



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO



**Esteban Alonso Hermosilla Cornejo**

**Experiencias prácticas usando  
instrumentos de medición de campo  
para laboratorio de fibras ópticas.**

**Informe Proyecto de Título de Ingeniero Civil Electrónico**



**Escuela de Ingeniería Eléctrica**



# Experiencias prácticas usando instrumentos de medición de campo para laboratorio de fibras ópticas

Esteban Alonso Herмосilla Cornejo

Informe Final para optar al título de Ingeniero Civil Electrónico,  
aprobada por la comisión de la  
Escuela de Ingeniería Eléctrica de la  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
conformada por

Sr. Ariel Leiva López  
Profesor Guía

Sr. Francisco Pizarro  
Segundo Revisor

Sr. Sebastián Fingerhuth Massmann  
Secretario Académico

Valparaíso, 04 de diciembre de 2017

*Para mi familia; Eduardo Hermosilla, Ruxa Cornejo,  
Stinelly Hermosilla, Tammy Hermosilla y mi sobrino Cristóbal, que estuvo  
en cada momento apoyando a la distancia para poder  
alcanzar este objetivo.*

*Para mis padrinos, Miguel Alveal (Q.E.P.D.) y Noemí Cornejo.*

*Para mis primas y primos, en especial a Titín (Q.E.P.D.).*

*Para una persona importante en mi vida, Mitchel Rodríguez.*

*Para aquellos que, de una u otra forma, fueron parte de este  
proceso como Lisa Soto, Daniel Maldonado, Ohbrayan Ávila,  
Flavio Torti, Rebeca Parra, Jaime Pérez, Ignacio Vargas (a Ernestinos),  
Catalina Zúñiga, Cindy Escalona, Nicole Carrasco y Camilo Guerrero,  
entre otros que no alcanzo a ver ni a nombrar.*

*Para mis hermanos de vida Osvaldo Piña,*

*Rodrigo Jilbert y Felipe Moya (Los Juan Tenorios).*

*Y finalmente, para aquellos que me sientan parte de su  
estadía en esta Universidad y en Valparaíso.*

*Gracias a cada uno.*

## Resumen

Con la revolución en las redes de comunicaciones al implementar la fibra óptica, de forma masiva y cada vez con mayor presencia tanto a nivel mundial como en Chile, es que se busca disminuir la brecha de conocimientos y habilidades de los futuros ingenieros electrónicos en telecomunicaciones, con tal de obtener un buen desempeño en el ámbito profesional, en lo que a medición de comunicación óptica se refiere.

Es por este motivo que se propone el diseño, la validación e implementación de un laboratorio con instrumentos de medición de campo en redes de fibra óptica. Para esto, se presentan cuatro experiencias prácticas basadas en los instrumentos presentes en cualquier empresa de telecomunicaciones que son esenciales y básicos en las mediciones de campos, como lo son el Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR) y el Analizador de Espectro Óptico (OSA). Las experiencias son apoyadas con guías de desarrollo para el alumno y guías de apoyo al docente que buscan orientar el conocimiento en cada una de las sesiones. Para validar el impacto que produce el laboratorio se diseñó y aplicó un test que consta de 51 preguntas de selección múltiple que representan 4 niveles o grados de conocimiento. El fin del test es la validación a través de la comparación de datos de un diagnóstico previo y posterior al laboratorio.

Para la obtención de los datos antes mencionados es que se aplicó el laboratorio y el test a dos grupos con distintos niveles de conocimientos y de asignaturas previas aprobadas. Se obtuvieron resultados que muestran un aumento de conocimiento en los grupos de 35% y 22% en comparación del test inicial y final, resultados que sirven para poder determinar y validar la implementación del laboratorio de comunicaciones ópticas para alumnos de electrónica en la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Tras la realización del estudio de las estadísticas, se analiza el impacto que produce el uso del laboratorio en el aprendizaje de los estudiantes, estudio que se presenta en el XXX Congreso SOCHEDI 2017.

Palabras claves: redes ópticas, reflectómetro óptico en el dominio del tiempo, analizador de espectro óptico, sonda de inspección de fibra, trazas.

# Abstract

With the revolution in communications networks, by implement optical fiber massively and increasingly his presence globally and in Chile, it is that it seeks to reduce the lack of knowledge and skills of the future electronic engineers in telecommunications, to obtain a good performance in the professional field, as far as optical communication measurement is concerned.

It is for this reason that it is proposed the design, validation and implementation of a laboratory with field measurement instruments in optical fiber networks. For this, four practical experiences are presented based on the instruments present in any telecommunications company that are essential and basic in field measurements, such as the Optical Time Domain Reflectometer and the Optical Spectrum Analyzer. The experiences are supported with development guides for the student and teacher support that seek to guide the knowledge in each of the sessions. To validate the impact produced by the laboratory, a test consisting of 51 multiple-choice questions representing 4 levels or degrees of knowledge was designed and applied. The propose of the test is validate through the comparison of data from a before and after the laboratory.

In order to obtain the aforementioned data, two sections of the laboratory and test were applied to two groups with different levels of knowledge and previous approved subjects. Results were obtained and show an increase of knowledge in the groups of 35% and 22% compared to the initial and final test, results used to determine and validate the implementation of the laboratory of optical communications for students of electronics in the school of Electrical Engineering of the Pontifical Catholic University of Valparaiso. After carrying out the study of the statistics, the impact of the use of the laboratory on student learning is analyzed, a study presented at the XXX SOCHEDI Congress 2017.

Key words: optical networks, optical reflectometer in time domain, optical spectacle analyzer, fiber inspection probe, traces.

# Índice general

Introducción.....	1
Objetivo general.....	3
<b>1 Antecedentes generales y propuesta .....</b>	<b>4</b>
1.1 Importancia de la fibra óptica y conectividad en Chile.....	4
1.1.1 Penetración de la fibra hasta el hogar .....	6
1.1.2 Mantenimiento y diagnóstico .....	7
1.2 Descripción de la problemática.....	7
1.3 Estado del arte .....	9
1.4 Solución propuesta .....	10
1.5 Objetivos generales y específicos .....	10
<b>2 Solución propuesta.....</b>	<b>11</b>
2.1 Detalles de solución propuesta .....	11
2.2 Análisis de Costos .....	12
2.3 Diseño de Experiencias .....	13
2.4 Instrumentos y componentes.....	14
2.4.1 Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR) .....	14
2.4.2 Analizador de Espectro Óptico (OSA) .....	15
2.4.3 Sonda de Inspección de Fibra (FIP) .....	16
2.4.4 Bobina de Lanzamiento y Fibra Óptica .....	17
2.4.5 Adaptadores .....	18
2.4.6 Conversor Ethernet-óptico, Transceiver SFP.....	18
2.4.7 Multiplexor.....	19
2.4.8 Atenuador óptico, Splitters y Jumpers.....	19
<b>3 Experiencias de laboratorio .....</b>	<b>21</b>
3.1 Experiencia OSA: Conociendo el OSA .....	21
3.1.1 Objetivos .....	21
3.1.2 Materiales.....	21
3.1.3 Esquemas a implementar .....	22
3.1.4 Estudios previos.....	23

---

3.1.5 Guía del alumno .....	23
3.1.6 Resultados esperados.....	24
3.2 Experiencia N°1: Conociendo el OTDR.....	25
3.2.1 Objetivos .....	25
3.2.2 Materiales.....	26
3.2.3 Esquema a implementar.....	26
3.2.4 Estudio previo .....	26
3.2.5 Guía del Alumno .....	26
3.2.6 Resultados esperados.....	27
3.3 Experiencia N°2: Eventos Reflexivos y Zonas Muertas .....	28
3.3.1 Objetivos .....	28
3.3.2 Materiales.....	28
3.3.3 Esquema a implementar.....	29
3.3.4 Estudio previo .....	29
3.3.5 Guía del Alumno .....	30
3.3.6 Resultados esperados.....	31
3.4 Experiencia N°3: Rango Dinámico, Ecos y Fantasmas .....	32
3.4.1 Objetivos .....	32
3.4.2 Materiales.....	33
3.4.3 Esquema a implementar.....	33
3.4.4 Estudio previo .....	34
3.4.5 Guía del alumno .....	34
3.4.6 Resultados esperados.....	35
3.5 Experiencia Propuesta OTDR .....	37
3.5.1 Objetivos .....	38
3.5.2 Materiales.....	38
3.5.3 Esquema a implementar.....	38
3.5.4 Estudio previo .....	39
3.5.5 Guía del alumno .....	39
3.5.6 Resultados esperados.....	40
<b>4 Validación e implementación .....</b>	<b>41</b>
4.1 Instrumento de medición .....	42
4.1.1 Diseño del test .....	42
4.1.2 Validación del test .....	45
4.2 Talleres.....	46
4.2.1 Resultados esperados.....	46
4.3 Resultados y Validación.....	47
4.3.1 Resultados de alumnos de Sistema de Telecomunicaciones .....	47
4.3.2 Resultados de alumnos de Optativo de Redes Ópticas WDM .....	49
4.3.3 Validación .....	51
4.4 Implementación.....	51
4.4.1 Sistema de Telecomunicaciones.....	52

4.4.2 Optativo de Redes Ópticas WDM.....	52
4.4.3 Futura implementación.....	53
Discusión y conclusiones.....	54
Bibliografía .....	57



# Introducción

En contadas ocasiones se hace referencia a las telecomunicaciones como a radio y televisión, pero estos medios de comunicación tienen algo en común, todos ellos transmiten información. Uno de los aspectos fundamentales de la comunicación es el poder transmitir la información en forma de señales a través de un medio cumpliendo con los protocolos establecidos. Los avances tecnológicos han venido a mejorar el desempeño tanto en las comunicaciones como en los dispositivos relativos a ella, es por esta razón que se han vuelto de vital importancia y ha pasado a formar un pilar fundamental en la cotidianeidad de la sociedad actual. El aumento de dispositivos móviles o electrónicos con conexión a Internet ha significado también un aumento constante en las líneas de transmisión de datos con el fin de poder entregar mayores prestaciones a los usuarios, por lo que se ha encontrado en la fibra óptica la respuesta a esta necesidad, la que desde su implementación en los años '80 hasta el momento ha ganado terreno como medio de transmisión, desplazando al cable de cobre.

En la actualidad los volúmenes de tráfico de información cada vez son mayores y Chile no está lejano a esta realidad mundial, ya que la sociedad ha tenido acceso al avance permanente en dispositivos de comunicación, como lo es el caso de la evolución a teléfonos inteligentes (Smartphone), generando así necesidad de acceso a internet por más dispositivos, traficando 1 Tbps (promedio nacional e internacional) de datos, mediante 18.000 kms de troncales de fibra óptica [1]. Es por eso que la subsecretaría de telecomunicaciones (SUBTEL) ha propuesto políticas nacionales, con el fin de ejercer la dirección y control de su puesta en marcha, supervisando el cumplimiento de las leyes, reglamentos y normas pendientes, para disminuir la brecha digital y potenciar la inclusión ciudadana, aumentar la calidad de servicio en las telecomunicaciones, impulsar la competencia para el desarrollo de la sociedad de la información y, finalmente, generar infraestructura con sentido para el desarrollo digital y espacial. Es por esto que pretende tener un Chile conectado por medio de la fibra óptica, como columna vertebral.

Para cumplir con las metas propuestas, la SUBTEL ha generado nuevas políticas que avanzan en la cobertura de las comunicaciones, como es el proyecto "Zona Wifi ChileGob" [2], otorgando puntos de acceso a Internet de forma gratuita, teniendo hasta el momento dos fases concluidas con 416 puntos de acceso, a la espera de se sume la tercera y última fase. Sin embargo, uno de los mayores desafíos que presenta la SUBTEL, es la conectividad en áreas rurales, aisladas y remotas, siendo esta la dirección de los actuales y futuros proyectos.

Si bien a nivel mundial más de un 90% de las conectividades entre países, se llevan a cabo por medio de fibra óptica submarina, según la UNEP [3]. Esta representa el gran canal de comunicación para los servicios de telecomunicaciones en todo el mundo. Por el norte de Chile, puntualmente Arica, se presenta la conectividad internacional de 3 fibras transoceánicas, como PAN-AM (Pan American) y SAm1 (South American-1), en el segundo y último punto de conexión internacional, que se ubica en Valparaíso se conecta con SAC (South American Crossing), SAm1 y SAPL (South America Pacific Link) [4].

En Chile las redes de transporte por fibra y conectividad móvil se encuentran bien desarrolladas desde Arica hasta Puerto Montt, pero en las regiones más australes no se cuenta con conexión a través de fibra óptica por Chile. En estas regiones vive el 6,2% de la población nacional por lo que la SUBTEL generó el “Proyecto Fibra Óptica Austral” (PFOA) [5] con el fin de conectar el país con este medio, lo que involucra la instalación de redes metropolitanas y de acceso, para lograr la penetración deseada por la institución. Proyectos como este, deben apuntar, a su vez, a disminuir la brecha de habilidades totales en materia de red. Para el año 2015 existió un déficit de 474.400 profesionales en redes en América Latina que corresponder al 37%, respecto a la demanda total y se estima que para el año 2019 la brecha sea de un 32% [6].

Los desafíos, a nivel mundial, de poder ofrecer un servicio con una estabilidad, seguridad y con una media de tiempo de reparación (MTTR Medium Time To Repair) considerablemente baja en caso de cortes. Desafíos que se extrapolan también a nivel país en conjunto con la demanda de profesionales capacitados que Chile necesita, como ingenieros con conocimiento en el área de las telecomunicaciones, puntualmente conocimientos teóricos y habilidades prácticas en fibra ópticas, para amortizar la brecha existente y poder encaminar los proyectos como PFOA. Se requiere profesionales con conocimientos de mantenimiento y diagnóstico de una red de fibras ópticas, con capacidad de comprensión y análisis en instrumentación de medición de campo.

Para formar y educar sobre la instrumentación básica presente en cualquier compañía de telecomunicaciones para realizar mediciones de campo se puede realizar de forma teórica y práctica, o cada una por separado. Cabe destacar que la enseñanza teórica de los instrumentos de medición de campo suele ser precaria, dado que el contenido no abarca más allá de describir superficialmente la función que cumplen. La teoría es el método más utilizado por la facilidad y bajo costo de implementación en los cursos. Sin embargo, las experiencias prácticas de laboratorio aportan distintas ventajas, como habilidades y competencias en comparación al sistema tradicional de enseñanza teórica, pero significa una gran inversión monetaria contar con los instrumentos de medición en conjunto con los componentes para constituir un laboratorio.

La enseñanza del área de las telecomunicaciones en Chile se da en distintas instituciones y universidades. Ahora bien, al profundizar un poco más se puede distinguir algunas que no solo se quedan con la teoría de telecomunicaciones sino más bien, presentan cursos de fibras o redes ópticas. De estas se pueden destacar la Universidad de Chile, Universidad de Santiago de Chile, Centro de Entrenamiento Tecnológico, Universidad de Concepción, Universidad Austral de Chile, Universidad de la Frontera, Universidad Adolfo Ibáñez, Universidad Técnica Federico Santa María e INACAP, instituciones que también desarrollan el conocimiento a través y en

conjunto con laboratorios prácticos, pero no todos abarcan la enseñanza de instrumentación de medición de campo.

La tendencia de realizar enseñanzas preferentemente teóricas, ante la combinatoria teórico-práctica, se basa principalmente en el costo elevado de realizar la implementación de laboratorios que cumplan con el objetivo de enseñar el uso de dichos dispositivos. Pero hoy en día, esta realidad ha venido cambiando en conjunto con el pensamiento y proyecciones de las instituciones, que buscan generar, más allá de ser una fuente de conocimiento, competencias en los alumnos, y es aquí en donde el paradigma de la enseñanza se complementa con el poner en práctica los conocimientos. A pesar de esto, es complejo encontrar diseño de experiencias prácticas para nivel universitario de redes ópticas docentes en el país.

Cabe destacar que el Laboratorio de Telecomunicaciones de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, a través de memoristas como Ignacio Tolorza quién realizó el proyecto “Experiencias de laboratorio de redes ópticas basadas en interruptores MEMS” y Sebastián Manríquez con el proyecto “Laboratorio de redes ópticas flexibles basados en WSS”, ha buscado disminuir dicha brecha. Ambos proyectos buscan entregar herramientas a los futuros estudiantes del área para mejorar sus conocimientos, habilidades y competencias, es aquí donde en el presente trabajo busca complementar a través de la propuesta de un conjunto de experiencias de laboratorio con las cuales se pretende dar una buena base en el manejo de los dispositivos e instrumentos básicos en la implementación y medición de campo de redes ópticas.

El proyecto financiado por FONDECYT y Proyecto Ingeniería 2030, tal como los proyectos antes mencionados busca mitigar la carencia de los conocimientos y habilidades en los alumnos de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. El proyecto que se aborda a continuación se organiza de la siguiente manera; en el primer capítulo los antecedentes generales y la propuesta, dentro de la cual se hace una reseña de los tipos de instrumentos de medición de campo y la importancia de la fibra óptica. En el segundo capítulo se propone la solución a la problemática y el diseño de las experiencias prácticas. Desde el tercer hasta el séptimo capítulo se exponen las experiencias, con su respectiva fundamentación, objetivos, esquemas de implementación, el desarrollo propiamente tal de la experiencia. En este capítulo también se expone la guía que tendrá a disposición el alumno, como los resultados esperados de la experiencia. Cabe destacar que cada experiencia cuenta con la guía del alumno asociada a la guía del profesor, la que cuenta con las respuestas a cada una de las preguntas efectuadas en la del alumno más el set-up de la actividad. En el octavo y último capítulo se aborda el análisis de las estadísticas y resultados obtenido de la validación de las experiencias.

## **Objetivo general**

- Proponer el diseño y la implementación de un laboratorio con instrumentos de medición de campo en redes de fibra óptica para mejorar las habilidades prácticas de los alumnos de la EIE.

# 1 Antecedentes generales y propuesta

## 1.1 Importancia de la fibra óptica y conectividad en Chile

A nivel mundial, más de un 90% [3] de las conectividades se llevan a cabo por medio de fibra óptica submarina. Según la UNEP [3], ésta representa el gran canal de comunicación para los servicios de telecomunicaciones en todo el mundo. Se puede apreciar en la Figura 1-1 la magnitud de las redes ópticas en las comunicaciones mundiales a través del cableado submarino. De la figura se puede observar la gran cantidad de fibra submarina y la presencia de esta en los distintos países, siendo las costas chilenas una de los terminales de una de estas conexiones.

Chile cuenta con dos puntos de conexión internacional a través de cableado submarino. Por el norte, puntualmente Arica, se presenta la conectividad internacional de 2 cables transoceánicos, como PAN-AM (Pan American) de la empresa AT&T y SAM1 (South American-1). Otra conexión internacional se ubica en Valparaíso con los cables transoceánicos como SAC (South American Crossing), SAM1 (South American-1) y SAPL (South America Pacific Link) [4], esta última por construir por esto su color gris como se muestra en la Figura 1-2.

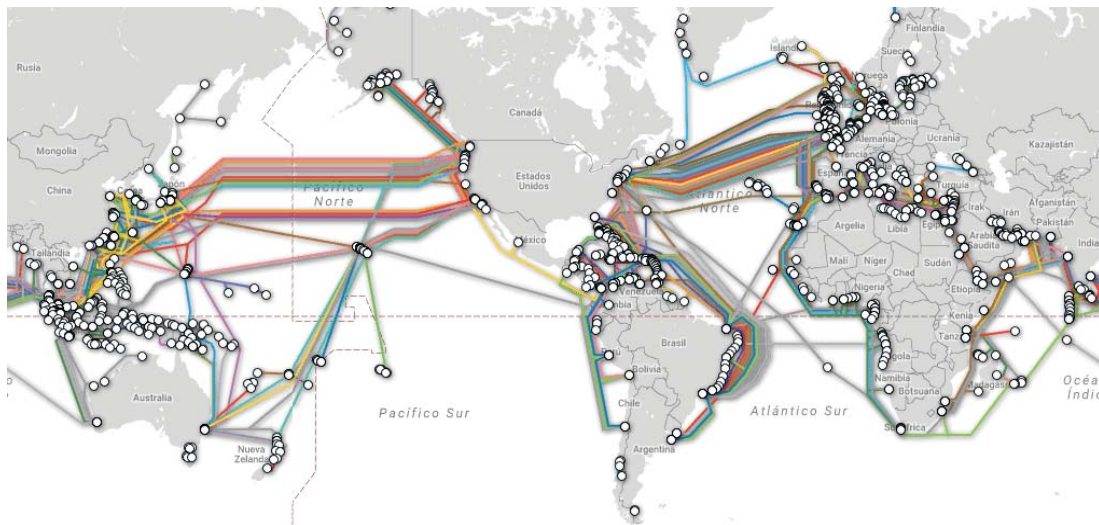


Figura 1-1 Mapas de cables submarinos de fibra óptica, [4].



Figura 1-2 Fibra óptica en las costas chilenas, [4].

La necesidad que tiene los usuarios de entablar o estar comunicados hoy en día requiere de un mejoramiento continuo tanto de los medios disponibles de comunicación como de la tecnología. Una muestra de esto es el avance los dispositivos móviles, los que hoy por hoy, ya no tan solo son un medio de entablar una simple comunicación de voz, sino que son capaces de ofrecer comunicaciones y requerimientos de datos de todo tipo. Esto ha traído consigo la necesidad de aumento en las líneas de transmisión de datos con el fin de suplir la demanda. Esta demanda de volúmenes de información mayores ha encontrado en la fibra óptica el medio que permite dar respuesta a esta necesidad.

Las redes de transporte por fibra y conectividad móvil, se encuentran bien desarrolladas desde Arica hasta Puerto Montt, como se muestra en la Figura 1-3. Dado esto que la SUBTEL en la actualidad proyecta la conectividad total del país, para la inclusión de las tres regiones más australes del país, a través del “Proyecto Fibra Óptica Austral” (PFOA) [5]. Este proyecto, está compuesto por cuatro sub-proyectos independientes que contemplan el despliegue de cables de fibra óptica en territorio nacional, con los que se estima que en Chile la banda ancha residencial promedio de velocidad de conexión para el 2020 casi se duplicará, teniendo el 2015 una de 15,5 Mbps proyectándose para llegar a los 27,8 Mbps [7].

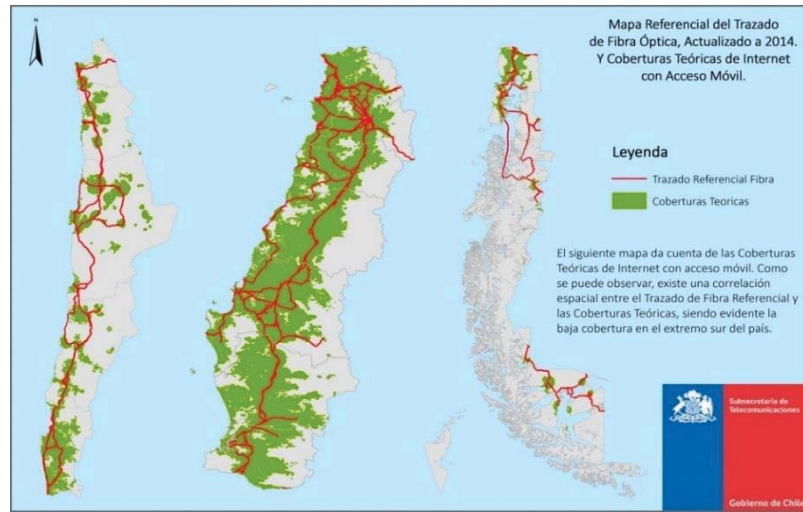


Figura 1-3 Mapa referencial trazado de fibra óptica en Chile, [5].

### 1.1.1 Penetración de la fibra óptica hasta el hogar

Fibra Hasta El Hogar (FTTH; Fiber To The Home) es la entrega de una señal de comunicación por medio de fibra óptica desde el equipo de conmutación del prestador de servicio hasta la casa o negocio del cliente, por lo que es el reemplazo directo de las redes de infraestructura de cobre existente, ya sea de cable coaxial o telefónico. Una de las ventajas de FTTH, es que permite soportar servicios de vídeos, datos y telefonía sobre la misma fibra. Si bien existen tecnologías que resuelven la misma multiplicidad de servicios sobre la misma red de acceso, FTTH cobra real importancia en base de la evolución de servicios de nueva generación que demandan mayor ancho de banda y más calidad y disponibilidad de conexión, tal es el ejemplo de que hoy por hoy, los Streaming de vídeos en alta definición son una tendencia creciente dentro de los usuarios.

A lo largo de Chile encontramos empresas que ofrecen servicios FTTH y de otras arquitecturas. Estas empresas son Entel, Claro Chile, Telefónica Chile/Movistar, GTD Group y por último VTR las cuales cuentan con un total de 922.000 de casas pasadas, lo que significa que por fuera del domicilio se dispone de la red óptica con opción a ser abonado. Dentro del despliegue de estas empresas se pueden destacar hechos como los que se muestran en la Tabla 1-1 y Tabla 1-2 [8].

Tabla 1-1 Penetración de FTTH por compañía.

Datos FTTH/B	Diciembre de 2014	
	Abonados	Casas Pasadas
Total de FTTH/B	133.700	461.000
Entel	7.500	11.000
GTD Group	60.000	100.000
Telefónica Chile/Movistar	66.200	350.000

Tabla 1-2 Penetración de otra arquitectura FTTx por compañía.

Otras arquitecturas FTTx	Diciembre de 2014	
	Abonados	Casas Pasadas
Total de FTTx	518.700	3.370.000
Entel	38.000	70.000
Claro Chile	87.500	n/a
Telefónica		
Chile/Movistar	108.200	400.000
VTR	285.000	2.900.000

Referente a este tipo de tecnología, Chile es el número 46 en el ranking mundial de penetración de fibra óptica en los hogares, presentando un 3,2% por debajo de Uruguay con un 48% y por encima de Ecuador con 2,2% y Brasil con 1,8%, en comparación al resto de los países sudamericanos que no superan el 1% [9].

### 1.1.2 Mantenimiento y diagnóstico

Los enlaces nacionales terrestres de fibra óptica, presentan riesgos a sufrir fallas por cortes. Estos cortes la mayoría de las veces por causas naturales, pero también por fenómenos humanos que como consecuencia causan la ruptura de la fibra.

Las rutas de fibra que Chile presenta o todos los proyectos a futuros tienen en cuenta el factor corte, por causas naturales en su mayoría, con el fin de prever y respaldar la información o los canales de esta. Por ejemplo, PFOA presenta grandes desafíos ingenieriles dada la geografía y a los sucesos naturales que Chile se ve expuesto. La actividad sísmica de nuestro país presenta un problema a considerar en proyectos de tal magnitud como éste, que es unir el territorio nacional con una carretera de fibra submarina y terrestre que se extiende por más de 3.000 kilómetros, queda expuesto permanentemente a sufrir daños o alteraciones. La naturaleza es un factor no predecible, que hay que tener en cuenta.

La mantención y el diagnóstico de la fibra, tanto en uso como en proceso de instalación, requiere de herramientas que certifiquen la entrega del servicio y su calidad. También es preciso fijar tiempos de reparación con respecto a fallas diagnosticadas. Es aquí donde los instrumentos de medición de campo cobran mayor importancia, ya que su función está a efectos el diagnóstico y mantención, en caso de alguna falla, como también para la caracterización a la hora de la implementación de una nueva red óptica.

## 1.2 Descripción de la problemática

El nivel de penetración de la fibra óptica en las redes de comunicaciones, tanto en el mundo como en Chile, hace que sea necesaria la formación de profesionales con conocimientos y manejo técnico en estas materias. Proyectos como expandir y generar troncales de fibra óptica para poder

conectar a todo el país, deben apuntar a su vez, a disminuir la brecha de habilidades totales en materia de red.

Para el año 2015 se tuvo un déficit de 474.400 profesionales en redes en América Latina que corresponden al 37%, respecto a la demanda total y se estima que para el año 2019 la brecha sea de un 32%. En 2015 la brecha era de 19.513 lo que se espera disminuir a 5.302 para el 2019 que corresponde al 9%. La falta de profesionales capacitados sigue siendo un impedimento en la adopción completa de tecnologías por parte de las empresas y los gobiernos [6].

La enseñanza de sistemas de transmisión ópticas es fundamental para el desarrollo tecnológico del país. Dentro de la medición de sistemas de transmisión por fibra óptica encontramos tres áreas de desempeño, las cuales son:

- Laboratorio, que tienen relación con la investigación y desarrollo, o tipos de ensayos de carácter especial,
- Fábrica, que hace referencia netamente al control de calidad de los productos.
- Explotación, o medición de campo, presente en las pruebas prácticas y pruebas de mantenimiento de redes.

La utilización de instrumentos como el OTDR, OSA, Power Meter, ORL, Analizador de PMD, entre otros, cobran vital importancia a la hora de obtener un buen cometido en las redes ópticas, independiente el área de desempeño que se encuentre. Es por esto que la formación de profesionales con conocimientos y habilidades en este tipo de instrumentación se hace imponderable a la hora de la búsqueda en la disminución de la brecha de conocimientos. Para ello se exponen las casas de estudios que presentan cursos o laboratorios de redes ópticas, en las cuales sus profesionales tienen, al menos, la noción de estas. Las que se enlistan a continuación:

- En la quinta región:
  - Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM).
  - Universidad Adolfo Ibáñez (UAI).
  - INACAP
- Región Metropolitana:
  - Universidad de Chile (UCH).
  - Universidad de Santiago de Chile (USACH).
  - Centro de Entrenamiento Tecnológico (CET).
- Otras regiones:
  - Universidad de Concepción (UdeC).
  - Universidad Austral de Chile (UACH).
  - Universidad de la Frontera (UFRO).

Las universidades anteriormente nombradas, ya cuentan con ramos de fibra o redes ópticas, los que se desarrollan también en laboratorios prácticos, donde los alumnos se enfrentan al aprendizaje y entrenamiento con diversas herramientas e instrumentos. En base a este contexto de la instrumentación como lo son el OTDR y OSA es que se logra un desempeño mayor para



visualizar fallas y características de las redes. Abarcar estos temas de forma teórica es complejo, ya que una cosa es instruir teóricamente en base al funcionamiento de los instrumentos y otra es saber comprender y analizar la información que los instrumentos entregan al operador, con la cual se toman decisiones con respecto al sistema de transmisión. Es por esto que las experiencias prácticas de laboratorio vienen a aportar ventajas y mayores competencias frente al sistema de enseñanza teórica. Estas ventajas han sido analizadas en estudios acerca de didáctica de la enseñanza [10]. Entre ellas, se pueden destacar:

- Estimular el aprendizaje activo.
- Estimular el contacto entre profesores y alumnos.
- Estimular la cooperación entre alumnos.
- Proporcionar retroalimentación de aprendizaje a tiempo.
- Respetar los diferentes tipos de talentos y formas de aprendizaje.

Los perfiles de egreso efectivos de los Ingenieros Electrónicos y Civil Electrónicos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso presentan debilidades, las que provocan una posición desfavorable frente a la competencia, tanto regional como nacional. Estas debilidades se ven reflejadas en la carencia de asignaturas sobre caracterización y mantención de redes ópticas. Pero tal como se presentan debilidades, en la actualidad hay mucho potencial para las oportunidades transformarlas en fortalezas.

Una de las oportunidades es la proyección país de desarrollar la conectividad nacional con fibra óptica, con proyectos de envergadura mundial, como lo es PFOA. También, la activa participación de los docentes en proyectos financiados por FONDECYT, generando inversiones en mejoras docentes, lo que es un punto de inflexión en el tipo de perfil de los ingenieros. Las fortalezas que se presentan se enlistan a continuación:

- Docentes con conocimiento en el área.
- Proactividad en la gestión de proyectos e investigación.
- Gestión en la actualización del laboratorio.
- Estudiantes con miras a ser un aporte al país.

### 1.3 Estado del arte

El uso de herramientas versátiles como el OTDR, para el reconocimiento de fallas dentro de una red de fibra óptica, y del OSA, para analizar el espectro óptico de la señal, son de vital importancia para poder enfrentar el mundo laboral y las problemáticas reales que Chile se expone al apuntar a masificar las redes ópticas como estructura nacional de comunicación.

Dada la falta de laboratorios con fines pedagógicos y de investigación, en las instituciones educacionales chilenas se hace evidente la inexistencia de guías y experiencias para realizar la implementación de laboratorios. Es por esto que, en el Laboratorio de Telecomunicaciones de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, se ha incentivado el desarrollo de proyectos que apunten a generar un laboratorio de fibra óptica. Esto se logra a través de proyectos

implementados por los alumnos Ignacio Tolorza y Sebastián Manríquez, quienes realizaron “Experiencias de laboratorio de redes ópticas basadas en interruptores MEMS” y “Laboratorio de redes ópticas flexibles basados en WSS” respectivamente, son los únicos precedentes en esta institución. Como bien se entiende, ambos proyectos son acercamientos y más aún, son experiencias realizadas para la generación del laboratorio. Sin embargo, los temas abarcados se escapan de la capacitación en manutención de los instrumentos de medición de campo. Ahora bien, cabe destacar que en ambos casos se hizo uso del OSA como un instrumento de apoyo al objetivo de la experiencia, sin ahondar en los conceptos que este implica en su medición y entrega de información.

### 1.4 Solución propuesta

Para poder dar una solución a la problemática planteada en la sección 1.2 y complementar el trabajo realizado por los anteriores proyectistas es que se propone el diseño y la implementación de experiencias para la capacitación en instrumentos de medición de campo en laboratorio de fibra óptica. Contar con este tipo de laboratorios es de vital importancia para la reducción de la brecha de profesionales capacitados en redes ópticas.

### 1.5 Objetivos generales y específicos

Los objetivos que se presentan a continuación representan las metas a cumplir para llevar a cabo de forma íntegra la propuesta.

Objetivo general:

- Diseñar e implementar un laboratorio con instrumentos de medición de campo en redes de fibra óptica para mejorar los conocimientos, habilidades y competencias de los alumnos de la EIE.

Objetivos específicos:

- Diseñar experiencias de laboratorio de redes de fibras óptica haciendo uso de instrumentos de medición de campo.
- Diseñar guías de laboratorio, definiendo las características didácticas de las actividades experimentales del OTDR y OSA.
- Diseñar y desarrollar un instrumento de evaluación que dé cuenta de la efectividad del laboratorio para la EIE.
- Evaluar y validar resultados para la implementación del laboratorio en la EIE.
- Implementar el laboratorio de OTDR y OSA en la EIE

## 2 Detalles de solución propuesta

### 2.1 Detalles de solución propuesta

La solución que en este proyecto se presenta es el diseño y la implementación de un laboratorio con instrumentos de medición de campo básicos, que cualquier empresa de telecomunicaciones que posea redes ópticas debe tener, lo que da nombre al proyecto de “Experiencias prácticas usando instrumentos de medición de campo para laboratorio de fibras ópticas”. Es preciso indicar que estos instrumentos son el OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) y OSA (*Optical Spectrum Analyser*).

El conjunto de las experiencias tiene como objetivo introducir al alumno en el mundo práctico de elementos de comunicaciones ópticas, los que se listan a continuación:

- Tipos de fibras.
- Tipos de conectores, adaptadores y empalmes.
- Láser, Splitter, Multiplexores y Atenuadores.
- Bobinas de lanzamiento.
- Sondas de inspección de fibra.

También es preciso conocer, comprender y analizar redes ópticas a través de las trazas obtenidas por los instrumentos de medición. De esto, se plantea un conjunto de 4 experiencias, las que se enlistan a continuación:

- Experiencia OSA: “Conociendo el OSA”.
- Experiencia N°1 OTDR: “Conociendo el OTDR”.
- Experiencia N°2 OTDR: “Eventos Reflexivos y Zonas Muertas”.
- Experiencia N°3 OTDR: “Rango Dinámico, Ecos y Fantasmas”.

A continuación, se muestra la experiencia propuesta:

- Exp. Propuesta OTDR: “Fusionar FO y Caracterizar una red óptica”.

Esta experiencia se deja como propuesta por falta de la instrumentación. Esta fue cotizada y comprada, pero los tiempos de entrega hicieron imposible su realización al término de este trabajo de titulación.

## 2.2 Análisis de Costos

Para el diseño de las experiencias de laboratorio es preciso contar con instrumentos, componentes y herramientas necesarias. Es por este motivo que se realiza un análisis de costos e inventario en el laboratorio de telecomunicaciones de los instrumentos con los que se cuenta. En la Tabla 2-1, se muestran los principales instrumentos de medición disponibles y su valor comercial con IVA incluido.

Tabla 2-1 Instrumentos de medición de campo disponibles en el laboratorio.

Dispositivo	Proveedor	Cantidad	Valor Unitario
OTDR FTB-730C + FIP-430B	EXFO	1	\$11.300.000
OSA FTB-5240S	EXFO	1	\$18.000.000

También se realiza un análisis de los componentes que se disponen en el laboratorio de telecomunicaciones para el desarrollo de las experiencias prácticas, los que se exponen en la Tabla 2-2:

Tabla 2-2 Componentes disponibles en el laboratorio.

Componentes	Proveedor	Cantidad	Valor Unitario
Rollo de Fibra Óptica 25 km	Coming	2	\$450.000
Conversor Ethernet-Fibra	Fiberstore	8	\$25.000
Mux/Demux	Fiberstore	14	\$27.000
Transceiver SFP	Fiberstore	8	\$40.000
Atenuador óptico	Fiberstore	1	\$63.000

Tras realizar el inventario de los instrumentos y componentes que se encuentran disponibles, se llega a la conclusión de que se deben adquirir componentes y equipos con el fin de complementar los existentes en el laboratorio de telecomunicaciones. Para esto se realiza el cotejo de los componentes a adquirir los que se muestran en la Tabla 2-3. Estos dispositivos son necesarios para la contextualización de las futuras experiencias.

Tras la investigación necesaria de los instrumentos de medición de campo, es que se requiere principalmente para el reflectómetro óptico en el dominio del tiempo una Bobina de Lanzamiento, tanto para un mejor funcionamiento en la lectura como para aumentar la vida útil del dispositivo. Junto con esta necesidad suma la de poseer distintos tipos de adaptadores que permita realizar diversas conexiones con los instrumentos de medición. Es con este fin es que se realiza la cotización de este y otros dispositivos que ayudan al desarrollo de la actividad en diferentes empresas del rubro de telecomunicaciones, en específico comunicaciones ópticas, las que finalmente se solicitaron a un único proveedor, como es el caso de APK Chile. En el apéndice A.1 se abarca en detalle los componentes adquiridos.

Tabla 2-3 Componentes que se necesita adquirir para el laboratorio.

Componentes	Cant.	Precio Unitario	Proveedor
Bobina De Lanzamiento Para OTDR De 1 KM	1	\$59.990	APK Chile
Kit de limpieza y herramientas 15 Piezas	1	\$255.000	APK Chile
Peladora de Fibra Óptica de alta precisión	1	\$11.990	APK Chile
Cuplas y Adaptadores	200	\$27.000	APK Chile

### 2.3 Diseño de Experiencias

La decisión de los componentes adquiridos se hace en base a la proyección de las actividades prácticas. En el apéndice A.1 se especifican y detallan las cotizaciones de costos realizadas, en cuanto a costos, cantidades y proveedores. Finalmente, con todos los componentes en el laboratorio de telecomunicaciones, se puede realizar el diseño de cada una de las experiencias que en capítulos más adelante en este proyecto se desarrollan. En conjunto con las experiencias se diseñan guías de desarrollo para el estudiante, las cuales se constituyen de tres partes.

La primera parte denominada “Cuestionario previo” en la cual se espera ver reflejado el trabajo realizado por el alumno, ya que es una instancia donde el alumno reafirma el conocimiento adquirido en la experiencia anterior, es decir, realizar un resumen de lo efectuado en la experiencia previa, con el fin de dar en conjunto y a través de la retroalimentación colectiva del grupo curso, el fortalecer y reafirmar los conceptos utilizado, en el caso de ambas experiencias n°1, el cuestionario previo apunta a verificar la lectura de los respectivos manuales.

La segunda parte denominada “Investigación teórica” es donde se orienta la investigación del alumno para el desarrollo de la experiencia en cuestión. Los conceptos que se investigarán son los que posteriormente se deben aplicar o ver reflejados en los resultados de las experiencias.

La tercera y última parte de las guías, es la denominada “Práctica”, esta sección es la parte donde se debe aplicar los conceptos y conocimientos adquiridos en la sección anterior. Es donde el alumno interactuará con los instrumentos y dispositivos ópticos.

Estas dos últimas partes, es decir, la Investigación teórica y la Práctica, son las que se deben incluir a la hora de la elaboración de un informe de la misma, el cuál debe ser entregado al entrar a la siguiente sesión. El informe a realizar debe contener los puntos mostrados en la Figura 2-1:

**La Parte II y III de esta guía deben ser presentadas en un informe, en formato de escuela vigente, antes de comenzar la segunda experiencia.**

**Este informe debe contener:**

- **Introducción, no más de 1 página.**
- **Resumen, escrito en tercera persona.**
- **Índice.**
- **Desarrollo de la experiencia.**
- **Conclusiones.**

Figura 2-1 Información relevante al informe de laboratorio.

En el desarrollo del informe se deben incluir imágenes de la actividad, también deben apoyar las respuestas con capturas de pantalla y reportes generados.

## 2.4 Instrumentos y componentes

A continuación, se realiza la descripción de los dispositivos y componentes a utilizar en el laboratorio. En el apéndice A.2 se expone el inventario general.

### 2.4.1 Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR)

Un OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) es un instrumento óptico-electrónico usado para mantener y diagnosticar una red o un sistema de fibras ópticas. En si es utilizado para estimar la longitud y atenuación de la señal de luz a lo largo de toda la fibra. Básicamente este instrumento entrega un gráfico de nivel de señal respecto a la distancia, en donde se puede establecer la existencia y localización de rupturas. A su vez, este puede caracterizar diferentes anomalías a lo largo del cable, los que pueden representar pérdidas por empalmes, por conectores, dobladuras y pérdidas totales del sistema.

En la Figura 2-2, se muestra la arquitectura o diagrama en bloques de un Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR).

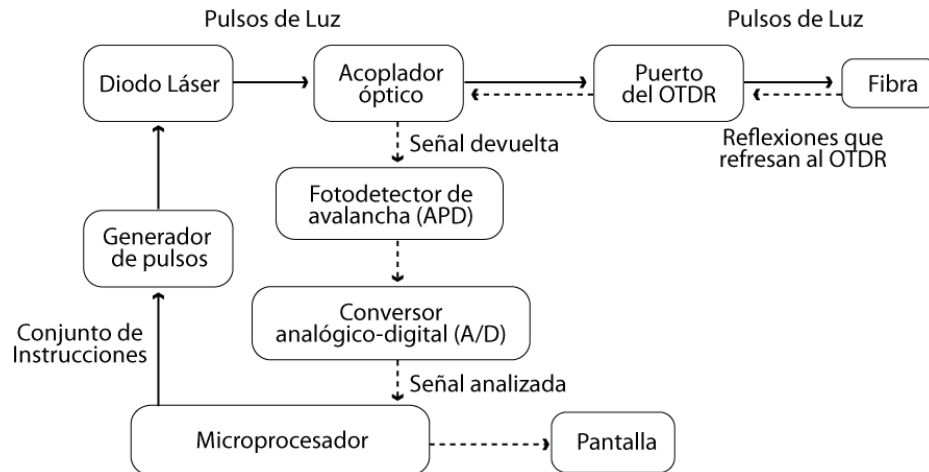


Figura 2-2 Diagrama de bloques de un OTDR, [11].

El OTDR emite a través de un diodo LED un impulso de luz, el cual se le inyecta a la fibra en prueba. Este impulso se transmite por la fibra, y todas las componentes lumínicas que se reflejen hacia las fuentes serán captadas por el acoplador direccional, dirigidas al diodo fotosensible, en donde se procesan y se realiza la comparación y el control de la información. Estas son precisamente las características que se requiere para la medición y la experimentación de las guías.

El OTDR que se dispone en el laboratorio de telecomunicaciones de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la PUCV es del fabricante EXFO, específicamente el modelo FTB-730C. Este funciona

con la plataforma FTB-1v2. El sistema operativo en el cual se basa la plataforma es Windows 8. El OTDR en cuestión, en sí es un computador portátil, con interfaz touch, el cual posee un módulo que es la parte del hardware, que contiene el láser y el sistema receptor para el análisis de la fibra, mientras que el computador procesa la información y la entrega de forma gráfica. Cuenta con el módulo, donde se encuentran los puertos de medición y luego los puertos de acceso, dentro del procesador, como se muestra en la Figura 2-3.

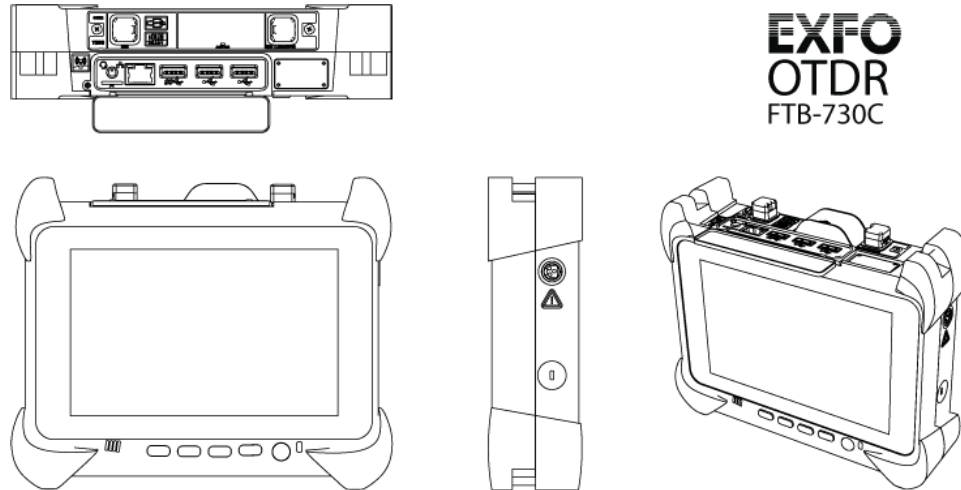


Figura 2-3 OTDR EXFO FTB-730C disponible en el laboratorio.

### 2.4.2 Analizador de Espectro Óptico (OSA)

Un OSA (*Optical Spectrum Analyzer*) es un dispositivo óptico activo, diseñado para la medición y visualización del espectro óptico (potencia óptica en función de la longitud de onda). Entre sus aplicaciones incluye la caracterización de la fuente de luz (diodo de emisión de luz, LED, y Láser, LD) en cuanto a su distribución de potencia y pureza espectral, así como la medida de las características en transmisión de componentes ópticos pasivos.

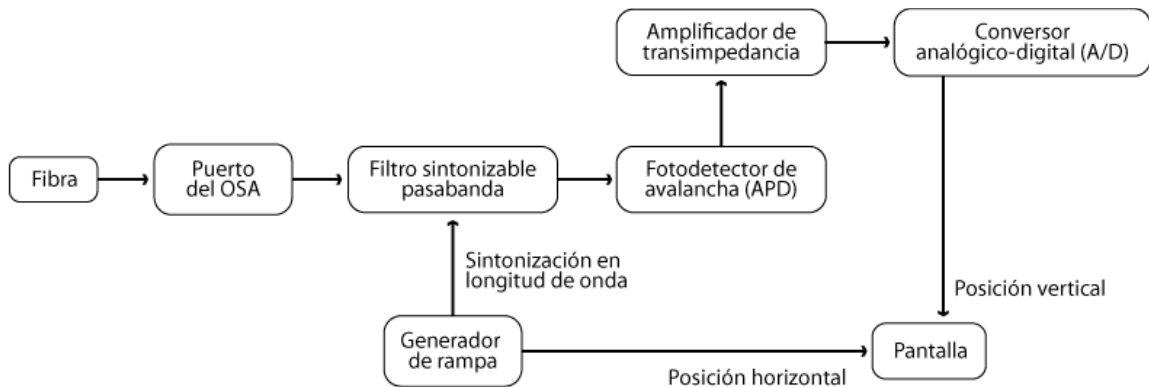


Figura 2-4 Diagrama de bloques de un OSA.

La luz que entra al analizador de espectros ópticos pasa a través de un filtro óptico sintonizable en longitud de onda, luego el fotodetector convierte la señal de potencia óptica en corriente eléctrica proporcional a la señal incidente. La señal se aplica entonces al eje vertical como datos en amplitud.

Un generador en rampa determina la localización horizontal de la traza conforme se representa de izquierda a derecha. Esta rampa también es la encargada de la sintonización del filtro óptico para que la longitud de onda resonante sea proporcional a la posición horizontal. El resultado es la representación de la traza de potencia óptica (dBm) en función de la longitud de onda (nm) o Hertz (Hz), como se aprecia en la Figura 2-4.

El OSA que se encuentra en el laboratorio de telecomunicaciones, al igual que el OTDR, corresponde al fabricante EXFO y el nombre del modelo es el FTB-5240S, el cual usa la plataforma FTB-2. El sistema operativo en el cual se basa la plataforma es Windows 8. El OSA en cuestión, en sí es un computador portátil, con interfaz touch, el cual posee un módulo que es la parte del hardware. El OSA se muestra en la Figura 2-5.

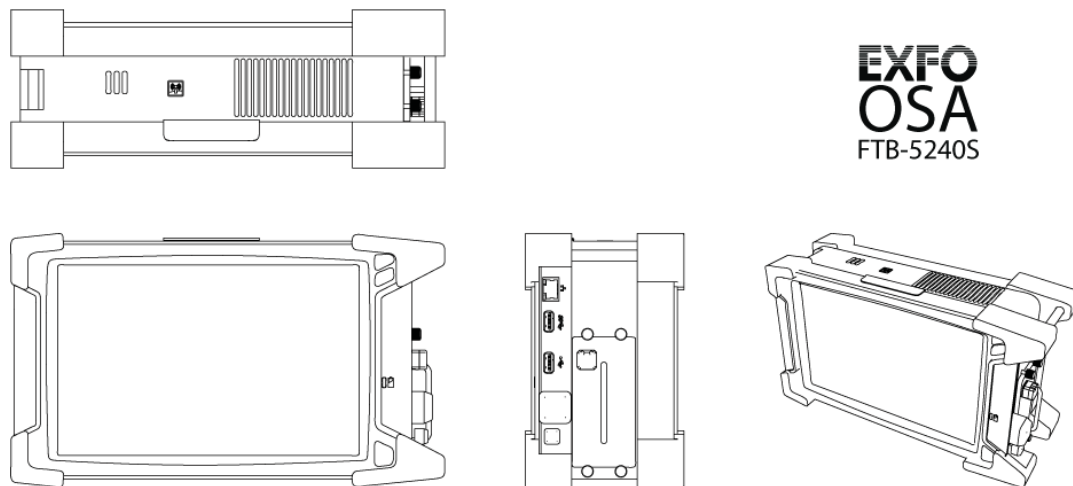


Figura 2-5 OSA EXFO FTB-5240S disponible en laboratorio.

### 2.4.3 Sonda de Inspección de Fibra (FIP)

Un FIP (*Fiber Inspection Probe*) es un instrumento para realizar la inspección de limpieza, tanto de la fibra como conectores a través de los distintos tipos de boquillas. La Sonda de Inspección de Fibra que se muestra en la Figura 2-6, disponible en el laboratorio de telecomunicaciones corresponde a la serie FIP-400B, el cual posee la característica de vídeo portátil. A diferencia de los microscopios tradicionales, la Serie FIP-400B facilita el examen de los conectores de los cables



de conexión y conectores de difícil acceso situados en la parte trasera de los paneles de conexión y los adaptadores pasantes.

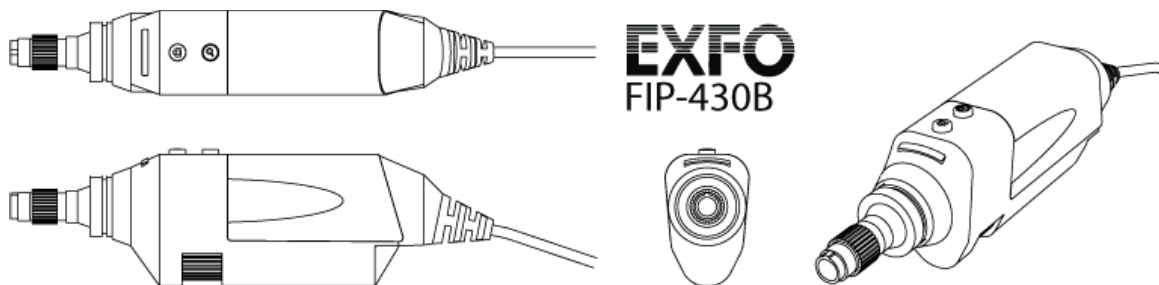


Figura 2-6 EXFO FIP-430B sonda disponible en laboratorio.

#### 2.4.4 Bobina de Lanzamiento y Fibra Óptica

La Bobina de Lanzamiento, o *Launch Cable* en inglés, es usada para corregir el problema de la zona muerta, obtener mayor precisión en las mediciones, valores de referencias, entre otras características. Se debe colocar en serie entre el OTDR y el cable bajo prueba. Es conveniente que los conectores sean compatibles directamente con el puerto de salida de equipo de medición. En el caso de la bobina de lanzamiento disponible en el laboratorio presenta puertos FC/APC-FC/UPC.

La fibra óptica viene arrollada desnuda en carretes para disminuir su espacio y peso. Como debe ser trasladada frecuentemente a instalaciones es mejor usar los diseños que contengan protección para el cable y permitan facilidades que resulten más portable (tipo maleta).

Tanto la bobina de lanzamiento como los dos rollos de fibra óptica disponible en el laboratorio se muestran en la Figura 2-7, son fibras monomodo, con longitudes de 1,6 km y 25 km respectivamente.

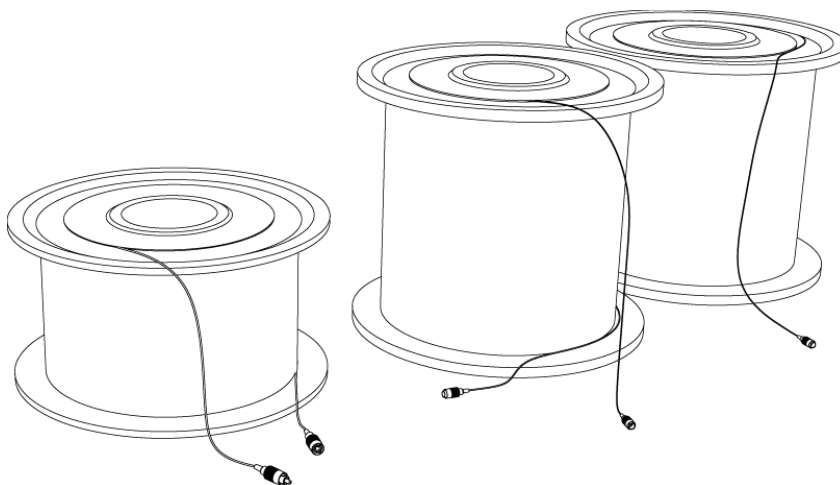


Figura 2-7 A la izquierda la bobina de lanzamiento y a la derecha los dos rollos de fibra óptica.

### 2.4.5 Adaptadores

Los adaptadores, que se muestran en la Figura 2-8, son los componentes básicos para realizar las conexiones entre los distintos cables, tipos de conectores y tipo de pulidos. Los adaptadores disponibles en el laboratorio son variados y se listan a continuación:

- ST/UPC (Hembra)-ST/UPC (Hembra)
- FC/APC (Hembra)-FC/APC (Hembra)
- ST/UPC (Hembra)-FC/UPC (Hembra)
- ST/UPC (Hembra)-FC/UPC (Macho)
- ST/UPC (Hembra)-SC/UPC (Macho)
- SC/UPC (Hembra)-SC/UPC (Hembra)
- SC/APC (Hembra)-SC/APC (Hembra)
- SC/UPC (Hembra)-FC/UPC (Macho)
- FC/UPC (Hembra)-FC/UPC (Hembra)
- SC/UPC (Hembra)-SC/UPC (Hembra)
- SC/UPC (Hembra)-SC/UPC (Hembra) DUPLEX

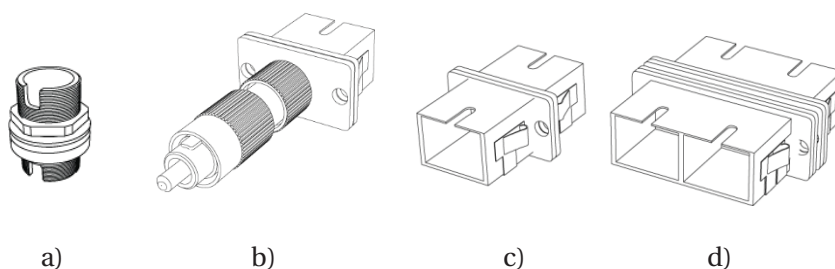


Figura 2-8 a) adaptador: FC/UPC-FC/UPC Hembra, b) SC/UPC-FC/UPC Macho, c) SC/UPC-SC/UPC Hembra y d) SC/UPC-SC/UPC Hembra Duplex.

### 2.4.6 Conversor Ethernet-óptico, Transceiver SFP

Los *transceiver* son los encargados de cambiar la naturaleza de la señal, que pasa de ser una señal eléctrica a señales ópticas moduladas. El tipo de conector que presentan los *transceiver* disponibles en el laboratorio son LC/UPC Duplex, lo que significa que se cuenta con una entrada y una salida, fibra que se utilizará de receptor y transmisor, respectivamente. Para el funcionamiento de los *transceiver* es necesario un componente que entregue datos como señales eléctricas. Este componente es el conversor Ethernet-óptico, como se muestran en la Figura 2-9. Para las experiencias propuestas, se utilizará solo de fuente eléctrica para la generación de las señales ópticas, ya que la parte de la conexión Ethernet no será necesaria.

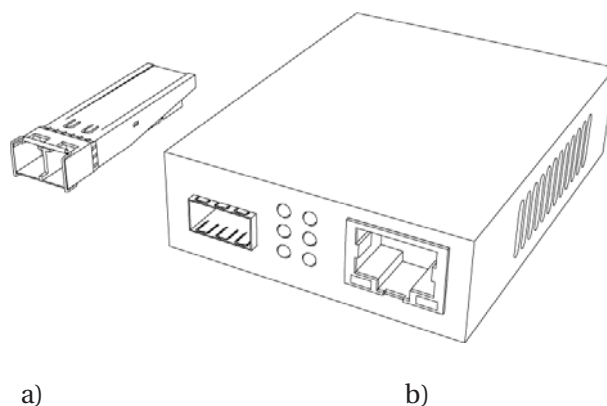


Figura 2-9 a) Transceiver SFP y b) Convertidor Ethernet-óptico.

### 2.4.7 Multiplexor

Los multiplexores son elementos ópticos pasivos utilizados para agrupar señales que se propagan por distintas fibras a distintas longitudes de onda en una única fibra en común. Los multiplexores utilizados son basados en AWG (*Arrayed Waveguide Grating*), los cuales una vez son fabricados, no se pueden cambiar los canales ópticos con los cuales trabajan. Además, estos componentes operan en la rejilla CWDM, específicamente en los canales de 1310 nm y 1550 nm. En la Figura 2-10 se muestra los multiplexores disponibles en el laboratorio de telecomunicaciones:

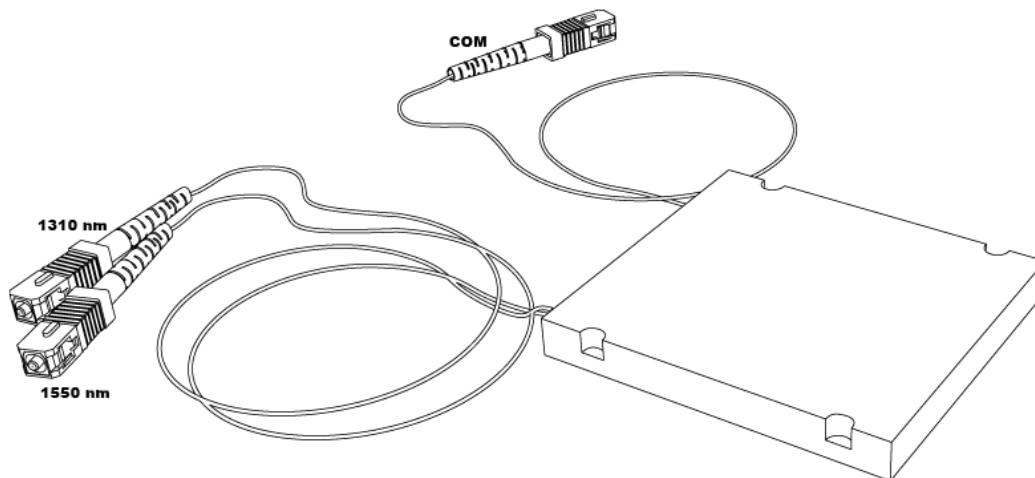


Figura 2-10 Multiplexor, 1310nm-1550nm.

### 2.4.8 Atenuador óptico, Splitters y Jumpers

El Atenuador óptico variable es un dispositivo que inserta pérdida al enlace. Este dispositivo cuenta con un rango de entre 0 dB a 60 dB de pérdida y opera entre 1310 nm y 1550 nm, por lo que lo hace bastante versátil. El atenuador óptico disponible en el laboratorio se muestra en la Figura 2-11:

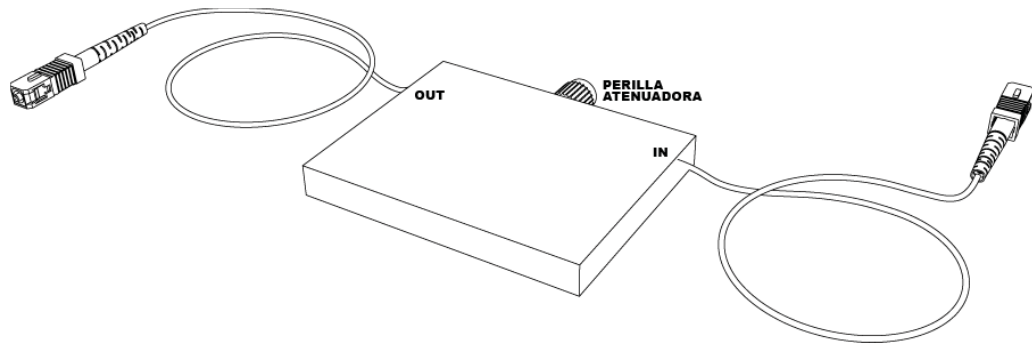


Figura 2-11 Atenuador óptico variable.

Los Splitters son componentes ópticos pasivos, los que se utilizan para dividir la potencia de la señal de entrada en dos señales de salida con potencias distintas cada una. Los splitter disponibles tienen una relación de 10%/90%. El splitter en cuestión se muestra en la Figura 2-12:

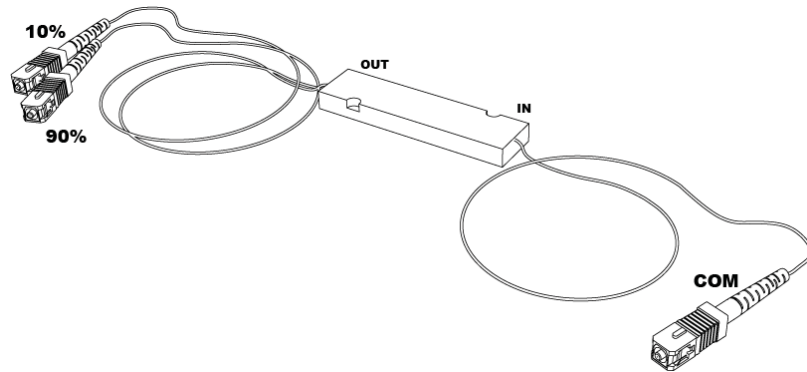


Figura 2-12 Splitter 90-10%.

Los Jumpers son cables de fibra óptica, de largo menor a 5 metros y con conectores ya implementados. Son cables que tienen como objetivo realizar conexiones entre distintos dispositivos. Los que se encuentran disponibles en laboratorio son con conectores SC/UPC dúplex en un extremo, mientras que en el otro se tiene LC/UPC dúplex. También se encuentran jumpers SC/APC-SC/APC y SC/APC-SC/UPC. Estos se muestran en la Figura 2-13:

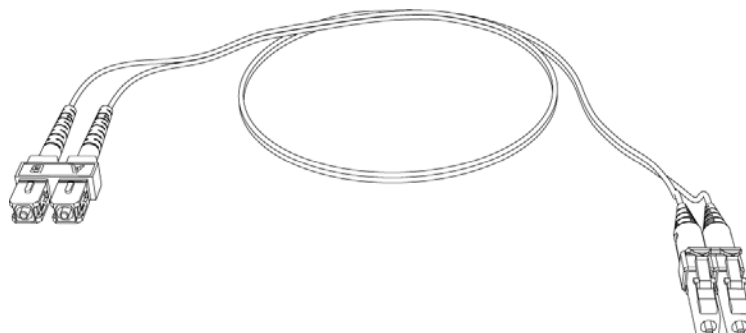


Figura 2-13 Jumper, SC/UPC Duplex – LC/UPC Duplex.

# 3 Experiencias de laboratorio

## 3.1 Experiencia OSA: Conociendo el OSA

Previo a la realización de la experiencia de laboratorio es preciso comenzar por conocer los dispositivos, instrumentos o componentes que se utilizan. El primer instrumento al que se da uso, tanto en esta experiencia como en las experiencias ya existentes de redes ópticas flexibles basadas en WSS y redes ópticas basadas en MEMS, es el Analizador de Espectro Óptico OSA de la marca EXFO y modelo FTB-5240S. Con el cuál se podrá caracterizar la señal, otorgando ancho de banda, potencia, canal, entre otras características.

Otra herramienta que se ocupa en ésta y en todas las demás sesiones es la Sonda de Inspección de Fibra FIP-430B. Otro instrumento a utilizar en la experiencia son los transceivers SFP (Small Form-factor Pluggable), que cambian de naturaleza la señal, pasando de ser señales eléctricas a señales ópticas moduladas. Para el funcionamiento de estos últimos se hace uso de los conversores Ethernet-óptico. Para complementar la experiencia el alumno también se debe ocupar multiplexores, atenuadores ópticos variable y splitters. Para poder tener un buen desempeño de los equipos y el cuidado debido, es vital conocer sus características físicas y de interfaz, sus parámetros y riegos asociados a su uso.

### 3.1.1 Objetivos

- Identificar las principales diferencias entre los tipos de fibras, conectores y pulidos.
- Comprender el entorno físico e interfaz, del OSA.
- Conocer y aprender el funcionamiento del OSA.
- Conocer y aprender el funcionamiento de los transceivers SFP, atenuadores variables y Mux.
- Reconocer y comprender de la medición, el concepto de sensibilidad y rango dinámico.

### 3.1.2 Materiales

Para poder llevar a cabo esta experiencia se debe contar con la siguiente lista de materiales:

- OSA.
- Sonda FIP.

- Kit de Limpieza.
- 2 Conversores Ethernet-óptico.
- 1 Splitter.
- 1 Multiplexor.
- 1 Atenuador óptico variable.
- Transceivers SFP.
- Bobina de lanzamiento.

### 3.1.3 Esquemas a implementar

Los esquemas a implementar en esta experiencia son cuatro. En primera instancia, se hace necesaria la verificación de limpieza de los puertos del OSA a través de la sonda FIP, tal como se muestra en la Figura 3-1:

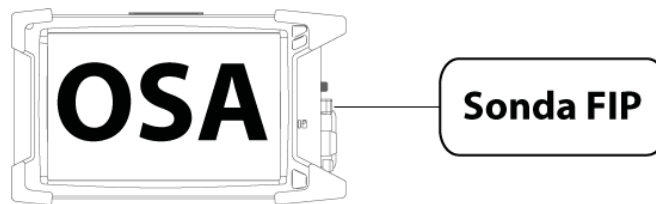


Figura 3-1 Esquema de conexión de la Sonda con el OSA.

Posteriormente, una vez que el puerto se encuentre en condiciones aceptables para realizar las posteriores mediciones, el alumno debe realizar la conexión del láser o transceivers SFP al splitter y este finalmente al OSA, como se muestra en la Figura 3-2:

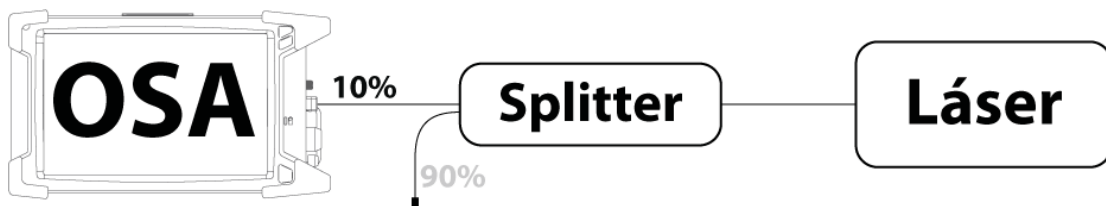


Figura 3-2 Esquema de conexión de un Láser, a través de un splitter, al OSA.

Posteriormente se hace uso del Multiplexor para realizar medición simultánea de ambas señales como se muestra en la Figura 3-3, cumpliendo con las especificaciones técnicas del Multiplexor, que solo permiten dos señales de longitudes de ondas determinadas.



Figura 3-3 Esquema de conexión del multiplexor al OSA.

### 3.1.4 Estudios previos

Para que se pueda desarrollar en plenitud la presente guía del alumno, que denominaremos GA, es que este debe realizar la lectura del manual del OSA y la sonda FIP. Así conocer modelos de los instrumentos, alcances, cuidados, entre otros factores.

### 3.1.5 Guía del alumno

Tal como se indica en la guía del alumno (GA) presenta tres partes las cuales son:

- Parte I: Cuestionario Previo.
- Parte II: Investigación Teórica.
- Parte III: Práctica

La primera parte (en verde en la Figura 3-4), cuenta con 5 preguntas relevantes de la lectura del manual del OSA. La segunda parte (en naranja en la Figura 3-4), se compone de 6 pregunta de investigación de conceptos que se ven involucrados a la hora de medir y finalmente, la tercera parte (en azul en la Figura 3-4), es netamente práctica. De estas dos últimas partes el alumno debe realizar un informe el cual debe entregar al comienzo de la siguiente sesión.

La guía consta de tres páginas, de las que se muestra su miniatura en la Figura 3-4. Las guías completas se muestran en el apéndice B.1.

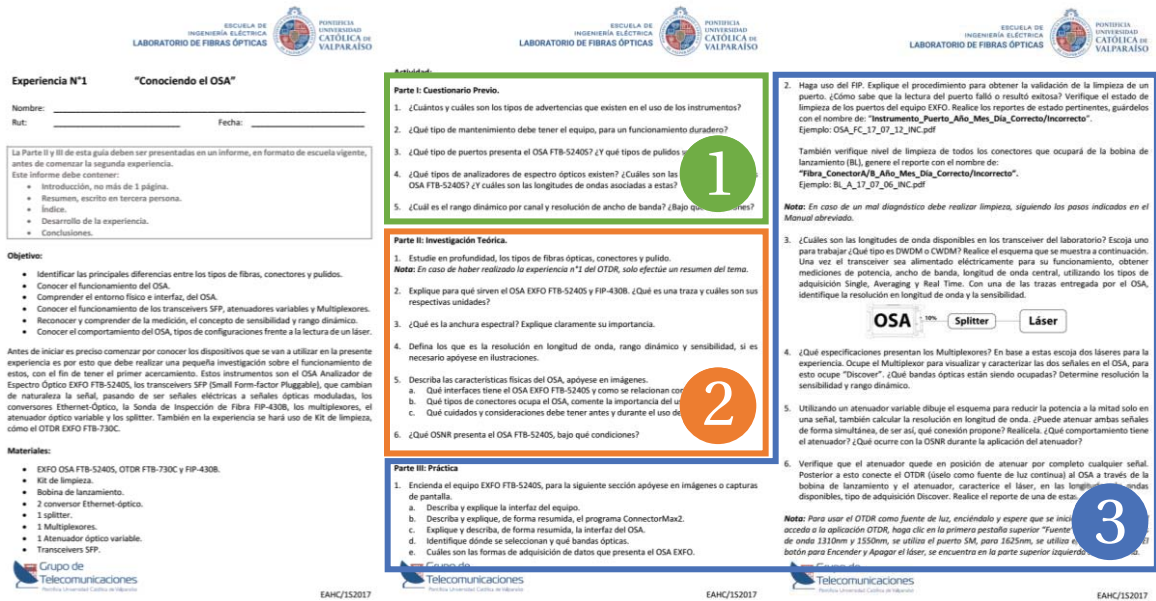


Figura 3-4 Miniaturas de la Guía del Alumno.

### 3.1.6 Resultados esperados

Los resultados esperados para esta experiencia van desde profundizar en conocimientos sobre fibra óptica, tipos de conectores y pulidos, hasta aprender los conceptos básicos que usan a la hora de manipular y realizar conexiones entre fibras ópticas. Sin embargo, se apunta más a la adquisición de conocimientos con respecto al analizador de espectro óptico. Los conceptos que se abordan son:

- Resolución de longitud de onda.
- Rango dinámico.
- Sensibilidad.
- Relación de señal ruido.

De los que se debe comprender, extraer y analizar la información entregada por la traza del OSA, como el ancho de banda, longitud de onda central, entre otros.

Para la realización de la experiencia el estudiante debe distinguir que tipo de fibra óptica utiliza, que tipo de conector y pulidos posee tanto la fibra como el OSA, para la conexión.

En la Figura 3-5, se muestra una de las trazas obtenidas al realizar el esquema de la Figura 3-2. Esta traza corresponde al tipo de adquisición “Single”, donde se caracteriza uno de los transceivers disponibles, en la cual se obtiene longitud de onda asociada que es 1307,115 nm.

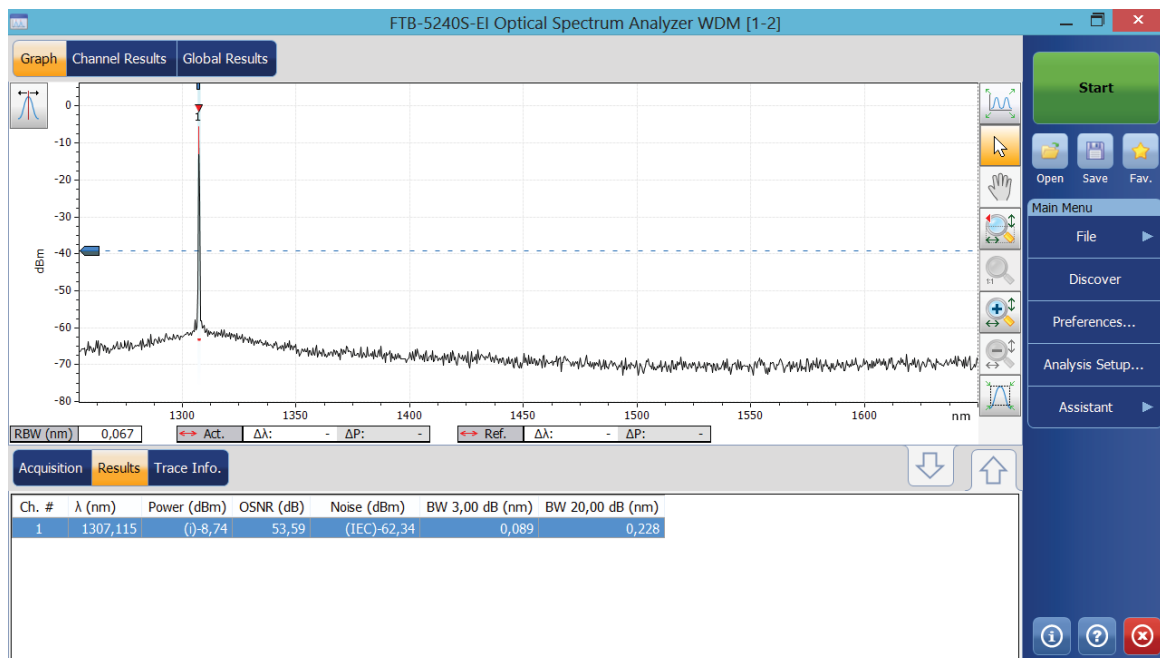


Figura 3-5 Traza obtenida al realizar el esquema de la Figura 3-2, donde se muestra la potencia del láser a un 10% de su potencia a 1310 nm.



En la Figura 3-6, se muestra la traza que el alumno debe obtener y analizar, con el esquema presentado en la Figura 3-3, donde se aprecia la ubicación espectral de ambos láseres. Bajo la traza se muestra una tabla que entrega los resultados de la medición, los que caracterizan a las señales de ambos láseres, con sus respectivos anchos de bandas, potencia, centro de la potencia en nanómetros y el ruido óptico base. Las bandas que se están ocupando son la O y la C, ya que tenemos presentes señales en 1310 nm y 1550 nm respectivamente.

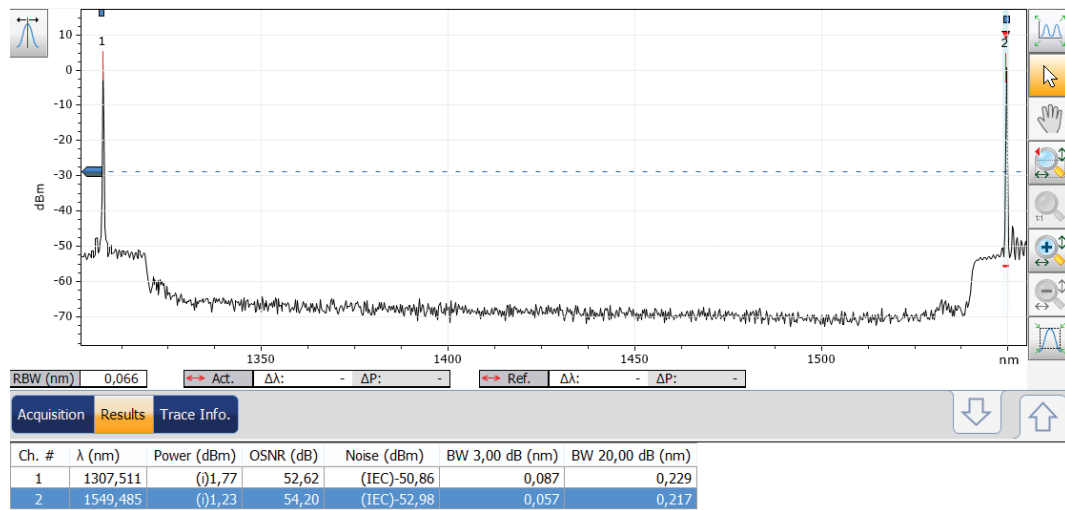


Figura 3-6 Traza obtenida de la realización del esquema Figura 3-3, donde se dispone de ambas a través del multiplexor de las señales 1310 y 1550 nm .

### 3.2 Experiencia N°1: Conociendo el OTDR

Previo a la realización de la experiencia de laboratorio es preciso comenzar por conocer los dispositivos, instrumentos o componentes que se utilizan. El primer instrumento al que se da uso, tanto en esta experiencia como en las experiencias siguientes, es el Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo OTDR de la marca EXFO y modelo FTB-730C. Otra herramienta que se ocupa en ésta y en todas las demás sesiones, es la Sonda de Inspección de Fibra FIP-430B. Para poder tener un buen desempeño de los equipos y el cuidado debido, es vital conocer sus características físicas y de interfaz, sus parámetros y riegos asociados a su uso.

#### 3.2.1 Objetivos

- Identificar las principales diferencias entre tipos de fibras, conectores y pulidos.
- Medir y comprender la atenuación, comparándola con la teoría.
- Comprender el entorno físico e interfaz, del OTDR y de la sonda FIP.
- Conocer y comprender el funcionamiento del OTDR.
- Comprobar la limpieza del puerto para su utilización.
- Conocer las características de una fibra de lanzamiento.

### 3.2.2 Materiales

- OTDR.
- Sonda FIP.
- Kit de limpieza.
- Bobina de lanzamiento.

### 3.2.3 Esquema a implementar

Los esquemas a implementar en esta experiencia son dos. En primera instancia, se realiza la verificación de limpieza de los puertos del OTDR a través de la sonda FIP, tal como se muestra en la Figura 3-7:

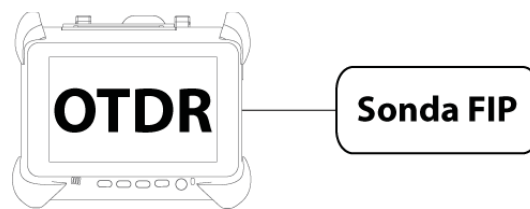


Figura 3-7 Esquema de conexión de la Sonda con el OTDR.

Posteriormente, una vez que el puerto se encuentre en condiciones aceptables para realizar las posteriores mediciones, el alumno debe realizar la conexión de la bobina de lanzamiento al OTDR, como se muestra en la Figura 3-8:

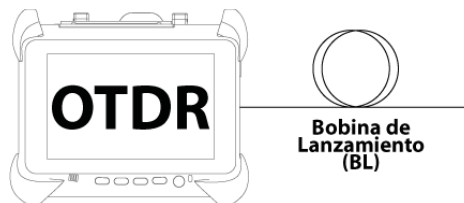


Figura 3-8 Diagrama de conexión de la bobina de lanzamiento y el OTDR.

### 3.2.4 Estudio previo

Para que se pueda desarrollar en plenitud la presente guía del alumno, es que este debe realizar la lectura del manual del OTDR y la sonda FIP. Así, el alumno puede conocer modelos de los instrumentos, alcances, cuidados, entre otros factores.

### 3.2.5 Guía del Alumno

Al igual que en la experiencia anterior, la guía del alumno (GA) presenta tres partes las cuales son:

- Parte I: Cuestionario Previo.
- Parte II: Investigación Teórica.
- Parte III: Práctica

La primera parte (en verde en la Figura 3-9), cuenta con 5 preguntas relevantes de la lectura del manual del OTDR. La segunda parte (en naranja en la Figura 3-9), se compone de 5 preguntas de investigación de conceptos que se ven involucrados a la hora de medir y finalmente, la tercera parte (en azul en la Figura 3-9), es netamente práctica. De estas dos últimas partes el alumno debe realizar un informe el cual debe entregar al comienzo de la siguiente sesión.

La guía consta de tres páginas, como se muestra en el apéndice B.2, de las que se muestra en la Figura 3-9.

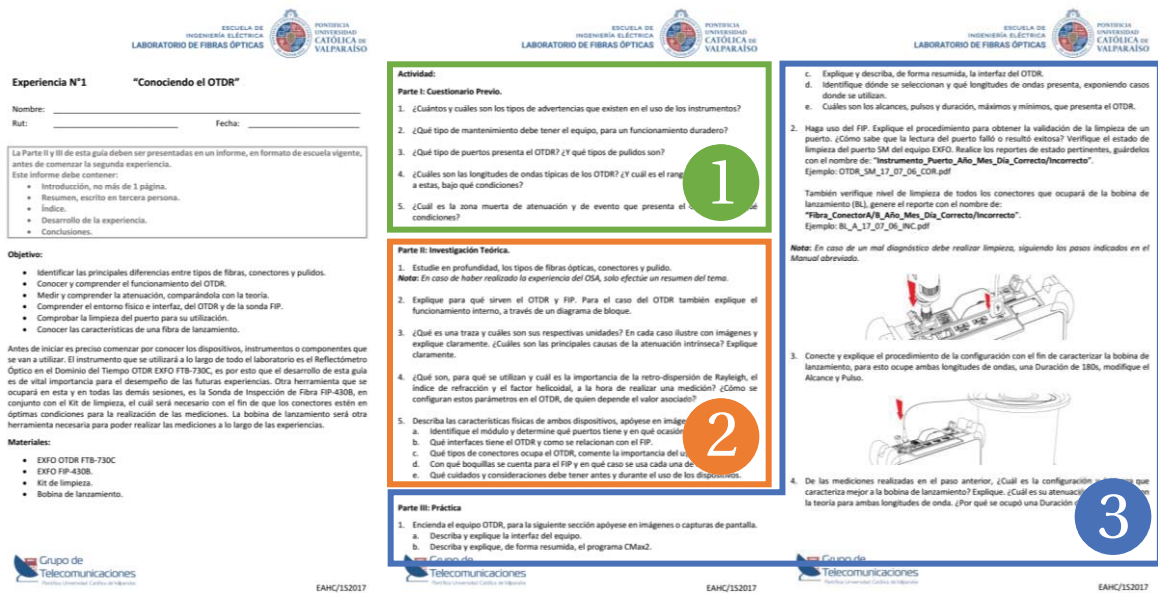


Figura 3-9 Miniatura de la Guía del Alumno.

### 3.2.6 Resultados esperados

Dentro de los resultados esperados para esta experiencia, está el conocer el funcionamiento y acercar al estudiante al OTDR, para que éste sea capaz de determinar su utilidad y posibilidades de uso y aplicación. A su vez se tiene como resultado esperado el conocer de forma más empírica las diferencias entre los tipos de fibra óptica, conectores y tipos de pulido, asociando sus ventajas y desventajas.

Se espera que los estudiantes conozcan la traza generada por la utilización del OTDR sobre una fibra, que sepan leer el software y comprender que información entrega, con el fin de poder caracterizar o diagnosticar una fibra, en este caso la bobina de lanzamiento.

Una vez que se realiza la conexión de la Figura 3-8, el estudiante debe modificar y determinar los parámetros de Alcance, Pulso y Duración, para ambas longitudes de onda 1310 nm y 1550 nm respectivamente, con el fin de caracterizar la bobina de lanzamiento de buena forma. En la Figura 3-10, se muestra la traza obtenida para 1550 nm. Se obtiene también, datos como la atenuación que es 0,201 dB/km y longitud de la bobina de lanzamiento que alcanza los 1,630 km.

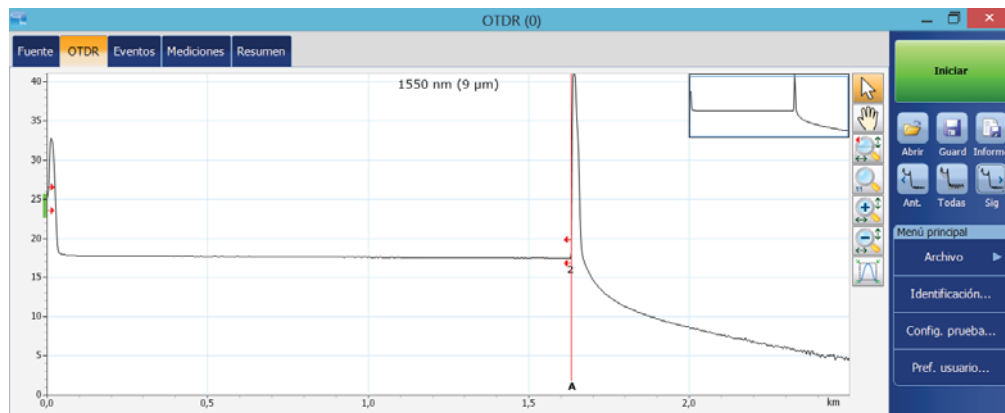


Figura 3-10 Traza esperada tras la realización del esquema presentado en la Figura 3-8, donde se aprecia las pérdidas y distancia asociada a la bobina de lanzamiento.

### 3.3 Experiencia N°2: Eventos Reflexivos y Zonas Muertas

Los eventos detectados por el OTDR son en su mayoría de tipo reflexivos, es decir, nos indica en qué lugar el pulso luminoso que se emite es reflejado en dirección de la fuente o emisor. En el OTDR, estos eventos reflexivos se aprecian como un aumento repentino de potencia recibida. Otros elementos son los conectores, los que son de vital importancia a la hora de realizar conexiones y que estas se efectúen de forma correcta. También se puede visualizar las zonas muertas, las que se originan a partir de eventos de reflexión como conectores, empalmes mecánicos, entre otros, a lo largo del enlace, afectando a la capacidad del OTDR para medir con precisión la atenuación en enlaces más pequeños y diferenciar eventos en espacios cercanos.

#### 3.3.1 Objetivos

- Profundizar en el entendimiento del OTDR y su principio de funcionamiento.
- Comprender la importancia de la bobina de lanzamiento.
- Comprender los tipos de eventos reflexivos y no reflexivos en la traza del OTDR.
- Reconocer la importancia del uso de conectores correctos.
- Medir y comprender las diferencias en los tipos de Zonas Muertas.

#### 3.3.2 Materiales

- OTDR.
- Sonda FIP.
- 2 Rollos Fibra Óptica.
- Kit de Limpieza.
- Bobina de Lanzamiento.
- Adaptadores.
- Cables FO SC/APC-SC/APC.
- Cables FO SC/APC-SC/UPC.

### 3.3.3 Esquema a implementar

Los esquemas a implementar en esta experiencia son tres. En primera instancia, se debe realizar la verificación de limpieza de los puertos del OTDR a través de la sonda FIP, tal como se muestra en la Figura 3-11:

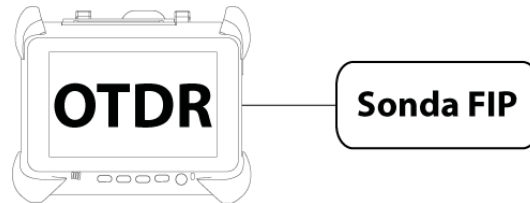


Figura 3-11 Esquema de conexión de la Sonda con el OTDR.

Posteriormente se debe realizar la conexión de uno de los rollos de FO a la bobina de lanzamiento y ésta al OTDR. Se debe realizar las mediciones que pide la guía, luego se cambia el rollo de FO y se mide el siguiente (Ver Figura 3-12).



Figura 3-12 Diagrama de conexión entre la bobina de lanzamiento, un rollo de fibra óptica y el OTDR.

El último esquema es realizar la conexión de ambos rollos de FO a través de dos tipos de cables distintos, para poder verificar la importancia de los conectores, como se muestra en la Figura 3-13:

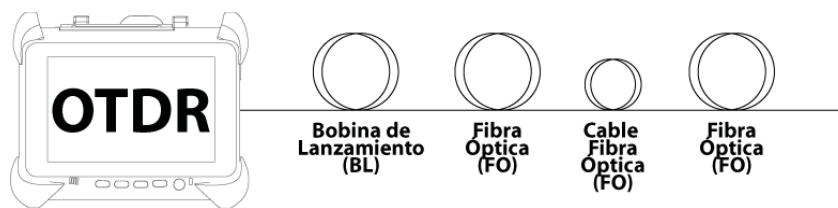


Figura 3-13 Diagrama de conexión para verificar la importancia de los conectores.

### 3.3.4 Estudio previo

Dado que esta es la segunda experiencia relacionada al OTDR, el estudio previo corresponde a la realización de la guía y experiencia anterior, en conjunto con la concretización del informe de la parte I y parte II. Esto, ya que el fin de las experiencias es ser evolutivas, es decir, ir avanzando en el conocimiento.

### 3.3.5 Guía del Alumno

Al igual que en la experiencia anterior, la guía del alumno (GA) presenta tres partes las cuales son:

- Parte I: Cuestionario Previo.
- Parte II: Investigación Teórica.
- Parte III: Práctica

La primera parte (en verde en la Figura 3-14), cuenta con 5 preguntas relevantes de la lectura del manual del OTDR. La segunda parte (en naranja en la Figura 3-14), se compone de 5 pregunta de investigación de conceptos que se ven involucrados a la hora de medir y finalmente, la tercera parte (en azul en la Figura 3-14), es netamente práctica. De estas dos últimas partes el alumno debe realizar un informe el cual debe entregar al comienzo de la siguiente sesión. La guía consta de cuatro páginas, de las que se muestra en la Figura 3-14, las guías se muestran en apéndice B.3.

**Experiencia N°2 "Eventos Reflexivos y Zonas Muertas"**

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
Rut: \_\_\_\_\_

La Parte II y III de esta guía deben ser presentadas en un informe, en formato de escuela vigente, antes de comenzar la segunda experiencia. Este informe debe contener:

- Introducción, no más de 1 página.
- Resumen, escrito en tercera persona.
- Índice.
- Desarrollo de la experiencia.
- Conclusiones.

**Objetivo:**

- Profundizar en el entendimiento del OTDR y su principio de funcionamiento.
- Comprender la importancia de la bobina de lanzamiento.
- Comprender los tipos de eventos reflexivos y no reflexivos en la traza del OTDR.
- Reconocer la importancia del uso de conectores correctos.
- Medir y comprender las diferencias en los tipos de Zonas Muertas.

Como se ha mencionado los eventos detectados por el OTDR son en su mayoría de tipo reflexivos, es decir, nos indica en qué lugar el pulso luminoso que se emite es reflejado en dirección de la fuente o emisor. En el OTDR estos eventos reflexivos, se agrupan como un aumento repentinamente de potencia recibida. Otros elementos son los conectores, los que son de vital importancia a la hora de realizar conexiones y que estas se efectúan de forma correcta. Las zonas muertas se originan a partir de eventos de reflexión como conectores, empalmes mecánicos, entre otros, a lo largo del enlace, afectando a la capacidad del OTDR para medir con precisión la atenuación en enlaces más pequeños y diferenciar eventos en espacios cercanos.

**Materiales:**

- EXFO OTDR FTB-730C
- EXFO FIP-430B.
- 2 Rollos Fibra Óptica.
- Kit de limpieza.
- Bobina de lanzamiento.
- Adaptadores.
- Cables FO SC/APC/SC/APC.
- Cables FO SC/APC/SC/PC.

También verifique nivel de limpieza de todos los conectores que ocupará de la bobina de lanzamiento (BL), de los rollos de FO (FO1 y FO2) o fibras (FO3 y FO4) genere el reporte con el nombre de "Fibra\_Conector/A\_Año\_Mes\_Día\_Correcta/Incorrecta".  
Ejemplo: FOA\_A\_17\_07\_06\_NC.pdf

**Nota:** En caso de un mal diagnóstico debe realizar limpieza, siguiendo los pasos indicados en el Manual abreviado.

**OTDR — Sonda FIP**

2. Muestre los pasos para la configuración de los umbrales de detección de análisis y explique qué parámetros escoge.

3. Con la siguiente configuración, Pulso en 1µs y la Duración en 30s, conecte a través del adaptador, uno de los rollos de FO disponibles en el laboratorio a la bobina de lanzamiento y característico.  
Responda este procedimiento para el otro rollo de FO. Complete la tabla comparativa entre las fibras, (A qué se deben las diferencias? Muestre las trazas correspondientes, indicando los eventos reflexivos y quienes lo provocan).

	FO código QG-19952	FO código QB-93723
Longitud del trazo		1310m
Pérdida del trazo		
OTL del trazo		
Pérdida promedio		
Longitud del trazo		1500m
Pérdida del trazo		
OTL del trazo		
Pérdida promedio		

4. ¿Cuál es la importancia de la bobina de lanzamiento? ¿Cómo cree usted que puede realizar la caracterización del conector final del trazo? ¿Este dicho forma?

