

CLIENTE	OPTRONICS S.A. de C.V. Parque Tecnológico Innovación Querétaro Carretera Estatal 431, km 2+200 El Marqués, Qro. C.P. 76246
----------------	--


ELEMENTO BAJO PRUEBA: CABLE EXTERIOR DIELECTRICO ADSS SEMISECO

MARCA	MODELO	LOTE	FECHA
OPTRONICS	OPCFOCE09SA48B3B	3170133.2	03-2017

ENSAYOS REALIZADOS BAJO LA NORMA: **IEC 60794-1-2 "OPTICAL FIBRE CABLES - GENERIC SPECIFICATION - BASIC OPTICAL CABLE TEST PROCEDURES"**

A. CARACTERIZACIÓN ÓPTICA

METODO	PRUEBA	EVALUACIÓN
IEC 60793-1-40	Coeficiente de atenuación	CONFORME
IEC 60793-1-40	Puntos de discontinuidad	CONFORME
IEC 60793-1-40	Pérdidas por macro-dobles	CONFORME
IEC 60793-1-42	Dispersión Cromática (CD)	CONFORME
IEC 60793-1-48	Dispersión de modos de polarización (PMD)	CONFORME

B. ENSAYOS MECÁNICOS

MÉTODO	PRUEBA	EVALUACIÓN
IEC-60794-1-2-E1	Resistencia a la tensión	CONFORME
IEC-60794-1-2-E3	Resistencia a la compresión	CONFORME
IEC-60794-1-2-E4	Resistencia al impacto	CONFORME
IEC-60794-1-2-E6	Resistencia a los dobleces repetidos	CONFORME
IEC-60794-1-2-E7	Resistencia a la torsión	CONFORME
IEC-60794-1-2-E8	Resistencia a la flexión	CONFORME
IEC-60794-1-2-E12	Resistencia al corte	CONFORME
IEC-60794-1-2-F5B	Penetración de agua	CONFORME

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	Humedad Relativa
23 ± 2 °C	50 ± 10 %

LUGAR DE ENSAYOS	FIBERLAB S. DE R.L. DE C.V. LABORATORIO DE PRUEBAS MECÁNICAS Parque Tecnológico Innovación Querétaro Carretera Estatal 431, km 2+200, El Marqués, Qro. C.P. 76246
------------------	--

Fecha de ensayos: 01-10 de abril de 2019

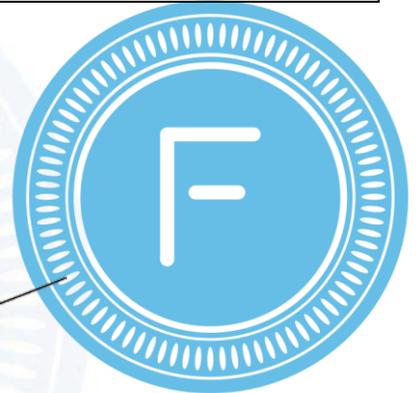
Fecha de emisión: 13 de abril de 2019



AUTORIZÓ
Dr. JUAN CARLOS BERMÚDEZ



REALIZÓ
ALBERTO PINEDA GODÍNEZ



A. CARACTERIZACIÓN ÓPTICA

RESUMEN GENERAL

PARÁMETROS ÓPTICOS	ESPECIFICACIÓN	VALOR	EVALUACIÓN
Coeficiente de atenuación 1310 nm	≤ 0.34 dB/km	0.30 dB/km	Conforme
Coeficiente de atenuación 1550 nm	≤ 0.20 dB/km	0.18 dB/km	Conforme
Coeficiente de atenuación 1625 nm	≤ 0.24 dB/km	0.20 dB/km	Conforme
Puntos de discontinuidad ≥ 0.05 dB	ninguno	ninguno	Conforme
Coeficiente de Dispersión Cromática (CD) a 1550 nm	≤ 18 ps/(nm*km)	16.13 ps/(nm*km)	Conforme
Pendiente de dispersión a 1550 nm	No especificado	0.059 ps/(nm*km)	Conforme
Coeficiente de Dispersión Cromática (CD) a 1625 nm	≤ 22 ps/(nm*km)	20.25 ps/(nm*km)	Conforme
Pendiente de dispersión a 1625 nm	No especificado	0.052 ps/(nm*km)	Conforme
Longitud de onda de cero dispersión	1300 nm–1324 nm	1318.07 nm	Conforme
Coeficiente de PMD de primer orden	≤ 0.15 ps/ $\sqrt{\text{km}}$	0.105 ps/ $\sqrt{\text{km}}$	Conforme
Coeficiente de PMD de segundo orden	No especificado	0.005 ps/nm*km	Conforme
Pérdidas por macro dobleces (100 vueltas en un radio de 30 mm a 1550 nm)	≤ 0.05 dB	0.02 dB	Conforme

MUESTRA

MUESTRA	
Identificación	A9H05400SP0
Marca	OPTRONICS
Tipo de fibra	Monomodo 9/125 μm
	Dispersión normal G.652D
Longitud	20.322 km

1. DEFINICIONES

1.1. Atenuación:

La atenuación de una fibra óptica a la longitud de onda (λ) entre dos secciones transversales 1 y 2, separadas por una distancia L se define mediante la ecuación 1.

$$A(\lambda) = \left| 10 \log_{10} \frac{P_1(\lambda)}{P_2(\lambda)} \right| \quad (1)$$

Dónde:

$A(\lambda)$	Es la atenuación a la longitud de onda λ expresada en dB
$P_1(\lambda)$	Es la potencia a la entrada de la sección 1 de la fibra
$P_2(\lambda)$	Es la potencia a la salida de la sección 2 de la fibra

1.2. Coeficiente de atenuación:

Es la atenuación por unidad de longitud. Para una sección uniforme de fibra en reposo, el coeficiente de atenuación se define mediante la ecuación 2.

$$\alpha(\lambda) = \frac{A(\lambda)}{L} \quad (2)$$

Dónde:

$\alpha(\lambda)$	Es el coeficiente de atenuación a la longitud de onda λ
$A(\lambda)$	Es la atenuación a la longitud de onda λ
L	Es la longitud de la fibra.

1.3. Puntos de discontinuidad:

Son desviaciones locales de la pendiente de atenuación en la traza del OTDR, (ya sean temporales o permanentes).

1.4. Dispersión Cromática (CD):

Es la variación del retardo de propagación de la luz en una fibra óptica en función de su longitud de onda. Esta variación limita el ancho de banda de la fibra óptica cuando se propagan señales de comunicaciones.

1.5. Dispersión de modos de polarización (PMD):

Es la variación en el retardo de propagación de dos estados de polarización ortogonales de la luz a lo largo de una fibra óptica.

2. ATENUACIÓN Y PUNTOS DE DISCONTINUIDAD

2.1. Método de medición

El coeficiente de atenuación α (dB/km) y los puntos de discontinuidad se determinaron mediante el método reflectométrico de acuerdo a la norma internacional *IEC 60793-1-40 método C – Reflectométrico* en las longitudes de onda de 1310 nm, 1550 nm y 1625 nm.

2.2. Resultados

La tabla 3 muestra los resultados del ensayo de atenuación y su incertidumbre estimada para un nivel de confianza del 95%.

PARÁMETRO	VALOR	INCERTIDUMBRE K=2
Coeficiente de atenuación a 1310 nm	0.30 dB/km	0.02 dB/km
Coeficiente de atenuación a 1550 nm	0.18 dB/km	0.02 dB/km
Coeficiente de atenuación a 1625 nm	0.20 dB/km	0.02 dB/km
Puntos de discontinuidad ≥ 0.05 dB	ninguno	0.02 dB

Tabla 3. Coeficiente de atenuación y puntos de discontinuidad

3. PERDIDAS POR MACRODOBLECES

3.1. Método de medición

La pérdida por macro-dobles se determinó midiendo el cambio de atenuación a 1550 nm al enrollar 100 vueltas de fibra desnuda en un mandril de 3 cm de diámetro, de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

3.2. Resultados

La tabla 4 muestra los resultados del ensayo de pérdidas por macro-curvaturas y su incertidumbre estimada para un nivel de confianza del 95%.

