



**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**



**Dpto. de Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería  
Telemática**

**Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación**

---

**Grado en Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación  
SISTEMAS DE COMUNICACIONES GUIADAS**

**Práctica 6**

**Comprobación de instalaciones de fibra óptica con OTDR**

Noemí Merayo Álvarez  
Juan Carlos Aguado Manzano

# GUIA APRENDIZAJE 6

## COMPROBACIÓN DE INSTALACIONES DE FIBRA ÓPTICA CON OTDR.

### Índice

- Introducción
- Objetivo de la práctica
- Fundamento teórico de los OTDR
  - Tipos de eventos
  - Parámetros configurables del OTDR
  - Errores en las trazas y consideraciones para realizar medidas
- Desarrollo de la práctica
  - Caracterización de un enlace de fibra óptica multimodo mediante un OTDR multimodo
  - Caracterización de una red de acceso pasiva PON (*Passive Optical Network*) mediante un OTDR monomodo

# 1 Introducción

La presente guía se divide en dos partes bien diferenciadas. En la primera parte se explican los fundamentos de los OTDR, los parámetros principales que se pueden configurar en la mayoría de OTDR y cómo se deben interpretar los resultados obtenidos.

La segunda parte constituye el enunciado de la práctica que se va a realizar, que consistirá en enfrentarse a una configuración desconocida que simula una fibra de planta de la cuál queremos obtener los eventos más relevantes.

Es muy importante que lea detenidamente las instrucciones de la práctica. Se ha tratado que los pasos a seguir y los procedimientos estén muy detallados. Si tiene alguna duda pregunte a los profesores que se encuentran en el laboratorio con ustedes, estarán encantados de ayudarles y explicarle algún concepto.

## 2 Objetivo de la práctica

Los objetivos que se pretende con la presente práctica son los que a continuación detallamos:

- Familiarizarse con el equipo OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)
- Configuración de un OTDR para obtener información sobre una instalación con eventos desconocidos.
- Interpretar los eventos que se obtienen en el OTDR.

## 3 Fundamento teórico de los OTDR

El OTDR es un equipo que nos ayudará a comprobar que los enlaces que tengamos en una instalación cumplen una serie de requisitos mínimos. Normalmente estos requisitos están relacionados con la atenuación total del enlace, aunque no suele ser buena idea utilizar los OTDR para medir dicha atenuación. Más bien el OTDR sirve para una vez comprobado que existe algún tipo de problema en la fibra localizar dónde se encuentra dicho problema y en qué puede consistir.

Un OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) es un instrumento optoelectrónico que representan de forma visual distintas información sobre la fibra de planta, como son las pérdidas, longitud, posición y estado de los empalmes y conectores e incluso los cortes que es hayan podido producir dicha fibra.

Por lo tanto los OTDR van a ser útiles en ciertas situaciones como son:

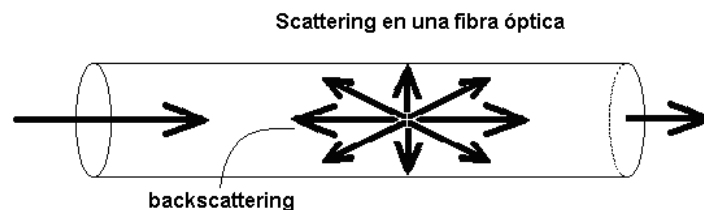
- Instalaciones de redes exteriores de larga distancia, en la que hay empalmes y conectores entre cables, ya que permiten comprobar que estos han sido realizados correctamente.

- También permite ver estiramientos o dobleces en las fibras, provocados por una mala instalación.
- Localización de cortes en los cables de fibra óptica y comprobación de las reparaciones.
- En las fibras monomodo donde reflexiones debidas a malos conectores pueden crear graves problemas, permite localizarlos de una forma muy sencilla.

Los OTDR sin embargo tienen una serie de problemas que se han de conocer a la hora de utilizarlos, alguno de los cuáles señalamos a continuación:

- Los OTDR no deben ser usados para medir pérdidas en el cable. Esta labor es realizada mejor con una fuente y medidor de potencia.
- La limitada resolución en distancia del OTDR es relativamente difícil que pueda ser usado en entornos LAN o de edificios, donde los cables tienen habitualmente unos pocos metros de longitud. El OTDR tiene una gran dificultad en distinguir las características de un cable en una LAN, y muchas veces simplemente lo que hace es confundir al usuario.

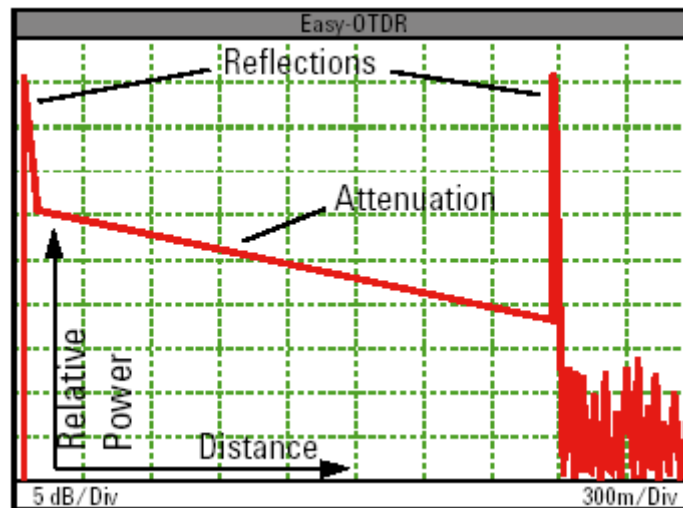
A diferencia de las fuentes y los medidores de potencia que miden las pérdidas de la fibra óptica directamente, el OTDR trabaja de forma indirecta. Sus principios de funcionamiento se basan en el fenómeno físico de la dispersión (scattering). La dispersión constituye el factor más importante de las pérdidas en la fibra. Este fenómeno se debe a la interacción entre los fotones del láser y las moléculas o átomos propios de la fibra. Así, en la fibra la luz es dispersada en todas las direcciones, incluida hacia atrás, como se puede ver en la figura. El OTDR utiliza esta luz dispersada hacia atrás (backscattered) para hacer sus medidas. El procedimiento es relativamente sencillo: el OTDR envía un pulso óptico de potencia elevada y mide la luz que le llega en forma de eco. En cualquier instante de tiempo la luz que el OTDR ve es la luz dispersada por el pulso pasando a través de una región de la fibra. Se puede pensar en dicho pulso como una fuente virtual que va analizando progresivamente la fibra y mandando la información hacia el OTDR. Como es posible calibrar la velocidad del pulso a través de los índices de refracción es posible establecer un correlato entre el instante de tiempo en el cual nos llega la información y el punto de la fibra en la cual se produjo.