**Parte I: Cuestionario Previo.**

1. ¿Qué tipos de conectores y pulidos, existen y sus principales diferencias?
2. ¿Cuál es la relación de la retro-dispersión de Rayleigh con la atenuación?
3. ¿Qué información entrega la traza del OTDR?
4. ¿Cuál es el alcance y duración máxima del OTDR?
5. ¿Cuánto mide la bobina de lanzamiento? ¿Qué pérdidas asociadas presenta?

**Parte II: Investigación Teórica.**

1. De una de las trazas obtenidas de la bobina de lanzamiento.
  - a. Identifique los sucesos reflexivos, ¿cuáles los produce?
  - b. Existen otros tipos de sucesos, ¿cuáles? Explíquelos de forma clara y concisa, si es necesario apoyarse en otras trazas. ¿Qué eventos son no-reflexivos?
  - c. ¿Cuál es la simbología que ocupan los equipos EXFO OTDR para describir los eventos? Comente.
2. ¿Cómo se mejora la relación señal/ruido de la traza, en los OTDR?
3. ¿Qué pérdidas se atribuyen al tipo de conector y pulido, reflexivo o no reflexivo, importantes estas? ¿De qué orden son estas?
4. ¿Qué es la zona muerta en una traza? ¿Cuántas de estas zonas existen y cómo?
5. ¿Qué es la reflectancia y qué importancia tiene junto al pulso a la hora de medir del equipo? ¿Cuál dice el proveedor con respecto a la medición de esta? Gracias a de lectura de la zona muerta, ¿Qué decisión podemos tomar frente a la adquisición de un evento?

**Parte III: Práctica.**

1. Con el FIP-430B verifique el estado de limpieza de los puertos a utilizar del OTDR. Realice los reportes de estado pertinentes, guárdelos con el nombre de: "testimoniompuerto\_Año\_Mes\_Día\_Correcta/Incorrecta".  
Ejemplo: OTDR\_SM\_17\_07\_06\_COD.pdf
5. Con la FO QG-19952 conectada a la bobina de lanzamiento, realice las mediciones de la zona muerta de atenuación y de la zona muerta de evento. Trabaje con los mismos parámetros anteriores, pero elija entre 1310nm o 1550nm. Muestre y explique apoyándose en las imágenes los resultados obtenidos, los conceptos de zonas muertas.
6. Realice el siguiente esquema de conexión, para este caso ocupe el cable FO SC/APC/SC/APC. Obtenga las trazas, bajo los siguientes parámetros: Pulso de 2,5µs con una Duración de 45s, para 1500m.
7. Con la misma configuración que en el paso 6, pero en este caso ocupe el cable FO SC/APC/SC/APC. Obtenga las trazas, bajo los siguientes parámetros. Mantenga la configuración, ahora gire el cable, donde tenía conectado el SC/APC conector SC/APC y viceversa. ¿Qué puede comentar de dicho cambio, con respecto a la distancia que se encuentra el conector y la potencia de la señal? ¿Es importante el tipo de conector o se debe a otro motivo?

Figura 3-14 Miniatura Guía del Alumno.

### 3.3.6 Resultados esperados

Dentro de los resultados esperados está el conocer y experimentar los eventos reflexivos en las trazas del OTDR. Dado que en el sistema de FO armado en el laboratorio se tiene instalado un adaptador entre las fibras es que en la traza final se deben obtener tres eventos reflexivos, como se muestran en la Figura 3-15.

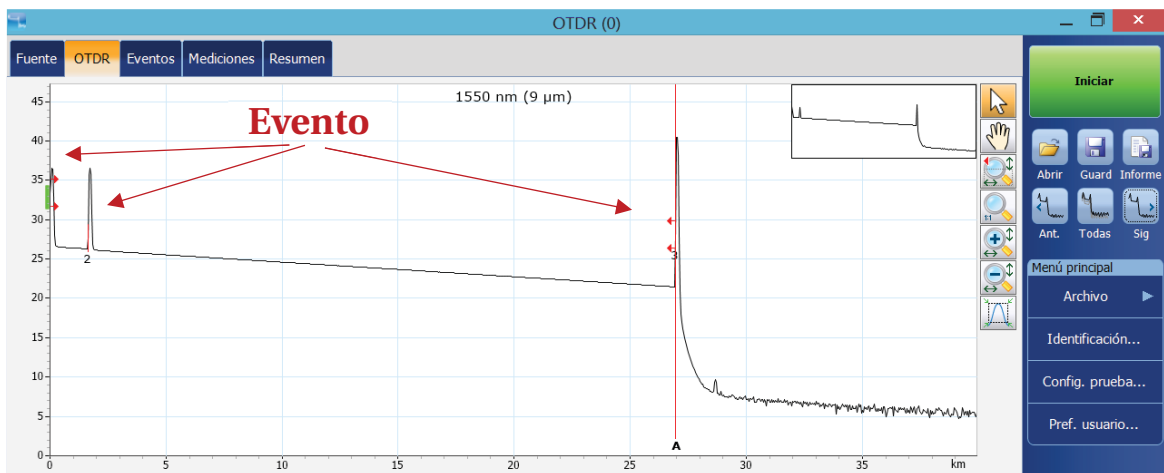


Figura 3-15 Reconocimiento de eventos reflexivos en la traza obtenida en función de la conexión realizada en la Figura 3-12.

Se espera que el estudiante pueda realizar la medición de la zona muerta de evento y de atenuación, comprendiendo los pasos que debe realizar en la pestaña “Mediciones”. Para el caso de la zona muerta de evento se mide con los marcadores como se aprecia en la Figura 3-16.

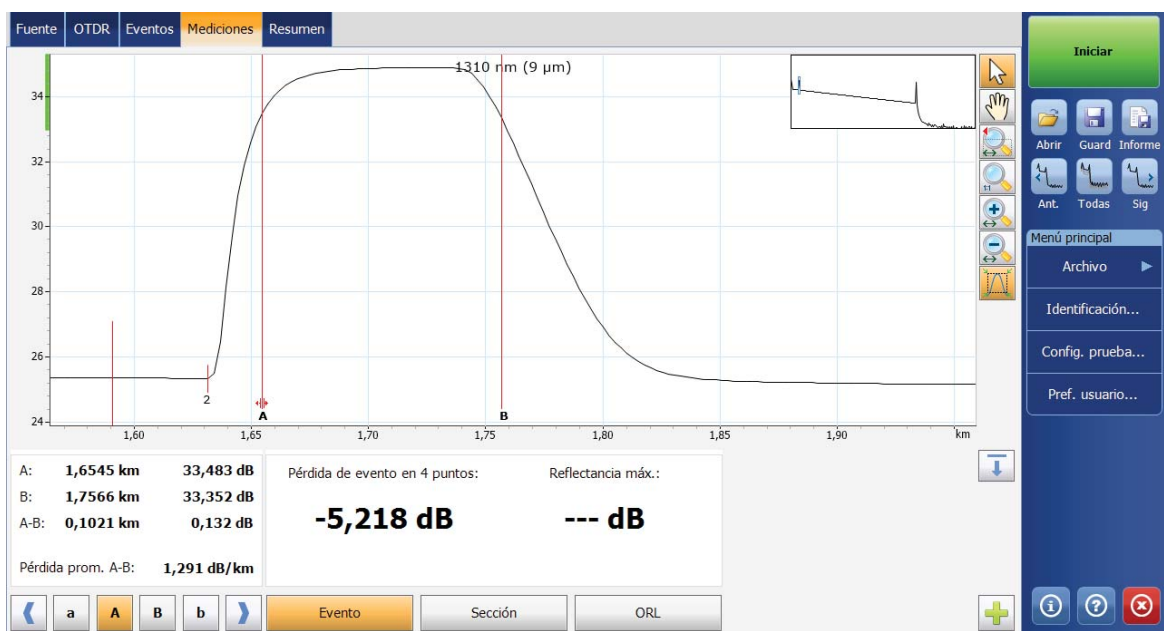


Figura 3-16 Marcadores dispuesto para la medición de la zona muerta de evento en función de la distancia.

Una vez ubicados ambos marcadores el alumno debe realizar la medida en el eje de las abscisas, para saber cuánta distancia corresponde. En el caso de la Figura 3-16, se obtiene una zona muerta de 100 mts.

Para la medición de la zona muerta de atenuación el alumno debe comprender los pasos para disponer de los marcadores, como se muestra en la Figura 3-17. Una vez fijado ambos marcadores se realiza la medida en el eje de las abscisas, es decir, medir la distancia que cubre entre marcador A y B, que en este caso es de 183 mts aproximadamente

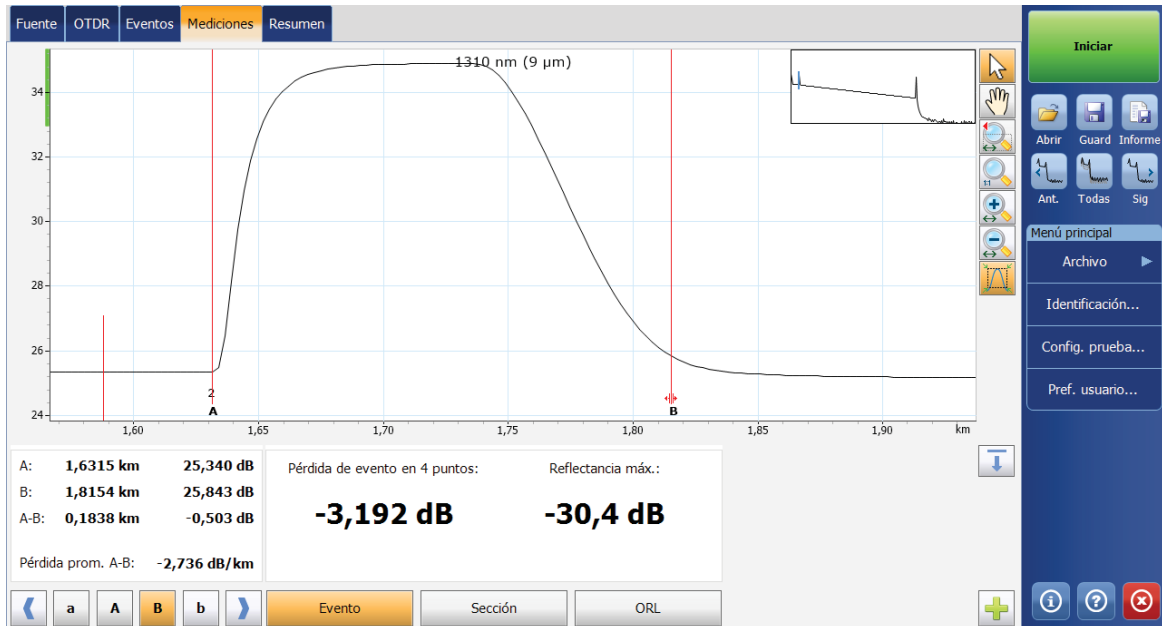


Figura 3-17 Marcadores dispuestos para la medición de la zona muerta de atenuación en función de la distancia y pérdidas.

### 3.4 Experiencia N°3: Rango Dinámico, Ecos y Fantasmas

El rango dinámico de reflexión se define como la relación entre la potencia reflejada en un evento cercano al conector del panel frontal y la potencia de ruido del sistema, esta también define en si a la resolución. El trabajo en el OTDR depende de un compromiso de ambos conceptos, ninguno es mejor, ya que depende de qué es lo que se desea obtener con la traza. De las trazas entregadas por el OTDR existen reflexiones que no se deben a elementos dispuesto en el sistema, sino que pueden atribuirse a reflexiones sucesivas del pulso al interior de la fibra, estas reflexiones se conocen como ecos y fantasmas.

#### 3.4.1 Objetivos

- Conocer y determinar el rango dinámico reflexivo del OTDR.
- Reconocer la relación entre rango dinámico y resolución en el OTDR.
- Conocer lo que es el eco y fantasma en la traza del OTDR.



- Realizar mediciones del eco en la traza.
- Reconocer y comprender los fantasmas de la traza.

### 3.4.2 Materiales

- OTDR.
- Sonda FIP.
- 2 Rollos Fibra Óptica.
- Kit de Limpieza.
- Bobina de lanzamiento.
- Adaptadores.

### 3.4.3 Esquema a implementar

Los esquemas a implementar en esta experiencia son tres. En primera instancia, se debe realizar la verificación de limpieza de los puertos del OTDR a través de la sonda FIP, tal como se muestra en la Figura 3-18:

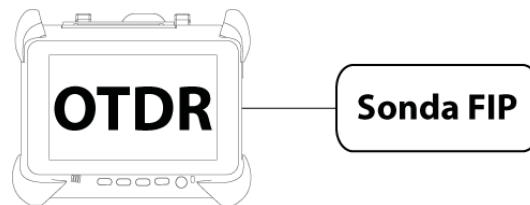


Figura 3-18 Esquema de conexión entre la Sonda y el OTDR.

Posteriormente se debe realizar la primera medición y en la cual se analiza las pérdidas generadas, potencias y distancias de la red óptica, como se muestra en la Figura 3-19. Este esquema involucra la conexión entre el OTDR, la bobina de lanzamiento y los rollos de fibra óptica, a través de los adaptadores disponibles en el laboratorio.

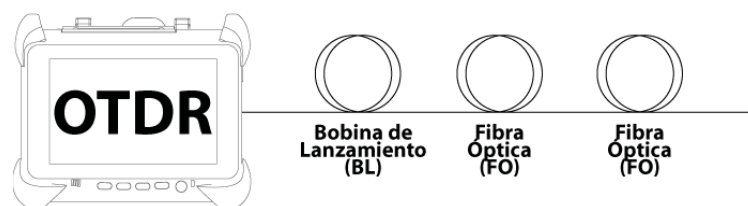


Figura 3-19 Diagrama de conexión del OTDR y las fibras ópticas, para el rango dinámico.

El último esquema en la experiencia tiene como objetivo que el alumno pueda observar y analizar la presencia de los ecos en las trazas, para eso se debe realizar el esquema de la Figura 3-20:

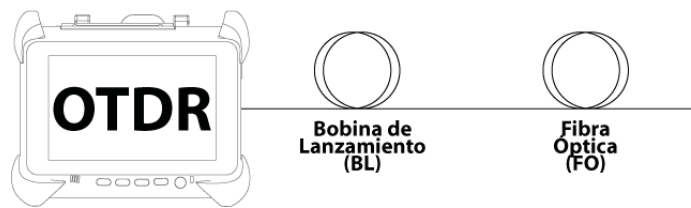


Figura 3-20 Diagrama de conexión para analizar ecos en la traza.

### 3.4.4 Estudio previo

Dado que esta es la tercera experiencia relacionada al OTDR, el estudio previo corresponde a la realización de la guía y experiencia anterior, en conjunto con la concretización del informe de la parte I y parte II. Esto, ya que el fin de las experiencias es ser evolutivas, es decir, ir avanzando en el conocimiento.

### 3.4.5 Guía del alumno

Al igual que en la experiencia anterior, la guía del alumno (GA) presenta tres partes las cuales son:

- Parte I: Cuestionario Previo.
- Parte II: Investigación Teórica.
- Parte III: Práctica

La primera parte (en verde en la Figura 3-21), cuenta con 5 preguntas relevantes de la lectura del manual del OTDR. La segunda parte (en naranja en la Figura 3-21), se compone de 5 pregunta de investigación de conceptos que se ven involucrados a la hora de medir y finalmente, la tercera parte (en azul en la Figura 3-21), es netamente práctica. De estas dos últimas partes el alumno debe realizar un informe el cual debe entregar al comienzo de la siguiente sesión. La guía consta de cuatro páginas, de las que se muestra en la Figura 3-21, las guías se muestran en el apéndice B.4.

**Experiencia N°3 "Rango Dinámico, Ecos y Fantasmas"**

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Rut: \_\_\_\_\_

La Parte II y III de esta guía deben ser presentadas en un informe, en formato de escuela vigente, antes de comenzar la segunda experiencia. Este informe debe contener:

- Introducción, no más de 1 página.
- Resumen, escrito en tercera persona.
- Índice.
- Desarrollo de la experiencia.
- Conclusiones.

**Objetivo:**

- Determinar el rango dinámico reflexivo del OTDR.
- Reconocer la relación entre rango dinámico y resolución en el OTDR.
- Conocer lo que es el eco y fantasma en la traza del OTDR.
- Realizar mediciones del eco en la traza.
- Reconocer los fantasmas de la traza.

El rango dinámico de reflexión se define como la relación entre la potencia reflejada en un evento cercano al conector del panel frontal y la potencia de ruido del sistema, esta también define en si a la resolución. El trabajo en el OTDR depende de un compromiso de ambos conceptos, ninguno es mejor, ya que depende de qué es lo que se desea obtener con la traza. Dentro de las trazas entregadas por el OTDR existen reflexiones que no se deben a elementos disjuntos en el sistema, sino que pueden atribuirse a reflexiones sucesivas del pulso al interior de la fibra, estas reflexiones se conocen como ecos y fantasmas.

**Materiales:**

- EXFO OTDR FTS-730C
- EXFO FIP-430B.
- 2 Rollos Fibra Óptica.
- Kit de limpieza.
- Bobina de lanzamiento.
- Adaptadores.

**Actividad:**

**Parte I: Cuestionario Previo.**

1. ¿Cuál es la importancia de usar los conectores correctos, qué implica su mal uso?
2. ¿Cuáles eventos no provocan un crecimiento reflexivo, sino más bien solo una pérdida de potencia?
3. ¿Cuál es la importancia de la bobina de lanzamiento?
4. ¿En qué nos puede ayudar conocer la zona muerta de un equipo o traza?
5. ¿Un pulso corto asegura una zona muerta menor? ¿Qué otro factor se ve en la medición de la zona muerta?

**Parte II: Investigación Teórica.**

1. Explique qué es el Rango Dinámico.
2. ¿Cómo afecta este a la percepción de los sucesos?
3. ¿Qué relación tiene el Rango Dinámico con la Resolución? Explique apoyándose en un ejemplo.
4. ¿Qué compromiso debe haber a la hora de la utilización del OTDR, con rango dinámico y resolución? ¿Por qué?
5. ¿Qué es el Eco y Fantasma? ¿Qué motivos los generan? ¿Cómo podemos evitarlos? ¿Cómo se limpia de ecos y fantasmas?

**Parte III: Práctica.**

1. Con el FIP-430B verifique el estado de limpieza de los puertos a utilizar del OTDR. Realice los reportes de estado pertinentes, guárdelos con el nombre de: "Instrumento\_Puerto\_ABo\_Mes\_Dia\_Correcto/Incorrecto". Ejemplo: OTDR\_SM\_17\_07\_06\_INC.pdf

También verifique nivel de limpieza de todos los conectores que ocupará de la bobina de lanzamiento (RL), de los rollos de FO (FO1 y FO2), genere el reporte con el nombre de: "Fibra\_ConectorABo\_ABo\_Mes\_Dia\_Correcto/Incorrecto". Ejemplo: FO1\_A\_17\_07\_06\_CORI.pdf

**Note:** En caso de un mal diagnóstico debe realizar limpieza, siguiendo los pasos indicados en el Manual abreviado.



2. Utilice la siguiente configuración para ambas longitudes de onda, Pulso en 2,5µs y la Duración en 180s, realice la conexión a la bobina de lanzamiento del rollo QG-13952 y a través de un adaptador conecte al sistema el rollo QB-13723. Obtenga las trazas correspondientes.



3. Obtener las atenuaciones por tramo de forma gráfica utilizando la pestaña Mediciones, compare la información de ambas longitudes de ondas con la teoría. Elija una de las trazas correspondientes a 1310nm o 1550nm y realice un análisis manual de los resultados en la pestaña evento, para esto utilice los marcadores.

- Obtener la distancia a un evento y el nivel de potencia relativa asociada.
- Obtener la pérdida de eventos y reflectancia máxima.
- Obtener la pérdida de sección y atenuación.
- Obtener el valor de ORL.
- Genere un informe de su medición, guárdelo con el siguiente nombre: "ABo\_Mes\_Dia\_Apellido". Ejemplo: "2017\_07\_19\_GONZALEZ.pdf"

4. Escija una longitud de onda para realizar la experiencia. Utilizando la conexión del paso 2, realice tres configuraciones de Pulso distintas, ocupe una Duración de 30s, mostrando y argumentando los cambios efectuados. ¿Qué fenómeno ocurre? Indique; cuál tiene mejor rango dinámico y cuál mejor resolución.

5. Haga la conexión que se muestra en el esquema final con el rollo QG-13952 conectado a la bobina de lanzamiento, analice la traza que se obtiene con las siguientes configuraciones: a 1550nm, con Alcance de 80km, Pulso de 5µs y Duración de 180s ¿Qué puede decir de la traza? Según las mediciones realizadas en la guía anterior ¿Cuánto media cada rollo, por qué aparecen

dos eventos reflexivos entre el ruido? ¿A qué se deben dichos eventos y a qué distancia se encuentran? ¿Cómo mejorará la traza?



6. En caso de no conocer la configuración de la red óptica, es decir, medirá una caja negra donde solo tiene acceso al conector de entrada a la red ¿Qué haría usted para descartar la presencia de un eco o fantasma? Si depende del Alcance, Pulso, Duración, Longitud de onda, etc. Determine qué valor le daría a cada uno.

Figura 3-21 Miniatura de la Guía del Alumno.

### 3.4.6 Resultados esperados

Luego de que el alumno realice las mediciones con tres pulsos distintos debe apreciar de forma explícita, como es la relación entre el rango dinámico y la resolución. Concluyendo que, a mayor rango dinámico la resolución de los eventos disminuye. En la Figura 3-22, se muestra un par de trazas obtenidas donde se ve el cambio en la resolución y rango dinámico, en ellas se aprecia que la zona muerta de atenuación pasa de unos cientos de metros a aproximadamente a 4 km (en el evento de la izquierda). Dado esta zona muerta es que se carece de definición y certeza de cuantos eventos reflexivos existen en dicho tramo.

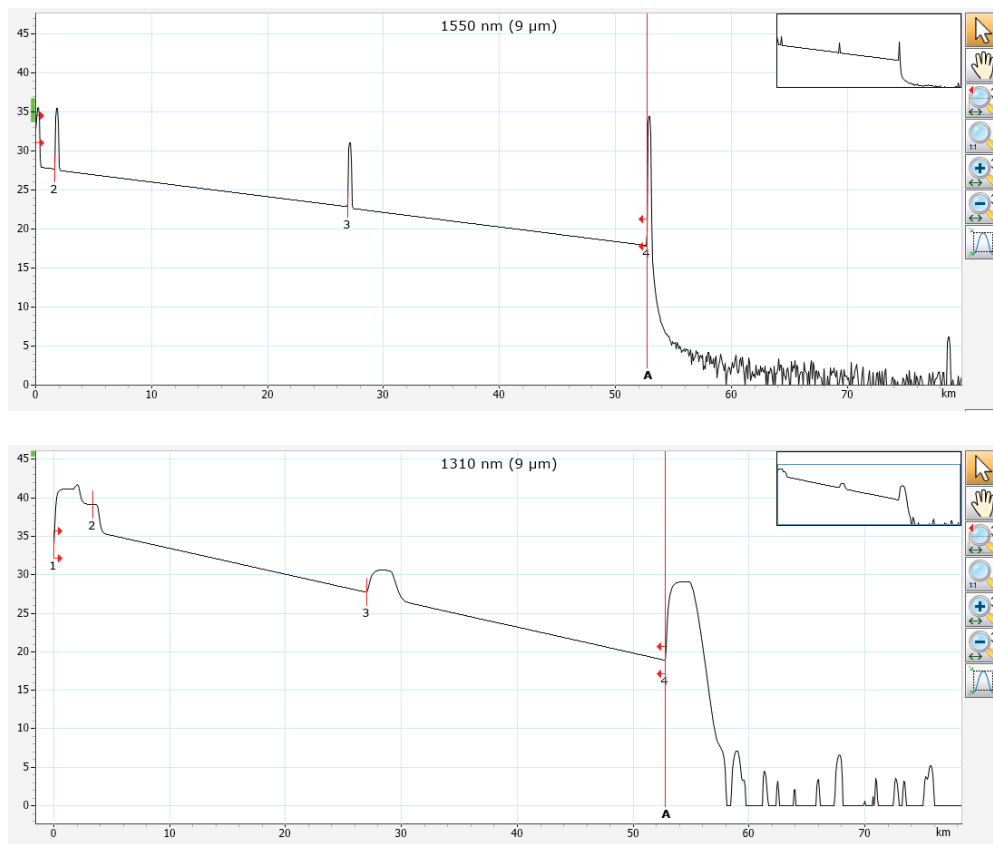


Figura 3-22 Trazas obtenidas como resultado de en la modificación del largo del pulso, menor resolución y mejor rango dinámico.

Lo que se espera del alumno es que sea capaz de juzgar si la traza posee o no un buen rango dinámico o una buena resolución sin tener que ahondar en los resultados y análisis entregados por el OTDR, lo que mejora los tiempos de análisis o de prueba. También tiene como objetivo que, si al alumno se le entregase un plano de un sistema de FO, sea capaz de anticipar el comportamiento, es decir, saber que componentes generan eventos reflexivos y cuales no reflexivos, así poder validar esos conocimientos con los resultados entregados por el OTDR en futuras mediciones.

Otro resultado esperado es que el alumno sea capaz de entender y verificar en la práctica, la procedencia del evento reflexivo denominado eco, y de forma teórica el evento denominado fantasma. Para eso se le da configuraciones precisas para que en las trazas se aprecie dicho fenómeno, tal como se muestra en la traza de la Figura 3-23.

La aparición de un evento a una distancia mayor de la real de la fibra en prueba se debe al ancho del pulso, ya que para una fibra de 25 km un ancho de pulso de  $5\mu\text{s}$  es extremadamente grande. El pulso queda circulando dentro de la fibra por lo que el sensor de adquisición recibe en más de una ocasión la información con respecto a los conectores y tramos. Es por esta razón que se ven reflejados los conectores de la bobina de lanzamiento.

Si se traza un eje imaginario en el evento que está en el km 25, la imagen en ambos sentidos es reflejada. Ahora si medimos la distancia desde el centro del evento 3 hasta los eventos de la derecha, obtendremos la misma distancia que desde el centro de 3 hacia los eventos de la izquierda, si medimos desde la referencia estos se encuentran aproximadamente a los 52 km, que es el doble de la fibra real que se mide. Esto es eco en una traza y se debe a una mala selección de los parámetros por lo que para evitar esto se debe disminuir el ancho del pulso.

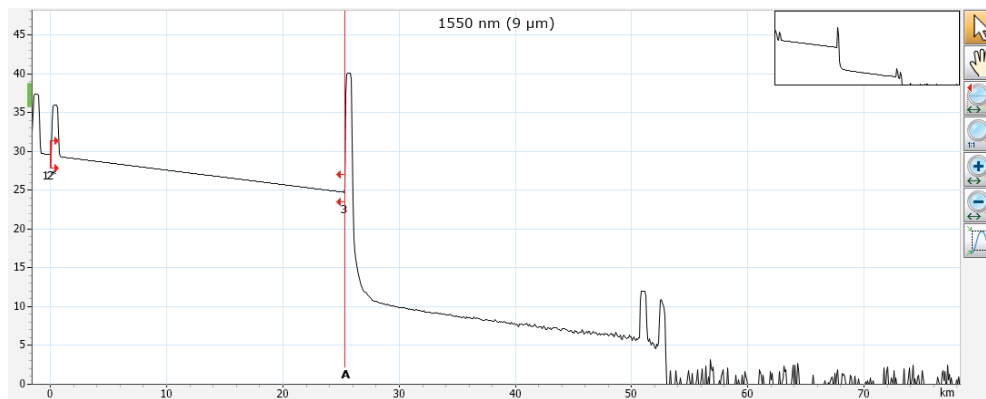


Figura 3-23 Traza donde se aprecia dos ecos a los 50 km en función de los parámetros dispuestos en la guía.

### 3.5 Proyección: Experiencia propuesta

La experiencia que se propone a continuación, depende de la implementación y uso de la fusionadora. Dado que los extensos tiempos de entrega del proveedor hicieron imposible el desarrollo y verificación de la guía del alumno que se exhibe en el apéndice B.5, quedando fuera de los plazos de entrega del presente trabajo de titulación, por este mismo motivo, a su vez no se cuenta con la guía del profesor desarrollada.

A parte del uso de la fusionadora, también se utilizará la cortadora de precisión de fibra óptica. Si bien estas herramientas quizás se relacionan a un aspecto técnico, en realidad son herramientas que ayudaran a crear habilidad y competencias en los alumnos, ya que ampliarán los conocimientos referentes a las mediciones de campo.

La guía del alumno tiene como título:

- “Fusionar FO y Caracterizar una red óptica”

Los empalmes son los recurrentes a la hora de unir fibra óptica, es por esto que en esta experiencia se proyecta enseñar a realizar empalmes por fusión. Como se ha abarcado la mayoría de los conceptos asociados al OTDR, se puede pasar al nivel de validación y caracterización de una red, para esto se debe hacer uso del conocimiento en las herramientas y conceptos, que en dieron forma a las experiencias anteriores. Esta experiencia viene a validar y ser una prueba del aprendizaje y poner en práctica los conocimientos y conceptos adquiridos.

### 3.5.1 Objetivos

Los objetivos planteados para la experiencia son:

- Conocer e identificar los tipos de empalmes, en conjunto con las pérdidas asociadas a estos.
- Identificar la importancia y las pérdidas asociadas, de un empalme por fusión y mecánico.
- Realizar un empalme por fusión y caracterizar.
- Caracterizar la atenuación, los eventos reflexivos y no reflexivos en la traza del OTDR.
- Identificar y medir las pérdidas generadas por cada uno de los conectores dentro de la red.
- Identificar y medir las diferentes zonas muertas en la traza.
- Determinar la mejor relación rango dinámico y resolución para la red.
- Identificar y medir el eco o fantasma, en caso de existir en la traza.

### 3.5.2 Materiales

Los materiales que se proyectan para la experiencia, pueden variar en caso de que se modifique un poco el proceder de la experiencia:

- OTDR.
- Sonda FIP.
- 2 Rollos Fibras Ópticas.
- Bobina de Lanzamiento.
- Kit de Limpieza.
- Adaptadores.
- Fusionadora.
- Cables FO SC/APC-SC/APC y SC/APC-SC/UPC.

### 3.5.3 Esquema a implementar

Primero se plantea que el alumno realice un empalme de fibra óptica, para esto se debe disponer de dos fibras a unir a través de la fusionadora con ciertas características, una de estas es tener un corte en 90° transversal y estar completamente limpia. Para efectuar la fusión de las fibras se requiere utilizar una cortadora de precisión y el kit de limpieza, por lo que un esquema sería muy superficial, y se deja abierta la posibilidad de generar un manual o paso a paso de cómo realizar la fusión.

Una vez realizada la fusión de ambas fibras, como es de costumbre se debe verificar la limpieza con la sonda de inspección en los puertos y conectores a utilizar para el desarrollo de la guía, el esquema se muestra en la Figura 3-24:

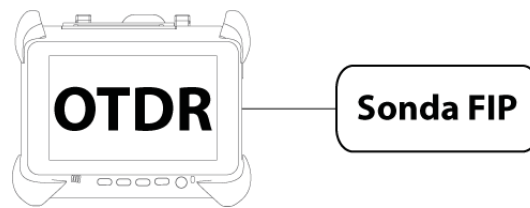


Figura 3-24 Esquema de conexión entre la Sonda y el OTDR.

El segundo esquema, que se muestra en la Figura 3-25, corresponde a la medición y caracterización de las fibras recién empalmadas, para luego configurar una red óptica que el alumno estime conveniente con al menos tres tramos de fibra óptica, para esto deberá hacer uso de adaptadores, aplicando conocimientos de tipo de conectores y pulidos, no se debe olvidar el uso de la bobina de lanzamiento, los rollos de fibra óptica y cables de fibra óptica.

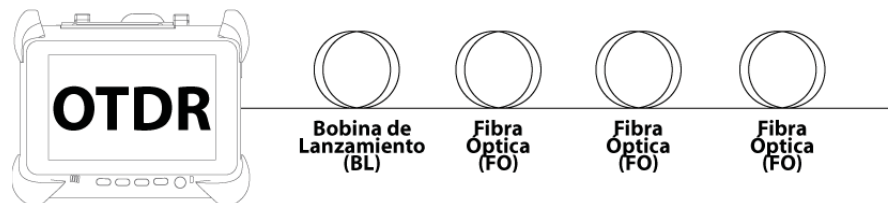


Figura 3-25 Diagrama de conexión de una red óptica a caracterizar.

### 3.5.4 Estudio previo

Dado que esta es la cuarta experiencia del OTDR, el estudio previo corresponde a la realización de la guía 1, guía 2 y guía 3, en conjunto con la concretización de los informes, correspondientes a dichas experiencias, de la parte I y parte II, ya que el fin de estas experiencias es ser evolutivas, es decir, ir avanzando en el conocimiento. Como se mencionó anteriormente se utilizarán nuevas herramientas como lo es la fusionadora y la cortadora de precisión, es por esto que se suma al estudio previo la lectura de ambos manuales.

### 3.5.5 Guía del alumno

Al igual que en las experiencias anteriores, la guía del alumno (GA) presenta tres partes las cuales son:

- Parte I: Cuestionario Previo.
- Parte II: Investigación Teórica.
- Parte III: Práctica

La primera parte (en verde en la Figura 3-26), cuenta con 5 preguntas relevantes de la lectura del manual del OTDR. La segunda parte (en naranja en la Figura 3-26), se compone de 5 preguntas de investigación de conceptos que se ven involucrados a la hora de medir y finalmente, la tercera parte (en azul en la Figura 3-26), es netamente práctica. De estas dos últimas partes el alumno debe realizar un informe el cual debe entregar al comienzo de la siguiente sesión. La guía consta

de cuatro páginas, de las que se muestra en la Figura 3-26, las guías se muestran en el apéndice B.5.

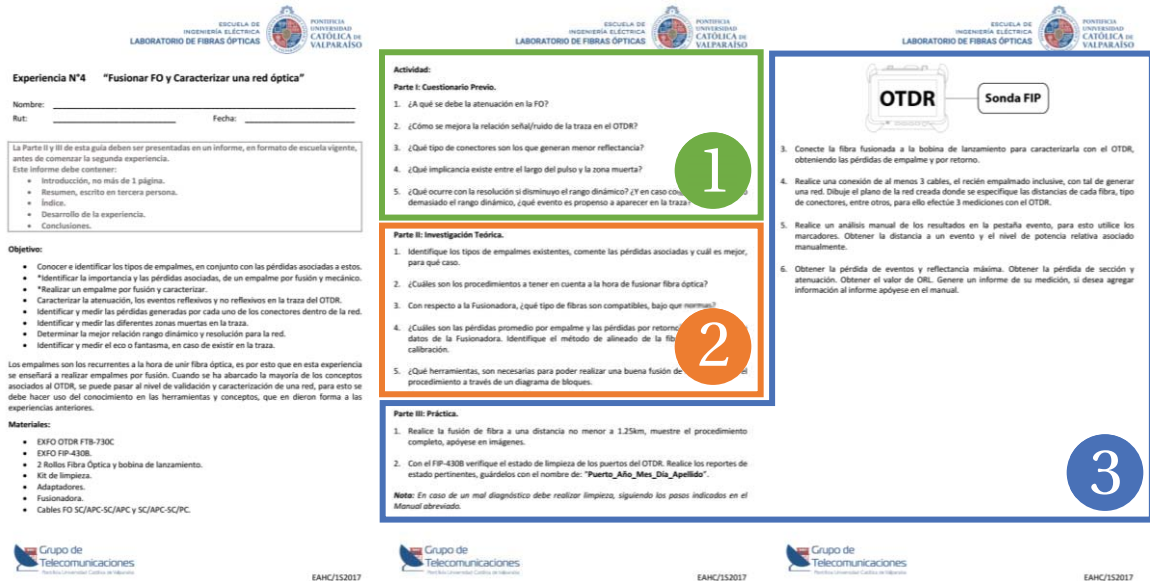


Figura 3-26 Miniatura de la Guía del Alumno.

### 3.5.6 Resultados esperados

Los resultados esperados de la experiencia propuesta son que el alumno aprenda a la manipulación y qué conlleva la utilización de una fusionadora, profundizar en el manejo de fibra óptica. También busca reafirmar y ser una especie de prueba de laboratorio, ya que en esta se abarcaría todo lo aprendido en las experiencias anteriores. Se espera haber generado las competencias en el alumno para poder enfrentarse al mundo laboral y ser capaz de analizar, comprender y tomar decisiones al enfrentarse a una traza de OTDR a la hora de validar una red óptica o un enlace, como a su vez, las pérdidas asociadas a la fusionadora, comprendiendo el porqué de estas y sus implicancias.



## 4 Validación e implementación

Una vez diseñado los esquemas, las experiencias y las guías del alumno, la siguiente etapa es la evaluación de estas, establecer si los niveles de conocimientos por partes de los alumnos de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la PUCV son los adecuados para enfrentarse y desarrollar este laboratorio propuesto de fibras ópticas. Una forma de evaluar si las guías cumplen con los objetivos es a través de la realización de talleres. Para esto se cuenta con una muestra de alumnos de las carreras de Ingeniería Electrónica e Ingeniería Civil Electrónica de la casa de estudios, quienes deben utilizar las guías del alumno ya expuestas en los apartados anteriores para ser desarrolladas en modo de taller en el laboratorio de telecomunicaciones.

Para poder saber qué conocimiento fue adquirido a lo largo de este taller, es que se diseña un test inicial. Este consta de tres secciones con preguntas relacionadas a fibras ópticas, OTDR y finalmente sobre OSA. Este test busca saber tanto el nivel, como la profundidad de conocimientos, antes de que los alumnos desarrollen las guías. Para que este funcione como parámetro inicial es que al finalizar el taller se debe efectuar el mismo test con el fin de obtener una variación en conocimientos, los cuales podrán ser atribuidos al taller. El diagrama de la Figura 4-1 nos muestra las etapas que se deben ejecutar para poder obtener la validación.

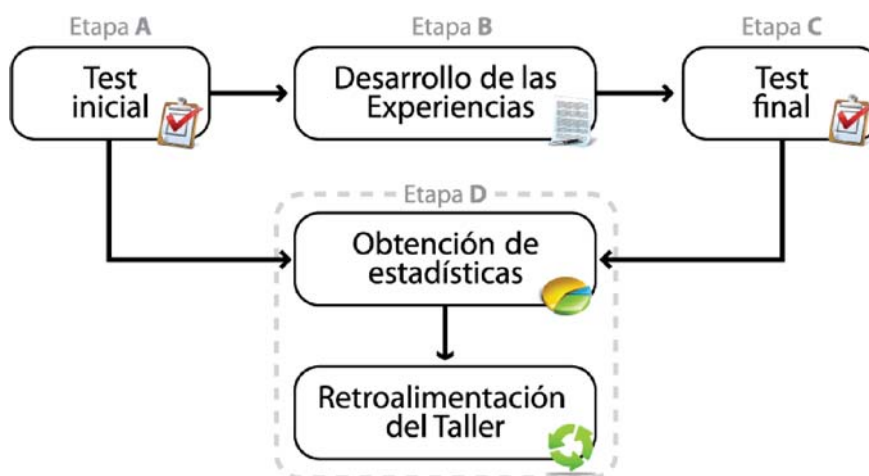


Figura 4-1 Diagrama en bloque de etapas a ejecutar para la validación.

## 4.1 Test

### 4.1.1 Diseño del test

Una consideración fundamental para escoger un instrumento de evaluación es que sea adecuado para el propósito de dicha evaluación. Determinar el objetivo o propósito de evaluación implica hacerse las preguntas ¿qué es lo que queremos medir? ¿a quiénes queremos evaluar? Para dar respuestas se define que se someterá a la evaluación una muestra de alumnos de las carreras de electrónica de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la PUCV. Se desea evaluar el nivel de conocimientos relacionados con fibra óptica y sobre instrumentos de medición de campo como el OTDR y el OSA.

Algunos instrumentos están diseñados para realizar evaluaciones de diagnóstico, formativas o sumativas. Dado que es una evaluación que se debe aplicar antes de iniciar cualquier actividad o experiencia, es que se puede considerar como una evaluación de diagnóstico (esta es una evaluación que profundiza en las debilidades y fortalezas de los estudiantes). En general, este tipo de evaluaciones incluye muchos ítems o preguntas que profundizan en un solo tema para poder identificar con exactitud las dificultades de aprendizaje. Ya que el conjunto de actividades académicas (incluidas las experiencias propuestas en el presente proyecto), deben permitir al alumno el logro de competencias para el desempeño de un estudio reflexivo, es que se busca un enfoque de evaluación basado en competencias. Para esto, las preguntas de la evaluación desean abarcar y dar a conocer los tres pasos previos para poder llegar a una competencia inconsciente, Es decir, pretende emparentar los cuatro niveles de conocimiento con las competencias como lo son el conocimiento completo (CC) a la competencia consciente, conocimiento parcial (CP) en conjunto con el conocimiento errado (CE) a la incompetencia inconsciente y desconocimiento completo (DC) a la incompetencia consciente, en una búsqueda permanente de obtener como resultado en el alumno una competencia inconsciente, como se muestra en la Figura 4-2:

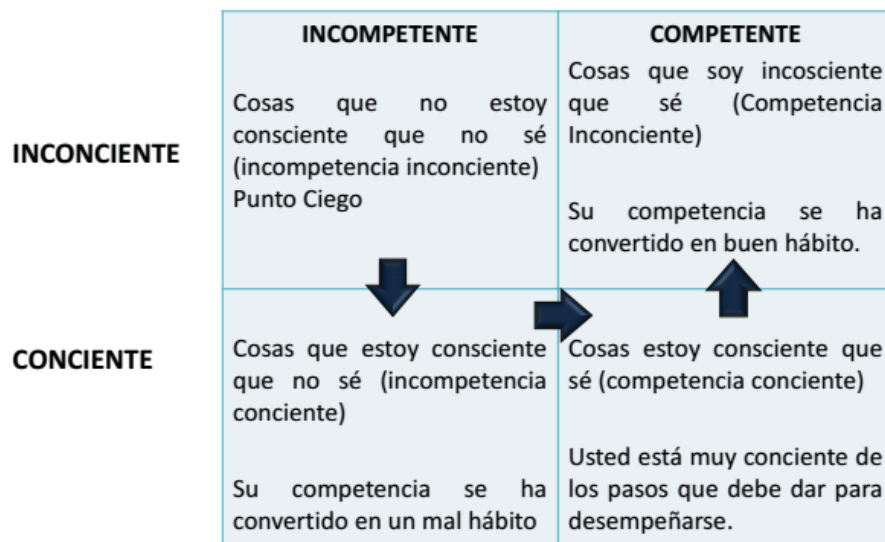


Figura 4-2 Cuadro resumen del tipo de competencia. [12]

La elección del tipo de test a aplicar depende netamente del propósito de este. Es por esto, que se tienen dos opciones donde escoger:

- Test de rendimiento óptimo: este tipo de test apunta a la medición de habilidades, capacidades y aptitudes.
- Test de rendimiento típico: este tipo de test apunta a la medición de la personalidad, actitudes e interés.

Como el objetivo de todo laboratorio es promover e impulsar habilidades, capacidades y sobre todo aptitudes es que se escoge el tipo de test de rendimiento óptimo, dentro del cual se tiene una subdivisión por los tipos de ítems de respuesta y estos a su vez se subdividen:

- Ítems de respuesta cerrada:
  - Opción Múltiple, Múltiple Ponderada.
  - Emparejamiento.
  - Verdadero/Falso.
- Ítems de respuesta abierta:
  - Ensayo.
  - Respuesta Corta.
  - Rellenar Espacios en Blanco.

De esta forma, la evaluación se diseña ajustada a los conceptos y conocimientos proyectados por las experiencias. Para determinar en qué tipo de respuesta se basará el test de rendimiento óptimo a diseñar es que primero se definen con qué secciones dispondrá, las que se exponen a continuación:

- Fibra óptica (FO).
- Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR).
- Analizador de Espectro Óptico (OSA).

Cada sección de una evaluación tipo diagnóstico incluyen varias preguntas las que profundizan en el tema. Cada una de estas secciones presentan 19, 22 y 10 preguntas, respectivamente las que se exponen en el apéndice C. Tomando como argumento lo extenso de la evaluación es que se escoge el tipo de test de rendimiento óptimo con ítems de respuesta cerrada de opción múltiple ponderada. Para la realización de cada pregunta y respuesta se tienen recomendaciones generales a seguir [13]:

- Gran número de ítems.
- Número de ítems proporcional a la importancia del tema.
- Fácil lectura.
- Evitar información irrelevante en el enunciado.
- No encadenar preguntas.
- Las preguntas deben tratar sobre hechos (no opiniones).
- Evitar uso de negaciones. Si se usan, resaltarlas.
- Evitar errores ortográficos y gramaticales.

- Evitar proporcionar indicios sobre la solución.
- La idea principal solo debe estar en el enunciado (no en las opciones).

En cuanto a la elaboración de opciones, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Dos distractores y una opción correcta.
- No deben responder a otras preguntas.
- Longitud y lenguaje de las opciones parecidos.
- Evitar opciones del tipo “no lo sé”, “todas las anteriores”, “ninguna es correcta”.
- Colocar la opción correcta de forma balanceada en las distintas posiciones.

Para la elaboración de distractores, se recomienda:

- Lenguaje preciso.
- Plausibles para quien no conoce la respuesta correcta.
- Usar los errores más comunes.
- Usar frases que son verdaderas para otras preguntas.
- Evitar alternativas “graciosas” que comúnmente no son elegidas.

Tomando en cuenta las recomendaciones, se elaboraron las preguntas y en cada una de estas existen cuatro respuestas las que representan valores como 0% a no sabe o no responde la pregunta (DC), 0% a la respuesta incorrecta (CE), 50% a la respuesta medianamente correcta (CP) y 100% a la respuesta correcta (CC). En consecuencia, a lo anteriormente planteado, el test cuenta con un total de 51 preguntas por alumno, en donde la puntuación máxima del test es de 5100 puntos.

Una vez diseñado el test, el cual se expone en el apéndice C, se buscan herramientas disponibles para obtener en tiempo real los resultados de las respuestas de los alumnos que se les indujo el taller. Dentro de las herramientas se encontraron páginas web que dan servicios para realizar tipos de encuestas, las cuales se personalizan por el usuario. Entre ellas se destaca la página web Polldady.com, pero se descartó ya que para poder optar a un análisis profundo de los resultados que los entrega tabulados en formato Google Docs, es que se debe pagar un servicio profesional. Dado esto último, es que sería indiferente ocupar el servicio gratuito de Google Docs. [14], que permite la realización de formularios online, con disponibilidad en tiempo real y tabulados de igual forma que un Excel. Por esta razón, y por lo accesible de un documento Excel, es que se optó por el servicio de Google. Una captura de pantalla del formulario se muestra a la Figura 4-3:

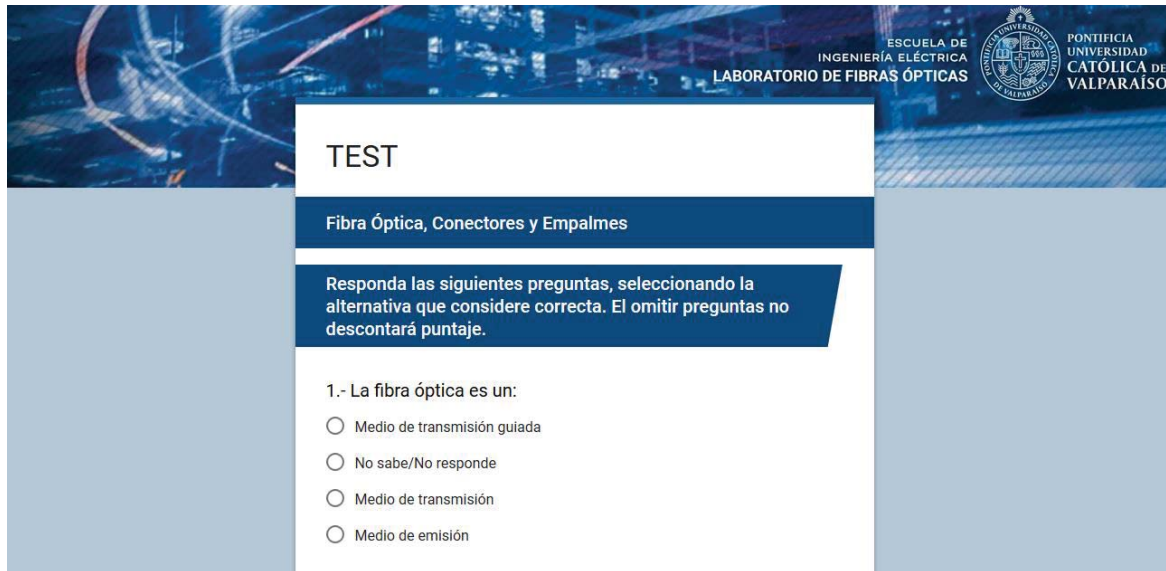


Figura 4-3 Captura de pantalla del test aplicado para la validación.

