



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

L.60

(09/2004)

SERIE L: CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN Y
PROTECCIÓN DE LOS CABLES Y OTROS
ELEMENTOS DE PLANTA EXTERIOR

**Construcción de cables híbridos
ópticos/metálicos**

Recomendación UIT-T L.60

Recomendación UIT-T L.60

Construcción de cables híbridos ópticos/metálicos

Resumen

Un cable híbrido óptico/metálico es un cable compuesto tanto por fibras ópticas como por alambres metálicos para telecomunicaciones y/o suministro de energía. Esta Recomendación describe, en primer lugar, la construcción del cable y luego las pautas para su uso. Los requisitos técnicos pueden diferir de acuerdo con el entorno de la instalación. En otras Recomendaciones de la serie L se describen los temas ambientales y los métodos de prueba de las características del cable.

Orígenes

La Recomendación UIT-T L.60 fue aprobada el 6 de septiembre de 2004 por la Comisión de Estudio 6 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT [ha recibido/no ha recibido] notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2009

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias	1
2.1 Referencias normativas	1
2.2 Referencias informativas	2
3 Términos y definiciones	2
4 Abreviaturas.....	2
5 Construcción del cable híbrido óptico/metálico	2
5.1 Características de cada medio	3
5.2 Elementos del cable	3
5.3 Características mecánicas	4
5.4 Condiciones ambientales	5
6 Métodos de prueba.....	5
Apéndice I – La experiencia china.....	6
I.1 Diseño del cable	6

Recomendación UIT-T L.60

Construcción de cables híbridos ópticos/metálicos

1 Alcance

Esta Recomendación:

- hace referencia a cables que contienen tanto fibras ópticas como hilos metálicos;
- trata el tema de la construcción de cables híbridos ópticos/metálicos. Las características de dimensión y de transmisión de la fibra óptica, así como los métodos de prueba, deben cumplir con los requisitos de las Recomendaciones UIT-T G.652, G.653, G.654, G.655, G.656 y de la norma CEI 60793-2-10. Las características de dimensión y de transmisión de los alambres metálicos para telecomunicaciones, así como sus métodos de prueba, deben cumplir con los requisitos de la Recomendación UIT-T L.1 y otras Recomendaciones de la serie L;
- trata sobre las pautas para el empleo de cables híbridos ópticos/metálicos;
- recomienda que un cable híbrido óptico/metálico debe estar obturado y protegido en los extremos durante su transporte y almacenamiento, como se acostumbra en el caso de cables metálicos y/o de fibra óptica. Se deben proteger de manera adecuada los elementos de empalme que se pudieran haber instalado en fábrica;
- recomienda la instalación de dispositivos de tracción en el extremo del cable, si se requiere.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

2.1 Referencias normativas

- Recomendación UIT-T G.650.1 (2004), *Definiciones y métodos de prueba de los atributos lineales y determinísticos de fibras y cables monomodo.*
- Recomendación UIT-T G.650.2 (2002), *Definiciones y métodos de prueba de los atributos estadísticos y no lineales de fibras y cables monomodo.*
- Recomendación UIT-T G.652 (2003), *Características de las fibras y cables ópticos monomodo.*
- Recomendación UIT-T G.653 (2003), *Características de los cables de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada.*
- Recomendación UIT-T G.654 (2004), *Características de los cables de fibra óptica monomodo con corte desplazado.*
- Recomendación UIT-T G.655 (2003), *Características de los cables de fibra óptica monomodo con dispersión desplazada no nula.*
- Recomendación UIT-T G.656 (2004), *Características de las fibras y cables con dispersión distinta de cero para el transporte de servicios de banda ancha.*