**Figura 1.** Dispersión de la luz en una fibra óptica.

Cuando utilizamos un OTDR, lo que vamos a obtener es un gráfico como la que se ve en la figura. En este tipo de gráficos lo que vamos a localizar son los llamados eventos. Denominaremos evento a cualquier situación en la que existan reflexiones o pérdidas

distintas de la propia dispersión que produce la fibra. Ejemplos de tales eventos son todo tipo de conectores así como fallos en la fibra tales como curvaturas o roturas.



**Figura 2.** Resultado típico de un enlace de fibra sin ningún evento importante.

El eje vertical de la gráfica nos da información de la potencia y el horizontal de la distancia. En esta traza en particular podemos destacar:

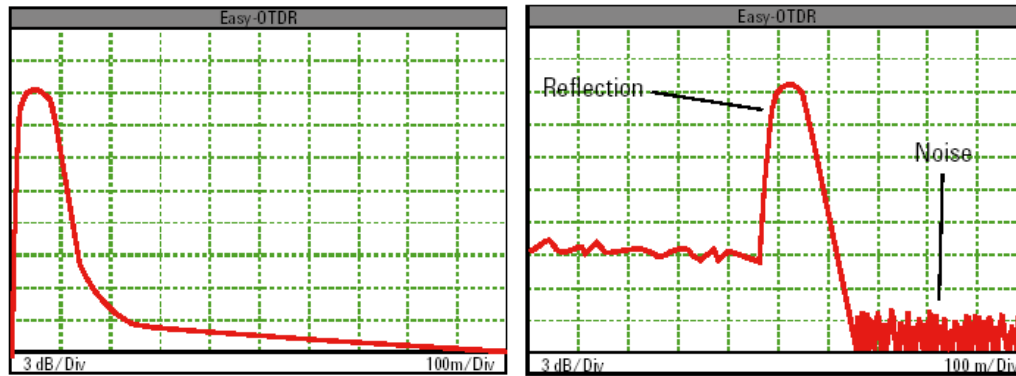
- La potencia óptica va decayendo con la distancia.
- En el extremo inicial y final tenemos dos fuertes reflexiones.
- Después del extremo final de la fibra el nivel de potencia cae hasta el nivel de ruido del aparato.

Este sería por lo tanto el patrón para un enlace con una sola fibra que se encuentra en perfecto estado y que no posee empalmes o conectores. Pero éste no suele ser el caso normal. Principalmente lo que nos va a interesar es testar enlaces en los que habitualmente hay empalmes y conectores, o si fuese necesario detectar la localización de alguna rotura o punto de tensión. Veamos por lo tanto cada uno de los posibles eventos que vamos a poder encontrar.

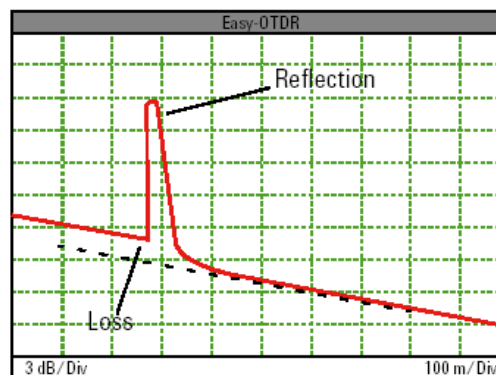
### 3.1 Tipos de eventos

#### Conectores

Los conectores se caracterizan por producir una fuerte reflectividad. Lo normal es tener un conector al principio y al final de la fibra, por lo tanto veremos dos fuertes picos de reflectividad en ambos extremos. La diferencia entre ambos es que en el extremo final, una vez se ha pasado el efecto del conector el nivel de señal cae al nivel de ruido del dispositivo, como se puede ver en la figura. Finalmente, los empalmes o conexiones mecánicas se caracterizan también por un fuerte pico de reflectividad que se produce en mitad de la fibra de planta, pero después de ese pico se observa que continua la suave línea descendente que indica las pérdidas normales de una fibra.



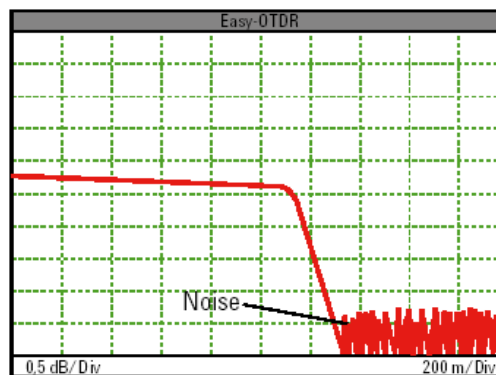
**Figura 3.** Pico de reflectividad al principio y al final de la fibra fruto de los conectores.



**Figura 4.** Patrón de un empalme mecánico.

### Cortes

Los cortes son eventos no reflexivos, se produce una caída de la intensidad hasta el nivel de ruido.