Parámetro	Valor	Incertidumbre K=2
Pérdidas por macro dobleces (100 vueltas en un radio de 30 mm a 1550 nm)	0.02 dB	0.01 dB

Tabla 4. Pérdidas por macro-dobleces

4. DISPERSIÓN CROMÁTICA

4.1. Método de medición

El Coeficiente de dispersión Cromática se determinó por el método de corrimiento de fase de acuerdo a la norma internacional IEC 60793-1-42, método A: Corrimiento de fase.

La curva de dispersión cromática reportada por el equipo bajo prueba se obtuvo mediante la primera derivada de la curva de retardo diferencial de grupo (DGD), ecuación 1.

$$CD(\lambda) = \frac{\delta(DGD)}{\delta(\lambda)} \quad (1)$$

La curva de retardo diferencial de grupo (DGD) se obtuvo a su vez del ajuste por aproximación de Sellmeier de 3 términos en el alcance de 1530 nm a 1625 nm, con incrementos de 0.5 nm.

Los parámetros de configuración del ensayo se muestran en la tabla 4.

Tipo de fibra	G.652D
Alcance de medición	1530 nm - 1625 nm
Incrementos en λ	0.50 nm
Curva de ajuste	Sellmeier de 3 términos
Error de ajuste	4.5865

Tabla 4. Parámetros de configuración de la medición de CD

4.2. Resultados

Las tablas 5 y 6, y la figura 1, muestran los resultados del ensayo de dispersión cromática y su incertidumbre estimada para un nivel de confianza del 95%.

PARÁMETRO	VALOR	INCERTIDUMBRE K=2
Coeficiente de Dispersión Cromática (CD) a 1550 nm	16.13 ps/(nm*km)	0.1 ps/(nm*km)
Pendiente de dispersión a 1550 nm	0.059 ps/(nm*km)	0.1 ps/(nm ² *km)
Coeficiente de Dispersión Cromática (CD) a 1625 nm	20.25 ps/(nm*km)	0.1 ps/(nm*km)
Pendiente de dispersión a 1625 nm	0.052 ps/(nm*km)	0.1 ps/(nm ² *km)
Longitud de onda de cero dispersión	1318.07 nm	nm

Tabla 5. Resultados de la caracterización de dispersión cromática (CD)

Longitud de onda (λ)	Coefficiente de CD [ps/nm*km]	DGD [ps/nm]
1530.50	14.971	195.590
1535.00	15.241	1913.320
1540.00	15.540	3868.290
1545.00	15.836	5854.630
1550.00	16.129	7879.190
1555.00	16.420	9938.270
1560.00	16.709	12033.160
1565.00	16.996	14169.350
1570.00	17.281	16342.130
1575.00	17.563	18548.390
1580.00	17.843	20787.300
1585.00	18.121	23059.790
1590.00	18.397	25354.670
1595.00	18.671	27709.020
1600.00	18.943	30094.670
1605.00	19.213	32513.930
1610.00	19.481	34969.180
1615.00	19.747	37450.030
1620.00	20.012	39962.360
1624.50	20.248	42268.210

Tabla 6. Resultados de la caracterización de dispersión cromática (CD)

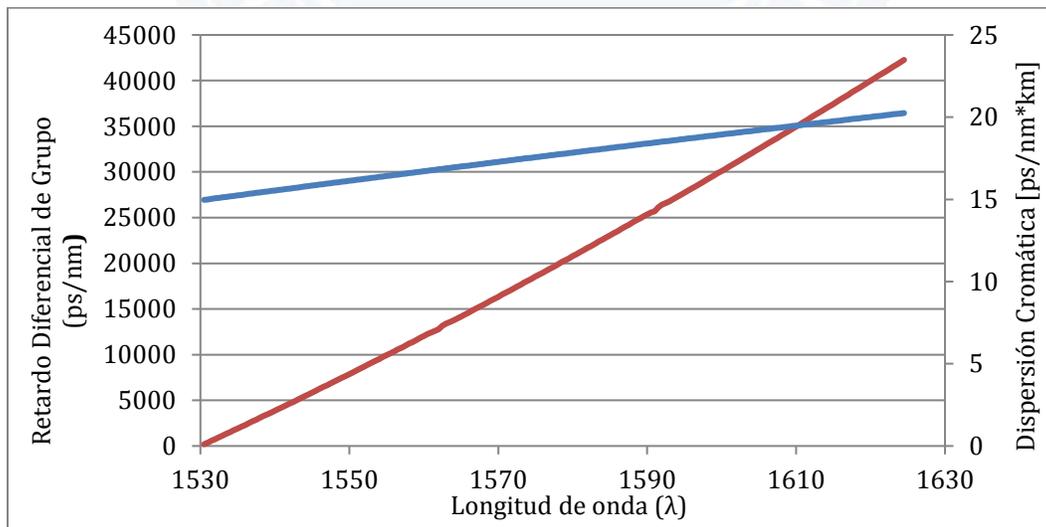


Figura 1. La línea azul representa el coeficiente de dispersión cromática (CDC) en la escala vertical derecha, la línea roja representa el retardo diferencial de grupo (DGD) en la escala vertical izquierda.

5. DISPERSIÓN DE MODOS DE POLARIZACIÓN (PMD)

5.1. Método de medición

El ensayo se realizó por el método interferométrico de acuerdo a la norma internacional IEC 60793-1-48

5.2. Resultados

La tabla 7 muestra los resultados del ensayo dispersión de modos de polarización y su incertidumbre estimada para un nivel de confianza del 95%.

Parámetro	Valor	Incertidumbre K=2
Coeficiente de PMD de primer orden	$\leq 0.15 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$	$0.105 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$
Coeficiente de PMD de segundo orden	No especificado	$0.005 \text{ ps}/\text{nm}^*\text{km}$

Tabla 7. Resultados del ensayo de dispersión de modos de polarización (PMD)

6. REGLA DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

La regla de decisión de conformidad se basó en el establecimiento de una zona de seguridad que garantice un error de decisión $\leq 2.3\%$, establecido en la guía "ASME B89.7.3.1:2001 *Guidelines for decision Rules: Considering Measurement Uncertainty in Determining Conformance to Specifications*".

7. ESTIMACIÓN DE INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre presentada como incertidumbre expandida, se obtuvo multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor que asegura un nivel de confianza (k=2) de al menos 95%. La incertidumbre estándar fue calculada de acuerdo a la "Guide to the Expression of Uncertainties in Measurements, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML".

8. TRAZABILIDAD

Las mediciones son trazables al segundo [s] y al watt óptico [W], unidades de base y derivadas del Sistema Internacional [S.I.] a través de los patrones mantenidos por el Centro Nacional de Metrología (CENAM).

B. ENSAYOS MECANICOS

1 MUESTRA

La muestra constó de 3 cables de fibra óptica para cada método ensayado con las especificaciones de la tabla 1.

Marca	Optronics
Modelo	OPCFOCE09SA48B3B
Lote	3170133.2
Fecha	03-2017
Número de fibras	48
Diámetro exterior del cable	11.6 mm
Tipo de fibra	SM 9/125 μ m
Estándar	ITU-T G.652 D IEC 60793-2-50 tipo B1.3
Longitud de la muestra	100 m
Hoja técnica de especificaciones	Optronics, Cable exterior dieléctrico ADSS, spam 100 m semi-seco. Rev. 6

Tabla 1. Identificación del cable bajo ensayo. Información proporcionada por Optronics S.A. de C.V

2 ENSAYOS

Las muestras de cable fueron sometidas los métodos de ensayo de la tabla 2. Estos ensayos cumplen con los parámetros y criterios establecidos en la norma internacional *“IEC 60794-1-2 optical fibre cables – Generic specifications -basic optical cable test procedures”*

MÉTODO	PRUEBA
IEC-60794-1-2-E1	Resistencia a la tensión
IEC-60794-1-2-E3	Resistencia a la compresión
IEC-60794-1-2-E4	Resistencia al impacto
IEC-60794-1-2-E6	Resistencia a los dobleces repetidos
IEC-60794-1-2-E7	Resistencia a la torsión
IEC-60794-1-2-E8	Resistencia a la flexión
IEC-60794-1-2-E12	Resistencia al corte
IEC-60794-1-2-F5B	Penetración de agua

Tabla 2. Métodos de ensayo aplicados a las muestras del cable bajo ensayo descrito en la tabla 1.