- Recomendación UIT-T L.1 (1988), *Construcción, instalación y protección de los cables de telecomunicación en redes públicas.*
- Recomendación UIT-T L.10 (2002), *Cables de fibra óptica para aplicaciones en conductos y galerías.*
- Recomendación UIT-T L.26 (2002), *Cables de fibra óptica para aplicaciones aéreas.*
- Recomendación UIT-T L.43 (2002), *Cables de fibra óptica para instalar enterrados.*
- Recomendación UIT-T L.59 (2004), *Cables de fibra óptica para interiores.*
- CEI 60227 (2003), *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V.*
- CEI 60228 (2004), *Conductors of insulated cables.*
- CEI 60793-2-10 (2004), *Optical fibres – Part 2-10: Product specifications – Sectional specification for category A1 multimode fibres.*
- CEI 61156-2-1 (2003), *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 2-1: Horizontal floor wiring – Blank detail specification.*

2.2 Referencias informativas

Manual de la UIT (1994), *Construcción, instalación, empalme y protección de cables de fibra óptica.*

3 Términos y definiciones

En la presente Recomendación se aplican las definiciones dadas en las Recomendaciones UIT-T G.650.1 y G.650.2.

4 Abreviaturas

FRP Plástico reforzado con fibra (*fibre reinforced plastic*)

FTTH Fibra a la vivienda (*fibre-to-the-home*)

FTTC Fibra a la acometida (*fibre-to-the-curb*)

PE Polietileno (*polyethylene*)

PVC Cloruro de polivinilo (*poly(vinyl)chloride*)

5 Construcción del cable híbrido óptico/metálico

La presente Recomendación trata los tres tipos de cables híbridos ópticos/metálicos indicados en el cuadro 1.

Cuadro 1/L.60 – Composición de cada tipo de cable

Tipo de cable	Fibras ópticas	Hilos metálicos para telecomunicaciones	Hilos metálicos para el suministro de energía
Tipo I	Sí	Sí	No
Tipo II	Sí	No	Sí
Tipo III	Sí	Sí	Sí

El tipo I se puede emplear en transmisiones ópticas y en transmisiones eléctricas de señales analógicas y/o digitales. El tipo II se puede emplear para transmisiones ópticas y suministro de energía. El tipo III se puede emplear para transmisiones ópticas, transmisiones eléctricas de señales analógicas y/o digitales y suministro de energía.

Existen dos métodos principales para incluir estos medios en un cable. Un método consiste en trenzar cada medio de fabricación cilíndrica (con o sin otros materiales) alrededor de un miembro central. El otro consiste en insertar el medio en las ranuras de un núcleo ranurado tal y como se describe en 5.2.4.

5.1 Características de cada medio

5.1.1 Fibra óptica

Se deben emplear las fibras ópticas descritas en las Recomendaciones UIT-T G.652, G.653, G.654, G.655, G.656 y en la norma CEI 60793-2-10, dependiendo de las circunstancias y de los requisitos técnicos.

5.1.2 Par metálico simétrico

Las características eléctricas de los pares simétricos deben cumplir con el acuerdo al que lleguen el fabricante y el usuario. Se debe lograr un acuerdo con respecto a los siguientes puntos:

- resistencia máxima del conductor a la corriente continua;
- asimetría máxima de la resistencia de corriente continua del par;
- capacitancia mutua;
- asimetría de capacitancia;
- atenuación (pérdidas por inserción);
- paradiafonía (NEXT);
- suma de potencias de la paradiafonía (PS NEXT);
- telediafonía (FEXT);
- igualdad del nivel similar de telediafonía (EL FEXT);
- resistencia del aislamiento;
- otros parámetros acordados entre el fabricante y el usuario.

Las características mecánicas y ambientales cumplen con la norma CEI 61156-2-1 a no ser que el fabricante y el usuario hayan llegado a un acuerdo diferente.

5.1.3 Hilos de suministro de energía

Las características de conducción de los hilos de cobre cumplen con la norma CEI 60228, a no ser que se haya llegado a un acuerdo diferente entre el fabricante y el usuario. Las características de aislamiento del hilo de cobre cumplen con los requisitos de la norma CEI 60227, a no ser que se haya llegado a un acuerdo diferente entre el fabricante y el usuario.