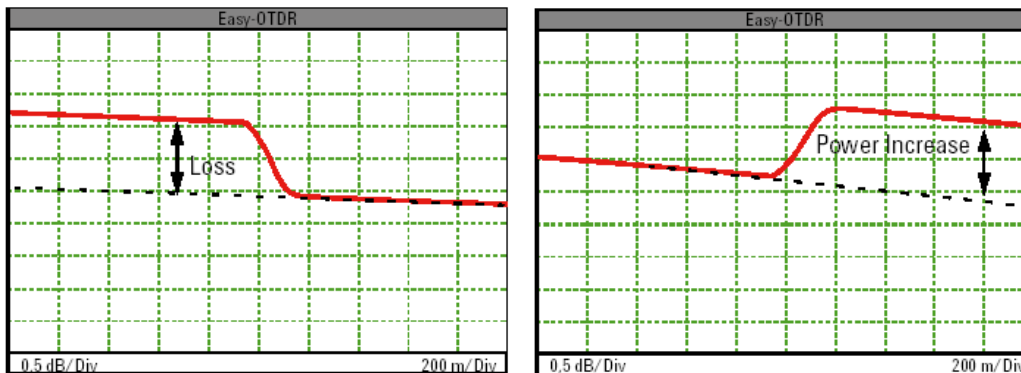


**Figura 5.** Patrón de un corte en una fibra.

### Empalmes por fusión

En el caso de empalmes por fusión no se producen eventos reflexivos, puesto que no se produce un salto de índice de refracción. En esta situación lo normal es detectar algún tipo de pérdida en la fibra, o incluso se puede ver algún tipo de ganancia. En este caso se debe a

la diferencia de los coeficientes de reflexión antes y después del empalme, esto es, una fibra podría ser ligeramente menos dispersiva que otra.



**Figura 6.** Posibles gráficas para el evento de empalme por fusión.

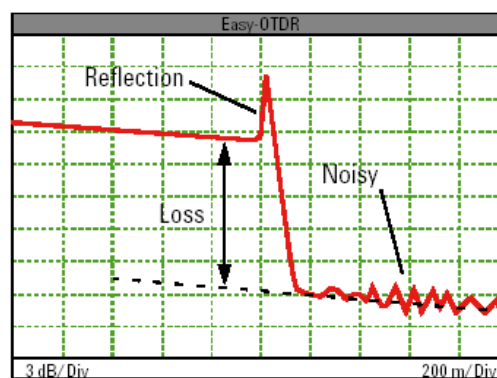
### Curvaturas

Las curvaturas son también eventos no reflexivos. Por lo tanto la gráfica que veremos será la misma que en el caso de un empalme por fusión. Para distinguir ambos tipos de eventos hay dos posibles formas:

- Comprobando los informes de instalación y mantenimiento. En estos informes normalmente están reflejados todos los empalmes y conexiones que tiene la fibra.
- Testeando el sistema a longitudes de onda diferentes. Las curvaturas tienen pérdidas mayores a mayor longitud de onda, frente a los empalmes cuyas pérdidas son más o menos independientes de la longitud de onda. Por ello es interesante hacer medidas a distintas longitudes de onda.

### Cracks

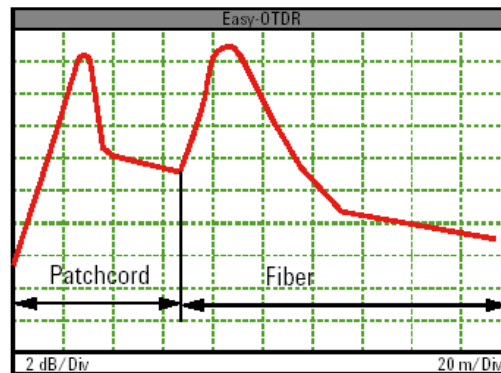
Con este término nos referimos a una fibra que está parcialmente dañada pero cuya continuidad no ha sido completamente destruida. Por lo tanto introducirá reflexiones y pérdidas, tal y como se ve en la figura.



**Figura 7.** Patrón de crack en una fibra

## Pigtails

Denominamos pigtails a tramos relativamente cortos de fibra que tienen en ambos extremos conexiones de tipo mecánico. Esto hará que en ambos extremos se produzca una fuerte reflexión. Sin embargo no suelen ser fáciles de ver debido a la baja resolución de los OTDR en cuanto a distancia, o mejor dicho, debido a que un evento suele encubrir el siguiente por su cercanía. Si los dos eventos están suficientemente alejados o si establecemos parámetros de configuración adecuados en el OTDR veríamos un patrón como el de la figura. Se suele poner un pigtail entre el OTDR y la fibra de planta para poder comprobar desde el principio dicha fibra, dado que la mayoría de los OTDR no son capaces de analizar los primeros metros que se sitúan después de su salida. En algunos casos dicho pigtail puede llegar a medir 1 km.



**Figura 8.** Patrón de un pigtail.

## 3.2 Parámetros configurables del OTDR

En la sección anterior hemos aprendido cuáles son los posibles eventos que se pueden encontrar en una fibra óptica instalada y como distinguir unos de otros. Pero para poder localizar estos eventos es necesario establecer una configuración adecuada del OTDR. El objetivo de esta sección consiste en conocer cada uno de estos parámetros y su influencia en la medida que se va a realizar.

### Índice de refracción

Un OTDR calcula las distancias mediante la medida del tiempo transcurrido desde la transmisión de un pulso de luz hasta la recepción de su reflexión. Esta puede ser por ejemplo la reflexión del conector del panel frontal en la que termina la fibra, o la debida a otro conector. El cálculo de la distancia a partir del tiempo se hace por medio del índice de refracción según la siguiente ecuación:

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow dist = \frac{tiempo \cdot c}{n}$$

Esto quiere decir que un cambio en el índice de refracción supone la modificación de la distancia computada y por tanto en la traza obtenida. Por tanto es necesario conocer exactamente la fibra que estamos empleando para calcular la distancia. Cualquier variación en el índice de refracción dará lugar a grandes imprecisiones.



Dado que el índice de refracción depende de la temperatura, es posible en algunos OTDR establecer la longitud total de la fibra en lugar de dar el índice de refracción. De esta forma el OTDR realiza el cálculo del índice de refracción de la fibra en función de un este dato conocido.

### Coeficiente de dispersión

Un OTDR, no sólo recibe información de eventos, sino también de la fibra misma. A medida que la luz viaja a través de la fibra, ésta se ve atenuada por la dispersión Rayleigh. Este fenómeno es causado por pequeños cambios en el índice de refracción del cristal. Parte de la luz es dispersada directamente hacia el OTDR, fenómeno conocido como *backscattering*.

El coeficiente de dispersión es una medida de cuánta luz es dispersada hacia atrás en la fibra. Esto afecta al valor de las pérdidas de retorno, así como a las medidas de reflectancia. Se calcula como el cociente de entre la potencia óptica del pulso a la salida del OTDR y la potencia de *backscattering* en el extremo más próximo de la fibra. Se expresa en dB, y es inversamente proporcional al ancho del pulso.

Un valor típico es aproximadamente 50 dB por cada microsegundo de ancho de pulso, dependiendo de la longitud de onda y el tipo de fibra.

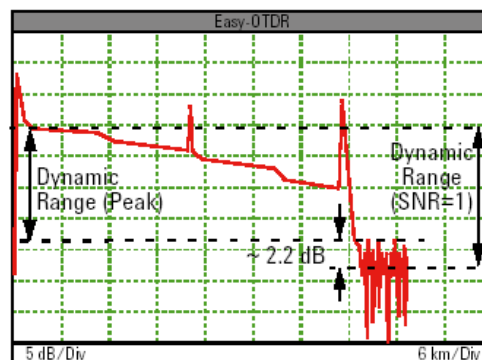
### Rango dinámico

El rango dinámico es una de las características más importantes de un OTDR. Determina la máxima pérdida de potencia entre el comienzo del *backscatter* y los picos de ruido.

Si el sistema testado tiene muchas pérdidas el extremo final no se distingue del ruido. Si no tiene tantas pérdidas, el final aparece claramente por encima del ruido y las roturas son claramente detectables.

El concepto de rango dinámico puede ser fácilmente comprendido en la figura.

Es importante señalar que la traza se ve afectada cerca del nivel de ruido. Por eso se suele exigir que la traza estén unos 6 dB por encima del nivel de ruido para poder medir un empalme de 0.1 dB de atenuación, y se necesitan 3 dB para detectar una rotura. Por ello el rango dinámico del OTDR tiene que ser al menos 3 a 6 dB mayor que las pérdidas totales del sistema.



**Figura 9.** Rango dinámico de un OTDR. Es la diferencia entre la potencia al principio de la fibra y el nivel de ruido

El rango dinámico es dependiente de la configuración del instrumento. Las principales influencias son:

- Ancho del pulso
- Longitud de onda utilizada.

Por tanto, cualquier especificación que el fabricante nos dé sobre el rango dinámico debe venir acompañada de la correspondiente configuración.

La medida del rango dinámica puede dada de dos formas:

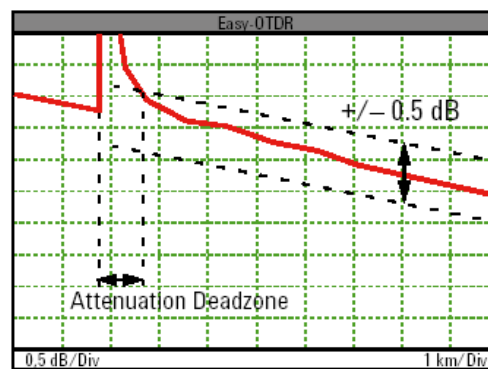
- Relación señal a ruido. (SNR)=1
- Relativa a los picos de ruido.

Ambas medidas se encuentran relacionadas de una forma sencilla: El rango dinámico relativo a los picos de ruido es igual a (SNR)=1 menos 2.2 dB

### Deadzone

Se denomina *deadzone* a aquella región de la traza donde una fuerte reflexión oculta datos de medidas. Esto ocurre debido a que las reflexiones son señales muy fuertes que saturan el receptor, el cual tarde cierto tiempo en recuperarse.

Denominaremos atenuación de la *deadzone* a la distancia que va desde el pico de reflexión hasta que retoma el nivel de *backscatter*. Es fácil determinar el punto de inicio, pero no así el punto donde termina la recuperación. Muchos fabricantes fijan un margen de  $\pm 0.5$  dB alrededor del *backscatter* después de la reflexión. La *deadzone* termina en el punto en el que el *backscatter* permanece dentro de dicho rango. Este parámetro es importante, ya que el tiempo que el dispositivo tarda en recuperarse equivale a un tramo de fibra que permanece oculto a nosotros, y en el cual puede haber un evento (conector o un corte, por ejemplo) que puede pasar inadvertido. Este factor depende principalmente de la calidad el instrumento.



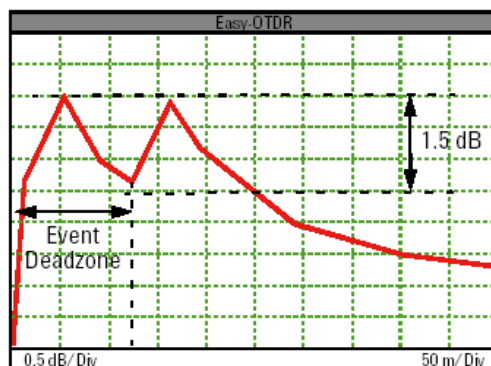
**Figura 10.** Cálculo de la zona de *deadzone* en una traza con un evento reflexivo

### Deadzone de evento

La *deadzone* de evento es la distancia mínima que se necesita para distinguir dos eventos del mismo tipo de forma separada. Por ejemplo, si tenemos dos conectores separados por un par de metros y obtenemos una traza como la que muestra la figura, que podría ser interpretado como una reflexión que tiene dos picos de intensidad. Si los eventos estuvieran

muy juntos dichos picos de reflexión parecerían uno sólo, con lo que seríamos incapaces de detectar el segundo conector.

Este parámetro depende fundamentalmente de la configuración del OTDR y en concreto del ancho del pulso que utilizemos.



**Figura 11.** Dos eventos del mismo tipo juntos pero que se pueden distinguir.

### Ancho del pulso

Este es quizás el parámetro más importante que podemos modificar en una medida, ya que determina la resolución en el cálculo de la distancia, lo que es clave para distinguir los eventos, pero también actúa sobre el rango dinámico del equipo. Cuanto más pequeño sea el pulso, mejor será la resolución. Sin embargo un pulso corto conlleva que el rango dinámico sea más pequeño y la traza podría ser ruidosa.

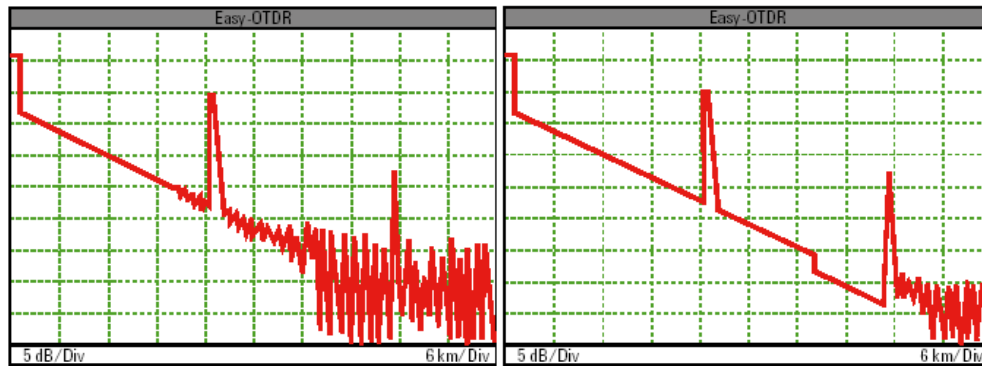
Si se desea medir largas distancias se necesita tener un alto rango dinámico, y por lo tanto el pulso tendrá que ser largo. Sin embargo, un pulso largo hace un cálculo medio de la fibra sobre una sección más amplia, lo que implica una menor resolución.

Dependiendo de cuál sea nuestro objetivo optaremos por una solución u otra. Elegiremos un pulso corto si queremos medir las pérdidas de empalmes y conectores que están muy juntos, y en cambio elegiremos más ancho si queremos detectar una rotura muy lejos.

Tipo de pulso	Ventajas	Inconvenientes	Anchos típicos
Estrecho	Alta resolución	El ruido es mayor	5 ns
	<i>Deadzone</i> de eventos más cortas		10 ns
	Lo eventos juntos se ven mejor		30 ns
			100 ns
			300 ns
Ancho		<i>Deadzones</i> mayores	1 $\mu$ s
	Menor ruido		100 ns
	Mayor rango dinámico		300 ns
	Se detectan eventos más lejanos		1 $\mu$ s
			3 $\mu$ s
			10 $\mu$ s

## Promediado

El OTDR envía pulsos luminosos de forma repetida. Los resultados de cada pulso pueden ser promediados con el resto, de tal forma que se reduce el ruido aleatorio del receptor. Un tiempo de promediado mayor aumenta el rango dinámico, decrementando de este modo el nivel de ruido de OTDR. Los mejores resultados son logrados con unos tres minutos de promediado, aunque sería conveniente leer en cada caso el manual del aparato.



**Figura 12.** Trazas resultado con un tiempo de promediado pequeño y con un tiempo de promediado grande

## 3.3 Errores en las trazas y consideraciones para realizar medidas

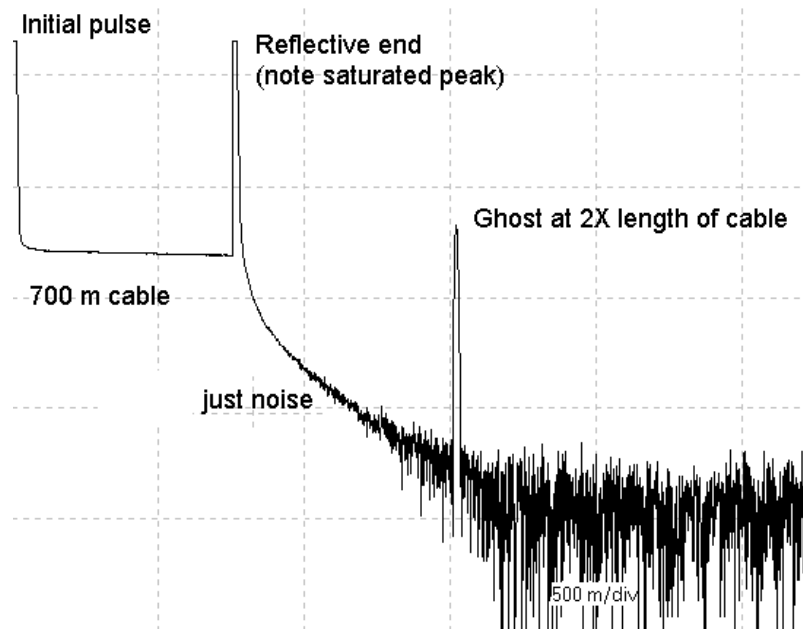
La interpretación de las trazas no es una ciencia exacta. Una traza puede inducir a una mala interpretación haciéndonos creer que hay un problema donde no existe, o al contrario. El objetivo de esta sección es revisar los errores más comunes que se pueden cometer en la interpretación de las trazas, algunos de los cuales ya se han enunciado parcialmente en puntos anteriores.

### Cables de lanzamiento

Como ya se ha comentado para poder medir el principio de nuestra fibra es interesante utilizar un fibra de lanzamiento, que normalmente tiene una longitud de 500 m. La razón para hacerlo así es que la potencia al principio de la fibra es muy alta, de tal forma que pequeñas reflexiones pueden saturar nuestro receptor, creando *deadzones* bastante grandes. En este orden de cosas, los conectores que se utilizan en esta fibra de lanzamiento deben ser con las mínimas reflexiones posibles.

### Ghosts

Cuando se miden cables cortos con conectores altamente reflectantes es muy fácil encontrar “fantasmas” (*ghosts*). Estos son causados por la luz reflejada por el conector del extremo más alejado, la cual se vuelve a reflejar a lo largo de la fibra hasta que es atenuada al nivel de ruido. Los “fantasmas” son muy engañosos, ya que parecen fenómenos reflexivos como conectores, pero no muestran ninguna pérdida. Si se encuentra un fenómeno reflexivo en un punto donde se supone no hay ningún conector y se está usando un cable de lanzamiento con conectores altamente reflexivos, los fantasmas pueden aparecer en múltiplos de la longitud del cable de lanzamiento. Un ejemplo se puede ver en la siguiente figura.



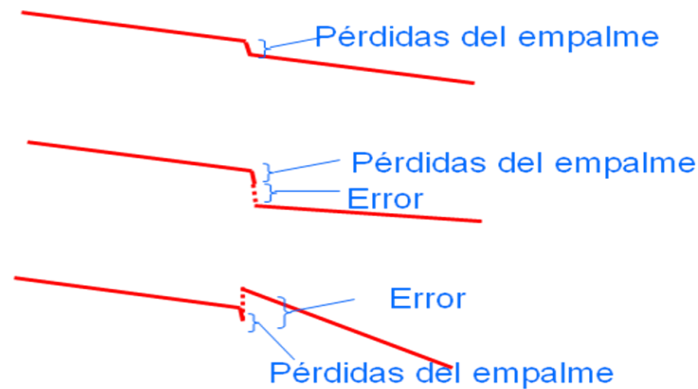
**Figura 13.** Fantasma producido entre el conector del OTDR y el conector de la fibra de lanzamiento con la fibra a medir.

### Errores en la medida de atenuación en conectores

Este problema está relacionado con las diferencias en el coeficiente de *backscatter*. Este parámetro como ya hemos dicho anteriormente es un indicador de la luz que es dispersada hacia atrás (hacia el OTDR). La luz que regresa hacia el OTDR es sólo una millonésima parte de la cantidad emitida, y esa cantidad no es constante. Esa cantidad que hemos indicado es función de la atenuación de la fibra y del diámetro del núcleo. Cada fibra tiene una atenuación diferente porque el cristal es también ligeramente diferentes, con lo que el modo de dispersar la luz varía de una fibra a otra.

Si se tienen dos fibras diferentes conectadas y se intenta medir las pérdidas que provoca el empalme o conector, existe una fuente de error que es la diferencia en el coeficiente de dispersión entre ambas fibras. Si dicho coeficiente es igual para ambas fibras, no existirá dicho error.

En la siguiente figura este concepto se explica perfectamente. Si las fibras son diferentes, un porcentaje diferente de luz regresará al OTDR. Si la primera fibra tiene más pérdidas que la segunda, las pérdidas que indicará el OTDR serán mayores que lo que realmente son, en cambio si miramos la fibra en sentido opuesto, es decir, de menor a mayor coeficiente de dispersión, veremos que la traza sube como si se tratase de una ganancia.



**Figura 14.** Tres situaciones distintas: a) fibras con la misma atenuación b) más pérdidas la primera y menos la segunda fibra c) menos pérdidas la primera fibra y más la segunda.

Las diferencias en la dispersión de la fibra pueden ser la mayor fuente de error. Una diferencia de atenuación de 0.1 dB/km entre las dos fibras puede llevar a un error de 0.25 dB en la estimación de las pérdidas del empalme. A pesar de que este error está siempre presente puede ser prácticamente eliminado tomando lecturas a ambos lados y haciendo una media de los resultados. De esta forma los errores en cada dirección se cancelan, y el valor medio se aproxima bastante al valor de las pérdidas del empalme o conector. Esta es la única forma de comprobar “*in line*” las pérdidas de empalmes y conseguir resultados precisos.

Otro error común puede venir de cambios en el coeficiente de dispersión causados por variaciones en el diámetro de la fibra. Una variación en el diámetro del 1% puede provocar una variación de 0.1 dB de variación en el nivel de *backscatter*. La forma de solventar estos errores es, como se describió en el caso anterior, tomando medidas desde ambos extremos del enlace y hallando el valor medio.

### Tamaño de los pulsos

El pulso de sondeo puede tener una longitud importante tal y como se puede ver en la tabla.

$\Delta t$	5 ns	10 ns	30 ns	100 ns	300 ns	1 $\mu$ s	3 $\mu$ s	10 $\mu$ s
$\Delta L$	1 m	2 m	6 m	20 m	60 m	200 m	600 m	2000 m

El tamaño que tiene el pulso indica de alguna forma la distancia que existe entre dos eventos consecutivos distinguibles. Esto se debe a que en dos eventos que se encuentren a una distancia inferior al tamaño del pulso, éste pasará por los dos de forma simultánea. Esto siempre ha sido un problema en las LANs o en cualquier configuración con *pigtails*. Por ejemplo, supongamos un conector con una fuerte curvatura. Dado que los dos eventos se encuentran cerca serán medidos como uno sólo, las pérdidas de ambos se sumarán, haciéndonos pensar que el conector está mal, cuando simplemente el cable está demasiado curvado.

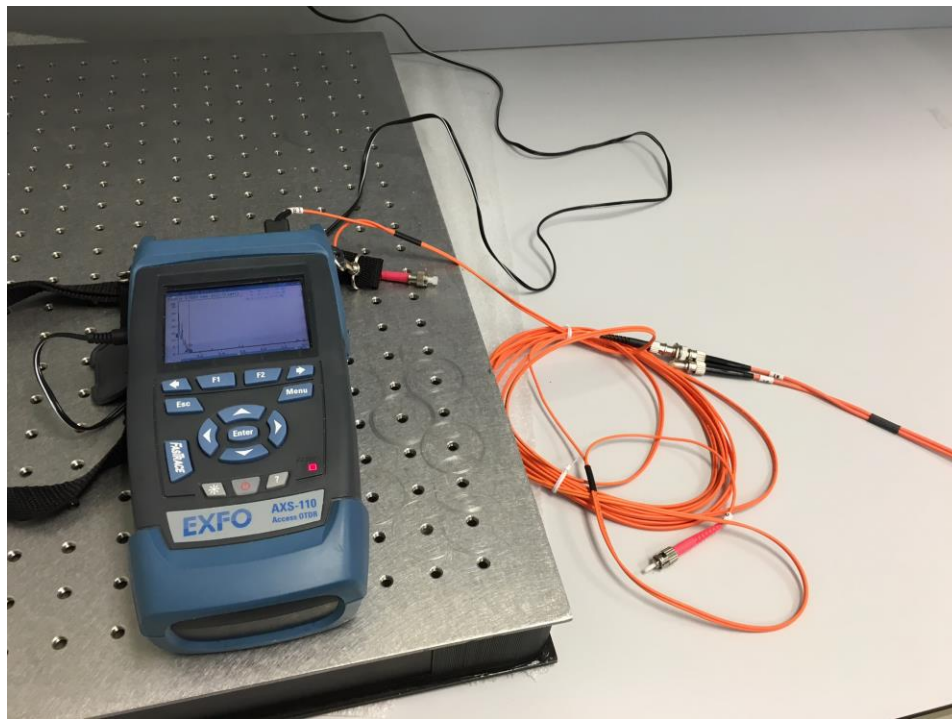
Otros puntos que plantean problemas son las proximidades de los empalmes. Un OTDR puede mostrar un mal empalme, pero puede que sea simplemente una rotura parcial (*crack*) o un punto de tensión cercano al empalme.

Existe una herramienta denominada “localizador visual de fallos” (*visual fault locator*) que puede ser muy útil en este tipo de casos. Lo que hace es inyectar un láser de color rojo brillante para encontrar fallos. Si hay altas pérdidas, tales como un mal empalme, la luz que se pierde puede ser apreciada por el ojo. Esto puede servir para encontrar eventos cercanos al OTDR o cercanos a otro evento que no son distinguibles por él. El pero es que sólo tiene un alcance máximo de cuatro kilómetros. Dada la utilidad de esta herramienta algunos OTDR la traen integrada.

## 4. Desarrollo de la práctica

### 4.1. Caracterización de un enlace de fibra óptica multimodo mediante un OTDR multimodo

Encienda el OTDR multimodo, cuya apariencia se muestra en la siguiente figura pulsado el botón rojo situado en la parte inferior durante un par de segundos.

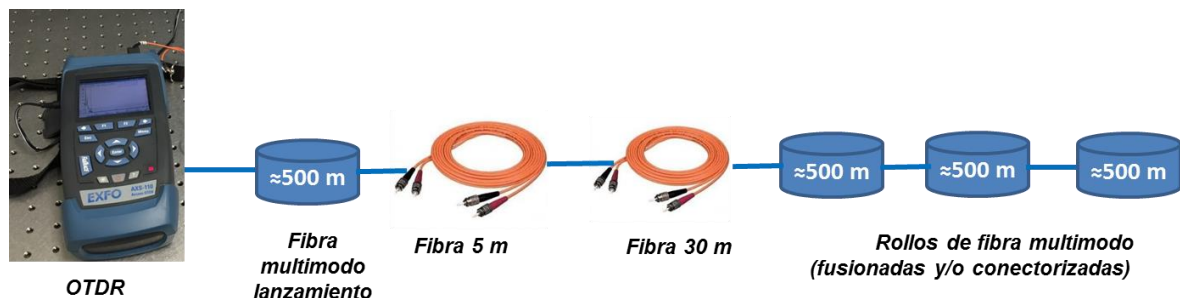


A continuación realice los siguientes pasos para caracterizar el enlace de fibra multimodo que el profesor le ha planteado y que se muestra en la siguiente foto.





El esquema de dicho montaje se muestra en la siguiente figura. Este primer montaje consta de una fibra de lanzamiento de alrededor de 500 m, seguida de dos cables de fibra de 5 y 30 metros respectivamente. A continuación le siguen tres bobinas de fibra multimodo conectorizadas o fusionadas entre sí, de aproximadamente 500 metros. El total del enlace ronda los 2 kilómetros de fibra óptica.



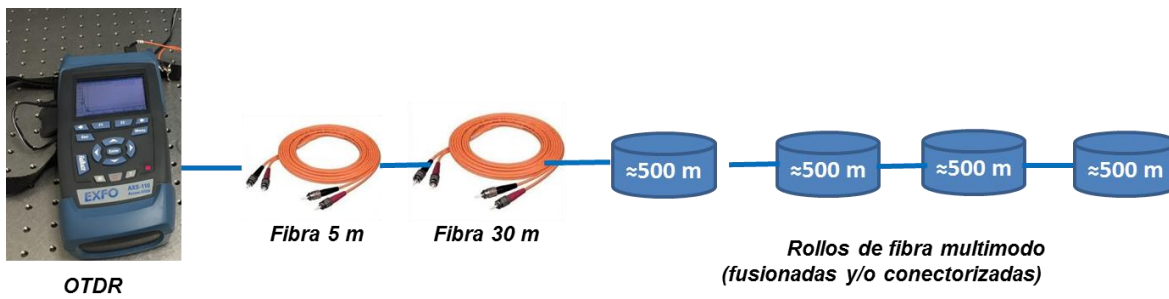
Los pasos que va a dar para caracterizar el enlace de fibra multimodo serán los siguientes:

- Establezca los parámetros adecuados según se ha explicado en la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y siguientes.
- Realice una batería de pruebas sobre el enlace tomando las siguientes situaciones:
  - Pulso largo y tiempo largo de promediado
  - Pulso corto y tiempo largo de promediado
  - Pulso largo y tiempo corto de promediado
  - Pulso corto y tiempo corto de promediado



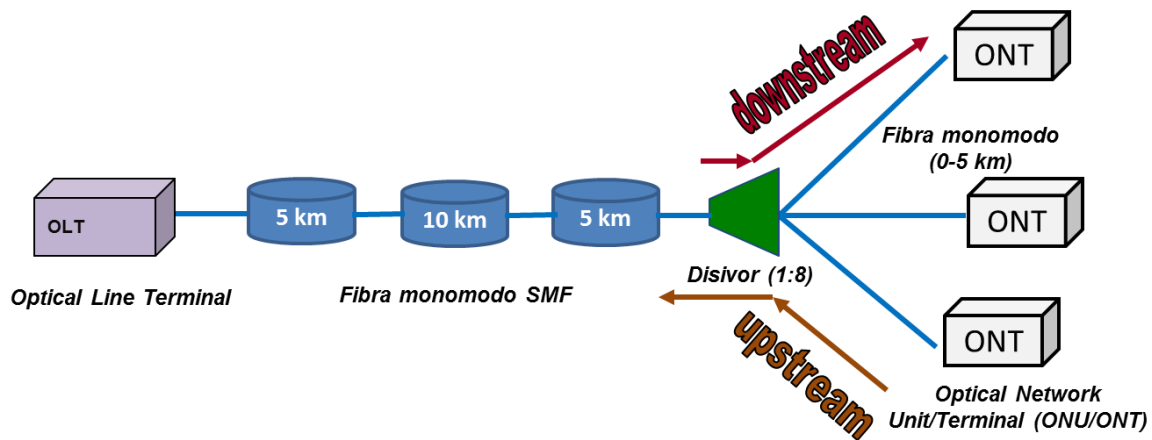
- En cada una de las situaciones anteriores localice los eventos y haga una tabla con las siguientes características:
  - Para la traza completa: longitud estimada del enlace y pérdidas totales.
  - Para eventos de tipo reflexivo: Posición del evento, pérdidas que se producen en el evento y reflectividad máxima que se produce.
  - Para eventos no reflexivos: Posición del evento y pérdidas que se producen en él.

A continuación modifique el montaje, tal y como se muestra en el siguiente esquema. Tal y como se observa en este segundo montaje la fibra de lanzamiento de 500 metros se coloca justo detrás de los cables de fibra de 5 y 30 metros. Ahora, vuelva a hacer las mediciones y observe qué diferencias observan con el montaje anterior. Justifique dichas diferencias y los fenómenos que ocurren.



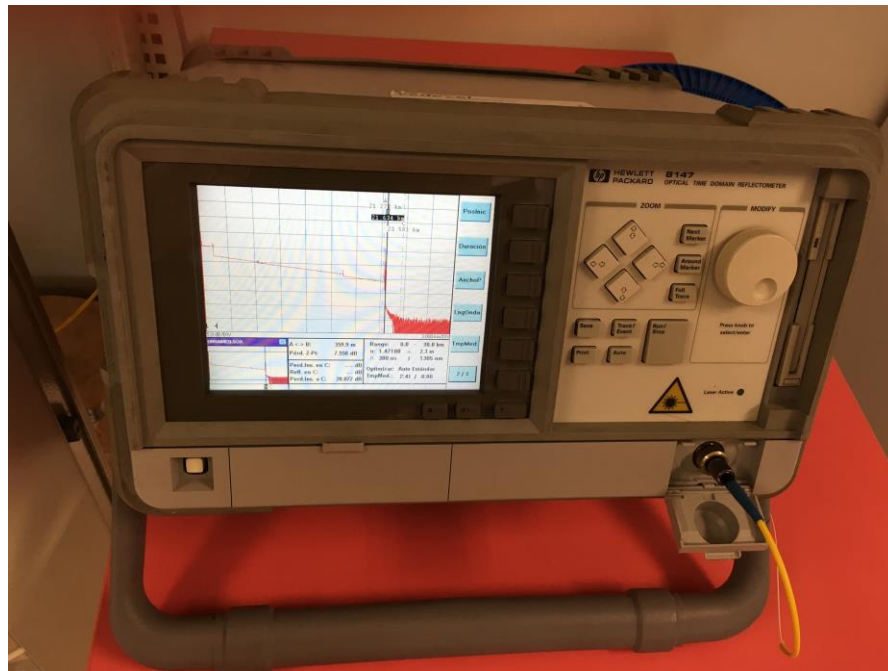
## 4.2 Caracterización de una red de acceso pasiva PON (Passive Optical Network) mediante un OTDR monomodo

En esta segunda parte de la práctica se va a utilizar un OTDR monomodo para caracterizar una red de acceso basada en fibra óptica tanto en el enlace de bajada (*downstream*) como en el enlace de subida (*upstream*). Esta red de acceso, denominada PON (*Passive Optical Network*) es una arquitectura de red pasiva que conecta un OLT (*Optical Line Terminal*), localizado en una oficina central y encargado de conectar la red de acceso a la metropolitana y un conjunto de usuarios finales, que se conectan a la red de acceso mediante una ONU (*Optical Network Unit*) u ONT (*Optical Network Terminal*) en sus casas. La arquitectura pasiva sigue una topología en árbol, en el que la comunicación en el canal de bajada o *downstream* (desde el OLT a las ONUs) se realiza en modo *broadcast*, y la comunicación en el canal de subida o *upstream* (desde las ONUs al OLT) se realiza punto a punto. Las longitudes de onda de ambos canales son diferentes, ya que en el canal de bajada es de 1490 nm y el de subida es 1310 nm. En concreto, analizaremos los eventos que aparecen a lo largo de los 25 km de la maqueta de red PON montada en el laboratorio, tanto en el canal ascendente como en el descendente mediante el OTDR monomodo. En primer lugar, la arquitectura PON montada en el laboratorio sigue el siguiente esquema:



Así pues el esquema de red contempla un tramo de 20 kilómetros de fibra óptica monomodo distribuida en 3 bobinas de diferentes tamaños. A continuación nos encontramos con un divisor óptico de 1:8 y conectado a este divisor estarán 8 estaciones ONT que pueden o no estar conectadas en tramos de 0 a 5 km. Esta parte final simula que cada usuario se puede encontrar a una distancia distinta de la oficina central. En primer

lugar analizaremos la traza y eventos que aparecen en el canal descendente, esto es desde el OLT a una ONT mediante el OTDR que se muestra en la siguiente fotografía:



A partir de las trazas también se debe determinar de qué tipo de eventos se trata. Esto es, aparte de calificar un evento como reflexivo o no reflexivo, indique si se trata de un conector, una fusión, un corte, una zona de tensión, etc. Una vez analizado el canal de bajada, debe analizar el canal de subida bajo el mismo procedimiento. Cabe destacar que se ha colocado una fibra de lanzamiento justo a la salida del OTDR, tal y como se explicó en apartados anteriores. El esquema de dicha fibra de lanzamiento en el montaje real se muestra en la siguiente fotografía:

