



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Homologación de un cierre de empalme  
hermético de fibra óptica de acuerdo a la  
directiva Telcordia GR-771**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Eléctrico y Electrónico**

**P R E S E N T A**

Sánchez Marroquín Fernando Enrique

**ASESOR DE INFORME**

M. I. Daniel Martínez Gutiérrez



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018**

## AGRADECIMIENTOS

*Deseo expresar, en las siguientes líneas, mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que de alguna manera formaron parte de este esfuerzo que el día de hoy se ve completado y forma parte de un logro más en mi formación académica:*

*A mi asesor, M. en I. Daniel Martínez, durante la elaboración de este trabajo escrito, por su paciencia, dedicación y apoyo al elaborar este Reporte.*

*A mis sinodales, por su aprobación y ser la columna vertebral de este Reporte Profesional.*

*A mis profesores de la Facultad de Ingeniería, quienes fueron pilar fundamental durante mi preparación como ingeniero.*

*A mi amiga Anel, por su apoyo y dedicación durante el proceso de titulación, sin su ayuda no hubiera sido posible.*

*A mis familiares y amigos porque siempre creyeron en mí y por estar conmigo en todos esos momentos que quedarán grabados para siempre en mi memoria.*

*A mi madre, porque siempre me alentó a seguir adelante y por ser mi soporte principal durante todos mis estudios.*

*A todos ustedes y aquéllos que me faltaron, gracias.*

*A mi madre,  
porque siempre has estado ahí para alentarme a continuar,  
este logro es tan tuyo como mío.*

# Contenido

## Homologación de un cierre de empalme hermético de fibra óptica de acuerdo a la directiva

<b>Telcordia GR-771</b> .....	1
<b>1. Introducción</b> .....	1
<b>2. Objetivos</b> .....	2
<b>3. Descripción de la empresa</b> .....	3
<b>3.1. Westen Pacific Telecommunications (WPT)</b> .....	3
<b>3.2. Funciones desempeñadas como “Auxiliar de Ingeniería”</b> .....	4
<b>4. Antecedentes</b> .....	5
<b>4.1. Requerimiento Genérico (<i>Generic Requirement GR-771</i>)</b> .....	5
<b>4.1.1. Cierre de empalme de fibra óptica</b> .....	5
<b>4.1.2. Ambientes de instalación</b> .....	7
<b>4.2. Requerimientos Generales y Objetivos del Cierre de Empalme</b> .....	9
<b>5. Definición del problema</b> .....	13
<b>6. Metodología</b> .....	14
<b>7. Resultados</b> .....	21
<b>7.1. Medición de potencia óptica</b> .....	21
<b>7.2. Pérdidas de potencia óptica</b> .....	21
<b>7.3. Eventos comunes en trazas de OTDR</b> .....	22
<b>7.4. Resultados de laboratorio</b> .....	24
<b>7.5. Resultados de prueba de campo</b> .....	25
<b>8. Conclusiones</b> .....	29
<b>9. Referencias</b> .....	30
<b>10. Anexos</b> .....	31
<b>a. Instructivo de instalación simplificado del cierre de empalme FFD2000LX-T</b> .....	32
<b>b. Informe OTDR de pruebas de campo</b> .....	35
<b>c. SLPT-0009-2015. Reporte de pruebas al cierre de empalme FFD2000LX-T de WPT</b> .....	38
<b>d. Glosario</b> .....	39

# Homologación de un cierre de empalme hermético de fibra óptica de acuerdo a la directiva *Telcordia GR-771*

## 1. Introducción

En el presente reporte, documento el proceso seguido para la homologación, en *Teléfonos de México (TELMEX)*, de un cierre de empalme de fibra óptica hermético. La necesidad de tener una alternativa al cierre que se utilizaba hasta entonces, se debió al cambio en la capacidad de los cables utilizados por *TELMEX* y lo limitado que se veía dicho cierre ante este cambio. Debido al mantenimiento y/o actualización de la red de *TELMEX*, que consiste en proporcionar el servicio de internet a todos sus clientes a través de fibra óptica, se optó por cambiar el cable de 96 fibras utilizado hasta el momento por uno de 144 fibras. Dicho cambio es para prever el incremento de usuarios en la red. Las especificaciones y características exigidas por *TELMEX*, para los cierres de empalme de fibra óptica, están regidas principalmente por el Requerimiento Genérico *GR-771* de *Telcordia*.

*Telcordia*, antes *Bell Communications Research Inc. (Bellcore)*, fue la compañía de investigación y desarrollo en telecomunicaciones que se creó después de la división de *American Telephone and Telegraph Company (AT&T)*. Actualmente es una subsidiaria americana de la compañía de telecomunicaciones sueca *Ericsson*. La compañía proporciona tecnología de interconexión y soluciones de cámara de compensación para plan de numeración, enrutado, facturación de llamadas y coordinación técnica estándar de telecomunicaciones. Las oficinas centrales de *Telcordia* se encuentran localizadas en Bridgewater, New Jersey (Estados Unidos).

El requerimiento genérico *GR-771 (Generic Requirement)* de *Telcordia*, proporciona los criterios para analizar cierres de fibra óptica utilizados en una variedad de ambientes de Planta Externa, *OSP* (por sus siglas en inglés, *Outside Plant*), y aquellas aplicaciones utilizadas en la conexión con la Planta Interna. En este documento se establecen criterios de: diseño funcional, desempeño mecánico, requerimientos de resistencia al medio ambiente y características y pruebas de funcionamiento en campo deseadas.

El objetivo de establecer pruebas de desempeño es analizar cierres de fibra óptica con el propósito de establecer un estándar de instalación y de condiciones de operación.

Con base en esta directiva y tomando en cuenta la especificación de algunos requerimientos solicitados por *Teléfonos de México (TELMEX)* desarrollé un cierre de fibra óptica hermético para ser empleado en sus redes.

## 2. Objetivos

### Objetivo principal:

- Homologación de un cierre de empalme de fibra óptica hermético para 144 empalmes de fibra por fusión en *Teléfonos de México (TELMEX)* para su uso en aplicaciones subterráneas de Planta Externa.

### Objetivos específicos:

- Presentar el cierre de empalme modelo *Firefly D2000LX-T* para 144 fibras de *WPT*, como alternativa al cierre de empalme modelo *FOSC450-BS* para 96 fibras de *Tyco Electronics*.
- Demostrar que el cierre de empalme *Firefly D2000LX-T* puede ser utilizado en aplicaciones subterráneas debido a que cumple con las especificaciones de hermeticidad exigidas por *TELMEX* y que se establecen en el requerimiento genérico *GR-771 Core Issue 2: Generic Requirements for Fiber Optic Splice Closures* de *Telcordia* y en la *Norma Técnica EB-3-36: Cajas herméticas para empalmes de cables de fibra óptica* de *TELMEX*.

### 3. Descripción de la empresa

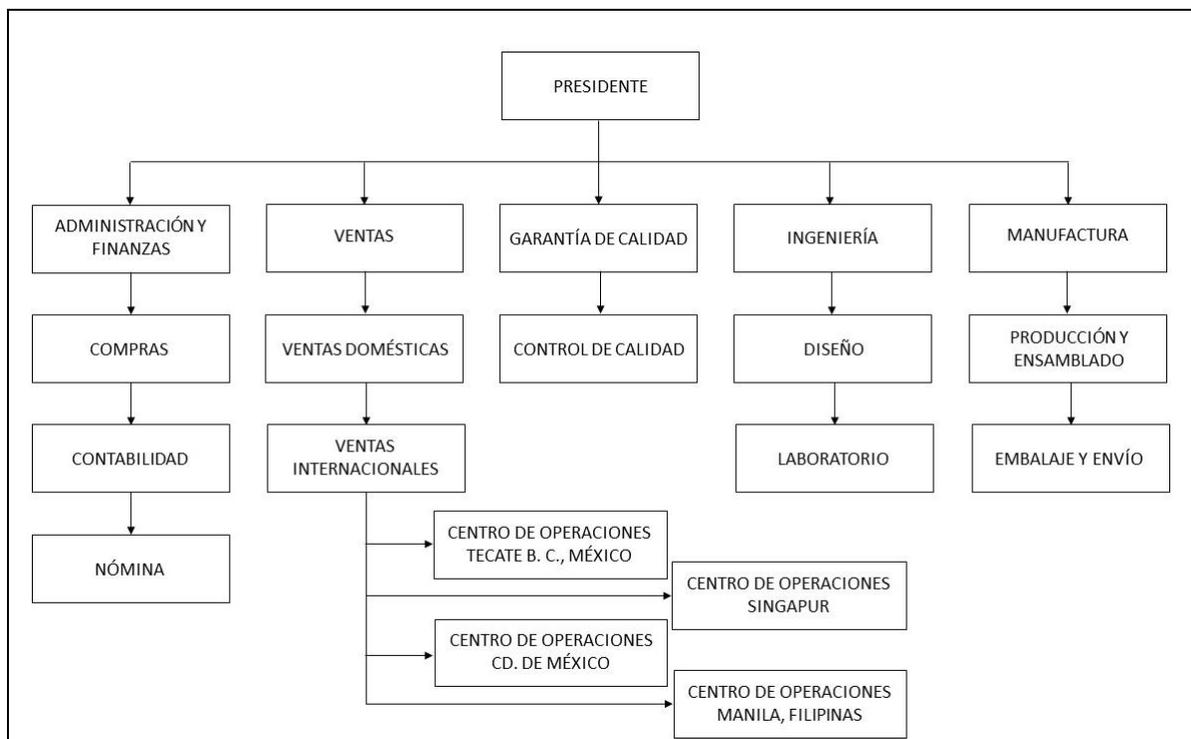
En esta sección, presento a la empresa *Western Pacific Telecommunications (WPT)*, así como las actividades principales que realicé dentro de la misma durante el proceso de homologación de un cierre de empalme hermético para 144 empalmes de fibra por fusión.

#### 3.1. Westen Pacific Telecommunications (WPT)

*Western Pacific Telecommunications (WPT)* es una empresa dedicada a la manufactura de productos de Planta Externa utilizados para la construcción, ampliación y/o mantenimiento de redes de cableado estructural de cobre y de fibra óptica (voz, video y datos).

Las oficinas corporativas se localizan en Oceanside, California (Estados Unidos) y cuenta con centros operativos en México, en las ciudades de Tecate, Baja California y Ciudad de México.

Desde su fundación, en 1983, *WPT* dota a la industria de las telecomunicaciones con productos diseñados para el cumplimiento de las especificaciones y necesidades de los proveedores de servicios de telefonía, tanto a nivel nacional como internacional. En la Figura 1 se muestra el organigrama de la empresa.



**Figura 1.** Organigrama de la empresa Western Pacific Telecommunications (WPT).  
Modificado a partir de: WPT – Corporative Overview

*WPT* cuenta con una infraestructura conformada por equipos de alta tecnología para el diseño y creación de prototipos de productos e instalaciones adecuadas para el moldeo y ensamblado de productos, así como laboratorios para la realización de pruebas de calidad (ciclado térmico, envejecimiento prematuro, brisa salina, entre otras).

Los principales clientes de WPT son: AT&T, VERIZON, TELMEX, CANTV, TSTT, CNT-Ecuador, ETB-Colombia, Tigo-UNE (Colombia), Telefónica Perú, Telecom Argentina, CLARO (Puerto Rico, Guatemala, Nicaragua y El Salvador), Codetel, Telefonica Brasil, Singapore Telecom, Philippine Long Distance Telephone, Saudi Arabia Telecom, Emirates Telecom Co.

### 3.2. Funciones desempeñadas como “Auxiliar de Ingeniería”

Como parte de las actividades que realicé dentro de la empresa en el proceso de homologación del cierre de empalme hermético para 144 fibras, enlisto aquellas en las que tuve participación directa:

- Apoyé, en el ámbito técnico, al área de ventas realizando la presentación de un cierre de empalme hermético para 144 fibras ópticas nombrado *Firefly D2000LX-T (FFD2000LX-T)* de WPT como una alternativa al cierre de empalme para 96 fibras *Fiber Optic Splice Closure 450-BS (FOSC450-BS)* de *Tyco Electronics*.
- Colaboré en la realización, modificación y corrección del Instructivo de Instalación del Cierre de Empalme *FFD2000LX-T*.
- Presenté y realicé demostraciones del correcto armado del cierre *FFD2000LX-T* siguiendo el Manual de Instalación de dicho cierre en las diferentes configuraciones y escenarios solicitados por el Departamento de Ingeniería de *TELMEX*.
- Solicité la realización de pruebas de calidad, al Departamento de Ingeniería en Tecate, para el cumplimiento de los requerimientos exigidos de acuerdo a la directiva *GR-771-CORE-Issue 2* de *Telcordia* y la norma técnica *EB-3-36* de *TELMEX*.
- Participé en la realización de pruebas de calidad en el laboratorio del *Centro de Investigación y Desarrollo CARSO (CIDEDEC)* en la ciudad de Querétaro.
- Participé en la realización del video de instalación del cierre de empalme *FFD2000LX-T* realizando el armado del mismo siguiendo el Manual de Instalación.
- Proporcioné apoyo al personal técnico de grupo *Carso* durante el armado del cierre *FFD2000LX-T* en las pruebas de campo realizadas en la Ciudad de México y Estado de México.