5.2 Elementos del cable

Debe definirse claramente la construcción del núcleo del cable, en particular el número de fibras, el método de protección y de identificación, la ubicación de los elementos de resistencia mecánica y de los hilos o pares metálicos, si se requiere.

5.2.1 Tubo holgado

Con frecuencia se emplea una construcción de tubo holgado para proteger y agrupar las fibras ópticas y/o las cintas de fibras. El tubo puede contener material de relleno.

5.2.2 Unidad de par simétrico

Una unidad de par simétrico contiene un par de cobre trenzado. Se fabrica de manera cilíndrica con o sin material apropiado adicional. Su diámetro es similar al de un tubo holgado.

5.2.3 Unidad alámbrica de suministro de energía

Una unidad alámbrica de suministro de energía contiene uno o varios hilos de suministro de potencia y se fabrica de manera cilíndrica con o sin material apropiado con el fin de lograr un diámetro similar al de un tubo holgado.

5.2.4 Núcleo acanalado

Las fibras ópticas y/o las cintas de fibra se pueden ubicar en ranuras con el fin de evitar presión externa directa sobre las fibras ópticas. Normalmente se tienen ranuras en una configuración helicoidal o SZ, trenzadas alrededor de una varilla cilíndrica. El miembro acanalado normalmente contiene un elemento de resistencia mecánica (metálico o no metálico). El elemento de resistencia se debe adherir firmemente al núcleo acanalado con el fin de lograr estabilidad térmica y evitar que se separe al aplicar una fuerza de tracción durante la instalación.

5.2.5 Elemento de resistencia mecánica

El cable se debe construir con los elementos apropiados de resistencia mecánica con el fin de que se cumplan las condiciones de instalación y servicio de manera que las fibras no estén sujetas a niveles de tensión superiores a los que acuerden el fabricante y el usuario. Los elementos de resistencia mecánica pueden ser metálicos o no metálicos.

5.2.6 Materiales impermeabilizantes

Dos maneras de proteger las fibras del agua son rellenar el cable con un material impermeabilizante o envolver el núcleo con capas de material expansivo por agua. Se pueden emplear elementos impermeabilizantes (cintas, compuestos de relleno, polvo expansivo por agua o una combinación de materiales). No se deben emplear materiales dañinos para las personas. Los materiales de los cables deben ser compatibles entre sí, y en particular no deben afectar de manera adversa las características de la fibra. Estos materiales no deben entorpecer las operaciones de empalme y conexión.

5.2.7 Cubierta

El núcleo del cable debe estar cubierto con una o varias cubiertas apropiadas para las condiciones ambientales y mecánicas asociadas con el almacenamiento, la instalación y el funcionamiento. La cubierta puede ser de construcción compuesta y puede incluir elementos de resistencia mecánica.

Las consideraciones para las cubiertas de las fibras ópticas son en general las mismas que para las de los cables conductores metálicos. También se debe tener en cuenta la cantidad de hidrógeno que genera una barrera impermeabilizante metálica. Se debe anunciar el grosor mínimo aceptable de la cubierta, junto con el diámetro total máximo y mínimo permitido del cable.

La selección del material de la cubierta es un tema importante a tener en cuenta para, por ejemplo, satisfacer los requisitos de seguridad ante el fuego. El polietileno se emplea ampliamente como material de cubierta pero puede no ser apropiado para cables de interiores por razones de seguridad ante el fuego.

5.3 Características mecánicas

A no ser que haya un acuerdo diferente entre el fabricante y el usuario, los cables híbridos ópticos/metálicos deben cumplir con las características mecánicas descritas en las Recomendaciones UIT-T L.10, L.26, L.43 o L.59, dependiendo del entorno de la instalación.

5.4 Condiciones ambientales

A no ser que haya un acuerdo diferente entre el fabricante y el usuario, los cables híbridos ópticos/metálicos deben cumplir con las condiciones ambientales descritas en las Recomendaciones UIT-T L.10, L.26, L.43 o L.59, dependiendo del entorno de la instalación.

6 Métodos de prueba

A no ser que haya un acuerdo diferente entre el fabricante y el usuario, los cables híbridos ópticos/metálicos deben ser probados empleando los métodos de prueba descritos en las Recomendaciones UIT-T L.10, L.26, L.43 o L.59, dependiendo del entorno de la instalación.

Apéndice I

La experiencia china

Introducción

Los cables de fibra óptica utilizados en las redes de acceso deben ser apropiados para topologías de red como FTTH y FTTC. El cable híbrido óptico/metálico se emplea no solamente para las señales ópticas, sino también para las señales digitales que se deben transmitir y para la potencia que se requiere para alimentar equipos activos. Esta contribución presenta tres tipos de cables híbridos de fibra óptica/cobre trenzado que se emplean en diferentes ambientes de aplicación de redes de acceso. En la red de acceso de China se han instalado todos los tipos de cable de manera exitosa.

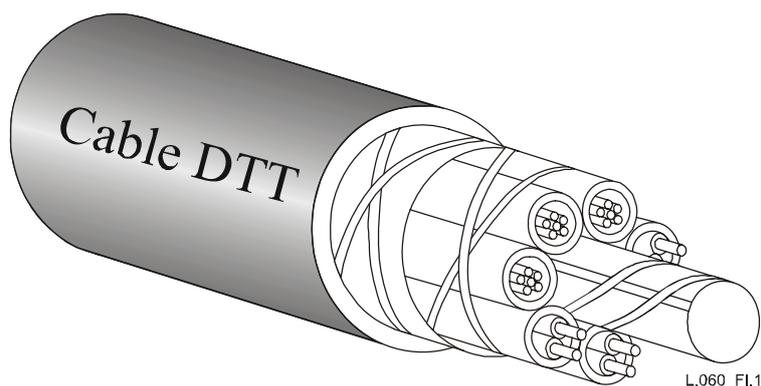


Figura I.1/L.60 – Croquis tridimensional del cable híbrido de fibra óptica/cobre

Los tipos de cable son:

- a) Cable híbrido de fibra óptica/par simétrico para la transmisión de señales ópticas/de datos.
- b) Cable híbrido de fibra óptica/hilo de cobre trenzado para la transmisión de señales ópticas y el suministro de energía a equipos activos.
- c) Cable híbrido de fibra óptica/par simétrico/hilo de cobre trenzado para la transmisión de señales ópticas/de datos y el suministro de energía a equipos activos.

La distancia de transmisión de los cables híbridos de fibra óptica/cobre trenzado antes mencionados debe ajustarse a las necesidades del cliente; normalmente la distancia está en la gama de 100 m a 300 m.

I.1 Diseño del cable

A continuación se mencionan los tres tipos de cables híbridos que presenta esta contribución:

a) Cable híbrido de fibra óptica/par simétrico

Este tipo de cable híbrido está previsto para la transmisión de señales ópticas/de datos. La estructura se muestra en la figura I.2. Contiene hasta 3 unidades de tubos holgados de fibra (o la unidad de relleno) y 4 unidades de pares simétricos. La cantidad de fibras ópticas está entre 2 núcleos y 24 núcleos, de acuerdo con las necesidades del cliente. La cantidad de tubos holgados está entre 1 y 3; el resto se llena con la unidad de relleno. La unidad central de resistencia mecánica está hecha de plástico reforzado con fibra (FRP). La capa de aislamiento externa está hecha de una cinta de poliéster. El material impermeabilizante es hilo impermeabilizante. El material de la cubierta puede incluir polietileno (PE), polietileno ignífugo (material termoplástico cero halógeno y poco humo), PVC y material de protección contra insectos. Los tipos de fibra óptica que componen el cable híbrido pueden ser fibra multimodo o fibra monomodo. Las fibras ópticas cumplen con los

requisitos de las Recomendaciones UIT-T G.651 y G.652. El par simétrico tiene una resistencia de 100 ohmios; las características mecánicas y ambientales se ajustan a la norma CEI 61156-2-1, las características eléctricas se muestran en los cuadros I.1 a I.7. El cuadro I.8 muestra el esquema de identificación de par simétrico. El cuadro I.9 muestra el esquema de identificación de tubos holgados.

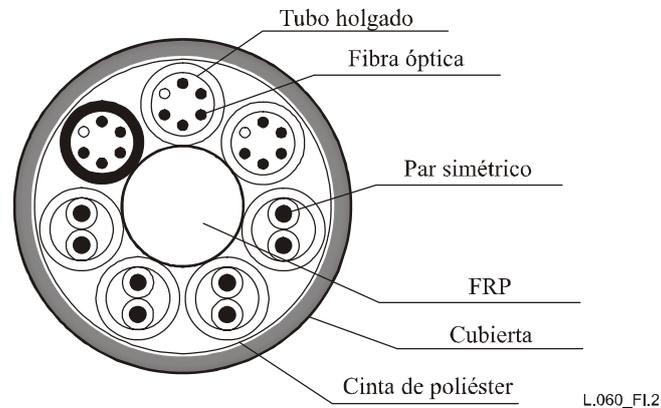


Figura I.2/L.60 – Construcción de un cable híbrido de fibra óptica/par simétrico

Cuadro I.1/L.60 – Características eléctricas de un par simétrico de 100 ohmios (20° C)

Elemento		Unidad	Diámetro normativo del conductor	
			Φ 0,5 mm	Φ 0,6 mm
Resistencia de corriente continua del conductor (máximo)		ohmios/100 m	9,5	6,58
Asimetría de resistencia de corriente continua en el par (máximo)		%	2,5	
Capacitancia en funcionamiento (máximo)	5, 5e	nF/100 m	5,6	

Cuadro I.2/L.60 – Atenuación del par simétrico de 100 ohmios (20° C)

Tipo de par simétrico	Diámetro del conductor (mm)	Frecuencia f (MHz)	Atenuación (dB/100 m)
5, 5e	0,5	1~100	$1,967 \times \sqrt{f} + 0,023 \times f + \frac{0,050}{\sqrt{f}}$
5, 5e	0,6	1~100	$1,695 \times \sqrt{f} + 0,020 \times f + \frac{0,040}{\sqrt{f}}$

Cuadro I.3/L.60 – Paradiafonía (NEXT) del par simétrico de 100 ohmios

Tipo de par simétrico	Frecuencia f (MHz)	Paradiafonía (dB/100 m)
5	1~100	$62,3 - 15 \times \lg f$
5e	1~100	$65,3 - 15 \times \lg f$

**Cuadro I.4/L.60 – Suma de potencias de paradiafonía (PSNEXT)
de un par simétrico de 100 ohmios**

Tipo de par simétrico	Unidades de par simétrico	Frecuencia f (MHz)	Suma de potencias de paradiafonía (PSNEXT) (dB/100 m)
5	Más de 4	1~100	$62,3 - 15 \times \lg f$
5e	4	1~100	$62,3 - 15 \times \lg f$

Cuadro I.5/L.60 – Impedancia característica de un par simétrico de 100 ohmios

Frecuencia (MHz)	Impedancia característica (ohmios)	
	5	5e
$f \geq 1$	100 ± 15	100 ± 15

Cuadro I.6/L.60 – Pérdida de retorno (RL) mínima de un par simétrico de 100 ohmios

