

Nº de expediente: N803/U633/2019/000030

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES PARA LA CONTRATACIÓN DE

Suministro e Instalación de Sistemas de Telecomunicación para el control de movilidad urbana

Proyecto cofinanciado al 50% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional en el marco del Programa Operativo Pluriregional de España FEDER, 2014-2020.

ANEXO I. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL SUMINISTRO DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA

Procedimiento abierto, trámite ordinario y sujeto a regulación armonizada.

INDICE

1. Introducción	4
2. Características de las fibras ópticas	4
2.1. Fibra monomodo estándar SM/ST	4
2.2. Características de los cables de fibra óptica	7
2.2.1. <i>Cables de fibra óptica empleados por el Ayuntamiento</i>	<i>7</i>
2.2.1.1. <i>Según el número y tipo de fibras</i>	<i>7</i>
2.2.1.2. <i>Según el tipo de construcción</i>	<i>7</i>
2.2.2. <i>Elementos de forman el cable.....</i>	<i>8</i>
2.2.2.1. <i>Elemento central del cable.....</i>	<i>8</i>
2.2.2.2. <i>Relleno del alma.....</i>	<i>9</i>
2.2.2.3. <i>Tubo de protección secundaria.....</i>	<i>9</i>
2.2.2.4. <i>Tubos de relleno.....</i>	<i>10</i>
2.2.2.5. <i>Elementos de refuerzo</i>	<i>10</i>
2.2.2.6. <i>Armadura.....</i>	<i>11</i>
2.2.2.7. <i>Cubierta externa.....</i>	<i>11</i>
2.2.2.8. <i>Hilos de rasgado</i>	<i>11</i>
2.2.2.9. <i>Aspecto del cable.....</i>	<i>11</i>
2.2.2.10. <i>Código de colores</i>	<i>12</i>
2.2.3. <i>Parámetros del cable</i>	<i>12</i>
2.2.4. <i>Marcado de la cubierta externa del cable</i>	<i>14</i>
2.2.5. <i>Código de colores</i>	<i>15</i>
2.2.5.1. <i>Para las Fibras</i>	<i>15</i>
2.2.5.2. <i>Para los tubos</i>	<i>15</i>
2.2.6. <i>Embalaje del cable de fibra óptica</i>	<i>16</i>

3. Pruebas de calidad sobre el suministro de cable de fibra óptica	17
3.1. Medidas sobre la fibra óptica.....	17
3.1.1. <i>Atenuación</i>	18
3.1.2. <i>Atenuación espectral de las fibras</i>	18
3.1.3. <i>Diámetro del campo modal</i>	19
3.1.4. <i>Longitud de onda de corte</i>	20
3.1.5. <i>Dispersión cromática</i>	20
3.1.6. <i>Dispersión por modo de polarización</i>	21
3.1.7. <i>Diámetro del revestimiento de la fibra, error de concentricidad del campo modal y no circularidad del revestimiento</i>	21
3.1.8. <i>Prueba mecánica de recepción de las fibras ópticas con recubrimiento primario</i>	22
3.2. Medidas sobre el cable.....	22
3.2.1. <i>Inspección visual</i>	22
3.2.2. <i>Medidas geométricas</i>	23
3.2.3. <i>Fluidez del compuesto de relleno</i>	23
3.2.4. <i>Resistencia a la tracción y alargamiento de la cubierta</i>	23
3.2.5. <i>Estanqueidad</i>	24
3.2.6. <i>Tracción</i>	25
3.2.7. <i>Curvaturas</i>	26
3.2.8. <i>Impacto</i>	29
3.2.9. <i>Torsión</i>	29
3.3. Certificados de homologación del fabricante sobre el cable y fibra	30
4. Documentación del suministro del cable de fibra óptica.....	33

1. Introducció

En este anexo se recogen, con carácter general, las condiciones y especificaciones técnicas relacionados con el suministro del cable de fibra óptica para su empleo en la Red de Comunicaciones del Ajuntament de Sant Boi de Llobregat.

Los suministros de cable de fibra óptica, que como parte del expediente el licitador precise realizar, y que se correspondan con los tipos de fibra o cable aquí indicados, deberán satisfacer todas las condiciones exigidas para los mismos en este Anexo.

También se indican las pruebas y medidas que deberán realizarse en fabrica, tanto al cable como a la fibra óptica suministrados, con el objeto de verificar que los suministros cumplen las especificaciones indicadas en este anexo.

Así mismo, se recogen indicaciones relativas a la documentación, que el suministrador deberá entregar obligatoriamente, asociada al suministro de cable de fibra óptica.

2. Características de las fibras ópticas

La fibra óptica empleada en la red de comunicaciones del Ajuntament será fibra óptica monomodo estándar identificada por SM/ST y cumplirá la recomendación ITU- T G.652.

2.1. Fibra monomodo estándar SM/ST

Este tipo de fibra cumplirá la recomendación ITU-T G.652, caracterizándose por las propiedades ópticas, geométricas, ambientales y mecánicas indicadas en las siguientes tablas.

En la Tabla 1 el diámetro de campo modal (MFD) a 1.310 nm se especifica por medio del valor nominal y de la tolerancia. Los valores de aceptación de la fibra para este parámetro vendrán determinados por el valor nominal ofertado por el fabricante (que deberá estar incluido en el rango dado en la Tabla 1), con una tolerancia máxima de $\pm 0,4$.

PROPIEDADES ÓPTICAS DE LAS FIBRAS MONOMODO ESTÁNDAR ITU-T G.652
--

Parámetro	Condiciones	Criterio
Diámetro del campo modal [μm]	$\lambda = 1.310 \text{ nm}$	Valor nominal: 9,0-9,2 Tolerancia: $\leq \pm 0,4$
	$\lambda = 1.550 \text{ nm}$	$10,2 \pm 1,0$
Coeficiente de dispersión cromática [$\text{ps}/(\text{nm} \cdot \text{Km})$]	$\lambda = 1.285 \text{ nm} - 1.330 \text{ nm}$	$ D < 3,0$
	$\lambda = 1.550 \text{ nm}$	$\leq 17,0$
Longitud de onda de dispersión nula [nm]		1.310 ± 10
Pendiente de dispersión nula [$\text{ps}/(\text{nm}^2 \cdot \text{Km})$]		$\leq 0,092$
Longitud de onda de corte [nm]	Después del cableado	≤ 1.260
Coeficiente de PMD [$\text{ps}/\text{Km}^{1/2}$]	Después del cableado	$\leq 0,10$
Coeficiente de atenuación de la fibra cableada [dB/Km]	$\lambda = 1.310 \text{ nm}$	$\leq 0,360$
	$\lambda = 1.550 \text{ nm}$	$\leq 0,230$
Variación del coeficiente de atenuación en ventana [dB/Km]	$1.285 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1.310 \text{ nm}$	$\leq 0,035$
	$1.310 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1.330 \text{ nm}$	$\leq 0,030$
	$1.525 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1.550 \text{ nm}$	$\leq 0,03$
	$1.550 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1.575 \text{ nm}$	$\leq 0,03$
Uniformidad de atenuación [dB]	$\lambda = 1.310 \text{ nm}$	$\leq 0,1$
	$\lambda = 1.550 \text{ nm}$	$\leq 0,1$
Incremento de la atenuación por macroflexión [dB]	1 vuelta, 32 mm de diámetro Medida a 1.550 nm	$\leq 0,5$

	100 vueltas, 60 mm de diámetro Medida a 1.550 nm	≤ 0,05
--	---	--------

Tabla 1. Propiedades ópticas de la fibra SM/ST ITU-T G.652

PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LAS FIBRAS MONOMODO ESTÁNDAR ITU-T G.652	
Parámetro	Criterio
Diámetro del revestimiento [μm]	125 ± 1,0
Diámetro del recubrimiento primario [μm]	242 ± 7,0
Error de concentricidad núcleo-revestimiento [μm]	≤ 0,6
Error de circularidad del revestimiento [%]	≤ 1,0
Error de concentricidad revestimiento-recubrimiento [μm]	≤ 12,0
Rizado de la fibra (radio de curvatura) [m]	≥ 4,0

Tabla 2. Propiedades geométricas de la fibra SM/ST ITU-T G.652

PROPIEDADES AMBIENTALES DE LAS FIBRAS MONOMODO ESTÁNDAR ITU-T G.652		
Parámetro	Condiciones	Criterio
Variación de la atenuación por ciclo de temperatura [dB/Km]	Medida a 1.310 y 1.550 nm Entre -60 °C y +85 °C	≤ 0,05
Variación de la atenuación por ciclo de temperatura – humedad [dB/Km]	Medida a 1.310 y 1.550 nm Temperatura entre -10 °C y +85 °C Humedad relativa hasta 98 %	≤ 0,05
Variación de la atenuación por inmersión en agua [dB/Km]	Medida a 1.310 y 1.550 nm Inmersión en agua a 23±2 °C	≤ 0,05

PROPIEDADES AMBIENTALES DE LAS FIBRAS MONOMODO ESTÁNDAR ITU-T G.652		
Parámetro	Condiciones	Criterio
Variación de la atenuación por envejecimiento por calor [dB/Km]	Medida a 1.310 y 1.550 nm 85±2 °C	≤ 0,05

Tabla 3. Propiedades ambientales de la fibra SM/ST ITU-T G.652

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS FIBRAS MONOMODO ESTÁNDAR ITU-T G.652	
Parámetro	Criterio
Prueba de resistencia mecánica a la tensión [kpsi]	≥ 100 (0,7 GPa) (Alargamiento ≥ 1%)
Fatiga dinámica (N _d)	≥ 20
Fuerza de pelado del recubrimiento [N]	1,3 – 8,9

Tabla 4. Propiedades mecánicas de la fibra SM/ST ITU-T G.652

2.2. Características de los cables de fibra óptica

2.2.1. Cables de fibra óptica empleados por el Ayuntamiento

Los cables de fibra óptica empleados por el Ajuntament serán de estructura holgada, en los que las fibras se disponen en grupos de ocho, protegidas por un tubo holgado.

2.2.1.1. Según el número y tipo de fibras

Según el número de fibras ópticas, los cables serán del tipo siguiente:

Cable de 128 fibras monomodo estándar (ITU-T G.652).

2.2.1.2. Según el tipo de construcción

El tipo de cubierta empleada en el cable, será DSP. Cable holgado multitubo relleno de gel con armadura metálica de acero corrugado para instalación exterior. La armadura

metálica actúa como un repelente efectivo a los roedores (resistencia severa). Elementos de tracción compuestos por hilaturas de fibra de vidrio. Cubierta exterior de polietileno

El cable con cubierta tipo DSP presenta características antihumedad, baja fricción, resistente a radiación ultravioleta, alta protección contra roedores y es libre de halógenos.

Así mismo este tipo de cable es adecuado para ser enterrado directamente caso de ser necesario.

A continuación, se determinan las características dimensionales, mecánicas y ambientales de los cables.

2.2.2. Elementos de forman el cable

En los apartados que vienen a continuación se especifican las características que como mínimo deberán cumplir cada uno de los elementos que forman el cable.

2.2.2.1. Elemento central del cable

El elemento central soportará los esfuerzos de tracción sobre el cable durante las fases de tendido y uso, así como las tensiones mecánicas provocadas por variaciones térmicas. Asimismo, actuará como soporte para el cableado de los tubos portadores de las fibras ópticas y las varillas de relleno.

El material o materiales que formen el elemento central deberán satisfacer los siguientes criterios:

- Ser dieléctricos (Elemento de tracción central no metálico).
- Elevado módulo de Young.
- Bajo coeficiente de dilatación térmica.
- Reducido peso por unidad de longitud.
- Flexibilidad suficiente que permita al cable adaptarse a las curvaturas de las canalizaciones. Para los cables tipo DSP, el material del elemento central será tipo G.R.P. (Glass Reinforced Plastic) o similares.

2.2.2.2. *Relleno del alma*

El alma del cable se rellena a alta presión de un compuesto hidrófugo de manera que ocupe todos los intersticios libres del alma. Este relleno asegurará la hermeticidad longitudinal del cable de fibra óptica y deberá cumplir las siguientes propiedades:

- Compatible con los demás materiales del cable.
- No toxico.
- Fácilmente procesable.
- Insignificante efecto expansivo sobre las cubiertas.
- Limpieza relativamente fácil.
- Conservación de sus propiedades frente a cambios térmicos.

2.2.2.3. *Tubo de protección secundaria*

El tipo de protección secundaria será de tubo holgado. El material del tubo y su acabado deberán cumplir los siguientes criterios:

- Protección secundaria holgada y plástica para las fibras.
- Elevado módulo de Young para pequeñas elongaciones.
- Grado de elasticidad suficientemente alto para admitir radios de curvatura mínimos de 3 cm.
- Gran resistencia a la abrasión.
- Reducido coeficiente de fricción.
- Homogeneidad, estando libre de poros, grietas, abultamientos y otras imperfecciones.
- Uniformidad de las dimensiones transversales a lo largo del tubo.
- Conservación de las propiedades anteriores frente a cambios térmicos.

Los tubos deberán estar rellenos de un compuesto hidrófugo que envuelva y proteja a las fibras.

Para una identificación fácil y clara se dispondrán tubos de diferentes colores que deberán ser opacos e intensos.

Los tubos se cablearán en torno al elemento central en S-Z. Los tubos se dispondrán helicoidalmente en torno al eje del elemento central, cambiando el sentido de giro cada 6 pasos de hélice. En los puntos donde se produzcan los cambios de sentido de giro, los tubos deberán estar paralelos al eje del elemento central.

2.2.2.4. Tubos de relleno

Cuando la geometría y la estructura del cable así lo requieran, se utilizarán varillas de relleno, 2 en el caso que nos ocupa. El diámetro exterior de estas varillas será igual al diámetro externo de los tubos holgados, estarán hechas de un material que sea compatible con el resto de los materiales del cable y cumplirán las mismas propiedades mecánicas y térmicas que los tubos holgados. Todas las varillas de relleno serán del mismo color, el cual será diferente de los colores utilizados para los tubos holgados.

El tipo de cableado utilizado será el S-Z, del modo especificado anteriormente para los tubos de protección secundaria.

2.2.2.5. Elementos de refuerzo

Directamente sobre la cubierta interna se dispondrán longitudinalmente diversos cabos de aramida (tipo KSP) bloqueantes al agua y de alto módulo de elasticidad para conferir al cable el refuerzo a la tracción necesario y un bajo coeficiente de expansión térmica. Los cabos de aramida serán de 2.840 deniers.

Las ligaduras de aramida responderán a las características siguientes:

- Peso específico: 1,44 g/cm³.
- Módulo de elasticidad: > 105.
- Resistencia a la tracción: > 2.300 N/mm².

Sobre primera cubierta y entre las hilaturas se dispondrá un compuesto de relleno hidrófugo que confiera estanqueidad al cable, de características similares a las especificadas para el relleno del núcleo.

2.2.2.6. Armadura

Sobre el elemento de refuerzo y bajo la cubierta externa, el cable irá recubierto por una armadura de acero corrugado para la protección contra los roedores y otros daños metálicos.

2.2.2.7. Cubierta externa

La cubierta deberá cumplir las siguientes propiedades:

- Espesor de cubierta exterior de 1,5 mm.
- Uniformidad de las dimensiones transversales de la cubierta a lo largo del cable.
- Homogeneidad de la cubierta, no presentando poros, rayas ni defecto alguno.
- Superficie lisa, de tonalidad y brillo uniforme.
- Se deberá ceñir ajustadamente al elemento de refuerzo.

Para los cables tipo DSP la cubierta externa estará constituida por polietileno de alta densidad de color negro, de alta densidad y alto peso molecular, tipo II, clase C y categoría 4.

2.2.2.8. Hilos de rasgado

Entre la armadura y la cubierta exterior se dispondrán dos cordones de rasgado, previamente impregnado en compuesto de relleno para evitar el paso del agua. El cordón tendrá la suficiente consistencia como para rasgar la cubierta externa, sin romperse.

Los hilos de rasgado deberán ser fácilmente distinguibles de cualquier otro componente, como los hilos de aramida.

2.2.2.9. Aspecto del cable

El aspecto exterior del cable debe ser uniforme en toda su longitud. En ningún caso deberá presentar poros, grietas o cualquier otro tipo de defecto o imperfección. A este respecto se valorará como sobreprestación cualquier característica adicional a las exigidas en el presente pliego.

2.2.2.10. Código de colores

Las fibras ópticas y los tubos de protección secundaria se colorearán según el código de colores que se muestra en el capítulo relativo al código de colores incluido en este anexo.

2.2.3. Parámetros del cable

Para cables tipo DSP

Las medidas del cable ofertado por el licitador satisfarán como mínimo las indicadas en las siguientes tablas, y serán tomadas como valores de obligado cumplimiento para los cables suministrados.

Se adjuntarán, en la Oferta Técnica, los valores nominales y tolerancias de las dimensiones del cable que se oferten, indicando los parámetros incluidos en la tabla

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DE LOS CABLES TIPO DSP	
Parámetro	Criterio por tipo de cable (valor nominal)
Diámetro exterior del cable [mm]	16,5
Peso [Kg/Km]	224

Tabla 9. Características dimensionales de los cables tipo DSP Mecánicas y Ambientales

Las especificaciones mínimas que deberá cumplir el cable son las siguientes:

- Margen de temperatura de funcionamiento sin afectar las características de transmisión óptica entre -40 y 70°C .
- Armadura metálica.

Las dos tablas siguientes contienen valores de parámetros para los cables que son de obligado cumplimiento por parte del licitador.

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS CABLES TIPO DSP

Parámetro	Condiciones	Criterio
Tracción Incremento de la atenuación a 1.310 nm y 1.550 nm [dB/Km]	IEC 60794-1-E1 3.000 N	≤ 0,05
Aplastamiento Incremento de la atenuación a 1.310 nm y 1.550 nm [dB]	IEC 60794-1-E3 3.000 N/100 mm	≤ 0,05
Impacto Incremento de la atenuación a 1.310 nm y 1.550 nm [dB]	IEC 60794-1-E4 5J	≤ 0,05
Torsión Incremento de la atenuación a 1.310 nm y 1.550 nm [dB]	5 ciclos, ±180o 10 Kg, 1 m IEC 60794-1-E7	≤ 0,05
Curvaturas Incremento de la atenuación a 1.310 nm y 1.550 nm [dB]	5 ciclos 10 vueltas en mandril 10xD IEC 60794-1-E11	≤ 0,05
Radio de curvatura estático Incremento de la atenuación a 1.310 nm y 1.550 nm [dB]	Radio mandril 15xD IEC 60794-1-E11	≤ 0,05
Radio de curvatura dinámico Incremento de la atenuación a 1.310 nm y 1.550 nm [dB]	Radio mandril 20xD IEC 60794-1-E11	≤ 0,05

Tabla 10. Propiedades mecánicas de los cables tipo DSP

PROPIEDADES AMBIENTALES DE LOS CABLES TIPO DSP		
Parámetro	Condiciones	Criterio
Temperatura de almacenamiento [°C]		De -30 a +70
Temperatura de instalación [°C]		De -15 a +50

PROPIEDADES AMBIENTALES DE LOS CABLES TIPO DSP		
Parámetro	Condiciones	Criterio
Temperatura de operación [°C]		De -40 a +70
Ciclos térmicos Incremento de la atenuación a 1.310 nm y 1.550 nm [dB/Km]	IEC 60794-1-F1 Entre -40 °C y +70 °C	≤ 0,05
Penetración de agua	IEC 60794-1-F5 3 m de cable, 1 m de presión y 24 horas	Sin goteo en el extremo contrario del cable

Tabla 11. Propiedades ambientales de los cables tipo DSP

2.2.4. Marcado de la cubierta externa del cable

El cable se identificará con tinta blanca o amarilla que sea resistente al agua y a la abrasión. El cable se identificará a intervalos equidistantes no superiores a 1 metro con los siguientes campos:

- Fabricante del cable.
- Año de fabricación.
- Número de fibras seguido de las letras FO, según corresponda de acuerdo a como se indica en la siguiente tabla:

NÚMERO DE FIBRAS EN EL CABLE MARCADO
128 fibras (128xG.652) 128 G.652 FO

Tabla 15. Marcado de la cubierta del cable

- Tipo de cable según denominación del fabricante, indicando tipo de cubierta interior - elemento de refuerzo - cubierta exterior: ejemplos: (D-S-P).

- Metraje acumulativo (con error no superior al 1%), anteponiendo la inicial M.
- Propietario del cable con el texto “Ajuntament Sant Boi de Llobregat”

2.2.5. Código de colores

2.2.5.1. Para las Fibras

El código de colores que se seguirá para distinguir las fibras será el que se muestra a continuación:

FIBRA COLOR DE LA FIBRA	
1 rojo	7 Marrón
2 verde	8 naranja
3 Azul	9 Blanco
4 Amarillo	10 Rosa
5 gris	11 Negro
6 Violeta	12 turquesa

Tabla 16. Código de colores utilizado

2.2.5.2. Para los tubos

El cable a utilizar será un cable con 128 fibras ópticas (128xG.652) distribuidas según el esquema siguiente:

- 8 fibras por tubo, en 18 tubos, 16 de los cuales serán activos



Figura 5 - Código de colores tubos del cable de 128 fibras según TIA 598.

2.2.6. Embalaje del cable de fibra óptica

Se utilizarán bobinas de madera especiales para cables de fibra óptica. El diámetro del tambor será como mínimo de 30 veces el diámetro del cable. Las bobinas de madera serán de la suficiente calidad para asegurar la integridad del cable durante las fases de transporte, almacenamiento e instalación.

Se dispondrá en las alas de la bobina de forma clara y visible la siguiente información:

- Nombre del fabricante.
- Inscripción de "CABLE ÓPTICO".
- Sentido de giro de la bobina.
- Identificación de la bobina por parte del fabricante.
- Identificación de la bobina por parte del comprador.
- Fecha y lote de fabricación.
- Tipo y composición del cable.
- Longitud del cable.
- Marca de metraje de la punta interna.
- Peso bruto de la bobina de cable.
- Peso neto de la bobina.

Los dos extremos del cable irán firmemente asegurados de modo que no se produzca ni movimiento ni corrimiento del cable durante las fases de transporte, manipulación o tendido.

Las dos puntas del cable se sellarán mediante un cierre hermético. La punta interna se arrollará en la arroman correspondiente de manera que resulten accesibles, al menos, 5 metros de cable para medidas. Las puntas interiores y exteriores serán accesibles y se sellarán con capuchones estancos que impidan la entrada y propagación de la humedad a lo largo del cable. Los dos extremos del cable irán firmemente asegurados, de modo

que no se produzca movimiento alguno ni corrimiento de espiras durante el transporte, manipulación o tendido.

Se colocará una duela de color rojo sobre el lugar donde se encuentre la punta interna y, para facilitar la medida, se procurará que la punta externa esté colocada junto a la interna. De no ser esto posible, la atadura de la punta externa se fijará al ala junto a la de la punta interna. La última vuelta del cable en la bobina no debe superar el diámetro de la arroman de manera que la distancia del cable a las duelas no sea nunca inferior a 50 mm.

Junto a las bobinas se incluirán los siguientes datos:

- Referencia de la unidad.
- Lote y fecha de fabricación.
- Identificación del pedido.
- Peso bruto y neto.

3. Pruebas de calidad sobre el suministro de cable de fibra óptica

En el presente capítulo se detallan las medidas que deberán realizarse en fábrica tanto al cable como a la fibra óptica suministrados, así como los certificados de homologación que deberán presentarse para verificar que el suministro cumple las especificaciones dadas en el presente pliego.

3.1. Medidas sobre la fibra óptica

Las mediciones se realizarán en el 100% de las fibras suministradas. Al final de las pruebas, éstas serán entregadas al Ajuntament en formato electrónico y papel, de acuerdo con lo especificado en el anexo correspondiente a la documentación a entregar.

A continuación, se detallan las medidas y comprobaciones que el adjudicatario deberá realizar sobre la fibra óptica.

3.1.1. Atenuación

Mediante estas pruebas se obtendrán las pérdidas de potencia que sufre la luz en su recorrido a través de la fibra, siendo medidas en dB/Km.

Para cada una de las fibras que constituyen los cables suministrados, las medidas deberán realizarse a las longitudes de onda determinadas en la siguiente tabla, debiendo obtenerse valores inferiores a los límites indicados:

TIPO DE FIBRA	LONGITUD DE ONDA	ATENUACIÓN LÍMITE (α_T)
Monomodo estándar (ITU-T G.652)	1.310 nm	$\leq 0,36$ dB/Km
	1.550 nm	$\leq 0,23$ dB/Km

Tabla 22. Atenuación de fibra monomodo en función de la longitud de onda

Estas medidas serán realizadas mediante cualquiera de los métodos que a tal efecto establece la recomendación ITU-T G.650:

- Técnica de la fibra cortada.
- Técnica de la pérdida de inserción.
- Técnica de retroesparcimiento (OTDR).

En caso de emplear la técnica de retroesparcimiento, se deberá especificar el índice de refracción y anchura del pulso empleados en la medición. Si se dieran varias pendientes a lo largo del tramo medido se deberá dejar constancia de este hecho, lo mismo que si se diese la aparición de algún punto singular. Se analizarán las posibles causas de estos puntos singulares.

3.1.2. Atenuación espectral de las fibras

Esta medida se realizará para conocer, exactamente, la atenuación de las fibras en el espectro óptico considerado. Se utilizará el método de la fibra cortada, recogido en la norma ITU-T G.650.

Las medidas realizadas deberán asegurar que el cambio máximo de atenuación en cada ventana queda por debajo de lo indicado en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas de la fibra óptica a suministrar. Las mediciones únicamente se realizarán en las ventanas indicadas en dichas especificaciones para cada tipo de fibra.

3.1.3. Diámetro del campo modal

El diámetro de campo modal (*MFD-Mode Field Diameter*) de una fibra monomodo representa una medida del alcance transversal de la intensidad de campo electromagnético en una sección transversal.

Para fibras monomodo estándar (ITU-T G.652) las medidas se realizarán a 1.310 y 1.550 nm.

Los valores obtenidos deberán ajustarse a lo indicado en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas de la fibra óptica a suministrar. En aquellos casos en los que el diámetro de campo modal se especifique por medio del valor nominal y de una tolerancia, los valores de aceptación de la fibra para este parámetro vendrán determinados por el valor nominal ofertado por el fabricante (que deberá estar incluido en el rango determinado en el citado anexo), con la tolerancia máxima indicada en el presente pliego.

La medida se realizará por cualquiera de los métodos especificados en la recomendación ITU-T G.650:

- Técnica de exploración de campo lejano.
- Técnica de apertura variable.
- Técnica de exploración del campo próximo.
- Técnica de diferencia de retrodispersión bidireccional.
- Adicionalmente a las medidas realizadas, se solicitará un certificado de origen.

3.1.4. Longitud de onda de corte

Este parámetro corresponde a la longitud de onda más pequeña a la que se propaga un único modo en el interior de la fibra óptica. A longitudes de onda inferiores a la longitud de la onda de corte la fibra se comporta como multimodo.

La medición realizada determinará la longitud de onda de corte de la fibra cableada (λ_c). Los valores obtenidos deberán ajustarse a lo indicado en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas de la fibra óptica a suministrar.

Para determinar este parámetro se seguirá uno de los dos procedimientos establecidos por la recomendación ITU-T G.650:

- Técnica de la potencia transmitida.
- Método de prueba alternativo.

De forma alternativa, para la determinación de este parámetro se admitirá obtener la longitud de onda de corte de la fibra (λ_c) por medio de cualquiera de los dos métodos establecidos a tal efecto en la norma ITU-T G.650:

- Técnica de la potencia transmitida.
- Técnica del mandril dividido.

En base a la medida obtenida se deberá justificar que la longitud de onda de corte de la fibra cableada permanece por debajo del valor establecido en el pliego.

Adicionalmente a las medidas realizadas, se solicitará un certificado de origen.

3.1.5. Dispersión cromática

La dispersión cromática es un fenómeno producido por las diferentes velocidades de propagación de las diversas longitudes de onda que conforman un pulso de luz, haciendo que éste se ensanche. El efecto que produce es una limitación en el ancho de banda que se puede transmitir por la fibra.

Los resultados obtenidos deberán ajustarse a lo indicado en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas de la fibra óptica a suministrar.

La medida será realizada por cualquiera de los métodos que se determinan en la recomendación ITU-T G.650:

- Técnica del desplazamiento de fase.
- Técnica interferométrica.
- Técnica de retardo de los impulsos.

Adicionalmente a las medidas realizadas, se solicitará un certificado de origen.

3.1.6. Dispersión por modo de polarización

Este parámetro (PMD – *Polarization Mode Dispersion*) es un tiempo de retardo del grupo diferencial entre dos modos polarizados ortogonalmente, que causa distorsiones en la transmisión de la información. Las fibras reales no son perfectamente circulares, por lo que la luz propagada se divide en dos modos de polarización que viajan a velocidades diferentes. Las características de esta asimetría varían aleatoriamente a lo largo del tiempo, lo cual determina un comportamiento estadístico de la PMD.

Los resultados obtenidos deberán ajustarse a lo indicado en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas de la fibra óptica a suministrar.

Este parámetro se obtendrá mediante cualquiera de los métodos determinados en la recomendación ITU-T G.650:

- Técnica de evaluación de parámetros de Stokes.
- Método del estado de polarización.
- Técnica interferométrica.
- Técnica del analizador fijo.

Adicionalmente a las medidas realizadas, se solicitará un certificado de origen.

3.1.7. Diámetro del revestimiento de la fibra, error de concentricidad del campo modal y no circularidad del revestimiento

Para la obtención de estos parámetros se seguirá uno de los métodos especificados a tal efecto en la recomendación ITU-T G.650:

- Técnica de la imagen del campo próximo transmitido.
- Técnica del campo próximo refractado.
- Técnica de visión lateral.
- Técnica de imagen del campo próximo transmitido.

Los resultados obtenidos deberán ajustarse a lo indicado en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas de la fibra óptica a suministrar.

Adicionalmente a las medidas realizadas, se solicitará un certificado de origen.

3.1.8. Prueba mecánica de recepción de las fibras ópticas con recubrimiento primario

El procedimiento se ajustará al Método de Tensión Longitudinal, especificado en la recomendación ITU-T G.650.

Para comprobar si la fibra ha sufrido daños se realizará una inspección visual y medición mediante OTDR.

Los resultados obtenidos deberán ajustarse a lo indicado en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas de la fibra óptica a suministrar.

3.2. Medidas sobre el cable

Las medidas y las comprobaciones que se realizaran sobre el cable son las siguientes:

3.2.1. Inspección visual

Se comprobará el buen estado de la bobina y del cable. Ambos deberán poseer las correspondientes marcas de identificación, con la información determinada en el presente pliego.

Asimismo, deberá certificarse que los siguientes aspectos cumplen las especificaciones determinadas en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas del cable de fibra óptica a suministrar:

- Marcado de la cubierta externa.
- Estructura del cable.

- Código de colores de las fibras y los tubos de protección secundaria.

3.2.2. Medidas geométricas

Se realizarán las siguientes medidas dimensionales:

- Diámetro del elemento central.
- Diámetros interior y exterior de los tubos de protección secundaria.
- Espesores de las cubiertas interna y externa.
- Diámetro exterior del cable.
- Peso del cable en Kg/Km.

Los valores obtenidos deberán ajustarse a lo indicado en el apartado correspondiente a las especificaciones técnicas del cable de fibra óptica a suministrar.

3.2.3. Fluidez del compuesto de relleno

Se cortará una muestra de cable de unos 30 cm. de longitud. Se retirarán 14 cm. de la cubierta interior y 7,5 cm. del laminado y envolventes, dejando expuesto el núcleo impregnado del compuesto de relleno. A continuación, se retirarán las ligaduras y se separarán los tubos holgados.

La muestra se suspenderá verticalmente con los tubos hacia abajo en el interior de una estufa de circulación de aire a 70°C. Se situará una bandeja en la parte inferior de la estufa para observar si se produce goteo al cabo de 24 horas.

La prueba se considera satisfactoria si no se produce goteo del compuesto de relleno.

3.2.4. Resistencia a la tracción y alargamiento de la cubierta

Se tomará una cubierta y se cortará longitudinalmente con un troquel especial (según VDE-472). Sobre varios puntos de la zona más estrecha de la probeta se medirá el espesor con aproximación de 0,001 mm, registrando el valor medio y la sección de la probeta en mm².

Se utilizará un equipo de tracción adecuado con escala hasta 500 N, que permitirá regular su velocidad uniformemente. Para la lectura directa del alargamiento se acoplará un extensómetro de pinzas, con una distancia entre pinzas de 25,4 mm.

Se colocará la muestra en el dinamómetro formando 90° entre el eje de la probeta y el eje horizontal de las mordazas. Se seleccionará una velocidad de separación entre mordazas de 250 mm/minuto.

En el momento de rotura de la probeta se registrará el valor de la carga (en N) así como el del alargamiento, que vendrá dado por el extensómetro aplicado sobre la zona estrecha de la probeta.

La resistencia a la tracción se calcula con la siguiente expresión:

$$R.T.(N/mm^2) = \text{Carga rotura (N)} / \text{Sección de la Probeta (mm}^2\text{)}$$

El alargamiento a la rotura, expresado en %, será indicado por la lectura directa del tensiómetro en el momento de la rotura. Su valor vendrá determinado por la siguiente expresión:

$$\text{Alargamiento (\%)} = (L - L_0) \times 100 / L_0$$

L = Longitud entre mordazas en el instante de la rotura

L₀ = Longitud entre mordazas en el instante de la rotura

Los valores de aceptación serán los siguientes:

- Resistencia a la tracción: no deberá ser inferior a 12,0 N/mm².
- Alargamiento: no será inferior al 400%.

El ensayo se repetirá sobre una probeta envejecida en el horno durante 48 horas a 100±1 °C, siendo los valores de aceptación el 75% de los correspondientes a las muestras sin envejecer.

3.2.5. Estanqueidad

La prueba se ajustará a la norma IEC 60794-1-F5 bajo el método EN 187000 Método 605, preparándose una muestra de 3 metros de longitud del cable que se desea ensayar.

Se desarma el cable colocándose un cierre prensa-estopas herméticamente sobre el conjunto.

La muestra preparada y estabilizada a la temperatura de 20 °C se colocará en posición horizontal, suministrando agua al cierre a una presión hidrostática de una columna de 1 metro de altura, durante un tiempo de 24 horas. Si no existe flujo de agua por el extremo abierto, se considerará el cierre estanco.

A la hora de disponer la muestra, se pueden emplear dos métodos tal y como indica la figura:

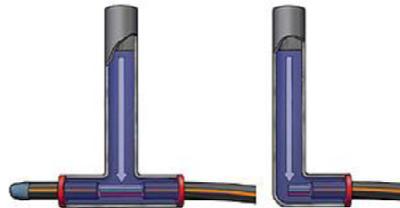


Figura 6 Disposición de la muestra de cable según EN 187000 Método 605 (A y B)

Para poder observar visualmente hasta qué punto alcanza el flujo de agua, podrá añadirse al agua una cantidad suficiente de fluoresceína (solución al 0,1 %). En tal caso, una vez transcurrido el tiempo especificado, la muestra se examinará con luz ultravioleta, detectando hasta dónde ha penetrado el agua.

3.2.6. Tracción

Se trata de un método no destructivo, descrito en la norma IEC 60794-1-E1 bajo el método EN 187000 Método 501, que se aplicará en condiciones ambientales tanto de presión como de temperatura. Se utilizará una muestra de cable de unos 40 m extraída de la bobina y sin cortar.

Se someterá esta longitud a la máxima tensión de tiro especificada (3.000 N) para el cable de fibra óptica y se medirá la atenuación de la fibra a 1.310 nm y 1.550 nm. El incremento no deberá ser superior a 0,05 dB/Km respecto a la atenuación existente en ausencia de tensión.

El tiempo de aplicación de la tensión de tiro no será inferior a 10 minutos. A continuación, se muestra una figura que ilustra la ejecución de la prueba:

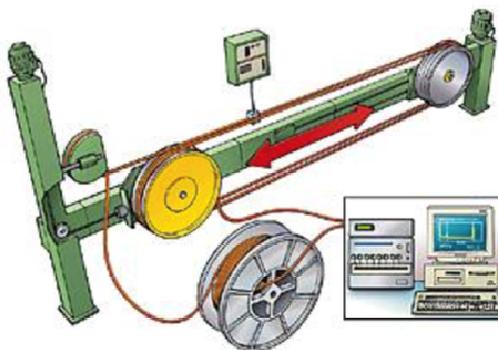


Figura 7 Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 501

El tiempo de aplicación de la tensión de tiro no será inferior a 10 minutos. A continuación, se muestra una figura que ilustra la ejecución de la prueba:

3.2.7. Curvaturas

Es un método no destructivo, descrito en la norma IEC 60794-1-E11 bajo el método EN 187000 Método 507. La prueba se llevará a cabo en condiciones normales de presión y temperatura.

Se bobinará el cable, sin cortar de la bobina, sobre un mandril de radio 10 veces el radio del cable. Se darán 10 vueltas sobre el mandril. Después se desbobinará el cable del mandril, y se rebobinará de nuevo en su bobina de origen. Estas operaciones se repetirán hasta en 5 ocasiones.

Tras el primer bobinado (cuando el cable esté en el mandril) se medirá la atenuación de una fibra a las longitudes de onda de 1.310 nm y 1.550 nm, no debiendo producirse un incremento superior a 0,05 dB sobre el valor original.

Una vez finalizada la prueba se medirá la atenuación de la misma fibra antes medida, no debiendo producirse un incremento superior a 0,05 dB. Asimismo, se realizará una inspección visual sobre la cubierta del cable, al objeto de comprobar que durante la prueba no se han producido en ella deformaciones ni fisuras de ningún tipo.

A continuación, se muestra una figura que ilustra la ejecución de la prueba:

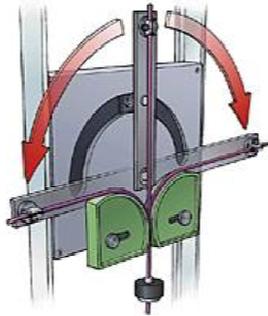


Figura 8 Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 507 Aplastamiento

Es un método no destructivo, expuesto en la norma IEC 60794-1-E3 bajo el método EN 187000 Método 504, que se aplicará en condiciones ambientales tanto de presión como de temperatura. La prueba se realizará sobre una muestra de cable de 10 cm. sin cortar de la bobina bajo prueba.

La muestra de cable se colocará entre dos placas de acero con los bordes redondeados, de forma que no sea posible el desplazamiento lateral. La carga se aplicará gradualmente y sin cambios bruscos sobre la placa superior, de dimensiones 100 mm x 100 mm. Si la carga se aplica en intervalos, éstos no deberán exceder la relación 1,5:1.

El aplastamiento que debe soportar el cable será de 3.000 N en 100 mm (3 Kg/mm). Se realizará la medida de atenuación de las fibras del cable a 1.310 nm y a 1.550 nm sin que el incremento en supere en 0,05 dB el valor original.

A continuación, se muestra una figura que ilustra la ejecución de la prueba:

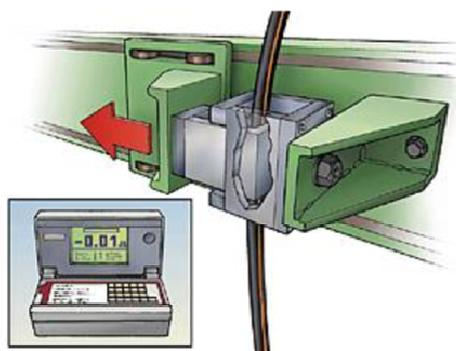


Figura 9 Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 504 Ciclos térmicos

Este método será no destructivo, descrito en la norma IEC 60794-1-F1 bajo el método EN 187000 Método 601, realizándose la prueba sobre una bobina completa. Ésta se introducirá en una cámara climática, donde se le aplicarán temperaturas que oscilen entre $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

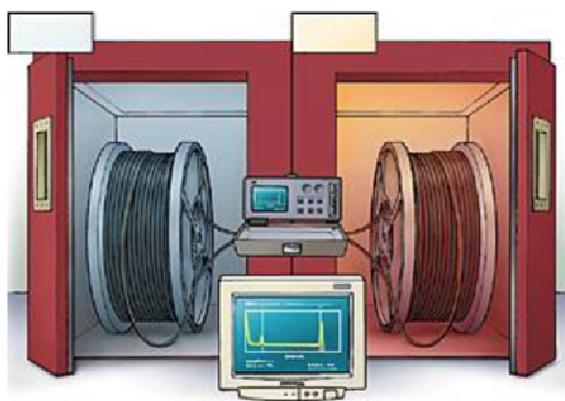


Figura 10 Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 601

Se realizarán dos ciclos térmicos completos que abarquen todo el rango de temperaturas. El tiempo de permanencia en las temperaturas extremas será de ocho horas, mientras que la velocidad de variación máxima será de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$.

Se medirá la atenuación de cada una de las fibras en cada ciclo de temperatura, no debiendo producirse incrementos superiores a $0,05\text{ dB/Km}$ a las longitudes de onda de 1.310 nm y 1.550 nm durante todas las fases de los ciclos y al final de los mismos.

3.2.8. Impacto

Es un método no destructivo, descrito en la norma IEC 60794-1-E4 bajo el método EN 187000 Método 505, que se aplicará en condiciones ambientales tanto de presión como de temperatura. Se realizará sobre una muestra de cable de sin cortar de la bobina.

La muestra se colocará sobre una base plana de acero, sobre la que se dejará caer un peso de 0,5 Kg colocado a 1 m de altura, lo que supone una energía de 5J sobre el cable sometido.

La prueba se realizará para un impacto así como para series de impactos consecutivos.

Finalizada la prueba se medirá la atenuación de las fibras, no debiendo producirse incrementos superiores a 0,05 dB a las longitudes de onda de 1.310 nm y 1.550 nm. Asimismo, se deberá comprobar que la cubierta no ha sufrido deformaciones ni fisuras de ningún tipo.

A continuación, se muestra una figura que ilustra la ejecución de la prueba:

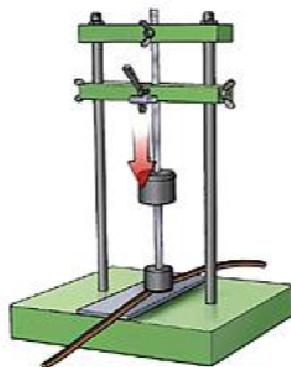


Figura 11 Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 505

3.2.9. Torsión

Se deberá aplicar en condiciones ambientales tanto de presión como de temperatura. La prueba se realizará de acuerdo a la norma IEC 60794-1-E7 bajo el método EN 187000 Método 508, sobre una muestra de cable de 1 m de longitud extraída de la bobina y sin cortar. Con los extremos fijos se realizarán torsiones de $\pm 180^\circ$ realizando 5 ciclos.

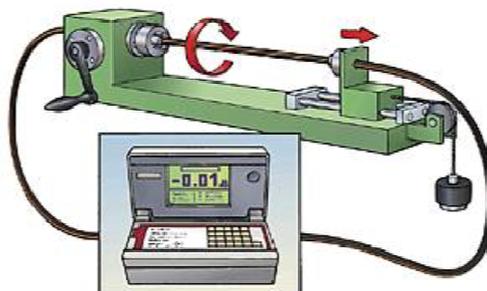


Figura 12 Ejecución de la prueba según EN 187000 Método 508

Una vez completados los ciclos se medirá la atenuación en cada una de las fibras, no debiendo producirse incrementos superiores a 0,05 dB a 1.310 nm y 1.550. Asimismo, se comprobará que la cubierta del cable no ha sufrido deformaciones ni fisuras de ningún tipo.

Finalizado el sometimiento de la torsión, se comprueba visualmente que la cubierta del cable no ha sufrido ningún tipo de deformación o fisura.

3.3. Certificados de homologación del fabricante sobre el cable y fibra

Para las distintas pruebas que a continuación se indican, se asegurará que las fibras y el cable suministrados verifiquen las especificaciones realizadas, para lo que se exigirán los siguientes certificados de homologación del fabricante:

- Verificación de la atenuación en el 100% de las fibras a la recepción de la fibra.
- Verificación del diámetro del campo modal en el 100% de las fibras a la recepción de la fibra.
- Verificación de la dispersión cromática en el 100% de las fibras a la recepción de la fibra.
- Verificación de la longitud de onda de corte en el 100% de las fibras a la recepción de la fibra.
- Verificación del diámetro del revestimiento de la fibra, error de concentricidad del campo modal y no circularidad del revestimiento en el 100% de las fibras a la recepción de la fibra.

- Verificación de la tracción mecánica de la fibra en el 100% de las fibras a la recepción de la fibra.
- Verificación de la dispersión por modo de polarización en el 100% de las fibras a la recepción de la fibra.
- Verificación de las características generales del material para tubo holgado de los cables.
- Verificación de las características generales del material para elemento central de los cables.
- Verificación de las características generales del material bloqueante de humedad de los cables.
- Verificación de las características generales de las hilaturas de aramida de los cables.
- Verificación de las características generales de la cubierta interna en, al menos, una muestra de cada lote.
- Verificación de la atenuación durante la instalación de la protección secundaria en el 100% de las fibras.
- Verificación del diámetro, color, aislamiento y aspecto durante la instalación de la protección secundaria en, al menos, una muestra de cada lote.
- Verificación del aspecto, marcado, diámetro, espesor, excentricidad y ovalidad durante la instalación de la cubierta externa en al menos una muestra de cada lote.

Se exigirán, una vez se tengan las bobinas fabricadas, los siguientes certificados de homologación del fabricante:

- De atenuación sobre el 100 % de las fibras.
- De atenuación espectral en las ventanas determinadas en el presente pliego en, al menos, una muestra significativa del total de las fibras.



- Del diámetro del campo modal en, al menos, una muestra significativa del total de las fibras.
- De la longitud de onda de corte en, al menos, una muestra significativa del total de las fibras.
- De la dispersión cromática en, al menos, una muestra significativa del total de las fibras.
- De la dispersión por modo de polarización en, al menos, una muestra significativa del total de las fibras.
- Del diámetro del revestimiento de la fibra, error de concentricidad del campo modal y no circularidad del revestimiento en, al menos, una muestra significativa del total de las fibras.
- De la tracción mecánica de la fibra en, al menos, una muestra significativa del total de las fibras.
- De inspección visual sobre el 100% de las bobinas.
- De medidas geométricas de, al menos, una muestra por lote.
- De ensayo de fluidez del compuesto de relleno de, al menos, una muestra por lote.
- De ensayo de resistencia a la tracción y alargamiento de la cubierta de, al menos, una muestra por lote.
- De ensayo de estanqueidad de, al menos, una muestra por lote.
- De ensayo de tracción de, al menos, una muestra por lote.
- De ensayo de curvaturas de, al menos, una muestra por lote.
- De ensayo de aplastamiento de, al menos, una muestra por lote.
- De ensayo térmico de, al menos, una muestra por lote.
- De ensayo de impacto de, al menos, una muestra por lote.

- De ensayo de torsión de, al menos, una muestra por lote.

4. Documentación del suministro del cable de fibra óptica

Se deberá entregar junto con el suministro del cable información completa de los siguientes puntos:

- Características geométricas, mecánicas y ambientales tanto del cable como de la fibra.
- Características ópticas de la fibra.
- Pruebas realizadas sobre la totalidad de las bobinas o sobre muestras de las mismas.
- Trazabilidad de la fibra, incluyendo información específica de los lotes y fechas de fabricación de la fibra y del cable. Este registro debe permitir identificar la procedencia de todas las fibras incluidas cada bobina determinada.
- Códigos de referencia de la fibra y del cable.
- Certificados de calibración de los equipos que se utilizarán en las pruebas de calidad tanto del cable como de la fibra óptica.

Dicha documentación será proporcionada al Ajuntament en los siguientes soportes:

- Papel.
- Formato electrónico (formato pdf). En caso de que no se disponga del original del documento (por ser fotocopiado o causa similar), la información se entregará escaneada (formato pdf, TIFF o similar).

Los resultados de cada una de las pruebas realizadas a las bobinas deberán adjuntar un resumen (tanto en soporte papel como en soporte electrónico con formato pdf) incluyendo la siguiente información:

- Ensayo realizado.
- Código de la bobina a la que se ha realizado la prueba.

- Tipo de cable al que se ha realizado la prueba.
- Fecha de ensayo.
- Estándar de medida utilizado para realizar la prueba.
- Marca, modelo y número de serie del equipamiento utilizado para la prueba.
- Descripción breve del procedimiento de ensayo.
- Criterios de aceptación.
- Resultados obtenidos.
- Observaciones.