## 4. Antecedentes

TELMEX exige que todos los cierres de empalme de fibra óptica homologados cumplan con los *Requerimientos Genéricos para Cierres de Empalme de Fibra Óptica (Generic Requirements for Fiber Optics Splice Closure)* del documento GR-771 de Telcordia.

### 4.1. Requerimiento Genérico (*Generic Requirement GR-771*)

Este documento de Requerimiento Genérico *GR* (por sus siglas en inglés: *Generic Requirement*), fue publicado por *Telcordia Technologies* para informar a la industria, los requerimientos generales para los cierres de empalme de fibra óptica; tales como: aplicación, compatibilidad de cables, hermeticidad, entre otros.

El proceso *GR* de *Telcordia* implementa las directivas del *Acta de Telecomunicaciones (Telecommunications Act)* de 1996 relativas al desarrollo de requerimientos genéricos de la industria relacionadas al equipo de telecomunicaciones. Dichos requerimientos describen una variedad de factores, como interoperabilidad e integridad de la red. Las invitaciones a participar y las cuotas de participación son publicadas mensualmente en el *Telcordia Digest of Technical Information*, y publicadas en su sitio de Internet.

Las empresas que participaron en la creación del requerimiento genérico *GR-771-CORE, Issue 2*, fueron:

- 3M
- ADC
- AFL
- Charles Industries
- Corning
- Emerson
- Performed Line Products
- Telcordia
- Tyco

Este *GR-771* ajusta los requerimientos técnicos propuestos y características requeridas para cierres de empalme de fibra óptica de acuerdo a las sugerencias realizadas por los fabricantes que participan en la elaboración de dicho documento. Es objetivo de *Telcordia* que estas características sean conocidas a fin de cumplir las necesidades de funcionalidad de los usuarios finales.

#### 4.1.1. Cierre de empalme de fibra óptica

Un cierre de fibra óptica está definido como un encapsulado y su hardware asociado, con el propósito de conservar la integridad mecánica y ambiental de uno o más cables de fibra óptica que ingresan al mismo. Dicho encapsulado proporciona y asegura la integridad y organización de los cables, empalmes, terminación o interconexión.

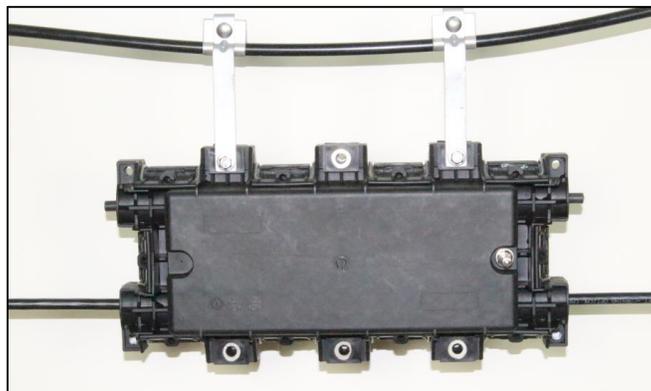
Existen dos configuraciones para los cierres de empalme: cierres verticales (de terminación en punta) y cierres horizontales (en línea).

- **Cierre vertical (o de terminación en punta):** Permite la entrada/salida de cables al cierre desde un solo extremo. Este diseño también se puede referir como un cierre tipo domo. Estos cierres se pueden utilizar en una variedad de aplicaciones, incluyendo el empalme de derivación. Sin embargo, no se pueden usar para el empalme de revestadura rígida por no contar con excedente de cable para ser introducido en el cierre. En la Figura 2 se muestra una fotografía de un cierre vertical.



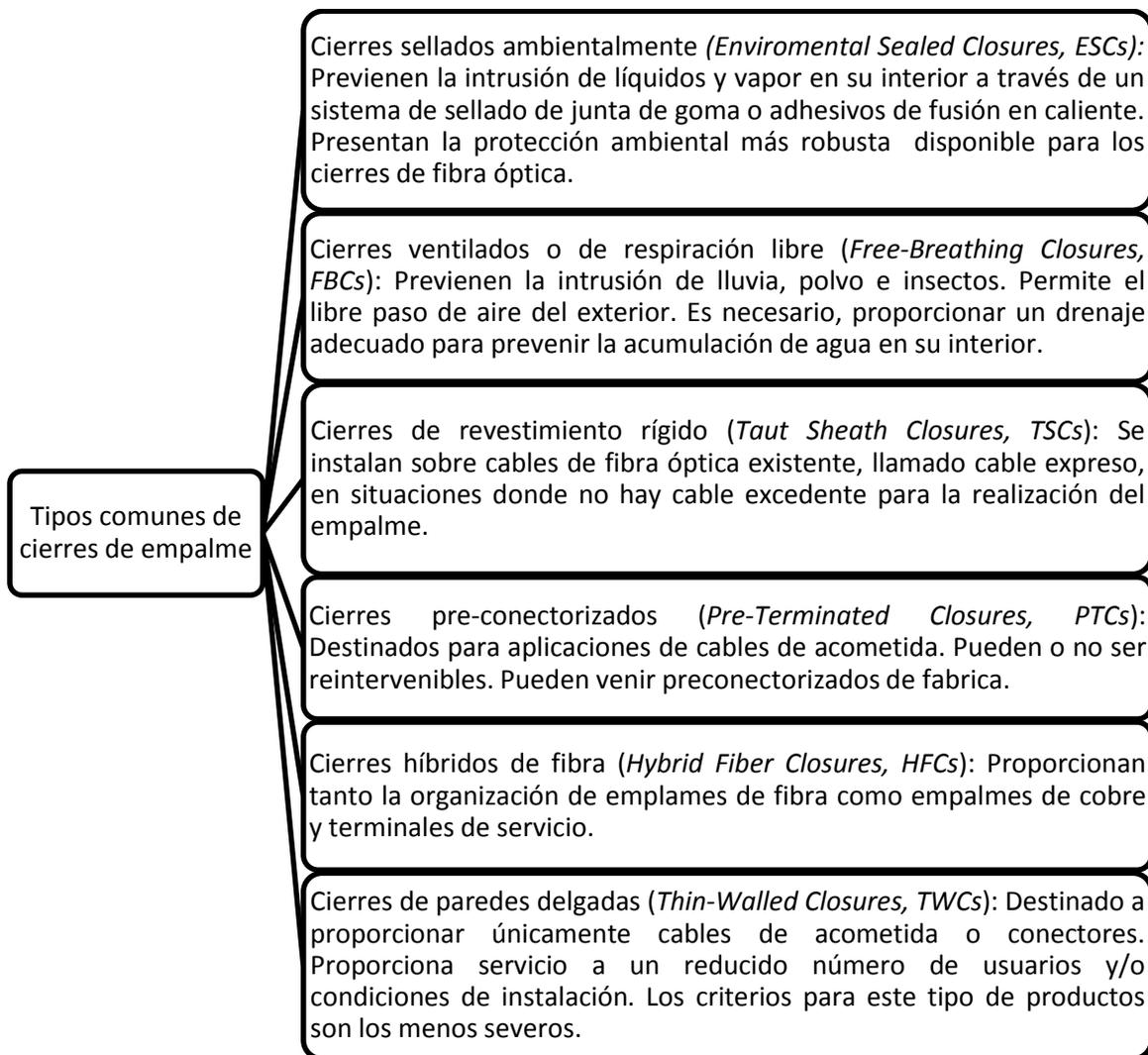
**Figura 2.** Cierre de empalme tipo vertical instalado sobre un cable ADSS.  
Recuperado de: <http://www.wptele.com.mx/> (agosto de 2017).

- **Cierre horizontal (o en línea):** Permite la entrada/salida de cables en ambos extremos del cierre. Pueden usarse en una variedad de aplicaciones, incluyendo el empalme de derivación y el acceso de cable de revestadura rígida. Los cierres horizontales también se pueden usar en una configuración de punta restringiendo el acceso del cable a un extremo del cierre. En la Figura 3, se muestra una fotografía de un cierre horizontal.



**Figura 3.** Cierre de empalme horizontal sujetado sobre un cable ADSS.  
Recuperado de: <http://www.wptele.com.mx/> (agosto de 2017).

En general, existen seis tipos comunes de cierres de fibra óptica. En la Figura 4 se muestra cuáles son y una breve descripción de los mismos.



**Figura 4.** Tipos comunes de cierres de empalme de fibra óptica.  
Resumen extraído de: *Telcordia GR-771-CORE Issue 2.*

#### 4.1.2. Ambientes de instalación

Existe una variedad de escenarios de instalación tanto para los proveedores de servicio como para usuarios finales. A consecuencia de partir de un conjunto universal de requerimientos, no es necesario que solo un tipo de cierre sea instalado en cada entorno de instalación. Esto tiene como consecuencia el incremento de diseños de cierres disponibles. Se debe identificar apropiadamente la aplicación para la cual está destinado un cierre porque la instalación podría estar restringida sólo al ambiente para el que el cierre fue diseñado. Los entornos de instalación son:

- **Planta externa (*Outside Plant, OSP*)**
  - I. Ambientes de instalación bajo tierra.
    - a. Directamente enterrados.

- b. Registros.
  - c. Pozos.
  - d. Cámara de ambiente controlado.
- II. Ambientes de instalación por encima del suelo.
- a. Aéreo: Son permitidos cierres de respiración libre o sellados ambientalmente y el uso de sus componentes de tal manera que cumplan con los requerimientos aplicables actuales de *Telcordia*.
  - b. Montaje en pared: Cierres diseñados para su instalación en el exterior de edificios. Generalmente, se requiere acceso frontal total. Se puede requerir que el cierre sea a prueba de inundación o resistente al fuego en algunas aplicaciones.
  - c. Pedestal: El cierre es ubicado dentro de un pedestal a nivel de suelo. El principal esfuerzo mecánico proviene del pedestal.
  - d. Montado en poste: Se acepta la instalación de cierres ventilados o sellados ambientalmente y sus componentes que cumplan con los requerimientos aplicables de *Telcordia*. En la Figura 5 se muestra un cierre vertical montado en poste.
  - e. Montado sobre cable mensajero: Se permite la utilización de cierres ventilados o sellados ambientalmente y el uso de sus componentes que cumplan con los requerimientos aplicables de *Telcordia*.



**Figura 5.** Cierre vertical montado en poste.  
Recuperado de: <http://www.wptele.com.mx/> (agosto de 2017).

- **Planta interna**

- I. Clientes locales.
- II. Oficina central (*Central Office, CO*).
- III. Cámaras de ambiente controlado.
- IV. Paredes internas.
- V. Fosa de cables.

En la Tabla 1 se muestran las condiciones de temperatura en las que los cierres deben garantizar su correcto funcionamiento para los diferentes tipos de ambientes de instalación:

Ambiente de instalación	Temperatura mínima [°C]	Temperatura máxima [°C]
Exterior	- 18	40
Interior	- 40	65
Subterráneo	- 30	60

**Tabla 1.** Temperaturas máximas y mínimas de los ambientes de instalación.  
Tabla extraída de: *Telcordia GR-771-CORE Issue 2.*

#### 4.2. Requerimientos Generales y Objetivos del Cierre de Empalme

La fabricante debe proporcionar la documentación completa relacionada con el cierre de empalme, en particular:

- Uso y aplicación.
- Instrucciones de armado.
- Procedimientos de empalme y manejo de fibras.
- Operaciones de pruebas.
- Procedimientos de mantenimiento.
- Instrucciones de seguridad.
- Equipo auxiliar requerido y su uso.
- Listado del empaque de todas las partes incluidas en el contenedor de envío.

A continuación, se enlistan las características generales que debe cubrir un cierre de empalme de fibra óptica de acuerdo a las especificaciones de *Telcordia*:

- **Compatibilidad de cable**
  - Un cierre de fibra óptica deberá tener la capacidad de aceptar cualquier tipo de fibra óptica como sea especificado por el fabricante, para el uso al que es destinado (por ejemplo, aéreo, subterráneo, para interiores, entre otros).
  - Las especificaciones de la compatibilidad de cable del fabricante del cierre deberán incluir: tamaño de cable (máximo y mínimo), tipo de chaqueta del cable (dieléctrico o con armadura), tipo de núcleo del cable (tubos holgados, listón) y calibre del cable.
  - Todos los cables compatibles serán conforme al requerimiento *GR-20-CORE, Generic Requirements for Optical Fiber and Optical Fiber Cable.*
- **Sistema de terminación de cable**
  - Un cierre que no se encuentre a su capacidad máxima deberá ser capaz de aceptar cables adicionales sin la necesidad de remover el sistema de retención de la cubierta o sujeción del miembro central de cables instalados previamente o el enrutamiento de fibras existentes.

- **Hardware de unión y conexión a tierra**
  - Se considera necesario contar con apropiados sistemas de unión y conexión a tierra para elementos conductivos de la red de fibra óptica para asegurar la instalación y operación de dicha red de comunicaciones.
  
- **Hardware de montaje del cierre**
  - Los cierres aéreos deberán suministrarse con los elementos necesarios para sujetar y asegurar el cierre al cable mensajero como lo solicite el usuario final.
  - Los elementos de montaje, para cierres aéreos, deben permitir que el cierre pueda suspenderse temporalmente sobre el cable mensajero durante la instalación.
  
- **Organización de fibras y empalmes**
  - Los organizadores de empalme proporcionados por el fabricante para su uso en el cierre deberán cumplir con los requerimientos del *GR-769-CORE, Generic Requirements for Organizer Assemblies*.
  - Los organizadores de empalme deberán permitir el acomodo tanto mecánico como de los empalmes por fusión.
  - Los organizadores de empalme deberán ser capaces de almacenar fibras de cables tipo listón (*ribbon*), cables de tubos holgados, y cables de tubos de núcleo con haz de fibras.
  - Si el fabricante proporciona diferentes organizadores para el acomodo de diferentes sistemas de empalme o listones de fibra, estos deberán tener la capacidad de ser mezclados dentro del mismo cierre.
  - Los organizadores de empalme de fibra deberán permitir el almacenaje de otros componentes ópticos pasivos, tales como conectores, acopladores o divisores (*splitters*), según sea especificado por el usuario final.
  - Si es requerido por el usuario final, el fabricante del cierre de empalme determinará si algún organizador de empalmes, de un usuario final diferente, es compatible con el cierre de empalme de fibra óptica.
  - El cierre de empalme deberá tener la capacidad de almacenar fibras no empalmadas dentro del cierre. En aplicaciones en las que no se utilizan cables de cubierta rígida, el cierre deberá permitir el almacenaje de fibras no empalmadas y/o tubos holgados.
  
- **Capacidad de fibras y almacenamiento de empalmes**
  - Un cierre de empalme óptico deberá proveer una cantidad mínima de almacenamiento de empalmes: 50 % del número de fibras para un Alimentador y de 25 % del número de fibras más 12 para un anillo.
  - Un cierre de fibra óptica deberá permitir un almacenaje mínimo de 2.5 m (98 in) de longitud de tubos holgados.
  
- **Protección de fibras y empalmes**
  - Los criterios pertinentes para los organizadores de empalme, se encuentran descritos en el requerimiento *GR-769-CORE*. Dicho documento, demanda que un organizador de empalme pueda almacenar un mínimo de 12 empalmes y limita el radio de curvatura a 30 mm (1.2 in).

- Radios de curvatura de fibras por debajo de los 20 mm son aceptados en algunos estándares internacionales para fibras monomodo. Los nuevos diseños de menor sensibilidad a la curvatura de la fibra, eventualmente, permitirá radios de curvatura mucho menores que los especificados actualmente.
  - El cierre deberá proporcionar un medio para prevenir que las fibras o los empalmes sean expuestos a compuestos de encapsulamiento en el caso de que dichos compuestos sean utilizados para propósitos de bloqueo de agua.
  - Para los cierres que son utilizados en monomodo o alguna fibra sin empalmar, durante la instalación y almacenamiento de fibras y empalmes de fibra, las fibras no deberán ser sujetas a un radio menor a 30 mm (1.2 in).
  - Para los cierres que sólo se utilizarán con fibras reforzadas, durante la instalación y el almacenamiento de fibras sin empalmar, fibras empalmadas y tubos holgados no deberán ser sometidos a un radio de curvatura menor que el especificado por el fabricante del cable.
- **Mantenimiento**
    - La cubierta del cierre debe tener la capacidad de ser removida sin interferir los cables o empalmes existentes. La perturbación de cables terminados o empalmes incluye la remoción del sistema de retención de cubierta del cable y/o del miembro central o las fibras y/o empalmes organizados.
    - La capacidad del cierre debe ser expandible en el caso de que el diámetro deba incrementarse durante el mantenimiento o restauración de actividades donde no haya puertos disponibles para cables.
    - Las fibras almacenadas, los empalmes, tubos holgados, y demás, deberán ser accesibles por la parte frontal del cierre. Esta disposición facilita las actividades de mantenimiento cuando no se tiene acceso a todos los lados del cierre.
- **Tamaño de instalación y peso**
    - La minimización del tamaño y peso del cierre de empalme es deseable por dos razones: estética y fácil instalación.
    - Instalación, reparación, y reintervención del cierre de empalme debe ser posible por una sola persona capacitada.
    - El cierre ensamblado sin cables, empalmes y organizadores deberá tener un peso menor a 22 kg (50 lbs).
- **Seguridad**
    - Un cierre de empalme óptico no deberá tener bordes afilados, esquinas, rebabas, o cualquier otra característica que pueda causar una lesión al instalador o al público.
    - Los materiales del cierre, y todos los materiales necesarios que se utilicen al realizar empalmes, sujeción y mantenimiento, no deberán ser tóxicos y dermatológicamente seguros. Todos los procedimientos y materiales recomendados deberán cumplir con los estándares de la *Administración de Seguridad y Salud (Occupational Safety and Health Administration, OSHA)* y de la *Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, EPA)*, y cualquier otra ley federal y de regulación aplicable.

- **Cumplimiento de la Restricción de Sustancias Peligrosas (*Restriction of Hazardous Substances, RoHS*)**
  - Si es requerido por el usuario final, el cierre y cualquier material asociado deberá cumplir con los criterios *RoHS* según se detallan en la *Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of January 27, 2003*.
- **Aseguramiento**
  - Los cierres de empalme deberán estar equipados con un dispositivo de aseguramiento que prevenga la intervención no autorizada.
- **Herramientas**
  - La instalación del cierre deberá requerir únicamente herramientas comunes de mano, como son: pinzas de punta, pinzas de corte, desarmadores, tijeras de electricista, entre otras.

## 5. Definición del problema

TELMEX, en su proyecto de actualización/mantenimiento de su red de telecomunicaciones, optó por proporcionar el servicio de internet a través de fibra óptica a todos sus usuarios. El incremento del número de usuarios en su red prevé cubrirlo con la sustitución del cable de 96 fibras ópticas por un cable de 144 fibras ópticas. Debido al cambio, el cierre de empalme *FOSC450-BS*, que se utilizaba está limitado en la capacidad para almacenar más de 96 empalmes de fibra por fusión y en su sistema para retener y resguardar cables tipo *Riser* sin miembro central de tracción. Por tal motivo, como representante de *WPT*, se debe presentar una propuesta de solución para el cierre de empalme con las siguientes características especificadas por el Departamento de Ingeniería de TELMEX:

- Capacidad para resguardar 144 empalmes de fibra óptica por fusión.
- Retener y almacenar todos los tipos de cable utilizados, principales y de derivación, de 6 a 144 fibras ópticas cuyos diámetros externos van de 10 – 24 [mm].
- Instalar, en los puertos de derivación, cables de acometida de 1 o 2 fibras, con diámetros exteriores de 6 y 7.8 [mm].
- Contar con al menos 6 puertos de entrada/salida para cables principales y de derivación.
- Poder realizar el empalme recto de un cable tipo *Riser* de 144 fibras con uno de planta externa también de 144 fibras.
- Capacidad para realizar un empalme recto con un cable tipo *Riser* de 144 fibras que no posee miembro central de tracción.
- Capacidad para almacenar al menos 2.5 m de tubos holgados de los cables instalados.
- Cumplir con las pruebas de hermeticidad, retención de cables (tracción, flexión y torsión), ciclado térmico y envejecimiento prematuro especificadas en la *Norma técnica EB-3-36* de TELMEX.
- El cierre se debe armar utilizando únicamente herramientas comunes de mano. En caso que se necesite alguna herramienta especial, como llaves hexagonales de medida específica o llaves de seguridad, el fabricante la debe proporcionar.

## 6. Metodología

El proceso para la homologación del cierre de empalme *FFD2000LX-T*, se llevó a cabo en varias etapas de acuerdo a los escenarios y/o configuraciones solicitadas por el departamento de ingeniería de *TELMEX*. Dichas etapas se realizaron de la siguiente manera:

- **Presentación del cierre de empalme *FFD2000LX-T* de *WPT* como una propuesta alterna al cierre de empalme *FOSC450-BS* de *Tyco* en la que describí su funcionamiento equivalente y las ventajas que presenta respecto a éste último. Dichas ventajas se enlistan a continuación:**
  - Capacidad para resguardar 144 empalmes de fibra óptica utilizando 6 charolas de empalme de 24 posiciones cada una.
  - Capacidad para resguardar 3 m de tubos holgados de cables de 144 fibras de paso o de reserva en la canasta de almacenamiento.
  - Cuenta con 2 puertos de entrada/salida para cables principales, 6 puertos para derivación, 2 puertos ciegos en caso de ser necesaria la instalación de más cables; haciendo un total de 8 puertos disponibles para su instalación inmediata y expandible hasta 10 puertos de entrada/salida.
  - Cada uno de los puertos de derivación son independientes entre sí, por lo que, en caso de realizar una reintervención para agregar, remover o cambiar un cable, los cables ya instalados no se ven afectados durante la manipulación del cierre.
  - Todos los accesorios que conforman el cierre de empalme, son completamente reutilizables con lo que se evita adquirir kits de reintervención y se disminuye el costo total del dispositivo al evitar tener stock de material en almacén.
  - Facilidad para la colocación y sujeción de dos divisores ópticos en cada una de las charolas de empalme. En la Figura 6 se muestra el contenido del kit básico del cierre de empalme *FFD2000LX-T*.



**Figura 6.** Contenido del kit básico del cierre de empalme *FFD2000LX-T* de *WPT*.  
Imagen extraída de: Manual de Instalación del Cierre de Empalme *FFD2000LX-T*.

- **Realización de los diferentes escenarios**
  - Mostré la forma correcta del armado del cierre siguiendo el Manual de Instalación del Cierre de Empalme previamente realizado, utilizando un cable principal (entrada y salida) de 96 fibras con diámetro externo de 13 mm y 2 cables de 48 fibras cada uno con diámetros externos de 12 mm para derivaciones.

- Instalé el cable principal realizando un trazo de 3 m.
- Los cables de derivación (terminación en punta) los preparé haciendo un trazo de 2 m.
- Utilicé 4 tubos holgados del cable principal para utilizar 2 en cada una de las charolas de empalme. Cada tubo holgado contiene 12 fibras.
- Utilicé 2 tubos holgados de cada uno de los cables de derivación para los empalmes en las charolas.
- Realicé el armado del cierre de acuerdo al Manual de Instalación, y los empalmes de fusión, de acuerdo a las recomendaciones realizadas en el mismo Manual para su acomodo y sujeción. En la Figura 7 se muestra la condición final del cierre después de realizar el armado del mismo.

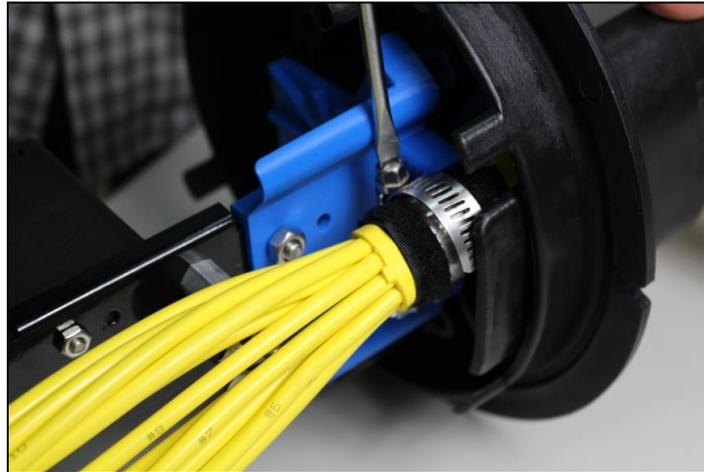


**Figura 7.** Condición final del cierre una vez armado y colocada su base para sujeción a poste o pared.  
Imagen extraída de: Manual de Instalación del Cierre de Empalme *FFD2000LX-T*.

- Realización de un empalme recto de un cable tipo *Riser* de 144 fibras con diámetro externo de 24 mm, con un cable de planta externa, también de 144 fibras con diámetro externo de 16 mm.
  - Efectué un trazo de 1.5 m de longitud de cable tipo *Riser*, coloqué tubos holgados directamente en las charolas de empalme sin utilizar tubos de transporte y sin dejar reserva en la canasta de almacenamiento; esto, debido al diámetro externo de dichos tubos holgados (7 mm).
  - Realicé un trazo de 2 m de longitud en el cable de planta externa, dejando una vuelta de reserva en la canasta de almacenamiento (80 cm aproximadamente).
  - El empalme recto consiste en la realización de fusiones de fibra a fibra; es decir, mismo color de fibra del tubo holgado del mismo color en cada uno de los cables.
  - Esta configuración también la realicé de acuerdo al Manual de Instalación del Cierre y las recomendaciones para el acomodo de fibras en las charolas de empalme del mismo Manual de Instalación. En la Figura 8 se muestra la condición final del cierre con los dos diferentes tipos de cable en los puertos de entrada/salida.



capaz de cumplir con las pruebas de retención de cables en el cierre. En la Figura 9 se muestra la sujeción del cable tipo *Riser* sin miembro central de tracción.



**Figura 9.** Sujeción del cable tipo *Riser* de *Corning*. La sujeción se realiza a través de una grapa de retención de cubierta, cinta velcro y una abrazadera metálica.

Imagen extraída de: Manual de Instalación del Cierre de Empalme *FFD2000LX-T*.

- **Realización de pruebas de calidad en el Laboratorio del Centro de Investigación y Desarrollo CARSO (CIDEDEC).** Las pruebas de calidad se realizan en el laboratorio *CIDEDEC* por petición de *TELMEX* ya que dicho laboratorio se encuentra avalado y certificado por *Telcordia*.
  - Estas pruebas las realicé en conjunto con personal de Laboratorio del *CIDEDEC* en la ciudad de Querétaro. Los procedimientos realizados están basados en el Requerimiento Genérico *GR-771-CORE-Issue 2* de *Telcordia* y en la Norma Técnica *EB-3-36 Cajas herméticas para empalmes de cables de fibra óptica* de *TELMEX*.
  - Como parte del protocolo de pruebas, se solicita que cada una de las muestras se presenten en su caja con todos los componentes que conforman el kit a probar. Las pruebas se enlistan a continuación:
    - **Inspección visual:** Desempaqué y mostré físicamente el contenido de materiales y componentes enlistados en el manual de instalación del cierre. Los materiales estuvieron libres de grietas, cuarteaduras, huecos o cualquier otro defecto que pudiera afectar directamente el desempeño del producto.
    - **Armado del cierre:** Realicé la demostración del armado del cierre de empalme *FFD2000LX-T* siguiendo las instrucciones del manual de instalación del mismo. El personal del laboratorio del *CIDEDEC* fue el responsable de realizar la memoria fotográfica de cada uno de los pasos que realicé durante la instalación del cierre. Una vez terminada la prueba del armado del cierre, preparé otras 3 muestras para las pruebas siguientes.
    - **Sobrepresión:** También llamada "*Flash Test*". Tomé un cierre armado con cables, introduje papel al interior del cierre para la revisión visual de no intrusión de agua en el mismo, lo presuricé a  $67 \text{ kPa} \pm 3 \text{ kPa}$  ( $10 \text{ psi} \pm 0.5 \text{ psi}$ ) con aire seco y lo sumergí en un tanque con agua durante 30 minutos a  $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ . La cantidad de agua fue suficiente para cubrir

completamente el cierre. Realicé, en conjunto con el personal del *CIDEC*, una inspección visual para verificar que no existieran burbujas de aire que pudieran estar fugando del interior del cierre. Verifiqué, nuevamente en conjunto con el personal del *CIDEC*, que al término de los 30 minutos de inmersión la presión no hubiera disminuido más de 3.5 kPa (0.5 psi). Una vez que liberé la presión y hube secado el cuerpo del cierre, mostré que no existía agua dentro del cierre. Durante toda la prueba permaneció conectado el manómetro.

- **Hermeticidad:** Tomé un cierre armado, con cables, introduje papel al interior para la revisión visual de no intrusión de agua en el mismo, y sometí a 34.5 kPa  $\pm$  3 kPa (5 psi  $\pm$  0.5 psi) de presión interna y lo sumergí completamente en un tanque con agua a 23 °C  $\pm$  3 °C. Verifiqué, en conjunto con el personal de laboratorio, que no existiera fuga de aire del interior del cierre. Esta prueba tuvo una duración de 24 horas. Al término de dicho tiempo, mostré al personal de laboratorio que la presión interna no había disminuido más de 3.5 kPa (0.5 psi). Una vez que liberé la presión y sequé el cuerpo del cierre, mostré que no existía agua dentro del cierre mediante la inspección visual del papel introducido antes de presurizar el cierre. Durante toda la prueba permaneció conectado el manómetro.

**Las pruebas siguientes las realiza el propio personal de laboratorio del *CIDEC*. Mi participación consistió en entregar los especímenes listos para realizar los procedimientos necesarios. Los procedimientos de las pruebas se describen a continuación.**

- **Inmersión:** Se toma un cierre armado con cables, se introduce papel al interior del cierre y, sin presurizar, se sumerge en un tanque con agua a una profundidad de 2 metros durante 168 horas continuas (7 días) a 23 °C  $\pm$  3 °C. Al término de este tiempo, se retira el cierre del agua, se seca completamente el cuerpo del mismo y se verifica visualmente, al abrirlo, que no haya evidencia de intrusión de agua al interior.
- **Retención de cables:** Mediante esta prueba se verifica que la hermeticidad del cierre no se vea afectada por las tensiones a las que se pudieran ser sometidos los cables instalados. La muestra se prepara instalando dos cables en el puerto ovalado y dos cables en dos puertos para derivación tomados al azar. Los cables son acondicionados para ser sujetados y aplicar la fuerza especificada para cada una de las pruebas. El cierre se presurizó a 5 psi a temperatura ambiente.
  - ❖ **Tensión axial:** Se acondiciona la muestra a -5 °C durante una hora, inmediatamente se somete, uno por uno, a los cables a una tensión de 1000 N durante 30 minutos cada uno. La prueba se repite a +45 °C. Al finalizar la prueba en todos los cables, se realiza la prueba de sobrepresión para verificar la integridad del cierre.
  - ❖ **Torsión:** Se acondiciona la muestra a -5 °C durante una hora. A una distancia de 10 veces el diámetro del cable a partir del extremo del cierre, se aplica el torque necesario para que gire radialmente 90° o se tenga un torque de 50 N·m (lo que ocurra primero). Se retiene este esfuerzo durante 5 minutos, se regresa a su posición original y se gira 90° o a un torque de 50 N·m, se mantiene en esta posición durante 5 minutos y se regresa a su

posición original. Este procedimiento se repite 5 veces en cada uno de los cables instalados en el cierre. La prueba se repite a +45 °C. Al finalizar la prueba en todos los cables, se realiza la prueba de sobrepresión para verificar la integridad del cierre.

- ❖ **Flexión:** Se acondiciona la muestra a -5 °C durante una hora. A una distancia de 10 veces el diámetro del cable a partir del extremo del cierre, se aplica la fuerza necesaria para flexionarlo a un ángulo de 45° respecto a la horizontal o la fuerza máxima permitida según el diámetro del cable. Se mantiene la flexión durante 5 minutos, se regresa a su posición original y se repite el procedimiento en dirección opuesta. Lo anterior se repite 5 veces cubriendo las cuatro direcciones de flexión (arriba y abajo, derecha e izquierda) y en cada uno de los cables instalados en el cierre. La prueba se repite a +45 °C. Al finalizar la prueba en todos los cables, se realiza la prueba de sobrepresión para verificar la integridad del cierre.

- **Envejecimiento térmico:** Se utiliza el espécimen empleado en la prueba de hermeticidad, a 41.4 kPa  $\pm$  3 kPa (6 psi  $\pm$  0.5 psi) de presión interna a una temperatura de 20 °C  $\pm$  2 °C. Se calienta el horno a 60 °C  $\pm$  2 °C hasta que se estabiliza. Se coloca el espécimen de prueba libremente expuesto en todos sus lados a aire forzado con una velocidad de 30 m/min a 60 m/min y sin tener exposición a ningún tipo de luz durante 168 horas (7 días) continuas. Al finalizar la prueba, se retira el cierre del horno y se acondiciona a temperatura ambiente por lo menos 16 horas y no más de 6 días. Finalmente, se realiza la prueba de sobrepresión para verificar su integridad.

- **Realización de pruebas de campo.**

- Se entregaron 5 muestras correspondientes al kit básico del cierre de empalme (Figura 6) para ser utilizadas en diferentes situaciones dentro de la red de *TELMEX*.
- Los cierres fueron instalados en configuraciones donde el cierre de empalme *FOSC450-BS* presentó limitaciones para la conexión de cables, principalmente con cables de 144 fibras.
- Participé en la instalación de 2 cierres en dos diferentes *Centros de Distribución Óptico (CEDO)* de redes secundarias de Fibra Hasta la Casa (*Fiber To The Home, FTTH*) sirviendo como apoyo para el seguimiento de las instrucciones enlistadas en el Manual de Instalación del Cierre. La conexión de los *CEDOs* fue realizada por personal técnico de *Grupo Carso* bajo la supervisión y apoyo de personal de *TELMEX* y de *WPT*. Ambos *CEDOs* fueron instalados en la Ciudad de México.
- Participé en el armado de un cierre en configuración de Empalme Recto de 144 fibras en la construcción de un anillo de fibra óptica en el Estado de México. Preparé los cables a empalmar de acuerdo al Manual de Instalación del Cierre y realicé el acomodo de todos los tubos holgados en las charolas de empalme. Los empalmes por fusión de fibra, fueron realizados por personal técnico de *Grupo Carso*.
- Los dos cierres restantes fueron instalados por personal técnico de *TELMEX* en un par de fosas de cables. En estos escenarios no hubo participación directa de *WPT*

*México* debido a la solicitud realizada por *TELMEX* para ser instaladas siguiendo únicamente el Manual de Instalación del Cierre de Empalme.

## 7. Resultados

Una de las partes más importantes durante el proceso de homologación, son los resultados de las pruebas realizadas y que se describieron en el apartado anterior; principalmente, aquellos emitidos por el laboratorio *CIDEC*. Los resultados de medición óptica son la parte complementaria a las pruebas mecánicas.

### 7.1. Medición de potencia óptica

La medida de la potencia de un enlace de fibra óptica es una prueba que se realiza al final de la instalación. Debido a que la atenuación depende de la longitud de onda de la luz, debe utilizarse la misma que la del equipo de comunicación.

La verificación de la atenuación en la fibra óptica, se realiza a través de la medición de la potencia. La unidad utilizada para tal propósito es el decibel (dB), ya que es una unidad de medida muy común en comunicaciones para determinar la ganancia (o pérdida) de un sistema. El decibel es la relación de potencias, voltajes o niveles de corrientes entre dos puntos, de forma logarítmica.

$$G_{(dB)} = 10 \times \log_{10} \left( \frac{\text{Potencia de Salida}}{\text{Potencia de entrada}} \right)$$

Siempre que la potencia de salida sea menor que la potencia de entrada, el valor de ganancia será negativo. Este valor puede ser considerado como el valor de la pérdida de la luz  $L_{(dB)}$ :

$$L_{(dB)} = -G_{(dB)}$$

El decibel no es una medida absoluta de potencia. Una medida absoluta de potencia del decibel es el dBm, que está definido como la relación de la potencia medida a una de referencia de 1 mW.

$$P_{(dBm)} = 10 \times \log_{10} \left( \frac{\text{Potencia de salida}}{1 \text{ mW}} \right)$$

### 7.2. Pérdidas de potencia óptica

La potencia de un haz de luz que viaja a través de una fibra pierde potencia conforme aumenta la distancia. La pérdida de potencia depende de la longitud de onda de la señal y del material por donde viaja la luz. A una longitud de onda de 1550 nm se tienen las pérdidas más bajas y se usa para transmisiones de larga distancia.

Las pérdidas de potencia de una fibra se miden en *decibeles* (dB). Dicha pérdida se puede deber a diferentes factores. Estas pérdidas se clasifican en intrínsecas y extrínsecas.

- Intrínsecas:
  - Pérdidas por curvatura: Ocurren en todas las curvas de una fibra óptica debido al cambio de ángulo de incidencia en la frontera núcleo-revestimiento. Si el radio de

curvatura es mayor que el radio de curvatura mínimo de la fibra, las pérdidas son despreciables. Curvas muy pronunciadas del núcleo, con radios de unos cuantos milímetros, pueden causar pérdidas de potencia; estas pérdidas se denominan pérdidas por *microcurvaturas*.

- Pérdidas por conexión y empalme: Ocurren en todos los empalmes ópticos. Los empalmes mecánicos son los que presentan la mayor pérdida de potencia, y generalmente se encuentran en el rango de 0.2 dB a 1.0 dB. Las pérdidas por fusión son las más pequeñas y por lo regular son menores a 0.2 dB. Con un buen equipo, y correcta manipulación del mismo, se tienen pérdidas máximas de 0.07 dB. Las pérdidas en los conectores dependen fuertemente del tipo de conector y oscilan entre 0.3 dB y 1.5 dB. Además, existen otros factores que influyen en estas pérdidas, tales como suciedad en el corte, un corte mal realizado, desalineamiento de los núcleos, desadaptación del índice de refracción, entre otros.
- Extrínsecas:
  - Pérdidas inherentes a la fibra: Las pérdidas que no se pueden eliminar durante el proceso de fabricación de la fibra se deben a las impurezas del vidrio y la absorción de luz a nivel molecular. Las pérdidas debidas a las variaciones en la densidad óptica, composición y estructura molecular se denomina *dispersión de Rayleigh*. La absorción de luz a nivel molecular se debe principalmente a los contaminantes en el vidrio, sobre todo las moléculas de agua. Estas moléculas de agua son la principal causa de que aumente la atenuación en las fibras cuando éstas envejecen.
  - Pérdidas que resultan de la fabricación de la fibra: Es muy importante mantener la precisión durante el proceso de fabricación para evitar las pérdidas de rayos luminosos. Una variación de 0.1 % en el diámetro del núcleo, puede causar pérdidas de hasta 10 dB por kilómetro.
  - Reflexión de Fresnel: Ocurre en cualquier frontera donde se presenta un cambio del índice de refracción, lo que causa que parte de la luz incidente sea reflejada al primer medio. La cantidad de luz que se refleja puede ser calculada mediante la siguiente expresión:

$$\text{Luz reflejada (\%)} = [(n_1 - n_2)^2 / (n_1 + n_2)^2] \times 100$$

donde  $n_1$ : Índice de refracción del núcleo.

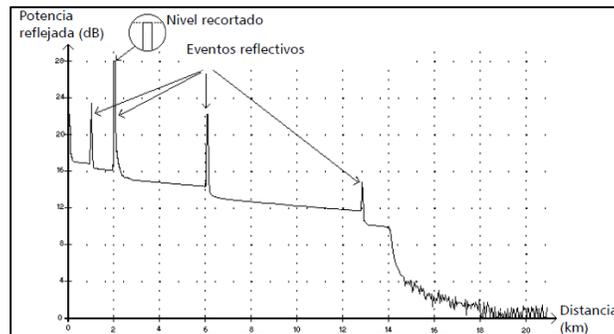
$n_2$ : Índice de refracción del aire.

En un conector de fibra la potencia reflejada se encuentra alrededor del 8 % en la frontera aire-vidrio. Esto se puede observar fácilmente en la traza de un *OTDR* (por sus siglas en inglés: *Optical Time Domain Reflectometer*).

### 7.3. Eventos comunes en trazas de OTDR

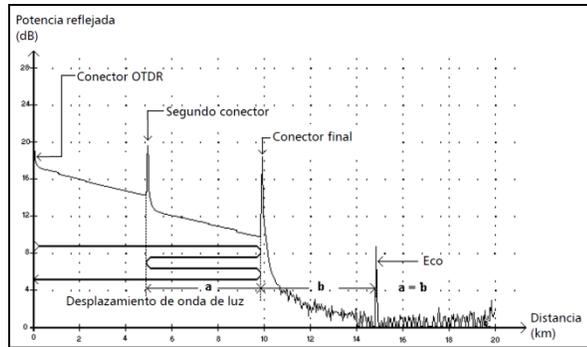
A continuación, se muestra una breve descripción de los eventos más comunes, y su símbolo, presentados al realizar las mediciones de potencia en un enlace de fibra óptica:

- Inicio del segmento** ↕  
 Es el evento que indica el comienzo del segmento de fibra. Este inicio de segmento se coloca de forma predeterminada en el primer evento de una fibra probada ya que corresponde a la conexión entre el OTDR y la fibra a través de la bobina de lanzamiento.
- Final del segmento** ↕  
 Es el evento que marca el final de la fibra probada. Se coloca, de forma predeterminada, en el último evento registrado. Este evento se puede ajustar para seleccionar otro evento como final de segmento cuando se desea analizar cierta longitud de la fibra.
- Evento no reflectivo** ↘  
 Se caracteriza por la repentina disminución del nivel de señal. Aparece como una discontinuidad de la pendiente de la señal de la traza. Es causado principalmente por empalmes, macrocurvaturas o microcurvaturas en la fibra.
- Evento reflectivo** ↗  
 Éstos aparecen como picos en la traza de la fibra. Son causados por una discontinuidad abrupta del índice de refracción. Este tipo de evento hace que una parte significativa de la energía inicial emitida se refleje hacia el origen. Puede indicar la presencia de conectores, empalmes mecánicos o empalmes de fusión de baja calidad o con grietas. Esta punta de la gráfica (Figura 10) puede verse recortada debido a la saturación del detector.



**Figura 10.** Gráfica OTDR de un evento “Reflectivo”.  
 Recuperado de: Manual OTDR EXFO.

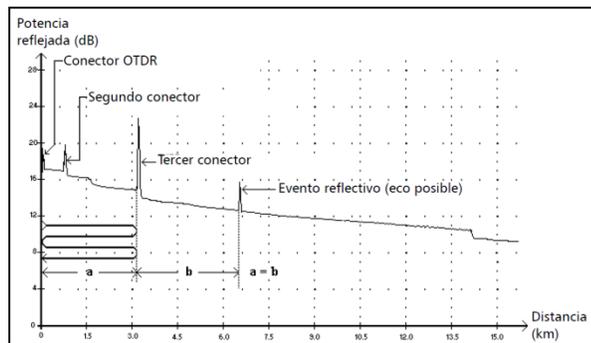
- Evento positivo** ↗  
 Indica un empalme con ganancia aparente. Se debe a la unión de dos secciones de fibra con características de retrodifusión diferentes. El valor presentado no indica la pérdida real; para ello, es necesario realizar mediciones bidireccionales.
- Eco** ↗  
 Indica un evento reflectivo después del extremo de la fibra. El pulso se desplaza hasta el conector final y se refleja hacia el OTDR, alcanza el segundo conector y se vuelve a reflejar hacia el conector final; finalmente se refleja hasta el OTDR. La distancia entre el conector final y la reflexión del conector anterior es igual a la distancia entre la reflexión del conector final y el eco. La Figura 11 muestra la gráfica de un evento “Eco”.



**Figura 11.** Gráfica OTDR de un evento "Eco".  
Recuperado de: Manual OTDR EXFO.

- Evento reflectivo (eco posible)**

Este símbolo representa un evento que puede ser una reflexión real o un eco debido a otra reflexión. El pulso emitido llega al tercer conector, se refleja hacia el OTDR y se refleja nuevamente en la fibra. Llega al tercer conector, por segunda ocasión, y se vuelve a reflejar hacia el OTDR. La aplicación detecta un evento reflectivo al doble de la distancia del tercer conector. La Figura 12 muestra la gráfica correspondiente a un "Eco posible".



**Figura 12.** Gráfica OTDR de un "Eco posible".  
Recuperado de: Manual OTDR EXFO.

## 7.4. Resultados de laboratorio

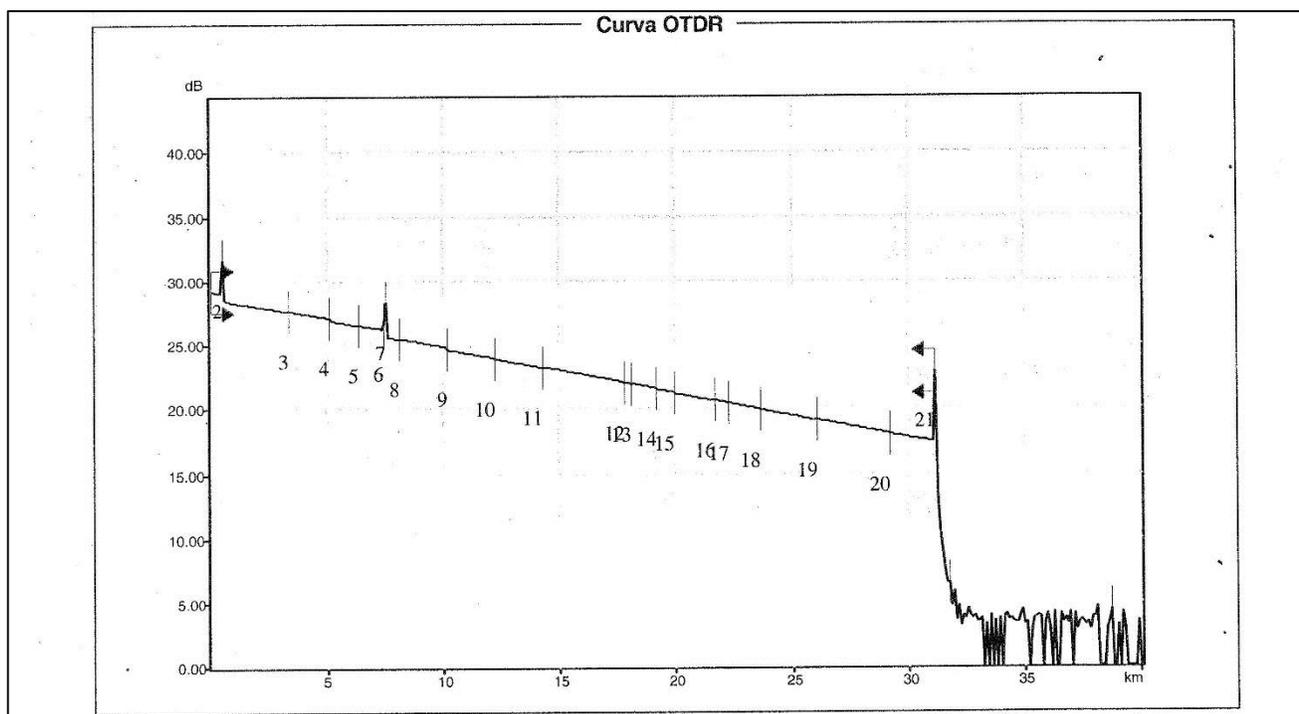
El Reporte de pruebas al Cierre de Empalme FFD2000LX-T de WPT fue entregado en forma digital en un documento PDF. En dicho reporte se resume lo siguiente:

- Se realizó la preparación del cierre de acuerdo a lo indicado en el instructivo de instalación.
- Se verificó la colocación de 12 tubos holgados dentro de la canasta de almacenamiento sin exceder el radio de curvatura en el doblez de los tubos.
- Se utilizó una derivación, así como el multipuerto donde se instalaron cuatro cables SOTV de 6mm de diámetro externo.
- Se verificó la hermeticidad de la caja de empalme mediante una prueba de sobrepresión durante 30 minutos, posteriormente de hermeticidad durante 24 horas y se finalizó con una prueba de inmersión en agua durante 7 días. El resultado fue satisfactorio en todos los casos ya que no ingresó agua al interior del cierre.

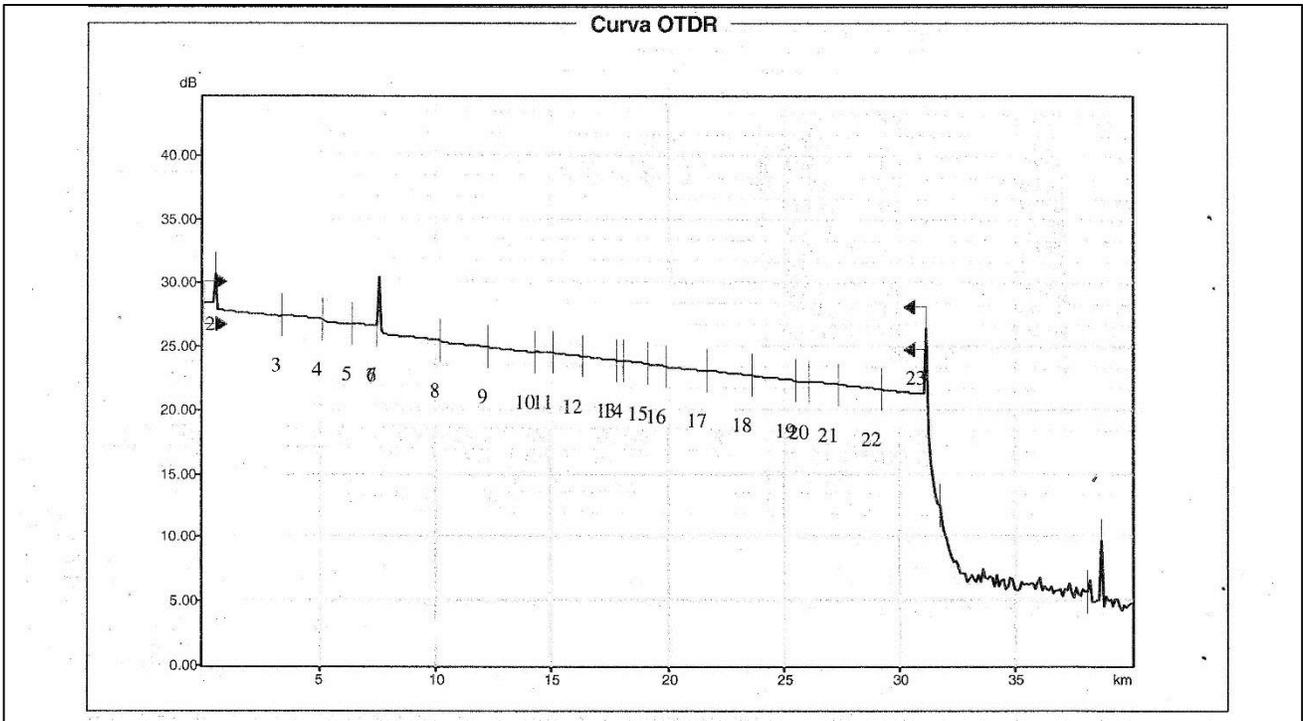
## 7.5. Resultados de prueba de campo

Las gráficas mostradas en las Figuras 13 – 18, corresponden al *Informe OTDR* de las 6 fibras que presentaron algún tipo de evento que podría afectar significativamente la transmisión de información a lo largo de la red. Este informe corresponde a las fibras de un anillo que fue construido en el Estado de México. La longitud del anillo es de aproximadamente 30 km.

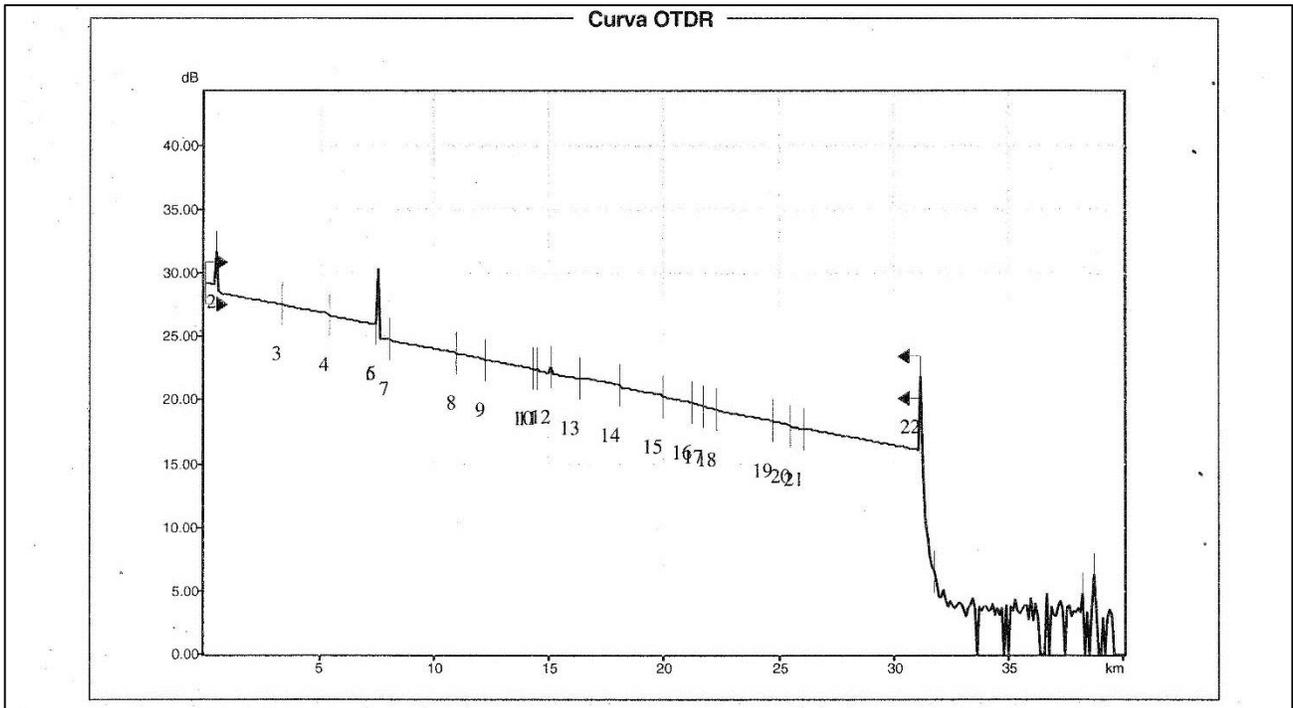
Cada uno de los puntos marcados a lo largo de la gráfica corresponde a un evento presentado durante la construcción del anillo de fibra óptica. El primer punto, marcado con el número 2, representa el evento debido a la conexión entre la bobina de lanzamiento y la fibra bajo prueba. El resto de los eventos, corresponden a empalmes por fusión de fibra. Los picos mostrados en la gráfica muestran un problema de atenuación por reflexión.



**Figura 13.** Informe OTDR. Traza de la fibra 1.



**Figura 14.** Informe OTDR. Traza de la fibra 2.



**Figura 15.** Informe OTDR. Traza de la fibra 3.

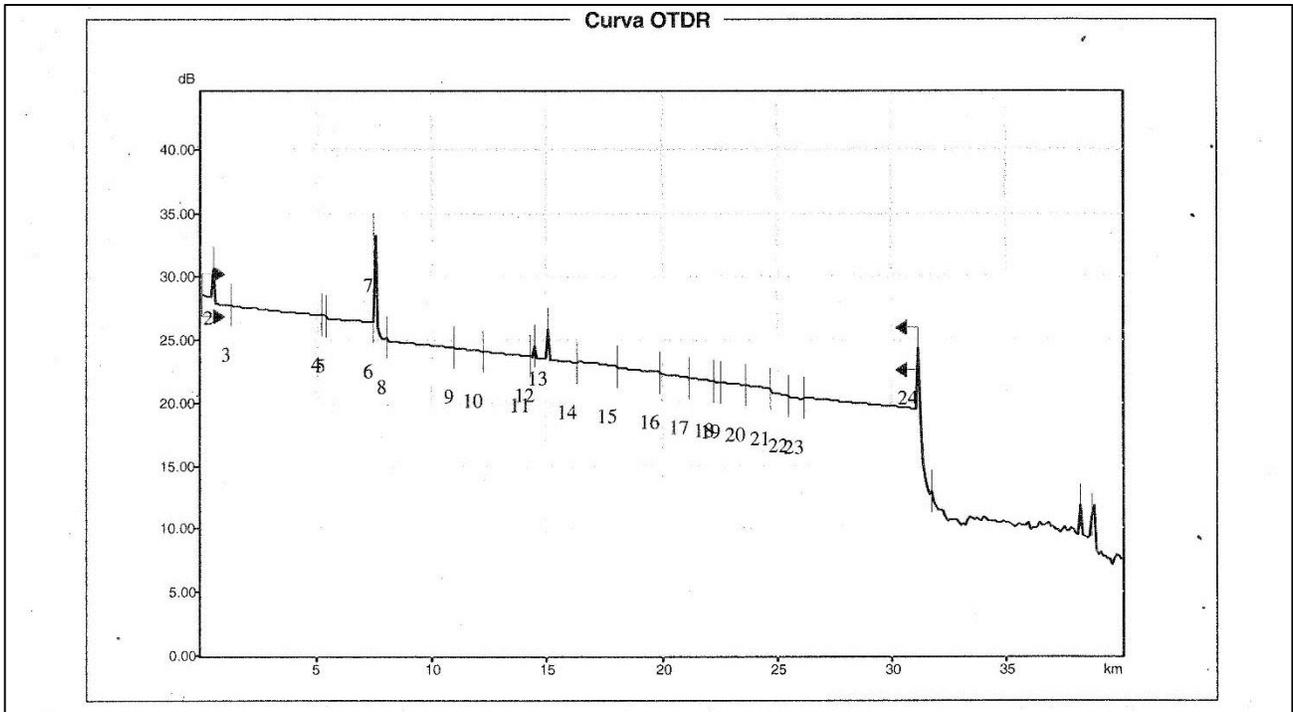


Figura 16. Informe OTDR. Traza de la fibra 4.