Tipo	Frecuencia f (MHz)				
	$1 \leq f \leq 10$	$10 < f \leq 16$	$16 < f \leq 20$	$20 < f \leq 100$	$100 < f \leq 250$
5	$17 + 3 \times \lg f$	20	20	$20 - 7 \times \lg(f/20)$	–
5e	$20 + 5 \times \lg f$	25	25	$25 - 7 \times \lg(f/20)$	–

Cuadro I.7/L.60 – Pérdida de retorno estructural (SRL) mínima de un par simétrico de 100 ohmios

Tipo	Frecuencia f (MHz)				
	$1 \leq f \leq 10$	$10 < f \leq 16$	$16 < f \leq 20$	$20 < f \leq 100$	$100 < f \leq 250$
5	23	23	23	$23 - 10 \times \lg(f/20)$	–
5e	28	28	28	$28 - 10 \times \lg(f/20)$	–

Cuadro I.8/L.60 – Identificación de pares

Par 1	Azul/blanco
Par 2	Naranja/blanco
Par 3	Verde/blanco
Par 4	Marrón/blanco

Cuadro I.9/L.60 – Identificación de tubos holgados

Tubo 1	Rojo
Tubo 2	Verde
Tubo 3	Natural
Tubo 4	Natural

b) Cable híbrido de fibra óptica/hilo de cobre trenzado para la alimentación en energía de equipos activos

Este tipo de cable híbrido está diseñado para la transmisión de señales ópticas y la alimentación en energía de equipos activos. La estructura se muestra en la figura I.3. Contiene hasta 4 unidades de tubo holgado de fibra (o unidad de relleno) y 2 unidades de hilo de cobre para la alimentación de energía (corriente continua). La cantidad de fibras ópticas está comprendida entre 2 y 24 núcleos, de acuerdo con las necesidades del cliente. La cantidad de tubos holgados está entre 1 y 4, el resto se llena con la unidad de relleno. El elemento central de resistencia mecánica está hecho de FRP. La capa externa de aislamiento está hecha de una cinta de poliéster. El material impermeabilizante es hilo impermeabilizante. El material de la cubierta puede incluir polietileno, polietileno ignífugo (material termoplástico cero halógeno y poco humo), cloruro de polivinilo (PVC) y material de protección contra insectos. Los tipos de fibra óptica en el cable híbrido pueden ser multimodo o modomodo. Las fibras ópticas se ajustan a los requisitos de las Recomendaciones UIT-T G.651 y G.652. La potencia transportada por el hilo de cobre es de 50 W. Las características de conducción del hilo de cobre cumplen con los requisitos de la norma CEI 60228A. Las características de aislamiento del hilo de cobre se ajustan a los requisitos de la norma CEI 60227. En el cuadro I.10 se muestran las características eléctricas del conductor de hilo de cobre. En el cuadro I.9 se muestra el esquema de identificación de los tubos holgados. En el cuadro I.11 se muestra el esquema de identificación del hilo de cobre trenzado.

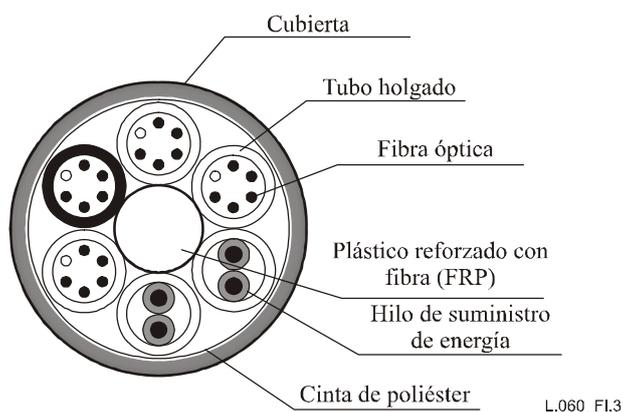


Figura I.3/L.60 – Sección transversal de un cable híbrido de fibra óptica/hilo de cobre trenzado