3 ALCANCE Y OBJETIVOS DE LA NORMA

Esta parte de la norma internacional IEC 60794-1-2 aplica para cables de fibra óptica empleados en telecomunicaciones, [1].

El objetivo de esta norma es definir los procedimientos de prueba que se utilizarán para establecer los requisitos uniformes de las propiedades geométricas, de transmisión, materiales, mecánicas, de envejecimiento y climáticas de los cables de fibra óptica, [1].

El conjunto de pruebas agrupadas en la norma internacional IEC 60794-1-2 tiene como finalidad la evaluación del comportamiento del cable en su conjunto bajo condiciones que suelen presentarse durante la manipulación, instalación y operación del cable.

4 MÉTODO E1 – TENSIÓN (TENSILE PERFORMANCE)

Este método de ensayo está diseñado para determinar el comportamiento de la atenuación y elongación (aumento de longitud) de un cable de fibra óptica sometido a una tensión longitudinal. Esta tensión es similar a la soportada por el cable durante el proceso de instalación.

Método E1A: Procedimiento para determinar el cambio de atenuación

Método E1B: Procedimiento para determinar la elongación bajo tensión

Los ensayos en su conjunto nos dan información sobre la fuerza máxima a la que puede ser jalado el cable durante su instalación, así como su margen de carga.

Este ensayo se considera “no destructivo” ya que la tensión aplicada está dentro de los valores de tolerancia especificados en la hoja técnica del cable.

4.1 SISTEMA DE ENSAYO

El sistema de ensayo consiste de una máquina de tensión longitudinal para fibra óptica con especificaciones de acuerdo a la norma internacional norma IEC 60794-1-2 método E1: Tensile performance. La configuración del sistema de prueba se muestra en la figura 1.

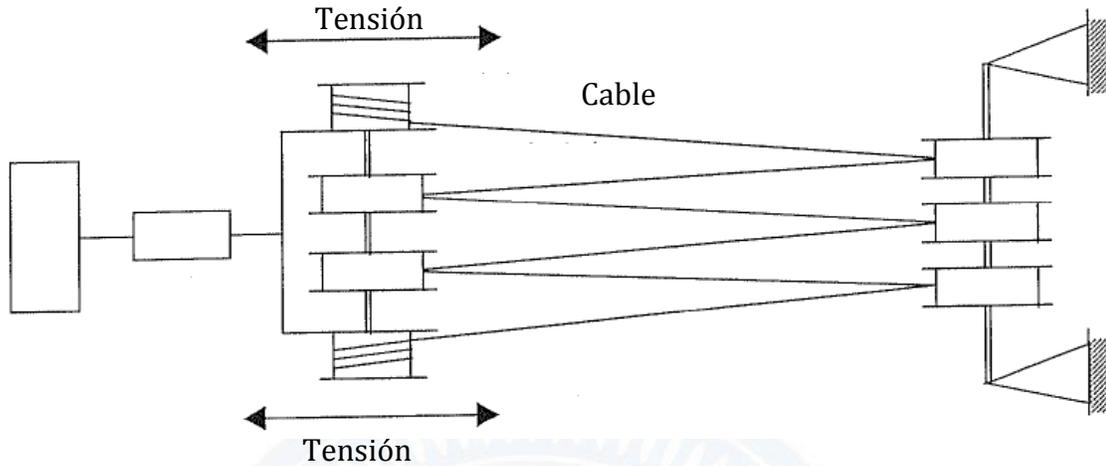


Figura 1: Diagrama esquemático del ensayo de tensión. Fuente IEC 60794-1-2-E1

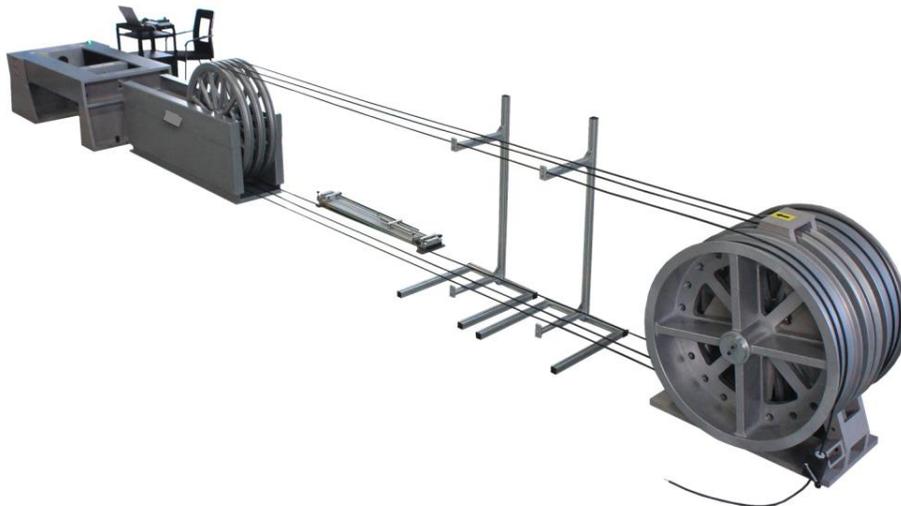


Figura 2. Máquina de tensión, norma internacional "IEC 60794-1-2 Optical fibre cables – Generic specifications -basic optical cable test procedures". Method E1 – tensile performance". Laboratorio de Pruebas Mecánicas. FIBERLAB S. DE R.L. DE C.V.

El sistema cuenta con un motor de tracción y una celda de carga para una tensión controlada. Igualmente cuenta con dos sistemas especializados de medición de alta exactitud.

- a. Un sistema de medición de cambio de atenuación en la fibra óptica
- b. Un sistema de medición de elongación del cable.

4.2 MÉTODOLÓGÍA DE ENSAYO

El ensayo se realizó en varios niveles de tensión con la finalidad de caracterizar el comportamiento del cable en función de la tensión aplicada.

Las muestras bajo ensayo fueron sometidos a una tensión longitudinal gradual comenzando desde 200 N (20.39 kgf) con incrementos de 200 N (20.4 kgf) a una velocidad de 50 N/s (5.1 kgf/s).

En cada nivel de tensión la carga fue sostenida durante 30 segundos para estabilizar la medición de atenuación.

La tensión final fue de 3200 N (326.2 kgf), la cual fue sostenida durante 10 minutos de acuerdo con las especificaciones del cable.

4.3 RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

La evaluación de la conformidad del cable se determinó en base a las especificaciones del fabricante (anexo A), la cuales están conformes con la norma IEC 60794 -1- 2, métodos E1A y E1B.

4.3.1 CAMBIO DE ATENUACIÓN EN FUNCIÓN DE LA TENSIÓN –E1A

La tabla 3 muestra los resultados del ensayo de cambio de atenuación en función de la tensión aplicada.

TENSIÓN [N]	CAMBIO DE ATENUACIÓN [dB]	INCERTIDUMBRE [dB]
200	0.000	0.014
400	0.000	0.014
600	0.000	0.014
800	0.000	0.014
1000	0.000	0.014
1200	0.001	0.014
1400	0.001	0.014
1600	0.001	0.014
1800	0.000	0.014
2000	0.000	0.014
2200	0.000	0.014
2400	0.001	0.014
2600	0.000	0.014
2800	0.001	0.014
3000	0.001	0.014
3200	0.000	0.014

Tabla 3. Resultados del cambio de atenuación en función de la tensión aplicada y su incertidumbre estimada. La prueba tiene un nivel de confianza del 95% (k=2)

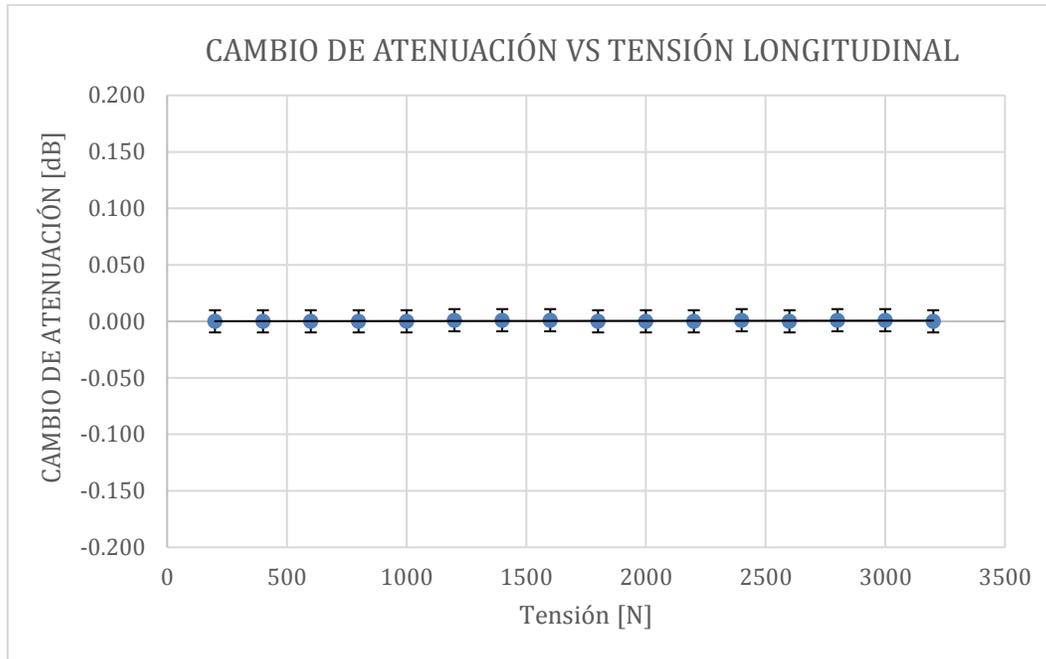


Figura 3. Cambio de atenuación del cable bajo ensayo en función de la tensión aplicada

4.3.2 EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD –cambio de atenuación

La tabla 4 muestra la evaluación de la conformidad bajo el ensayo de tensión.

ESPECIFICACIONES		MEDICIONES				EVALUACIÓN
Tensión [N]	ΔA [dB]	Tensión [N]	U (T) [N]	ΔA [dB]	U (ΔA) [dB]	
3200	± 0.05	3200	3.2	± 0.006	0.00	CONFORME

Tabla 4. Evaluación de la conformidad del cable bajo el ensayo de tensión. El ensayo tiene un nivel de confianza del 95% (k=2)

4.3.3 ELONGACIÓN –E1B

La tabla 5 muestra los resultados de la prueba de elongación en función de la tensión aplicada.

TENSIÓN [N]	ELONGACIÓN [mm]	INCERTIDUMBRE [mm]
200	0.000	0.014
400	0.000	0.014

600	0.000	0.014
800	0.000	0.014
1000	0.000	0.014
1200	0.000	0.014
1400	0.000	0.014
1600	0.050	0.014
1800	0.150	0.014
2000	0.350	0.014
2200	0.550	0.014
2400	0.800	0.014
2600	1.100	0.014
2800	1.450	0.014
3000	1.850	0.014
3200	2.300	0.014

Tabla 5. Resultados de la elongación en función de la tensión aplicada y su incertidumbre estimada. El ensayo tiene un nivel de confianza del 95% ($k=2$)

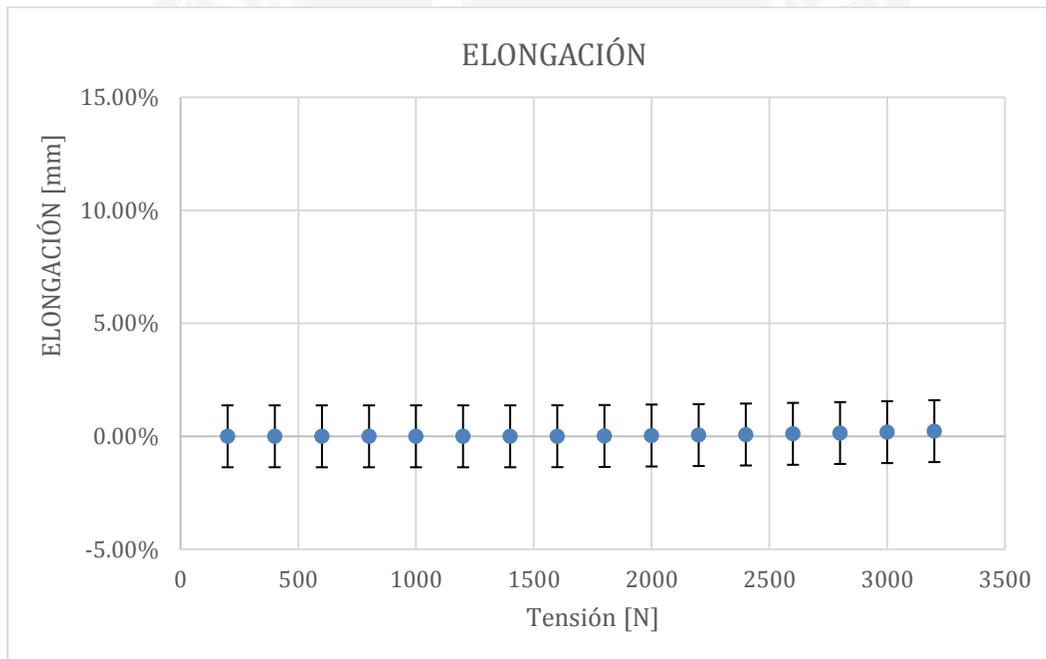


Figura 4. Elongación del cable bajo ensayo en función de la tensión aplicada

4.3.4 EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD – Elongación

La tabla 6 muestra la evaluación de la conformidad del cable bajo el ensayo de elongación

ESPECIFICACIONES		MEDICIONES				EVALUACIÓN
Tensión [N]	Elongación [%]	Tensión [N]	U (T) [N]	Elongación [%]	U (E) [%]	
3200	± 0.30	3200	3.2	± 0.2	1.37	CONFORME

Tabla 6. Evaluación de la conformidad del cable bajo ensayo de elongación. El ensayo tiene un nivel de confianza del 95% (k=2)

5 MÉTODO E3 – COMPRESIÓN (CRUSH)

Este ensayo cumple con los parámetros y criterios establecidos en la norma internacional “IEC 60794-1-2 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method E3 – crush”.

El ensayo está diseñado para determinar el comportamiento de la atenuación del cable de fibra óptica cuando es sometido a un esfuerzo de compresión entre dos superficies. Esta compresión es similar a la que puede soportar el cable por un aplastamiento durante el proceso de instalación.

Este ensayo se considera “no destructivo” ya que la compresión aplicada está dentro de los valores de tolerancia especificados en la hoja técnica del cable.

5.1 SISTEMA DE ENSAYO

El sistema de ensayo consiste de una máquina de compresión capaz de someter el cable a una fuerza de aplastamiento uniforme y constante a lo largo de 100 mm del cable durante un tiempo determinado. Estas especificaciones de la máquina cumplen con los requisitos establecidos en la norma internacional “IEC 60794-1-2 método E3: Crush.

La figura 5 muestra un diagrama esquemático del sistema de compresión.

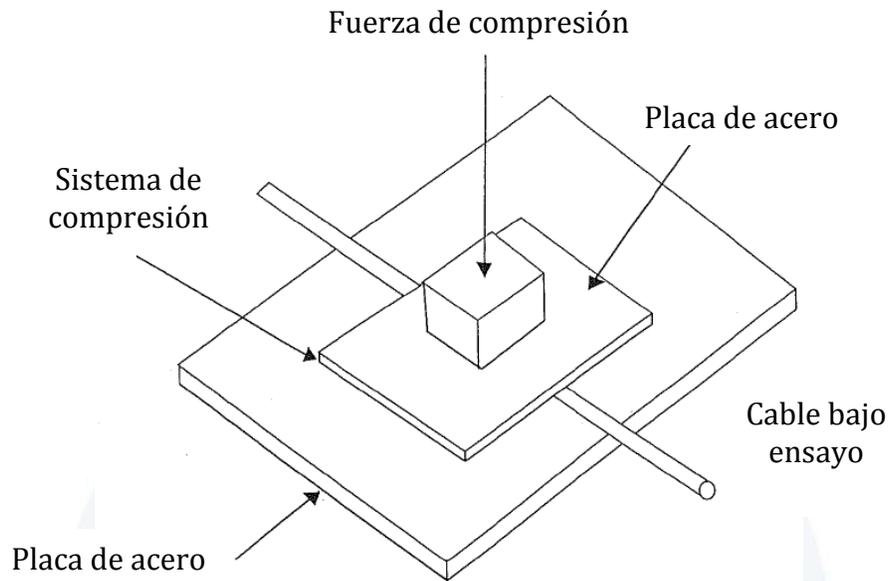


Figura 5. Diagrama esquemático del sistema de compresión. Fuente IEC 60794-1-2-E3



Figura 6. Máquina de compresión, norma internacional “IEC 60794-1-2 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method E3 – Crush”. Laboratorio de Pruebas Mecánicas, FIBERLAB S. DE R.L. DE C.V.

El sistema cuenta con un motor de compresión y una celda de carga para una presión controlada.

Igualmente cuenta con un sistema especializado de medición de atenuación de alta exactitud.

5.2 MÉTODOLÓGÍA DE ENSAYO

Los cables bajo ensayo fueron sometidos a una presión gradual a una velocidad de 50 N/s (5.1 kgf/s) hasta alcanzar la máxima compresión especificada.

El ensayo se realizó a dos diferentes niveles de compresión con diferente tiempo de exposición de acuerdo a las especificaciones del fabricante, tabla 7.

Resistencia al aplastamiento	Presión	Tiempo
Corto plazo	2200 N/100mm	60 s
Largo plazo	1100 N/100mm	300 s

Tabla 7. Parámetros del ensayo de compresión

El ensayo de compresión se realizó en tres secciones diferentes del cable separadas una distancia de 100 mm ente cada sección.

5.3 RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

La evaluación de la conformidad del cable se determinó en base a la especificación del fabricante, la cual establece que el aumento de la atenuación del cable no deberá ser mayor a 0.1 dB para asegurar un buen comportamiento durante la instalación. Esta especificación está conforme con la norma IEC 60794 -1- 2, método E3 - Crush

El cambio de atenuación se determinó a partir del promedio de las mediciones observadas durante el ensayo como el mejor estimado.

La tabla 8 muestra los resultados del ensayo y la evaluación de la conformidad.

ESPECIFICACIONES				MEDICIONES			EVALUACIÓN
Presión [N/100 mm]	U (P) [N/100m]	Tiempo [s]	ΔA [dB]	ΔA [dB]	U (ΔA) [dB]	Daño de cubierta exterior	
2200	2.2	60	0.10	0.004	± 0.01	No se observa	CONFORME
1100	1.1	300	0.10	0.000	± 0.01		CONFORME

Tabla 8. Evaluación de la conformidad del cable bajo el ensayo de compresión. El ensayo tiene un nivel de confianza del 95% (k=2)

6 MÉTODO E4 – IMPACTO (IMPACT)

Este ensayo cumple con los parámetros y criterios establecidos en la norma internacional “IEC 60794-1-2 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method E4 – Impact”

El ensayo está diseñado para determinar el comportamiento de la atenuación del cable de fibra óptica cuando sometido a un impacto. Este impacto es similar al que puede soportar el cable durante el proceso de instalación.

Este ensayo se considera “no destructivo” ya que el impacto aplicado está dentro de los valores de tolerancia especificados en la hoja técnica del cable.

6.1 SISTEMA DE ENSAYO

El sistema de prueba consiste de una máquina capaz de someter el cable bajo ensayo al impacto de una masa en caída libre desde una altura de 1 m. Las especificaciones de la máquina cumplen con los requisitos establecidos en la norma internacional “IEC 60794-1-2 método E4: Impact.

La figura 7 muestra un diagrama esquemático del sistema de impacto.

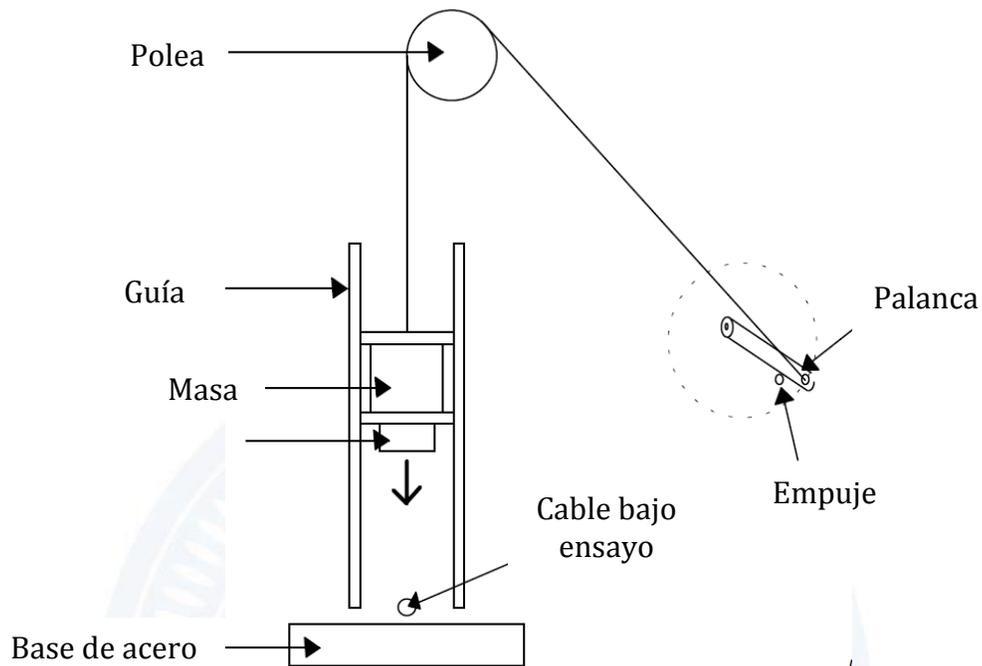


Figura 7. Diagrama esquemático del sistema de impacto. Fuente IEC 60794-1-2-E4



Figura 8. Máquina de impacto, norma internacional "IEC 60794-1-2 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method E4 – Impact". Laboratorio de Pruebas Mecánicas. FIBERLAB S. DE R.L. DE C.V.

6.2 MÉTODOLOGÍA DE ENSAYO

Los cables bajo ensayo fueron sometidos a 3 impactos de 4.5 Joules de energía en diferentes puntos de la muestra separados 100 mm.

6.3 RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

La evaluación de la conformidad del cable se determinó en base a la especificación del fabricante, el cual establece que el aumento de la atenuación del cable no deberá ser mayor a 0.1 dB para asegurar un buen comportamiento durante la instalación. Esta especificación está conforme con la norma *IEC 60794 -1- 2, método E3 – Crush*.

El cambio de atenuación se determinó a partir del promedio de las mediciones observadas durante las pruebas como el mejor estimado.

La tabla 9 muestra los resultados del ensayo y la evaluación de la conformidad.

ESPECIFICACIONES			MEDICIONES			EVALUACIÓN
Energía [J]	U (E) [J]	ΔA [dB]	ΔA [dB]	U (ΔA) [dB]	Daño de la cubierta exterior	
4.5	0.10	0.10	0.000	± 0.01	No se observa	CONFORME

Tabla 9. Evaluación de la conformidad del cable bajo el ensayo de impacto. El ensayo tiene un nivel de confianza del 95% (k=2)

7 MÉTODO E6 –DOBLECES REPETIDOS (REPEATED BENDING)

Este ensayo cumple con los parámetros y criterios establecidos en la norma internacional “*IEC 60794-1-2 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method E6 – Repeated bending*”

El ensayo está diseñado para determinar el comportamiento de la atenuación del cable de fibra óptica cuando sometido a dobleces repetidos mientras soporta una carga. Estas condiciones son similares a las soportadas por el cable durante el proceso de instalación.

Este ensayo se considera “no destructivo” ya que las condiciones de ensayo están dentro de los valores de tolerancia especificados en la hoja técnica del fabricante.

7.1 SISTEMA DE ENSAYO

El sistema de ensayo consiste de una máquina de dobleces repetidos para cables de fibra óptica con especificaciones de acuerdo a la norma internacional “IEC 60794-1-2 método E6: Repeated bending”. La configuración del sistema de ensayo se muestra en la figura 9.

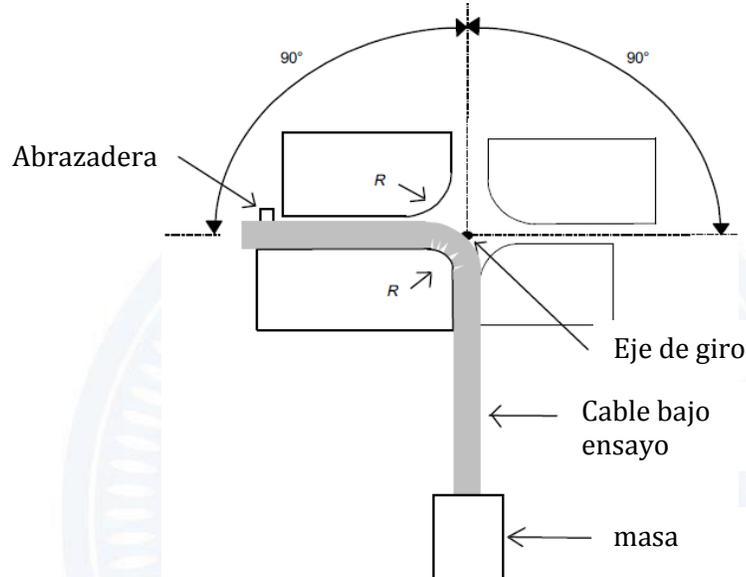


Figura 9. Diagrama de ensayo de dobleces repetidos. Fuente IEC 60794-1-2-E6

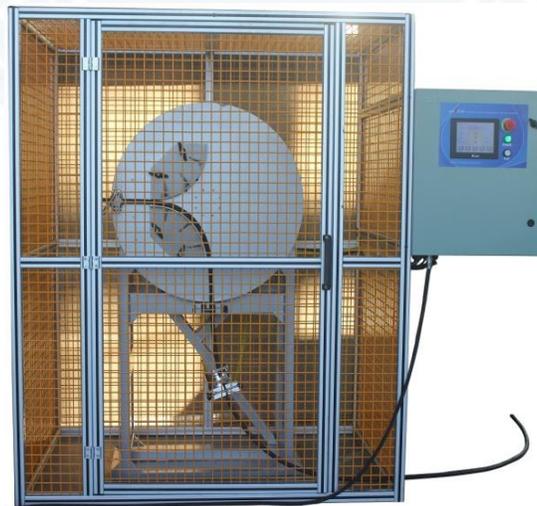


Figura 10. Máquina de dobleces repetidos, norma internacional “IEC 60794-1-2 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method E6 – repeated bending”. Laboratorio de Pruebas Mecánicas. FIBERLAB S. DE R.L. DE C.V.

7.2 MÉTODOLÓGÍA DE ENSAYO

El ensayo consiste en doblar un extremo de una muestra de cable hacia atrás y hacia adelante repetidas veces en un ángulo de $180^\circ (\pm 90^\circ)$ desde la vertical) en un radio de curvatura definido, mientras el otro extremo del cable soporta una carga.

El ensayo se realizó bajo los parámetros de la tabla 10.

CONFIGURACIÓN DEL ENSAYO		
Radio de curvatura	0.20	m
Número de ciclos	25	ciclos
Frecuencia	5	ciclos / min
Tensión	150	N
Número de pruebas	3	pruebas
Cambio de atenuación máx.	0.1	dB

Tabla 10. Parámetros de configuración del ensayo de dobleces repetidos

7.3 RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

La tabla 3 muestra los resultados del ensayo y la evaluación de la conformidad, se reporta el promedio de las mediciones de cambio de atenuación como el mejor estimado. La evaluación de la conformidad del cable se determinó en base a las especificaciones del fabricante, la cual establece que el aumento de la atenuación del cable no deberá ser mayor a 0.1 dB para asegurar un buen comportamiento durante la instalación. Esta especificación está conforme con la norma *IEC 60794 -1- 2, método E6 – Repeated bending*.

MEDICIONES					EVALUACIÓN
Tensión [N]	U (T) [N]	Atenuación [dB]	U (ΔA) [N]	Daño de la cubierta exterior	
150	0.01	± 0.001	0.01	No se observa	CONFORME

Tabla 11. Evaluación de la conformidad del cable bajo ensayo de dobleces repetidos. El ensayo tiene un nivel de confianza del 95% ($k=2$)

8 MÉTODO E7 – TORSIÓN (TORSION)

Este ensayo cumple con los parámetros y criterios establecidos en la norma internacional “IEC 60794-1-2 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method E7 – Torsion”

El ensayo está diseñado para determinar el comportamiento de la atenuación de un cable de fibra óptica sometido a una prueba de torsión mientras soporta una carga.

Esta evaluación se realiza bajo dos criterios:

1. La variación en la transmitancia del cable (atenuación) mientras la cubierta del cable está sujeta a una fuerza de torsión externa.
2. Daño físico sobre el cable como resultado de este esfuerzo de torsión.

El ensayo se considera “no destructivo” ya que las condiciones de la prueba están dentro de los valores de tolerancia especificados en la hoja técnica del cable.

8.1 SISTEMA DE ENSAYO

El sistema de ensayo consiste de una máquina de torsión para cables de fibra óptica con especificaciones de acuerdo a la norma internacional norma IEC 60794-1-2 método E7: Torsion. La configuración del sistema de prueba se muestra en la figura 11.

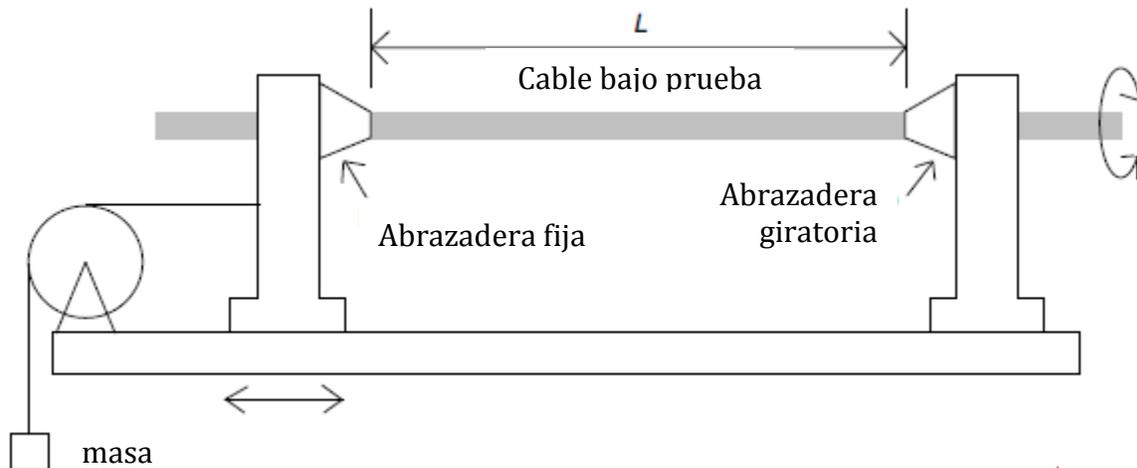


Figura 11. Diagrama esquemático de la prueba de torsión. Fuente IEC 60794-1-2-E7



Figura 12. Máquina de torsión, “IEC 60794-1-2 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method 7 – torsion”. Laboratorio de Pruebas Mecánicas, FIBERLAB S. DE R.L. DE C.V.

8.2 METODOLOGÍA DE PRUEBA

La prueba consiste en rotar de forma axial un extremo de una muestra de cable 180° en dirección de las manecillas del reloj, regresarlo a su posición original, rotarlo nuevamente 180° en sentido opuesto y regresarlo nuevamente a su posición original. El extremo opuesto de la muestra permanece sujeto sin torsión mientras soporta una carga. El ciclo se repite 10 veces. El ensayo se realizó bajo los parámetros de la tabla 12.

CONFIGURACIÓN DE LA PRUEBA		
Tensión	50	N
Número de ciclos	10	ciclos
Frecuencia	5	ciclos / min
Ángulo de torsión	± 180	grados
Longitud de la muestra	1.00	m
Número de pruebas	3	pruebas
Cambio de atenuación máx.	0.1	dB

Tabla 12. Parámetros de configuración del ensayo de torsión

8.3 RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

La tabla 13 muestra los resultados del ensayo y la evaluación de la conformidad, se reporta el promedio de las mediciones de cambio de atenuación como el mejor estimado. La evaluación de la conformidad del cable se determinó en base a las especificaciones del fabricante, la cual establece que el aumento de la atenuación del cable no deberá ser mayor a 0.1 dB para asegurar un buen comportamiento durante la instalación. Esta especificación está conforme con la norma *IEC 60794 -1- 2, método E7 – Torsion*.

MEDICIONES					EVALUACIÓN
Tensión [N]	U (T) [N]	ΔA [dB]	U (ΔA) [dB]	Daño de la cubierta exterior	
50.03	0.01	± 0.001	0.01	No se observa	CONFORME

Tabla 13. Evaluación de la conformidad del cable bajo la prueba de torsión. El ensayo tiene un nivel de confianza del 95% (k=2).

9 MÉTODO E8 – FLEXIÓN (FLEXING)

Esta prueba cumple con los parámetros y criterios establecidos en la norma internacional *“IEC 60794-1-2 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method E8– Flexions*.

La prueba está diseñada para determinar el comportamiento de la atenuación de un cable de fibra óptica sometido a una prueba de flexión a través de 4 poleas mientras soporta una carga. Esta prueba simula las condiciones de flexión en poleas y carga soportados por el cable durante el proceso de instalación.

El ensayo se considera “no destructivo” ya que las condiciones de la prueba están dentro de los valores de tolerancia especificados en la hoja técnica del cable.

9.1 SISTEMA DE PRUEBA

El sistema de prueba consiste de una máquina de flexión de 4 poleas para cables de fibra óptica con especificaciones de acuerdo a la norma internacional norma IEC 60794-1-2 método E8: Flexing. La configuración del sistema de prueba se muestra en la figura 13.

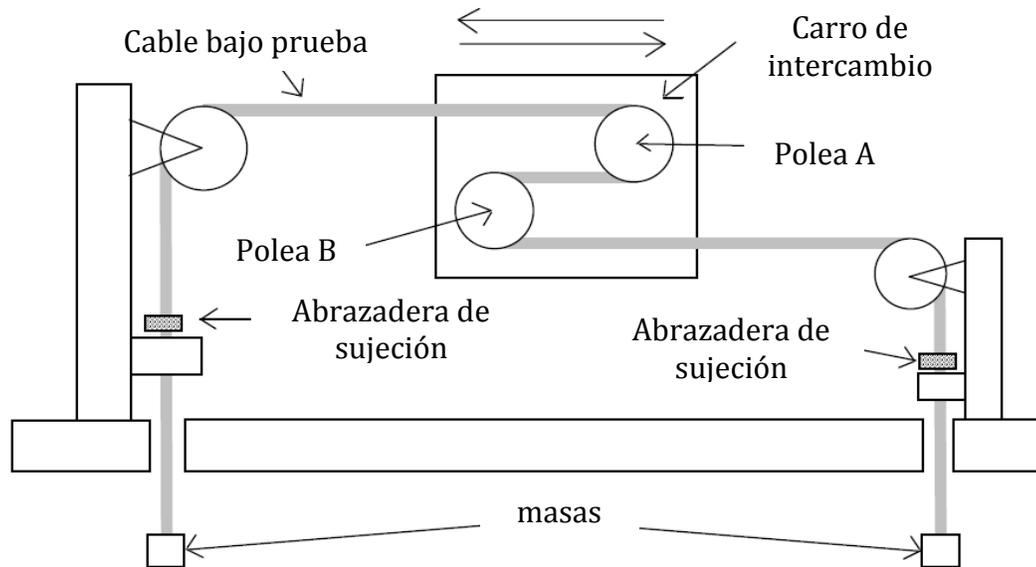


Figura 13. Diagrama esquemático de la prueba de flexión. Fuente IEC 60794-1-2-E8

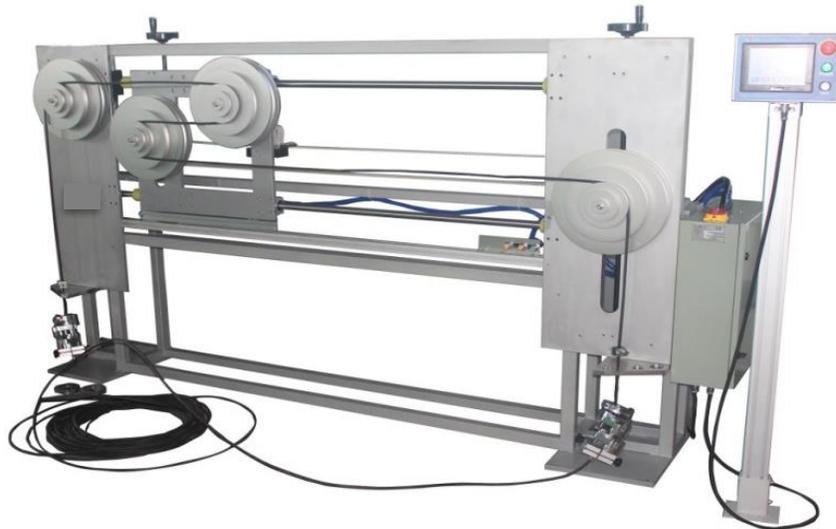


Figura 14. Máquina de flexión, norma internacional “IEC 60794-1-2 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method 8 – Flexions”. Laboratorio de Pruebas Mecánicas, FIBERLAB S. DE R.L. DE C.V

9.2 METODOLOGÍA DE PRUEBA

El propósito de esta prueba es determinar la capacidad del cable para soportar las flexiones repetidas, por ejemplo, al pasar el cable por una polea durante la elevación del mismo en el proceso de tendido.

La prueba consiste en flexionar una muestra cable repetidas veces sobre un conjunto de poleas mientras sus extremos soportan una carga.

El ensayo se realizó bajo los parámetros de la tabla 14.

CONFIGURACIÓN DE LA PRUEBA		
Tensión	100	N
Número de ciclos	3	ciclos
Frecuencia	1.0	Hz
Diámetro de las poleas	20	cm
velocidad de desplazamiento	2.50	mm/min
Número de pruebas	3	pruebas
Cambio de atenuación máx.	0.1	dB

Tabla 14. Parámetros de configuración del ensayo de flexión.

9.3 RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

La tabla 3 muestra los resultados del ensayo, se reporta el promedio de las mediciones de cambio de atenuación como el mejor estimado. La evaluación de la conformidad del cable se determinó en base a las especificaciones del fabricante, la cual establece que el aumento de la atenuación del cable no deberá ser mayor a 0.1 dB para asegurar un buen comportamiento durante la instalación. Esta especificación está conforme con la norma *IEC 60794 -1- 2, método E7 – Torsion*.

MEDICIONES				EVALUACIÓN
Tensión	U (T)	Atenuación	U (T)	
[N]	[N]	[dB]	[dB]	
100.16	0.06	± 0.004	0.01	CONFORME

Tabla 15. Evaluación de la conformidad del cable bajo la prueba de dobleces repetidos. El ensayo tiene un nivel de confianza del 95% (k=2).

10 MÉTODO E12 – CORTE (CUT-THROUGH RESISTANCE)

Esta prueba cumple con los parámetros y criterios establecidos en la norma internacional “IEC 60794-1-2 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method E12 – cut-through resistance”

El propósito de esta prueba es evaluar la resistencia al corte de la cubierta exterior de un cable de fibra óptica.

La prueba consiste en aplicar una fuerza de corte específica repetidas veces sobre una muestra de cable. La fuerza se aplica gradualmente a una razón de 50 N/minuto \pm 10 N/minuto. La fuerza es mantenida durante el tiempo especificado en la hoja técnica del cable. La muestra se inspecciona visualmente después de la prueba con una amplificación de 5X a 10X

El ensayo se considera “no destructivo” ya que la fuerza de corte aplicada no deberá provocar daño físico a la cubierta exterior del cable, tampoco deberá afectar la transmitancia del mismo.

10.1 SISTEMA DE PRUEBA

El sistema de prueba consiste de una máquina de corte capaz de someter el cable a una fuerza de corte transversal uniforme y constante en una sección del mismo durante un tiempo determinado. Estas especificaciones de la máquina cumplen con los requisitos establecidos en la norma internacional “IEC 60794-1-2 método E12, cut-through resistance.

La figura 15 muestra un diagrama esquemático del sistema de corte.

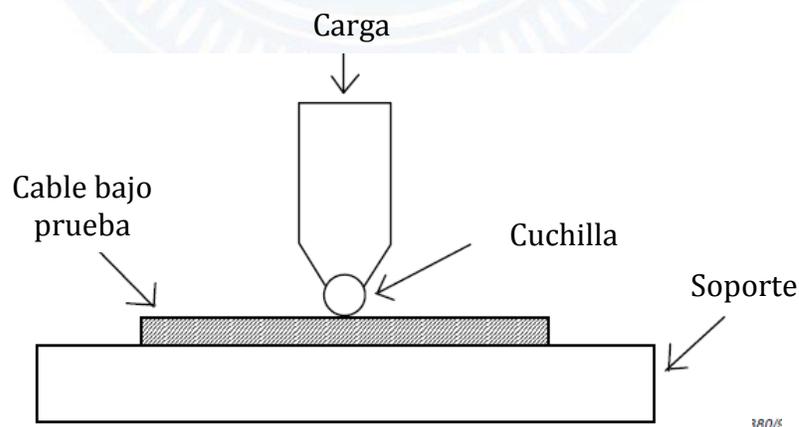


Figura 15. Diagrama esquemático del sistema de corte. Fuente IEC 60794-1-2-E12



Figura 16. Máquina de corte, norma internacional “IEC 60794-1-2 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method E12 – Cut-through resistance”. Laboratorio de Pruebas Mecánicas, FIBERLAB S. DE R.L. DE C.V.

10.2 METODOLOGÍA DE PRUEBA

El cable bajo prueba fue sometido a una fuerza de corte de 2200 N en 3 secciones diferentes de la muestra separadas 100 mm. La fuerza fue aplicada gradualmente a una razón de 50 N/minuto \pm 10 N/minuto. Esta fuerza fue mantenida durante 60 segundos. La muestra se inspeccionó visualmente después de la prueba.

10.3 RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

La evaluación de la conformidad del cable se determinó en base a la especificación del fabricante, la cual establece que el aumento de la atenuación del cable no deberá ser mayor a 0.1 dB y la cubierta exterior no deberá presentar perforación alguna. Esta especificación está conforme con la norma IEC 60794 -1- 2, método E12 – Cut-through resistance.

El cambio de atenuación se determinó a partir del promedio de las mediciones observadas durante las pruebas como el mejor estimado.

La tabla 16 muestra los resultados del ensayo y la evaluación de la conformidad.

ESPECIFICACIONES				MEDICIONES			EVALUACIÓN
Fuerza de corte [N]	U (F) [N]	Tiempo [s]	ΔA [dB]	ΔA [dB]	U (ΔA) [dB]	Perforación de cubierta exterior	
2200	2.2	60	0.10	0.004	± 0.01	No se observa	CONFORME

Tabla 16. Evaluación de la conformidad del cable bajo la prueba de resistencia al corte. El ensayo tiene un nivel de confianza del 95% ($k=2$).

11 MÉTODO F5B – PENETRACIÓN DE AGUA (WATER PENETRATION)

Esta prueba cumple con los parámetros y criterios establecidos en la norma internacional *“IEC 60794-1-2 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method F5B – water penetration”*

Esta prueba está diseñada para determinar la capacidad de un cable de bloquear la propagación de agua en toda la sección transversal del cable a lo largo de una longitud específica. La conformidad de la muestra se evalúa por el método -F5B, *“Prueba de propagación de agua en toda la sección transversal del cable”*

El ensayo se considera “destrutivo”.

11.1 SISTEMA DE PRUEBA

El sistema de prueba consiste de una máquina de penetración de agua que mantiene la muestra de forma horizontal mientras aplica una columna de agua 1 m de durante 24 h, a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Se utiliza un agente colorante adecuado para ayudar en la detección de las filtraciones de agua.

La figura 17 muestra un diagrama esquemático del sistema de penetración de agua por el método -F5B.

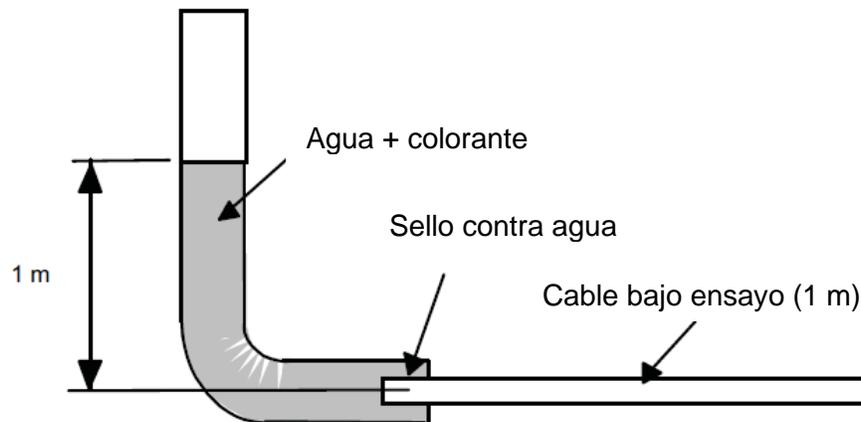


Figura 17. Diagrama esquemático del sistema de penetración de agua.
Fuente IEC 60794-1-2-F5B



Figura 16. Máquina de penetración de agua, norma internacional "IEC 60794-1-2 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method FB5 – water penetration".
Laboratorio de Pruebas Mecánicas, FIBERLAB S. DE R.L. DE C.V.

11.2 METODOLOGÍA DE PRUEBA

Una muestra de cable de 1 m de longitud se colocó horizontalmente sobre la máquina y se aplicó una columna de agua 1 m de altura durante 24 h por uno de sus extremos. El extremo opuesto permaneció abierto sin ningún bloqueo. La temperatura del agua fue de $22.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante el tiempo del ensayo.

Se agregó una tinta colorante azul soluble en agua para detectar cualquier filtración de agua.

11.3 RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

La evaluación de la conformidad del cable se determinó en base a la especificación del fabricante, la cual establece que el cable bajo ensayo (de 1 metro de longitud) no deberá presentar escurrimiento de agua en la salida sin bloqueo después de 24 horas de prueba. Esta especificación está conforme con la norma IEC 60794 -1- 2, método FB5 – water penetration.

La tabla 17 muestra los resultados del ensayo y la evaluación de la conformidad.

ESPECIFICACIONES			MEDICIONES		EVALUACIÓN
Longitud del cable [cm]	Tiempo [h]	Altura del agua [cm]	Penetración de agua [cm]	Filtración de agua por la salida no sellada	
100	24	100	5.5	No se observa	CONFORME

Tabla 17. Evaluación de la conformidad del cable bajo la prueba de penetración de agua. El ensayo tiene un nivel de confianza del 95% ($k=2$).

12 INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre, presentada como incertidumbre expandida, se obtuvo multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor que asegura un nivel de confianza de al menos 95%. La incertidumbre estándar fue calculada de acuerdo a la “Guide to the Expression of Uncertainties in Measurements, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML (1995)”.

13 TRAZABILIDAD DE LAS MEDICIONES

Las mediciones son trazables al watt óptico [W], unidad derivada del Sistema Internacional [S.I.] a través de los patrones mantenidos por CENAM.

REFERENCIAS

1. Norma Internacional IEC 60794-1-2:2017, Optical fibre cables - Part 1-2: Generic specification - Basic optical cable test procedures - General guidance. 4ta edición.
2. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurements. JCGM 100:2008.
3. Hoja de especificaciones técnicas Optronics. Cable exterior dieléctrico ADSS, spam 100 m semi-seco. Rev. 6