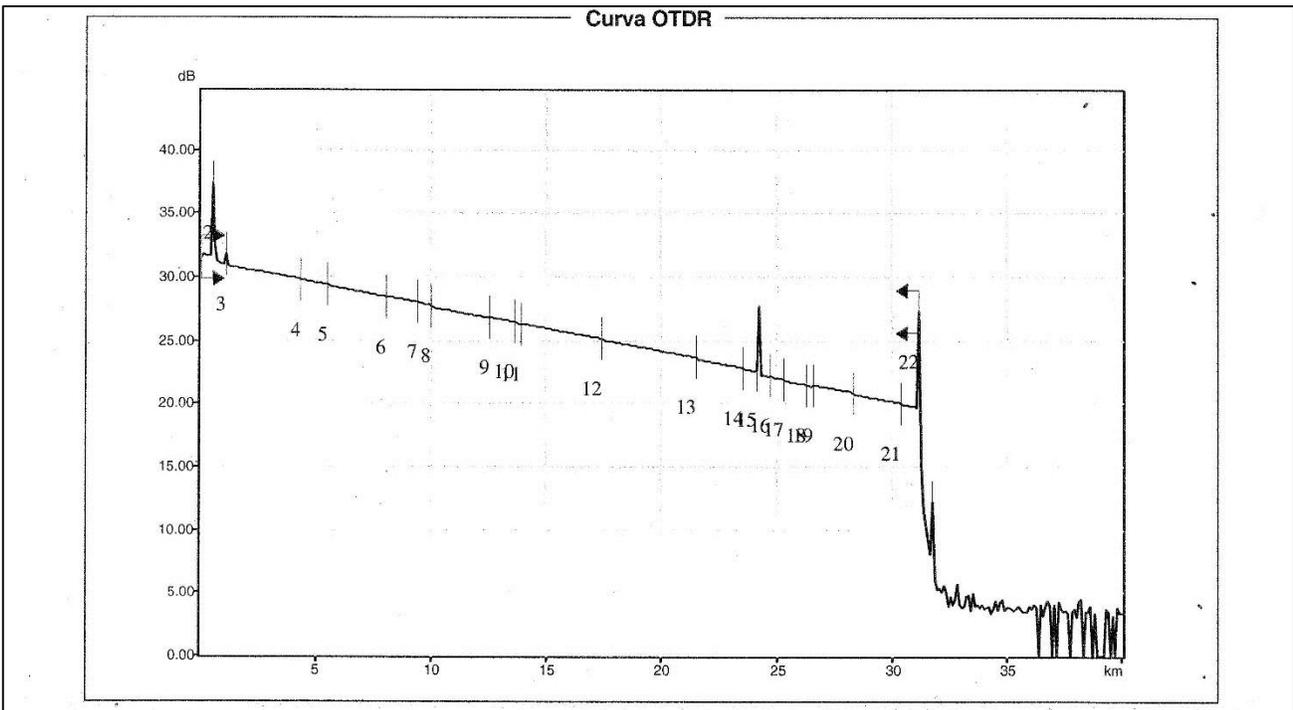
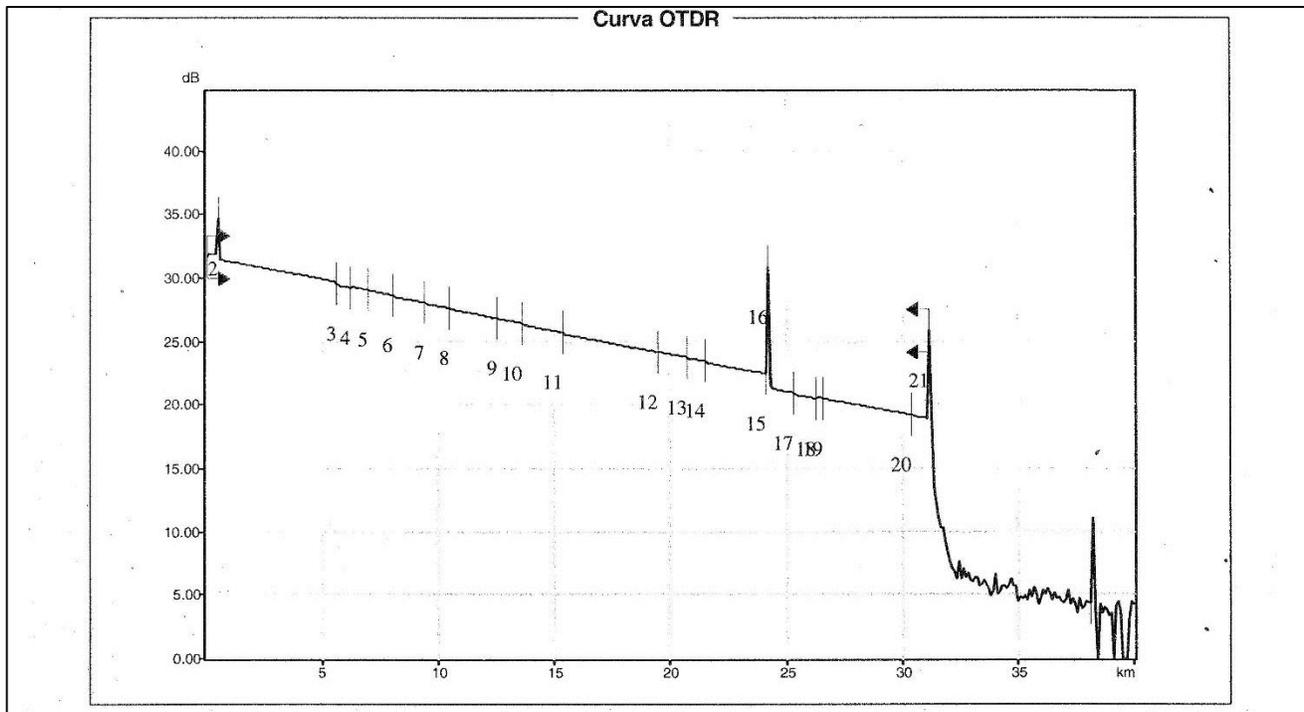


Figura 17. Informe OTDR. Traza de la fibra 5.



**Figura 18.** Informe OTDR. Traza de la fibra 6.

Dadas las descripciones de los eventos y los resultados obtenidos en el informe OTDR, se observa que, en todos los casos, los problemas de atenuación presentados corresponden principalmente a empalmes por fusión de fibra mal realizados o microcurvaturas al momento de realizar la organización de los tubos holgados y/o fibras ópticas de los cables. Estos problemas se deben principalmente a errores cometidos por el personal técnico durante el armado del cierre de empalme, organización de tubos holgados de los cables y/u organización de las fibras ópticas en las charolas de empalme.

Lo anterior, se corrigió al realizar nuevamente los empalmes por fusión, reorganizando los tubos holgados en la canasta de almacenamiento y reorganizando las fibras en la charola organizadora de empalme. Una vez que se han realizado las acciones correspondientes para la corrección de problemas, se realiza una vez más la prueba en la o las fibras en las que se realizó el cambio y se prueban con el OTDR para emitir el reporte correspondiente de dichas fibras. El reporte *OTDR* de las fibras corregidas no fue proporcionado a *WPT*.

## 8. Conclusiones

Conforme al reporte de resultados de las pruebas realizadas al cierre de empalme *FFD2000LX-T* en el laboratorio *CIDEC* en la ciudad de Querétaro, se concluye lo siguiente:

1. Puede ser instalado siguiendo las instrucciones del manual de instalación. Esto implica que el personal técnico es capaz de realizar su instalación sin la necesidad de tomar capacitación técnica al respecto.
2. Es capaz de almacenar y resguardar todos los tipos de cables utilizados por *TELMEX* de 6 – 24 [mm] de diámetro externo, principales y de derivación.
3. El cierre de empalme *FFD2000LX-T* es capaz de resguardar un par de cables principales de 144 fibras ópticas cada uno (*Riser* y de Planta Externa).
4. La canasta de almacenamiento puede resguardar 3.0m de tubos holgados (12 tubos holgados con 12 fibras cada uno); el requerimiento exige resguardar 2.5m de tubos holgados mínimo.
5. Cumple con las especificaciones de hermeticidad para cierres instalados en aplicaciones subterráneas.
6. Cumple con las especificaciones de retención de cables (tracción, flexión y torsión) en todos los puertos de entrada/salida (principales y de derivación).
7. Tiene la capacidad para retener el cable tipo *Riser* de 144 fibras (con o sin miembro central de tracción). El cierre *FFD2000LX-T* fue el único, de los que se presentaron, capaz de cumplir con esta solicitud.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de campo y trazas del *OTDR*:

1. Asegura la integridad de 144 empalmes por fusión de fibra.
2. Cumple con el radio de curvatura mínimo (88mm) para los tubos holgados resguardados en la canasta de almacenamiento.
3. Cumple con el radio de curvatura mínimo (30mm) de fibras organizadas en las charolas de empalme.
4. Tiene la capacidad para resguardar dos divisores (*splitters*) ópticos en cada una de las charolas de empalme.
5. Por lo anterior, es apto para la conexión del *CEDO* en los distritos de *FTTH*.
6. Cumple con la solicitud de resguardar las 144 fusiones de un empalme recto, como se demostró al realizar este ejercicio en la intervención realizada en la construcción de un anillo de fibra óptica en el Estado de México.

Finalmente, debido al cumplimiento de las pruebas de calidad y los requerimientos solicitados, se aprobó la homologación del cierre de empalme *FFD2000LX-T* de *WPT*. Con lo anterior, se demostró que este cierre posee la capacidad para realizar todos los escenarios presentados por parte del Departamento de Ingeniería de *TELMEX* y cumplir con los valores establecidos para las variaciones de potencia una vez realizados los empalmes por fusión (se mantuvo una variación menor a 0.05dB en todas las pruebas realizadas).

El cierre de empalme *FFD2000LX-T* sustituye completamente al cierre de empalme *FOSC450-BS*. Es el único cierre de empalme tipo domo que será utilizado por *TELMEX* en la construcción y mantenimiento de sus redes de fibra óptica.

## 9. Referencias

- Telcordia (2008). *Generic Requirements for Fiber Optic Splice Closures*. GR-771-CORE. Estados Unidos: Telcordia.
- TELMEX (1993). *Norma técnica de producto EB-2-36: Cajas herméticas para empalmes de cables de fibra óptica*. México: TELMEX.
- TELMEX (1993). *Norma técnica de producto EB-2-47: Especificaciones funcionales para cierres herméticos para empalmes de cables de fibra óptica*. México: TELMEX.
- TELMEX (2012). *Boletín técnico B/03/045/02: Uso y colocación del cierre FOSC 450 BS para empalmes de fibra óptica*. México: TELMEX.
- Chomycz, B. (2002). *Instalaciones de fibra óptica: Fundamentos, técnicas y aplicaciones*. España: McGraw-Hill Interamericana de España, S. A. U.
- Bass, M. *et al.* (2010). *Handbook of Optics. Volume II: Design, Fabrication, and Testing; Sources and Detectors; Radiometry and Photometry*. Estados Unidos: Mc Graw Hill.
- Giancoli, Douglas G. *et al.* (2010). *Física II*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- WPT (2016). *WPT Corporative Overview*. Estados Unidos.

### Videos

- WPT (2015). *Video de instalación del cierre FFD2000LXT*. México.

### Páginas web

- Western Pacific Telecommunications. México (2017). <http://www.wptele.com.mx>

## 10. Anexos

- a. **Instructivo de instalación simplificado del cierre de empalme FFD2000LX-T.** Se muestran las 3 primeras páginas del mismo.
- b. **Informe OTDR de pruebas en campo.** Se muestran las 3 primeras páginas del reporte OTDR. Información correspondiente a la primera fibra con problemas de transmisión.
- c. **SLPT-0009-2015. Reporte de pruebas al cierre de empalme FFD2000LX-T de WPT.** Se muestra la carátula del reporte de pruebas emitido por el laboratorio CIDEC.
- d. **Glosario**

**a. Instructivo de instalación simplificado del cierre de empalme FFD2000LX-T.**



## **INSTRUCTIVO DE INSTALACIÓN**

FIREFLY FIBER DOME CLOSURE FFD2000LX-T

(CIERRE LUCIERNAGA PARA CABLES DE FIBRA OPTICA FFD2000LX-T)

### **CONTENIDO**

INSTRUCTIVO DE INSTALACIÓN .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. GENERAL .....	2
2.1. ABREVIATURAS.....	2
2.2. HERRAMIENTAS SUGERIDAS .....	2
2.3. CONTENIDO DEL KIT POR UNIDAD .....	2
2.4. ACCESORIOS .....	3
3. SELECCIÓN DEL EMPAQUE OVALADO E INSERTO REDUCTOR.....	4
4. INSTALACIÓN DE CABLE DE PLANTA EXTERNA.....	5
4.1. INSTALACIÓN EN EL PUERTO OVAL .....	5
4.2. PREPARACIÓN PARA EL EMPALME.....	7
4.3. EMPALME .....	7
4.4. TRANSPORTE DE FIBRAS DE UNA CHAROLA A OTRA.....	8
4.5. FIBRAS DE PASO Y FIBRAS MUERTAS .....	8
4.6. MANIPULACIÓN DE LOS TAPONES EN PUERTOS DE DERIVACIÓN.....	8
4.7. AGREGAR UNA DERIVACIÓN .....	9
5. AGREGAR UNA DERIVACIÓN CON CABLE SOTEN Y SaOTV.....	10
6. INSTALACIÓN DE CABLE TIPO RISER.....	11
6.1. INSTALACIÓN EN EL PUERTO OVAL .....	11
6.2. ORGANIZACIÓN DE LAS FIBRAS MUERTAS .....	12
6.3. RECOMENDACIONES PARA ORGANIZAR LAS FIBRAS EN LA CHAROLA DE EMPALME .....	12
6.4. AGREGAR UNA DERIVACIÓN DE CABLE RISER .....	13
7. SELLADO DEL CIERRE.....	14
8. VERIFICACIÓN DE HERMETICIDAD.....	14
9. INSTALACIÓN DEL SOPORTE DEL CIERRE.....	14
ANEXO 1. CONTINUIDAD DE PANTALLA Y CONEXIÓN A TIERRA.....	15

## 1. INTRODUCCIÓN

## 2. GENERAL

### 2.1. ABREVIATURAS

### 2.2. HERRAMIENTAS SUGERIDAS



1. Llave hexagonal MK216+V (3/8"-7/16").
2. Tijeras de cablista.
3. Desarmador plano.
4. Desarmador de cruz.
5. Pinzas.
6. Llave de copa 24mm.

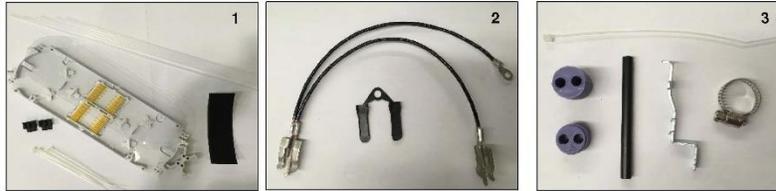
### 2.3. CONTENIDO DEL KIT POR UNIDAD (SIATEL:

10,5853)



1. Base (1).
2. Base (1) con sistema de sujeción de cables, 6 derivaciones con isopoc y empalmes de 12mm de diámetro, sistema de continuidad a tierra, válvula de presurizado, soporte para chumbras, 1 charota con sujetador de tubos de empalme de F.C. de 24 posiciones y tapa de plástico transparente, porta divisores de 2 posiciones, 6 chumbras plásticas, tira de velcro con adhesivo, 2 tiras de transporte de 20" de longitud, 2 placas de retención para cables de puerto oval, cinturón de velcro de 22" de longitud para sujeción de charolas.
3. Abrazadera de plástico para base y dorno (1).
4. Empaques para base y dorno (1).
5. Grapas sujetadoras de cable y miembro central para puertos de derivación (6).
6. Abrazaderas metálicas 7/16"-25/32", 5/16" (6).
7. Abrazaderas metálicas 1/2"-29/32", 9/16" (2).
8. Conector ovalado de 16mm/16mm de diámetro interno con placas de compresión (4), tornillos (2), tapones (2), inserto reductor de diámetro a 14mm (2), inserto reductor de diámetro a 12mm (2).
9. Tubos de transporte (2).
10. Cinturones de plástico de 1/6" x 6" (20).
11. Tostillas limitadoras (4).
12. Gel instantáneo (1).
13. Empaques para puertos de derivación de 16mm diámetro interno (6).
14. Roll de cinta de vinil (1).
15. Llave de copa de 24mm (1).
16. Instructivo de instalación (1).
17. Empaque ovalado de 24mm de diámetro interno con placas de compresión (4), tornillos (2), tapón (1), inserto reductor de diámetro a 18mm (2), inserto reductor de diámetro a 20mm (2), inserto reductor de diámetro a 22mm (2).

## 2.4. ACCESORIOS



1. Kit de charola con sujetador de mangas de empalme de F.O. de 24 posiciones, porta divisor de 2 posiciones, 5 cinturones plásticos de 1/8" x 6" tira de velcro con adhesivo, 5 hilos de transporte de 20" de largo y tapa de plástico transparente (Modelo: WP107451) (SIATEL: 1045854).
2. Conductor y conector de continuidad de pantalla con terminal de ojillo de 6", 32 AWG. (Modelo: WP4010118) (SIATEL: 1046017).
3. Kit de empaques para derivación de cable de 6mm de diámetro. Incluye: 1 juego de compactos de pins salidos, 1 cinturón de plástico, 1 abrazador metálico de 7/16"- 25/32" x 1/16", 1 grapa de retención de cable, 1 tapón. (Modelo: WP113001) (SIATEL: 1045856)

**b. Informe OTDR de pruebas de campo.**

### Informe OTDR

#### Información del trabajo

Trabajo	:		Razón del trabajo	:	
Contratista	:		Operador A	:	
Cliente	:		Operador B	:	
Fecha de la prueba	:	08/11/2016 (02:46:30 p.m. GMT-6:00)	Archivo	:	45 RESPALDO.TRC

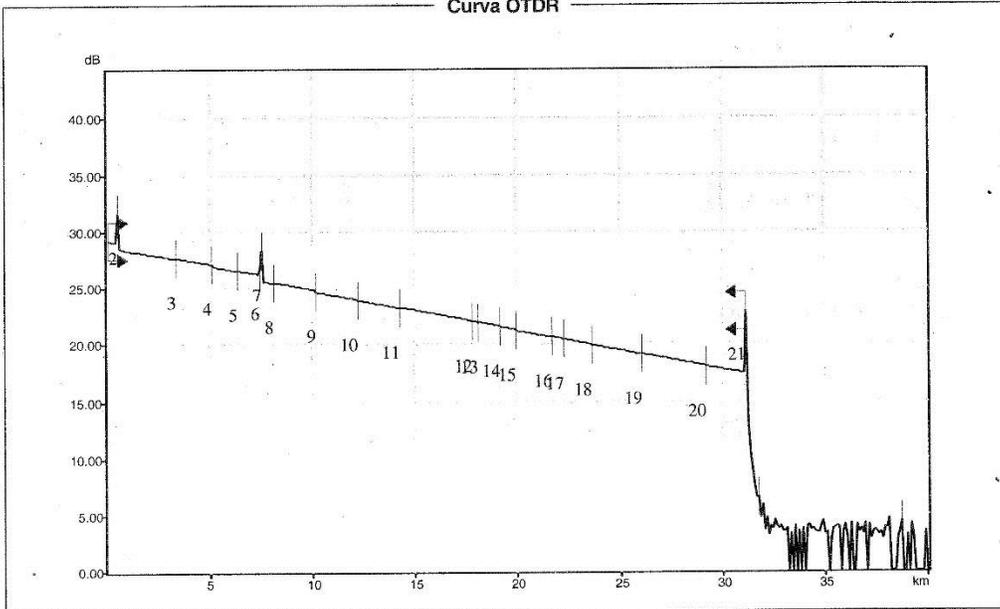
#### Información del cable

ID de fibra	:	145	ID de cable	:	
Ubicación A	:		Ubicación B	:	
Fabric. del cable	:		Tipo	:	
ID de subgrupo	:		Color	:	

#### Mediciones del enlace

Pérdida del segme...	:	11.915 dB	Pérdida por empalme...	:	0.049 dB
Longitud de intervalo	:	31.1650 km	Max. pérdida del emp...	:	0.526 dB
Pérdida promedio	:	0.382 dB/km	ORL del segmento	:	26.61 dB

#### Curva OTDR



Firma : \_\_\_\_\_  
EXFO E. O. Engineering Inc.

Fecha : 11/11/2016  
Página 1 / 6

**Informe OTDR. Traza de la fibra 1.**

## Informe OTDR

Tabla de eventos

N°	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Refl. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	- - -	-65.4		0.000
		Tramo de fibra (0.5413 km)	0.173		0.320	0.173
2	0.5413	Falla reflexiva	0.558	-28.3		0.731
		Tramo de fibra (2.8316 km)	0.886		0.313	1.617
3	3.3728	Falla positiva	-0.078			1.539
		Tramo de fibra (1.7873 km)	0.606		0.339	2.145
4	5.1601	Falla no reflexiva	0.178			2.324
		Tramo de fibra (1.2179 km)	0.385		0.316	2.709
5	6.3780	Falla positiva	-0.057			2.652
		Tramo de fibra (1.1285 km)	0.390		0.346	3.042
6	7.5066	Falla reflexiva	0.046	-27.5		3.088
		Tramo de fibra (0.0600 km)	0.102		1.700	3.190
7	7.5666	Falla no reflexiva	0.526			3.716
		Tramo de fibra (0.5464 km)	0.140		0.256	3.856
8	8.1130	Falla positiva	-0.069			3.787
		Tramo de fibra (2.0515 km)	0.673		0.328	4.460
9	10.1645	Falla no reflexiva	0.185			4.645
		Tramo de fibra (2.0643 km)	0.686		0.333	5.332
10	12.2288	Falla no reflexiva	0.057			5.389
		Tramo de fibra (2.0758 km)	0.697		0.336	6.087
11	14.3046	Falla positiva	-0.084			6.003
		Tramo de fibra (3.4763 km)	1.187		0.341	7.189
12	17.7808	Falla no reflexiva	0.072			7.261
		Tramo de fibra (0.3179 km)	0.111		0.350	7.373
13	18.0987	Falla positiva	-0.062			7.311
		Tramo de fibra (1.0379 km)	0.358		0.345	7.669
14	19.1366	Falla no reflexiva	0.087			7.756
		Tramo de fibra (0.7877 km)	0.260		0.330	8.016
15	19.9243	Falla no reflexiva	0.063			8.079
		Tramo de fibra (1.7732 km)	0.611		0.345	8.690
16	21.6975	Falla positiva	-0.075			8.615
		Tramo de fibra (0.5592 km)	0.196		0.350	8.811
17	22.2567	Falla no reflexiva	0.039			8.849
		Tramo de fibra (1.3928 km)	0.464		0.333	9.313
18	23.6495	Falla no reflexiva	0.052			9.365
		Tramo de fibra (2.4907 km)	0.853		0.343	10.218
19	26.1402	Falla positiva	-0.045			10.173
		Tramo de fibra (3.0550 km)	1.047		0.343	11.220
20	29.1951	Falla no reflexiva	0.041			11.261
		Tramo de fibra (1.9698 km)	0.654		0.332	11.915
21	31.1650	Falla reflexiva	- - -	-15.8		11.915
		Tramo de fibra (0.5541 km)	0.942		1.700	- - -
	31.7190	Eco	- - -	-42.2		- - -
		Tramo de fibra (6.9678 km)	1.742		0.250	- - -
	38.6869	Eco	- - -	-51.9		- - -

### Información de marcadores

A	: S/O	B	: S/O
a	: S/O	b	: S/O
Distancia de A a B	: S/O	ORL de A a B	: S/O
Reflectancia 3-p.	: S/O	Aten. LSA A a B	: S/O
Pérdida p/emp. 4-p.	: S/O		

Firma : \_\_\_\_\_  
EXFO E. O. Engineering Inc.

Fecha : 11/11/2016  
Página 2 / 6

**Informe OTDR (continuación). Tabla de eventos de la fibra 1.**

## Informe OTDR

Configuración de prueba y cable			
Longitud de onda	: 1310 nm (SM-9µm)	Tiempo adqic.	: 45 s
Nombre de archivo	: 45 RESPALDO.TRC	Duración de pulso	: 10 m
Hardware	: AXS-110-23B-04B-EA-EA-PM2X-VFL	Factor helic.	: 0.00 %
Número de serie	: 599209	Umbral de pérdida de...	: 0.020 dB
Software	: S/O	Umbral de reflectancia	: -72.0 dB
Rango	: 40.0000 km	Umbral de final de fibra	: 5.000 dB
IOR	: 1.467700		
RBS	: -79.44		

Firma : \_\_\_\_\_  
EXFO E. O. Engineering Inc.

Fecha : 11/11/2016  
Página 3 / 6

**Informe OTDR (continuación).** Configuración de prueba y cable de la fibra 1.

c. **SLPT-0009-2015. Reporte de pruebas al cierre de empalme FFD2000LX-T de WPT.**

	I & D MANUFACTURA Y METALURGIA	FGG 05 CÓDIGO
	REPORTE DE PRUEBAS A CIERRE PARA EMPALME WPT	SLPT-0009-2015
		Fecha de elaboración 18 Marzo 2015

**Servicios Condumex S. A. de C. V.**  
**Carr. Constitución a S. L. P. km 9.6**  
**Parque Industrial Jurica**  
**Querétaro, QRO. 76127**  
**México**

CLIENTE: WPT MÉXICO

SERVICIO: Pruebas a Cierre para Empalme FIREFLY D2000LX-T WPT.

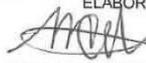
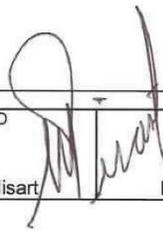
  

CÓDIGO: SLPT-0009-2015

ATENCIÓN: Ricardo Tellez.

ELABORO  Mary Carmen Vázquez L.	REVISO  Pedro Felisart	AUTORIZO  Pedro Felisart	Sustituye a: Nuevo				
			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Pág. no.:</td> <td style="width: 50%;">De:</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">11</td> </tr> </table>	Pág. no.:	De:	1	11
Pág. no.:	De:						
1	11						

#### d. Glosario

CEDO:	Centro de Distribución Óptico.
CIDEC:	Centro de Investigación y Desarrollo Carso.
CO:	Central Office (Oficina Central).
ECS:	Enviromental Sealed Closure (Cierre Sellado Ambientalmente).
EPA:	Enviromental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental).
FBC:	Free-Breathing Closure (Cierre de respiración libre o Cierre Ventilado).
FFD2000LX-T:	Firefly D2000LX-T.
FOSC 450-BS:	Fiber Optic Splice Closure 450-BS.
FTTH:	Fiber To The Home (Fibra Hasta la Casa).
GR:	Generic Requirement (Requerimiento Genérico).
HFC:	Hybrid Fiber Closure (Cierre de Fibra Híbrido).
OSHA:	Occupational Safety and Health Administration (Administración de Seguridad y Salud).
OSP:	Outside Plant (Planta externa).
OTDR:	Optical Time Domain Reflectometer (Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo).
PTC:	Pre-Terminated Closure (Cierre Preconectorizado).
RoHS:	Restriction of Hazardous Substances (Restricción de Sustancias Peligrosas).
TELEMEX:	Teléfonos de México.
TSC:	Taut Sheath Closure (Cierre de Revestidura Rígida).
TWC:	Thin-Walled Closure (Cierre de Paredes Delgadas).
WPT:	Western Pacific Telecommunications.