Cuadro I.10/L.60 – Características eléctricas del conductor de alimentación de energía de corriente continua

Área normativa mm ²	Resistencia máxima (ohmios 20° C)	
	Conductor redondo de cobre	
	Con recubrimiento metálico	Sin recubrimiento metálico
0,5	36,7	36,0

Cuadro I.11/L.60 – Identificación del hilo de cobre trenzado

Hilo 1	Rojo
Hilo 2	Amarillo/verde

c) Cable híbrido de fibra óptica/par simétrico/hilo de cobre trenzado

El cable híbrido de fibra óptica/par simétrico/hilo de cobre trenzado está diseñado para la transmisión óptica/de datos y la alimentación en energía de equipos activos. La estructura se muestra en la figura I.4 y contiene 2 unidades de tubos holgados de fibra (o unidad de relleno), 4 unidades de par simétrico y una unidad de hilo de cobre para la alimentación en energía (corriente continua). La cantidad de fibras ópticas está entre 2 y 12 núcleos, de acuerdo con las necesidades del cliente. La cantidad de tubos holgados está entre 1 y 4, el resto se llena con la unidad de relleno. El elemento de resistencia mecánica central es plástico reforzado con fibra de vidrio (FRP). La capa externa de aislamiento es una cinta de poliéster. El material impermeabilizante es hilo impermeabilizante. El material de la cubierta puede incluir polietileno (PE), polietileno ignífugo (material termoplástico cero halógeno y poco humo), cloruro de polivinilo (PVC) y material de protección contra insectos. Los tipos de fibra óptica en el cable híbrido pueden ser multimodo o monomodo. Las fibras ópticas se ajustan a los requisitos de las Recomendaciones UIT-T G.651 y G.652. El par simétrico tiene una resistencia de 100 ohmios; las características mecánicas y ambientales se ajustan a la norma CEI 61156-2-1. Las características eléctricas se muestran en los cuadros I.1 a I.7. La potencia que transporta el hilo de cobre es de 50 W. Las características de conducción del hilo de cobre se ajustan a los requisitos de la norma CEI 60228A. Las características de aislamiento del hilo de cobre se ajustan a los requisitos de la norma CEI 60227. En el cuadro I.8 se muestra el esquema de identificación de pares simétricos. En el cuadro I.9 se muestra el esquema de identificación de tubos holgados. En el cuadro I.10 se muestra la característica eléctrica del conductor de hilo de cobre. En el cuadro I.11 se muestra el esquema de identificación de los hilos trenzados de cobre.

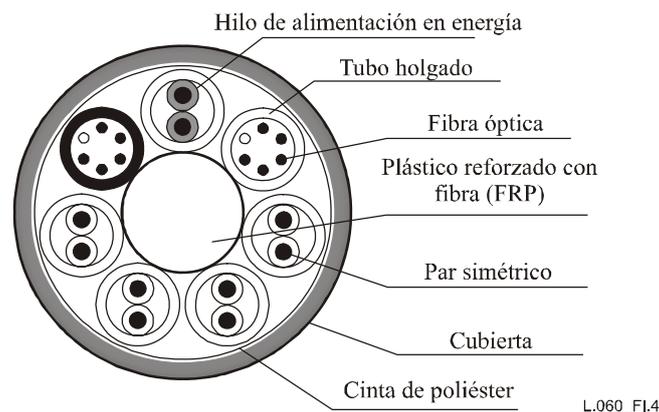


Figura I.4/L.60 – Corte transversal de un cable híbrido de fibra óptica/par simétrico/hilo de cobre trenzado

Conclusión

Mediante las pruebas de CEI 61156-2-1, CEI 60794 y CEI 60227 se ha demostrado que el cable híbrido de fibra óptica/cobre trenzado mencionado anteriormente en esta contribución cumple con el objetivo de diseño y tiene además una buena característica de funcionamiento en la red de acceso.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación