,9	7	1,4	1,3	25,0
0,9	10	1,4	1,4	27,0
0,9	14	1,4	1,4	31,0
0,9	19	1,5	1,5	34,0
0,9	25	1,5	1,6	38,0
1,4	1	1,4	1,2	19,0
1,4	3	1,4	1,3	25,0
1,4	7	1,4	1,5	31,0
1,4	10	1,5	1,7	36,0
1,4	14	1,6	1,8	41,0
1,4	19	1,7	1,9	46,0
1,4	25	1,7	2,0	51,0

Tabla A6. Dimensiones cables de cuadretes con cubierta EATSST.

### 2.3.-TIPO EAPSSP-8

Díámetro conductor (mm)	Nº de elementos	Espesor radial cub. Int. (mm)	Espesor radial cub. Ext. (mm)	Díámetro soporte (mm)	Díámetro nominal cable (mm)
0,9	1	1,4	2,0	3,0	25,4x14,9
0,9	3	1,4	2,0	3,0	29,3x18,8
0,9	7	1,4	2,5	5,5	38,3x24,2
0,9	10	1,4	2,5	5,5	40,9x26,8
0,9	14	1,4	2,5	5,5	43,4x29,3
0,9	19	1,4	2,5	5,5	46,8x32,7
1,4	1	1,4	2,0	3,0	27,3x16,8
1,4	3	1,4	2,0	3,0	33,8x23,3
1,4	7	1,4	2,5	5,5	43,7x29,8
1,4	10	1,4	2,5	5,5	49,3x35,3
1,4	14	1,5	2,5	5,5	52,2x38,5
1,4	19	1,5	2,5	5,5	57,6x43,5

Tabla A7. Dimensiones cables de cuadretes con cubierta EAPSSP-8.

## 2.4.-TIPO CCPSSP

Diámetro conductor (mm)	Nº de elementos	Espesor radial cub. Int. (mm)	Espesor radial cub. Ext. (mm)	Diámetro nominal cable (mm)
0,9	1	1,5	1,6	16,2
0,9	3	1,5	1,6	20,1
0,9	7	1,5	1,6	24,6
0,9	10	1,5	1,6	27,1
0,9	14	1,6	1,8	30,2
0,9	19	1,6	1,8	33,7
1,4	1	1,5	1,6	17,6
1,4	3	1,5	1,6	23,1
1,4	7	1,6	1,8	30,2
1,4	10	1,6	1,8	33,7
1,4	14	1,7	1,8	37,9
1,4	19	1,8	2,0	43,0
1,4	25	1,9	2,0	48,0
1,4	28	1,9	2,0	50,0

Tabla A8. Dimensiones cables de cuadretes con cubierta CCPSSP (FR 0,3).

## 2.5.-TIPO CCTSST

Diámetro conductor (mm)	Nº de elementos	Espesor radial cub. Int. (mm)	Espesor radial cub. Ext. (mm)	Diámetro nominal cable (mm)
1,4	1	1,5	1,6	19,0
1,4	3	1,5	1,6	27,0
1,4	7	1,5	1,6	33,0
1,4	10	1,7	1,8	39,0
1,4	14	1,7	1,8	42,0

Tabla A9. Dimensiones cables de cuadretes con cubierta CCTSST (FR 0,3).

## 3.-CABLE CON FORMACIÓN EN PAR

En ningún punto del cable las cubiertas exterior e interior tendrán un espesor menor del 70% del nominal y el valor medio del espesor radial de la cubierta no será inferior al 80% del nominal. Para el cable de par especificado en este ET el diámetro nominal no superará el valor indicado más un 20%.

Diámetro conductor (mm)	Nº de elementos	Espesor radial cub. Int. (mm)	Espesor radial cub. Ext. (mm)	Diámetro nominal cable (mm)
0,9	1	1,5	1,5	15,5
1,4	1	1,5	1,5	18,0

Tabla A10. Dimensiones de los cables de un par con cubierta CCTSST.

### III. Anejo 3. CÓDIGOS RAL DE COLORES

Color	RAL
Amarillo	1016
Naranja	2004
Rojo	3020
Violeta	4006 - 4008
Azul	5015
Verde	6018
Gris	7045
Marrón	8002
Negro	9005
Blanco	9010 - 9016

Tabla A11. Código RAL de colores.

BORRADOR