#### 4.1.2 Validación del test

El test se utiliza, con el fin de validar las preguntas y respuestas en un taller efectuado a alumnos de la carrera de Ingeniería Civil Electrónica de la Universidad Austral de Chile. Estos, por motivos de visita a las dependencias del laboratorio de telecomunicaciones de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la PUCV, fueron parte de talleres relacionados al OTDR y OSA, donde se verifica si el test cumple con otorgar resultados, donde se pueda observar la diferencia de conocimiento adquiridos. Siendo aplicado previo y posterior a los talleres, por lo que se obtiene resultados ajustados al objetivo del test.

Posterior a esta implementación del test, se realizaron modificaciones que correspondían a redacción con el fin de ayudar a la comprensión de la pregunta y, por ende, de las respuestas.

El test es aplicado en alumnos de otra casa de estudios en la visita realizada a la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la PUCV. Además, se les impartió el taller o pseudo taller, pero por el tiempo que ellos disponían se les realizó solo un acercamiento a los instrumentos de medición de campo. Cabe mencionar que los conceptos que se profundizan en las guías utilizadas en el taller son las experiencias propuesta del OSA y del OTDR las experiencias N°1 y N°2. Para efecto de realizarlo como taller es que se utilizó solo la “Parte III: Práctica” y en base a estos se analizan los resultados obtenidos, cubriendo las dos partes previas con una introducción al taller. También por razones de tiempo, es que para el taller el alumno no realizó informe relativos a éste.

Analizando los resultados obtenido de esta muestra de estudiantes sometidos al test y taller, se realizaron las modificaciones pertinentes a las guías y ajustes necesarios a la plantilla de Excel para una entrega clara de los resultados (véase en apéndice D.1). También, se ajustaron los esquemas para que los resultados cumplieran con los objetivos planteados.

## **4.2 Talleres**

Con las mejoras nombradas en el apartado anterior, se planteó la iniciativa de realizar los talleres en dos sesiones a los alumnos que estuviesen cursando o hubiesen aprobado los ramos de Sistema de Telecomunicaciones y el optativo de Magister Redes Ópticas WDM. Dentro de los planes iniciales, se contaba con realizar también a los alumnos de la asignatura Telecomunicaciones, pero problemas de coordinación de tiempos de los alumnos, se hizo imposible llegar a efectuarlo.

Para la realización del taller se hizo un llamado a los alumnos, los cuales se agruparon por asignatura. Ya que en el laboratorio se cuenta con sólo un OSA y un OTDR, el cupo máximo en cada taller fue de 6 personas, asignando a 3 personas por instrumento de medición.

La estructura de los talleres son la siguiente:

- Test inicial.
- Primera sesión.
  - Repaso de conceptos de fibra óptica, introducción.
  - Acercamiento teórico de instrumentos, componentes y herramientas a usar.
  - Realización de Guías.
  - Retroalimentación de conceptos aprendidos.
- Segunda sesión.
  - Repaso de la sesión anterior.
  - Acercamiento teórico de instrumentos, componentes y herramientas a usar.
  - Realización de Guías.
  - Retroalimentación de conceptos aprendidos.
- Test final.

### **4.2.1 Resultados esperados**

Dada la estructura del taller y el diseño del test, es que se espera obtener resultados que ayuden a la validación de las guías prácticas. Estos resultados se deben a, como se mencionó anteriormente, que el test presenta preguntas evolutivas, es decir, abarca temas de la primera experiencia hasta la última de igual forma para los conocimientos sobre fibra, conocimientos que pueden ser adquiridos en aula, como preguntas netamente de manejo técnico-práctico con la fibra. Con ello se pueden hacer conjeturas del comportamiento de los resultados a obtener post la aplicación del test inicial en los alumnos.

Para el test inicial, considerando que el OSA y OTDR son instrumentos nuevos y que solo son parte teoría abarcada en cada asignatura es que se puede esperar un comportamiento en las respuestas, que sea con clara tendencia a “No sabe o No responde”, como las gráficas de tendencia que se muestran en la Figura 4-4:

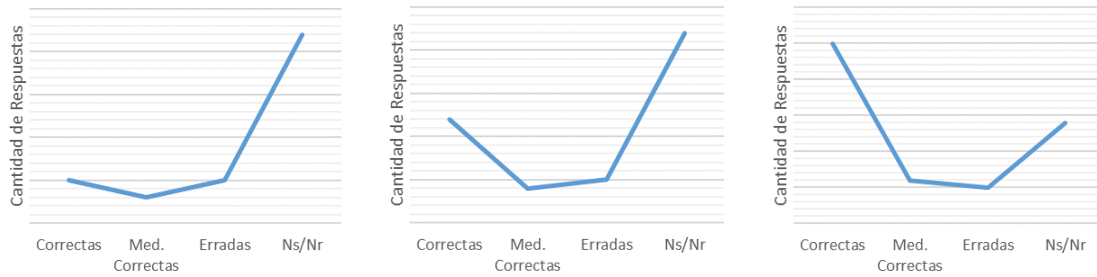


Figura 4-4 Diferentes posibilidades de resultados esperados, previo al taller.

Una vez realizado el taller y vuelto a medir a través del mismo test, se espera revertir la tendencia, como se muestra en la Figura 4-5:

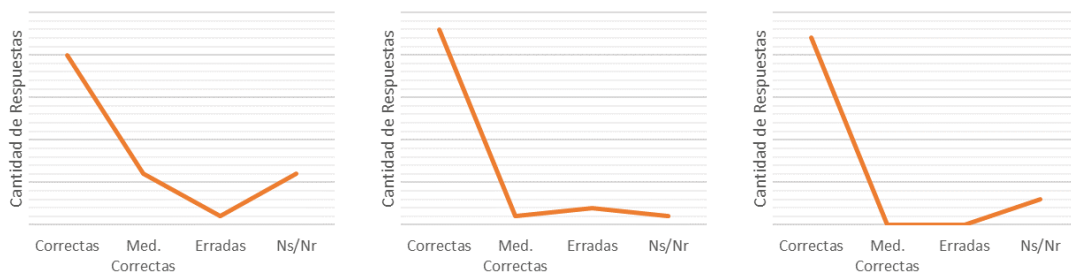


Figura 4-5 Diferentes posibilidades de resultados esperados, posterior al taller.

## 4.3 Resultados y Validación

En esta sección se realiza el análisis de los resultados obtenidos tras la aplicación de cada uno de los test para cada grupo de estudiantes, asociados por nivel de conocimientos que son Sistema de Telecomunicaciones y Optativo de Redes Ópticas WDM.

### 4.3.1 Resultados de alumnos de Sistema de Telecomunicaciones

Los resultados que se analizan corresponde a las respuestas de los 6 alumnos a los que se le aplicó el taller, teniendo un total de 306 respuestas por cada test considerando las tres secciones, como son FO, OTDR y OSA. En base a estos se obtuvieron los resultados generales que se muestran en la Figura 4-6; **Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

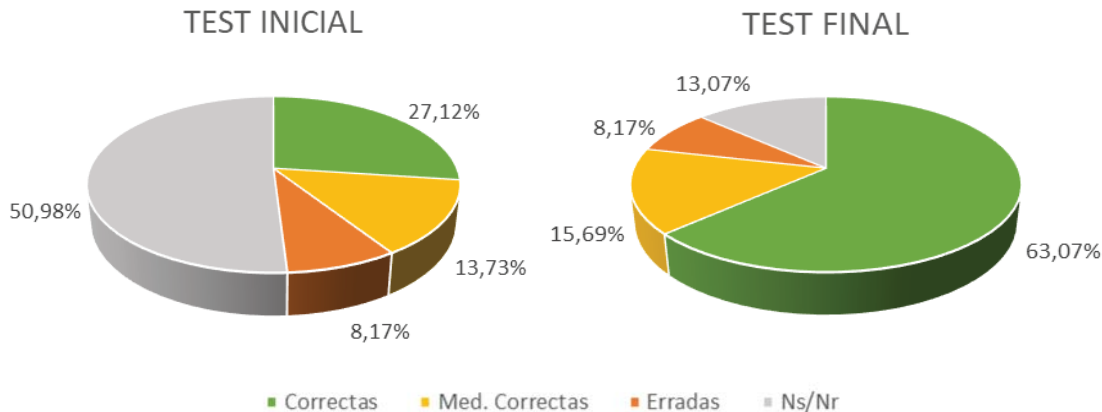


Figura 4-6 Resultados de test inicial y final aplicado a estudiantes con la asignatura de Sistema de Telecomunicaciones aprobado.

Para el caso del test inicial los resultados obtenidos tienen una tendencia a la omisión, es decir, más de un 50% de los alumnos presenta un desconocimiento completo (DC) a los temas abordados en el test, reflejando una incompetencia consciente. Un 22% de las respuestas se acumulan en una incompetencia inconsciente, es decir, son parte del conocimiento errado y parcial, lo que deja en evidencia que en más de un 70% existe un nivel de incompetencia en el desarrollo de habilidades relativas a fibra óptica, OTDR u OSA.

Luego de la realización del taller por parte de los alumnos, se obtiene los resultados del test final. En esta ocasión se invierte la tendencia hacia las respuestas correctas con más de un 60% representando una competencia consciente (CC) mayor que en el test inicial, resultado alentador.

De la comparación de ambos test se puede destacar que las respuestas correctas incrementaron y las omisiones disminuyeron en 110 y 116 unidades, equivalentes a un 35,95% y -37,91%, respectivamente. A continuación, en la Figura 4-7 se muestra la comparación entra las categorías de respuestas obtenidas en ambos test y como la tendencia se invierte.



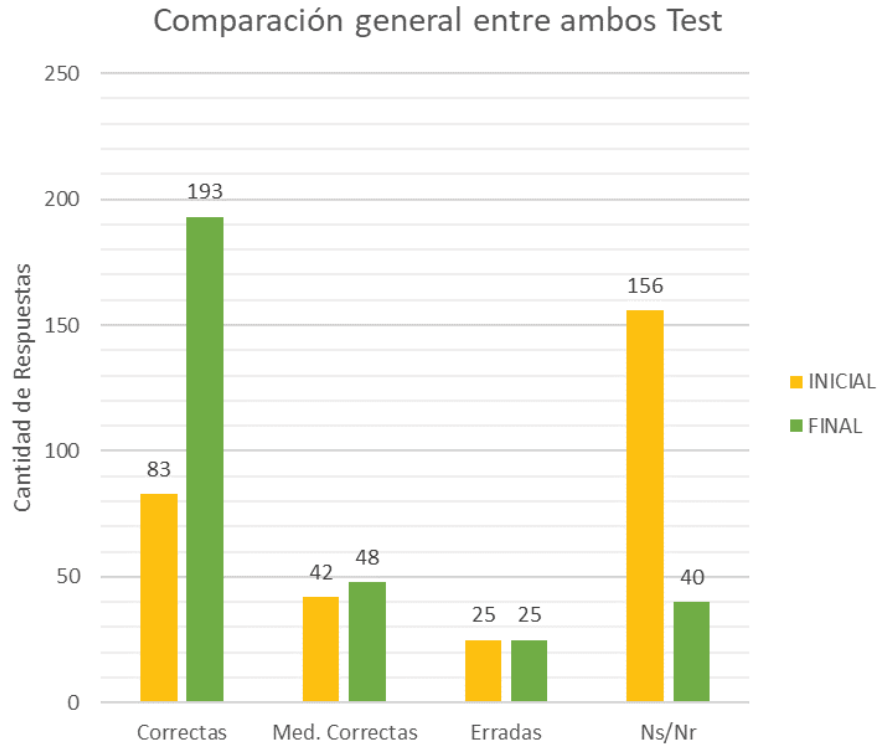


Figura 4-7 Comparación general entre test inicial versus test final.

### 4.3.2 Resultados de alumnos de Optativo de Redes Ópticas WDM

Los resultados que se analizan corresponde a las respuestas de los 6 alumnos a los que se le aplicó el taller. Para resumir los resultados obtenidos en el test inicial y final, tomando en consideración las tres secciones, como es FO, OTDR y OSA, se tiene que el total de respuestas es 306. En base a estos se obtuvieron las siguientes cantidades de respuestas y porcentajes, las que se muestran en la Figura 4-8:

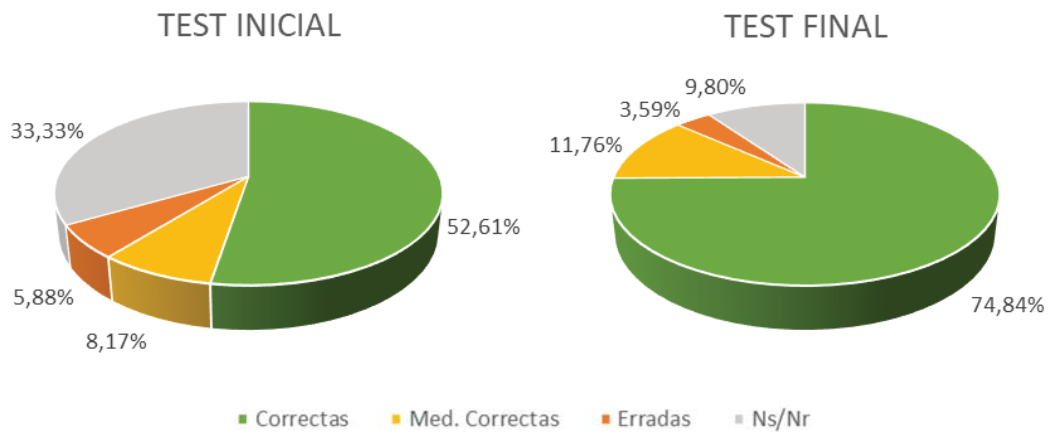


Figura 4-8 Resultados de test inicial y final aplicado a estudiantes con la asignatura de Redes Ópticas aprobada.

Para el caso del test inicial los resultados obtenidos tienen una tendencia en menor proporción a la omisión que el grupo de estudio anterior, siendo esta un 33% de desconocimiento completo a los temas abordados en el test, ya que el acercamiento teórico a los instrumentos de mediciones es más profundo en esta asignatura. También, cabe destacar que sobre el 52% de las respuestas son correctas (CC) lo que es un buen referente a la hora de poder convertir estos conocimientos en conocimientos inconscientes. Finalmente, solo un poco más que el 11% de las respuestas se acumulan en una incompetencia inconsciente.

Luego de la realización del taller se obtienen los resultados del test final. En esta ocasión se acentúa la tendencia hacia las respuestas correctas con aproximadamente un 75% representando una competencia consciente (CC). A pesar de que existe un leve aumento en las respuestas de conocimiento parcial los resultados son claros, el taller logra generar un incremento en los conocimientos de los alumnos. El incremento en la categoría antes mencionada, se puede atribuir a la mayor confianza que existe a la hora de enfrentar el test final.

De la comparación de ambos test se puede destacar que las respuestas correctas incrementaron y las omisiones disminuyeron en 68 y 72 unidades, equivalentes a un 22,22% y -23,53%, respectivamente. A continuación, en la Figura 4-9 se muestra la comparación entre las categorías de respuestas obtenidas en ambos test y como la tendencia se invierte.

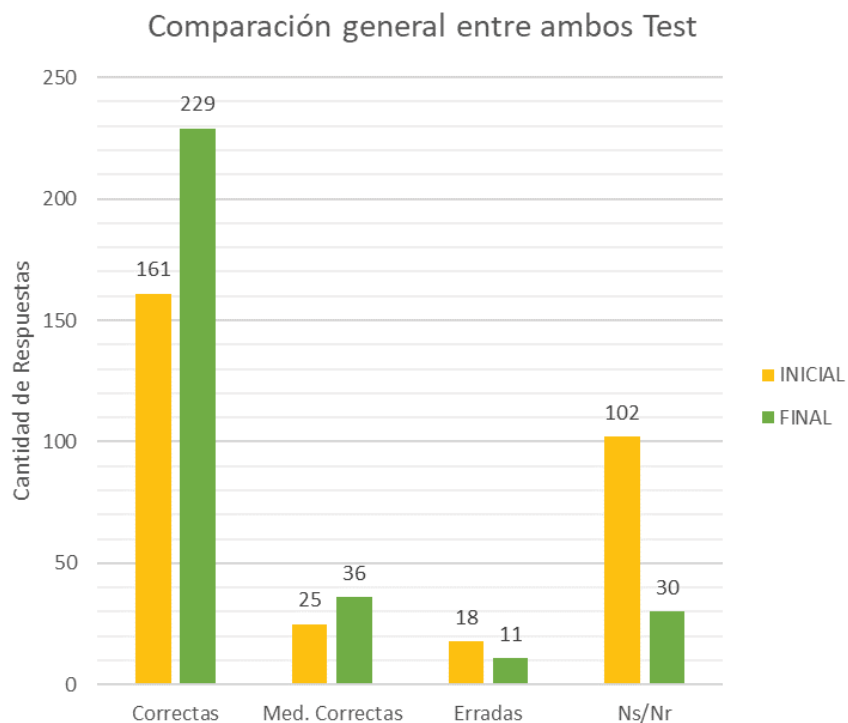


Figura 4-9 Gráfica comparativa entre test inicial versus test final.

### 4.3.3 Validación

Tradicionalmente, la validez de un instrumento de medición se ha entendido como hasta qué punto efectivamente mide lo que sus autores declaran que mide. Sin embargo, más recientemente los especialistas en evaluación han considerado que la validez no es una propiedad fija e inherente del instrumento, sino que es un juicio, basado en evidencia, sobre qué tan apropiadas son las inferencias realizadas o acciones implementadas a partir de los puntajes de una prueba en un determinado contexto [15]. Es por esto, que luego de realizar el taller en los alumnos de las asignaturas de Sistema de Telecomunicaciones y Redes Ópticas WDM de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la PUCV, se validan las experiencias propuestas como mecanismo para generar y profundizar conocimientos y habilidades en los alumnos. Todo esto, con base en los resultados expresados en el apartado anterior que se ajustan a los resultados esperados, disminuyendo las respuestas erradas y las de abstención para aumentar las respuestas correctas. En la Figura 4-10 se ilustra sin ahondar en detalles cómo en ambas asignaturas a pesar del nivel de conocimientos existe una tendencia a la mejora entre los resultados obtenidos en el test inicial con respecto al test final.

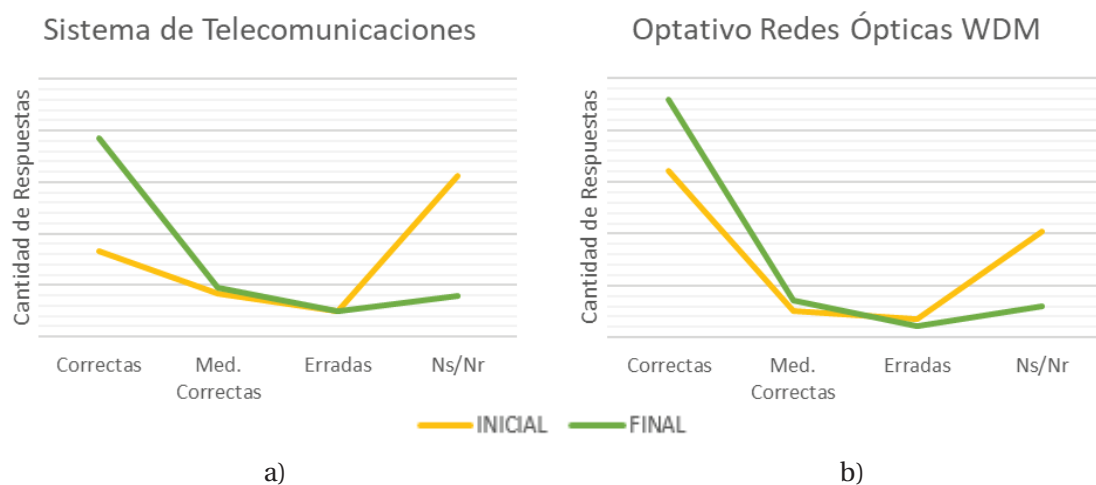


Figura 4-10 Gráficas comparativas entre test inicial versus test final, para a) Sistema de Telecomunicaciones y b) Optativo de Redes Ópticas WDM.

Uno de los logros del estudio efectuado en las secciones anteriores, donde se analiza y concluye el impacto que produce el uso de un laboratorio de mediciones sobre el aprendizaje en comunicaciones ópticas, es postular a través de un paper a un congreso de educación en ingeniería “XXX Congreso SOCHEDI 2017” [16], siendo aceptado y expuesto en las dependencias de la Universidad Mayor, en Santiago. El paper se adjunta al presente proyecto en el apéndice E.

## 4.4 Implementación

Para poder determinar a qué asignatura asociar el laboratorio con las experiencias y en definitiva implementarlo, es que se presentan las ventajas y desventajas de ambas asignaturas.

#### 4.4.1 Sistema de Telecomunicaciones

Las ventajas que presenta asociar la presente propuesta de laboratorio a la asignatura de Sistema de Telecomunicaciones, son:

- Basándose en las tablas de resumen es la asignatura presenta una mayor y una significativa variación en conocimiento, una vez aplicado el taller.
- Dado que fibra óptica, es un tópico dentro del temario de la asignatura, apoyar el proceso de aprendizaje llevando a la práctica algunos de estos conocimientos adquiridos de forma teórica, es que se lograría potenciar el desarrollo de competencias, a niveles tempranos, abriendo el camino para en asignaturas futuras, como el optativo en donde se desarrollen temas de investigación o profundizar conocimientos en redes ópticas.
- Por último, y una ventaja irrefutable, es que se lograría acercar la tecnología y uso de los instrumentos de medición de campo, a una mayor cantidad de alumnos, dado que esta asignatura consta con más de 20 personas promedio por semestre.

También el hecho de asociar el laboratorio presenta algunas desventajas como:

- La principal desventaja está asociada a la cantidad de instrumentos para realizar el laboratorio, ya que se cuenta con solo un OTDR y un OSA, limitando la cantidad de alumnos por laboratorio.
- Como desventaja se presenta la pronta renovación de la malla curricular de la carrera Ingeniería Civil Electrónica, por lo que esta asignatura en un tiempo no existirá como tal.
- La otra desventaja es el nivel de conocimientos que presenta el alumno con respecto a fibra óptica.

Esta última desventaja se suple con el diseño de efectuado en las guías, ya que se realizaron pensando en un nivel de conocimientos nulos respecto a fibra óptica.

#### 4.4.2 Optativo de Redes Ópticas WDM

Las ventajas que presenta asociar la presente propuesta de laboratorio al optativo de Magister Redes Ópticas WDM, son:

- La principal ventaja es el nivel de conocimientos que presenta el alumno con respecto a fibra óptica, dado que es el contenido general de la asignatura.
- Dado que el tema de fibra óptica, es un tópico transversal del temario de la asignatura, apoyar el proceso de aprendizaje llevando a la práctica algunos de estos conocimientos adquiridos de forma teórica, es que se lograría potenciar el desarrollo de competencias.

También el hecho de asociar el laboratorio presenta algunas desventajas como:

- La principal desventaja está asociada a la cantidad de instrumentos para realizar el laboratorio, ya que se cuenta con solo un OTDR y un OSA, limitando la cantidad de alumnos por laboratorio.

- Basándose en las tablas de resumen abordadas en la sección 4.3.2, esta asignatura presenta una menor variación en conocimientos. Esto se debe a que el nivel de conocimiento respecto a la fibra óptica es mayor, dado que los alumnos cuentan con las asignaturas de telecomunicaciones y sistemas de telecomunicaciones aprobadas, que ambos presentan tópicos de fibra óptica, más aún dentro de los mismos tópicos abordados por el optativo se encuentra de forma teórica con los instrumentos de medición de campo.
- Por último, presenta una desventaja en la cantidad de alumnos que se les aplicaría el laboratorio, dado que los optativos presentan no más de 12 personas promedio por semestre. Más aún que el presente optativo es anual, es decir, se rinde solo los primeros semestres de cada año.

### 4.4.3 Futura implementación

Si bien, las guías fueron diseñadas pensando en un curso donde no se tenga conocimiento alguno sobre fibra óptica, es que ambas asignaturas se encuentran en un nivel favorable para la realización del laboratorio. Es por este argumento y por las ventajas presentadas en los apartados anteriores, es que en primera instancia propone implementar el laboratorio para el apoyo de la asignatura de Sistema de Telecomunicaciones, pero a largo plazo una vez que la malla curricular de la carrera en cuestión se actualice, la asignatura cambiará su enfoque, por lo que su proyección en el tiempo sería errada.

Es por esto y considerando la nueva malla curricular, es que se propone realizar la implementación del laboratorio en apoyo a las labores docentes, para las asignaturas optativas que se enlistan a continuación:

- Optativo de Redes Ópticas WDM.
- Optativo de Laboratorio Avanzado de Telecomunicaciones.

En ambos casos se presenta un buen escenario para la implementación de las experiencias expuestas en el presente proyecto, ya que ambos optativos cuentan con de forma teórica con ítems de fibra óptica, tanto parcialmente como en el Laboratorio Avanzado de Telecomunicaciones y en su totalidad en Redes Ópticas WDM.

## Discusión y conclusiones

Debido a la masificación de sistemas y redes ópticas en Chile, se acentúa la falta de profesionales que posean conocimientos y habilidades que puedan desempeñarse de buena manera en el ámbito profesional. Es por este motivo que en el presente proyecto se propuso como objetivo el diseño y la implementación de un laboratorio de instrumentos de medición de campo en redes de fibras ópticas para apoyar las labores docentes en alguna de las asignaturas a fin con la propuesta, mejorando así los conocimientos, análisis y las competencias de los alumnos de las carreras de Ingeniería Electrónica e Ingeniería Civil Electrónica de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la PUCV.

Para el desarrollo del proyecto se diseñaron experiencias de laboratorio en base a los instrumentos de medición de campo: OTDR y OSA. Ambos son modelos de la marca EXFO, modelos FTB-730C y FTB-5240S respectivamente, siendo complementados con componentes y herramientas de las que se efectuó un análisis de costos para su adquisición. La decisión de los componentes adquiridos se hizo en base a la proyección de las actividades prácticas, con esto se generó escenarios favorables para la medición a través de los instrumentos ya mencionados.

Una vez realizadas las actividades a considerar en el laboratorio se diseñan las guías de desarrollo para el estudiante. Las guías se constituyen por tres partes, la primera denominada “Cuestionario previo” en la cual se refleja el trabajo realizado por el alumno antes de cada sesión. La segunda parte “Investigación teórica”, donde se orienta la investigación del alumno para el desarrollo de la experiencia en cuestión. Y finalmente, la tercera parte que se ajusta a la actividad “Práctica” en donde se aplican los conceptos y en donde el alumno interactúa con los instrumentos y dispositivos ópticos.

La validación de las guías y de las experiencias de laboratorio como método de generar conocimientos y habilidades en los estudiantes, se realiza a través del diseño y desarrollo de un instrumento de evaluación que dé cuenta de la efectividad del laboratorio para la Escuela de Ingeniería Eléctrica. El instrumento de evaluación utilizado fue el Test de diagnóstico, proyectando su aplicación en dos instancias, antes de realizar alguna de las experiencias y una vez finalizada la totalidad de estas.

Para poder verificar la efectividad de las guías y test, se desarrollaron talleres a alumnos de ingeniería electrónica de la casa de estudios de la Universidad Austral de Chile, UACH. Dado que

el test diseñado corresponde al de rendimiento óptimo con ítems de respuesta cerrada de opción múltiple ponderada, es que se pudo obtener resultados los que se ocuparon para una retroalimentación, mejorando tanto la efectividad del test como las directrices de las guías del alumno. Con las guías ya modificadas al igual que el test se aplicó el taller a una muestra de estudiantes de las carreras Ingeniería Electrónica e Ingeniería Civil Electrónica de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Para obtener resultados coherentes y concluyentes, los talleres fueron realizados a dos grupos de estudiantes con distintos perfiles de ingreso que se traduce en diferentes asignaturas previas aprobadas. Los estudiantes fueron asociados por las asignaturas que presentan relación a comunicaciones ópticas como lo son: sistemas de telecomunicaciones y redes ópticas WDM.

Los resultados obtenidos al aplicar el test inicial a cada grupo de taller se pueden destacar que la tendencia a la omisión es mayor en los alumnos que cursan la asignatura sistema de telecomunicaciones, correspondiente a un 51% del total. Mientras que para el grupo de alumnos que cursa el optativo de redes ópticas WDM, la omisión supera el 33% del total. De esto se puede desprender que los alumnos del primer grupo de estudio, presentan una incompetencia consciente mayor. Sin embargo, los estudiantes de sistema de telecomunicaciones sobre pasan el 27% en cuanto a las respuestas correctas, mientras que los del optativo superan el 52% del total, resultados que reflejan un mayor conocimiento del área en los estudiantes de redes ópticas, esto se debe a que este optativo abarca teóricamente los instrumentos de mediciones de campo y logra profundizar en los conceptos de fibra óptica.

Una vez realizados los talleres se obtiene los resultados del test final, de los que se puede observar una tendencia a las respuestas correctas en ambos grupos. Para los alumnos de sistema de telecomunicaciones se logra revertir el 51% de desconocimiento completo, que era la omisión, a un poco más de 63% de conocimiento completo, que son las respuestas correctas, logrando así una omisión de un 13%. Esta efectividad en disminuir la omisión a la hora de responder el test, también se manifiesta en los estudiantes del optativo de redes ópticas WDM, ya que se disminuye desde un 33% a un poco menos de un 10%. Mientras que aumentan las respuestas correctas a casi un 75%.

Resultados validan el tanto el diseño y estructura del test, como las guías del alumno. También estos resultados pueden ser útiles para la implementación del laboratorio, determinando así a que asignatura asociarlo. En base al estudio efectuado en el presente proyecto se concluye que puede ser aplicado y asociado desde la asignatura de sistema de telecomunicaciones hasta optativos relativos a comunicaciones ópticas, ya que en ambos existe un aporte hacia los estudiantes. Pero si se proyecta a futuro, lo más viable es asociarla a los optativos de redes ópticas WDM y Laboratorio Avanzado de Telecomunicaciones, este último un nuevo optativo de la nueva malla curricular de las carreras de electrónica de la escuela.

Cabe destacar que este estudio fue presentado en XXX Congreso SOCHEDI 2017 [16], donde se expuso sobre el impacto que produce el uso de un laboratorio de mediciones sobre el aprendizaje en comunicaciones ópticas, con agradecimientos especiales a FONDECYT y Proyecto Ingeniería

2030 por el financiamiento en todo el desarrollo del proyecto y en la presentación en el congreso antes mencionado.

Como trabajo futuro se plantea validar el taller en alumnos del Laboratorio Avanzado de Telecomunicaciones, dado que una parte del temario de este optativo tiene relación con comunicaciones ópticas. Para esto se debe realizar un taller y ambos test, con el mismo carácter de los efectuados a lo largo de este proyecto, con la finalidad de obtener resultados que logren respaldar la decisión de asociarlos.

Futuras mejoras que se pueden realizar en el presente proyecto es la generación o adaptación de algunas experiencias hacia un entorno más realista, es decir, acercar el laboratorio a experiencias de terreno, donde el estudiante pueda validar los conocimientos adquiridos, como por ejemplo crear vínculos con empresa de comunicaciones ópticas donde los alumnos realicen pruebas en terreno y logren certificar instalaciones. Otra mejora es abarcar una experiencia en conocer las otras aplicaciones con las que disponen los instrumentos EXFO, como es el iOLM en el caso del OTDR. También la generación de experiencias prácticas donde la fibra óptica tenga tráfico presente para hacer utilización del puerto FC/APC SM LIVE del OTDR, acompañado de la respectiva caracterización de la señal por el OSA.

También generar nexos mayores entre los proyectos de los alumnos cómo Ignacio Tolorza quién realizó el proyecto “Experiencias de laboratorio de redes ópticas basadas en interruptores MEMS” y Sebastián Manríquez con el proyecto “Laboratorio de redes ópticas flexibles basados en WSS”, teniendo como finalidad unificarlos y transformarlos en un Laboratorio de Fibra Óptica. Y finalmente siendo más ambicioso aún un laboratorio donde se disponga de espacio, equipos y herramientas para la investigación, desarrollo y certificación, siendo un referente del área entre las universidades como hacia las compañías de telecomunicaciones.



# Bibliografía

- [1] P. Huichalaf, «Chile Hiperconectado,» de *Día mundial de las telecomunicaciones 2015*, Santiago, Chile, 2015.
- [2] SUBTEL, «Zona Wifi ChileGov,» Gobierno de Chile, 2017. [En línea]. Available: <http://www.wifigob.cl/>. [Último acceso: 25 10 2017].
- [3] UNEP, «UNEP, submarine cables and the ocean: Connecting the world,» Banson, Cambridge, Reino Unido, 2009.
- [4] «Submarine cable map,» TeleGeography, 2016. [En línea]. Available: [www.submarinecablemap.com/#/](http://www.submarinecablemap.com/#/). [Último acceso: 20 Octubre 2016].
- [5] E. Zuñiga, «Proyecto Fibra Optica Austral,» de *Proyecto Fibra Óptica Austral*, Santiago, Chile, 2016.
- [6] CISCO, «Digitization The New Industrial Revolution,» de *Seminario FIBRA OPTICA*, Santiago, Chile, 2015.
- [7] CISCO, «Cisco VNI Global IP Traffic Forecast 2012-2020,» de *Día Mundial de las Telecomunicaciones*, Santiago, Chile, 2015.
- [8] C. LATAM, «FTTH Fiber To The Home,» COUNCIL, Bogotá, Colombia, 2015.
- [9] COUNCIL, «FTTH Ranking Panorama Award,» 17 Febrero 2016. [En línea]. Available: [www.ftthcouncil.eu/documents/PressReleases/2016/PR20160217\\_FTTHranking\\_panorama\\_award.pdf](http://www.ftthcouncil.eu/documents/PressReleases/2016/PR20160217_FTTHranking_panorama_award.pdf). [Último acceso: 18 Octubre 2016].
- [10] A. F. J. L. y F. S. , *Estrategias para el diseño de laboratorios orientados al aprendizaje continuo*, Cataluña, Barcelona, España: Universidad Politécnica de Catalunya, 2008.

- 
- [11] Universidad Nacional de Quilmes, «Cátedras de Instrumentos y Mediciones,» 2009. [En línea]. Available: [http://iaci.unq.edu.ar/materias/ins\\_med/archivos/Instymed\\_t13.pdf](http://iaci.unq.edu.ar/materias/ins_med/archivos/Instymed_t13.pdf). [Último acceso: 5 Septiembre 2016].
- [12] Unidad de Mejoramiento de la Docencia Universitaria PUCV, «Área de formación y desarrollo docentes,» de *taller: ¿Qué implica evaluar competencias?*, Valparaíso, Chile, 2017.
- [13] UAM España, «Universidad Autónoma de Madrid,» 2008. [En línea]. Available: [https://www.uam.es/personal\\_pdi/psicologia/carmenx/Practica1.pdf](https://www.uam.es/personal_pdi/psicologia/carmenx/Practica1.pdf). [Último acceso: 15 Abril 2017].
- [14] Google, «Google Drive,» Google, [En línea]. Available: <https://drive.google.com>. [Último acceso: 14 abril 2017].
- [15] C. Covacevich, «Cómo seleccionar un instrumento para evaluar aprendizajes estudiantiles,» Banco Interamericano de Desarrollo, Washington DC, Estados Unidos de América, 2014.
- [16] Sociedad Chilena de Educación en Ingeniería , «XXX Congreso SOCHEDI 2017,» Universidad Mayor, Junio 2017. [En línea]. Available: <http://sochedi.stationdomain.com/>. [Último acceso: 20 Octubre 2017].

# A Costos e inventario

## A.1 Costos de herramientas y componentes.

Todos los componentes y herramientas adquiridas para dar forma a las experiencias prácticas para el laboratorio de fibra óptica fueron solicitados al proveedor APK Chiles. En la Tabla A.1-1 se observa el valor comercial, componentes que se financiaron a través del proyecto FONDECYT 11140386.

Tabla A.1-1 Cotizaciones de herramientas y componentes.

Código	Descripción	Cant.	Precio Unitario	Proveedor
KITH15	Kit de limpieza y herramientas 15 Piezas	1	\$255.000	APK Chile
HS30	Cortadora automática de alta precisión	1	\$79.990	APK Chile
CFS3	Peladora de Fibra Óptica de alta precisión	1	\$11.990	APK Chile
Empalme3M	Empalme mecánico Fiberlock II	10	\$2.490	APK Chile
CSCAPC	Cupla Simplex SC-SC / APC	50	\$300	APK Chile
CSCUPC	Cupla Simplex SC-SC / UPC	50	\$300	APK Chile
AFCSTUPC	Adaptador FC/UPC macho - ST/UPC hembra	5	\$9.990	APK Chile
ASCSTUPC	Adaptador SC/UPC macho - ST/UPC hembra	5	\$9.990	APK Chile
BOBINAS	Bobina De Lanzamiento Para OTDR De 1 KM	1	\$59.990	APK Chile
CFCAPC	Cupla Simplex FC-FC / APC	30	\$700	APK Chile
CSTUPC	Cupla Simplex ST-ST / UPC	30	\$700	APK Chile
CFCSTUPC	Cupla Simplex FC-ST / UPC	30	\$700	APK Chile

## A.2 Inventario

En la Tabla A.2-1 se muestran los componentes, herramientas e instrumentos disponibles en el Laboratorio de Telecomunicaciones de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la PUCV. De ellos se expone las características y/o los modelos, número de serie y estado en que se encuentran. Con

estos componentes se puede realizar las actividades propuesta para el desarrollo del Laboratorio de fibras ópticas.

Tabla A.2-1 Inventario de herramientas, instrumento y componentes.

Nombre	Características	Serie	Estado
Fibra de Lanzamiento	FC/APC-FC/UPC, 1 [km]	-	OK
Adaptadores	ST/UPC (Hembra)-ST/UPC (Hembra)	-	OK
	FC/APC (Hembra)-FC/APC (Hembra)	-	OK
	ST/UPC (Hembra)-FC/UPC (Hembra)	-	OK
	ST/UPC (Hembra)-FC/UPC (Macho)	-	OK
	ST/UPC (Hembra)-SC/UPC (Macho)	-	OK
	SC/UPC (Hembra)-SC/UPC (Hembra)	-	OK
	SC/APC (Hembra)-SC/APC (Hembra)	-	OK
	SC/PC (Hembra)-FC/PC (Macho)	-	OK
	FC/UPC (Hembra)-FC/UPC (Hembra)	-	OK
	SC/UPC (Hembra)-SC/UPC (Hembra)	-	OK
	SC/UPC (Hembra)-SC/UPC (Hembra)	-	OK
	DUPLEX	-	OK
	Empalmes Mecánicos	3M Fibrlock	-
Peladora de Cable	Stripper CFS-3	-	OK
Kit de Limpieza	Tijera microdentada para cortar kevlar	-	OK
	Cortadora de buffer 45/162	-	OK
	Pinza antiestática	-	OK
	Cortadora longitudinal de mini tubo	-	OK
	Dispensador de alcohol isopropílico	-	OK
	Corta-cartón profesional	-	OK
	Deschaquetador de PVC	-	OK
	Hisopos de limpieza para fibra óptica	-	OK
	Limpiador de conectores tipo cassette	-	OK
	Limpiador conectores 2.5 mm	-	OK
	Limpiador conectores 1.25 mm	-	OK
	Botella de alcohol isopropílico 1[Lt]	-	OK
	Microscopio óptico de 400x	-	OK
	Paños de limpieza antiestáticos	-	OK
Cortadora FO	HS-30 HSDL	-	OK
Fibra Óptica	25 km	10054188015	OK
		10054525225	OK
Jumpers	LC/UPC-SC/UPC DUPLEX	-	OK
OSA	EXFO FTB-5240S	830591	OK
Convertidor ethernet-óptico	RoHS / FMC-1SFP/1RJ45GB	FF16D88E6SF0002	OK
		FH18D88E6SF0013	OK

**A Costos e inventario**

		FH18D88E6SF0010	OK
		FF16D88E6SF0003	OK
		FF16D88E6SF0004	OK
Láser	FiberStore - CWDM-SFP1G-80 GE*	U0509170001	OK
		U0509170002	OK
		U0509170003	OK
		U0509170004	OK
Atenuador	Variable	V20150900207	OK
		V20150900208	OK
2CH CWDM MUX	FiberStore	92056894	OK
		92056893	OK
		92056896	OK
		92056895	OK
		92056898	OK
		92056897	OK
		92053996	OK
OTDR	EXFO FTB-730C	-	OK
Sonda de Inspección	EXFO FIP-430B	-	OK

## **B Guías del Alumno**

En el presente apéndice se exponen las guías de los alumnos de las experiencias que se desarrollan a lo largo del proyecto, inclusive la guía propuesta. En cuanto a las guías de los profesores, por motivos de que están respondiendo cada una de las preguntas planteadas en las presentes guías, es que no se anexa en el presente proyecto y serán entregadas como un documento externo, para no mermar el conocimiento y la investigación por parte del estudiante.

### **B.1 Experiencia OSA**

La guía está compuesta por tres páginas como se muestran en las Figura B.1-1, Figura B.1-2 y Figura B.1-3 del apéndice.

### Experiencia N°1 “Conociendo el OSA”

Nombre: \_\_\_\_\_

Rut: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

La Parte II y III de esta guía deben ser presentadas en un informe, en formato de escuela vigente, antes de comenzar la segunda experiencia.

Este informe debe contener:

- Introducción, no más de 1 página.
- Resumen, escrito en tercera persona.
- Índice.
- Desarrollo de la experiencia.
- Conclusiones.

#### Objetivo:

- Identificar las principales diferencias entre los tipos de fibras, conectores y pulidos.
- Conocer el funcionamiento del OSA.
- Comprender el entorno físico e interfaz, del OSA.
- Conocer el funcionamiento de los transceivers SFP, atenuadores variables y Multiplexores.
- Reconocer y comprender de la medición, el concepto de sensibilidad y rango dinámico.
- Conocer el comportamiento del OSA, tipos de configuraciones frente a la lectura de un láser.

Antes de iniciar es preciso comenzar por conocer los dispositivos que se van a utilizar en la presente experiencia es por esto que debe realizar una pequeña investigación sobre el funcionamiento de estos, con el fin de tener el primer acercamiento. Estos instrumentos son el OSA Analizador de Espectro Óptico EXFO FTB-5240S, los transceivers SFP (Small Form-factor Pluggable), que cambian de naturaleza la señal, pasando de ser señales eléctricas a señales ópticas moduladas, los conversores Ethernet-Óptico, la Sonda de Inspección de Fibra FIP-430B, los multiplexores, el atenuador óptico variable y los splitter. También en la experiencia se hará uso de Kit de limpieza.

#### Materiales:

- EXFO OSA FTB-5240S y FIP-430B.
- Kit de limpieza.
- Bobina de lanzamiento.
- 2 conversor Ethernet-óptico.
- 1 splitter.
- 1 Multiplexores.
- 1 Atenuador óptico variable.
- Transceivers SFP.



**Actividad:**

**Parte I: Cuestionario Previo.**

1. ¿Cuántos y cuáles son los tipos de advertencias que existen en el uso de los instrumentos?
2. ¿Qué tipo de mantenimiento debe tener el equipo, para un funcionamiento duradero?
3. ¿Qué tipo de puertos presenta el OSA? ¿Y qué tipos de pulidos son?
4. ¿Qué tipos de analizadores de espectro ópticos existen? ¿Cuáles son las bandas típicas de los OSA? ¿Y cuáles son las longitudes de ondas asociadas a estas?
5. ¿Cuál es el rango dinámico por canal y resolución de ancho de banda? ¿Bajo qué condiciones?

**Parte II: Investigación Teórica.**

1. Estudie en profundidad, los tipos de fibras ópticas, conectores y pulido.  
*Nota: En caso de haber realizado la experiencia n°1 del OTDR, solo efectúe un resumen del tema.*
2. Explique para qué sirven el OSA y FIP. ¿Qué es una traza y cuáles son sus respectivas unidades?
3. ¿Qué es la anchura espectral? Explique claramente su importancia.
4. Defina los que es la resolución en longitud de onda, rango dinámico y sensibilidad, si es necesario apóyese en ilustraciones.
5. Describa las características físicas del OSA, apóyese en imágenes.
  - a. Qué interfaces tiene el OSA y como se relacionan con el FIP.
  - b. Qué tipos de conectores ocupa el OSA, comente la importancia del uso correcto.
  - c. Qué cuidados y consideraciones debe tener antes y durante el uso de los dispositivos.
6. ¿Qué OSNR presenta el OSA, bajo qué condiciones?

**Parte III: Práctica**

1. Encienda el equipo OSA, para la siguiente sección apóyese en imágenes o capturas de pantalla.
  - a. Describa y explique la interfaz del equipo.
  - b. Describa y explique, de forma resumida, el programa ConnectorMax2.
  - c. Explique y describa, de forma resumida, la interfaz del OSA.
  - d. Identifique dónde se seleccionan y qué bandas ópticas.
  - e. Cuáles son las formas de adquisición de datos que presenta el OSA EXFO.





- Haga uso del FIP. Explique el procedimiento para obtener la validación de la limpieza de un puerto. ¿Cómo sabe que la lectura del puerto falló o resultó exitosa? Verifique el estado de limpieza de los puertos del equipo EXFO. Realice los reportes de estado pertinentes, guárdelos con el nombre de: **"Instrumento\_Puerto\_Año\_Mes\_Día\_Correcto/Incorrecto"**.  
Ejemplo: OSA\_FC\_17\_07\_12\_INC.pdf

También verifique nivel de limpieza de todos los conectores que ocupará de la bobina de lanzamiento (BL), genere el reporte con el nombre de:

**"Fibra\_ConectorA/B\_Año\_Mes\_Día\_Correcto/Incorrecto"**.

Ejemplo: BL\_A\_17\_07\_06\_INC.pdf

**Nota:** En caso de un mal diagnóstico debe realizar limpieza, siguiendo los pasos indicados en el Manual abreviado.

- ¿Cuáles son las longitudes de onda disponibles en los transceiver del laboratorio? Escoja uno para trabajar ¿Qué tipo es DWDM o CWDM? Realice el esquema que se muestra a continuación. Una vez el transceiver sea alimentado eléctricamente para su funcionamiento, obtener mediciones de potencia, ancho de banda, longitud de onda central, utilizando los tipos de adquisición Single, Averaging y Real Time. Con una de las trazas entregada por el OSA, identifique la resolución en longitud de onda y la sensibilidad.



- ¿Qué especificaciones presentan los Multiplexores? En base a estas escoja dos láseres para la experiencia. Ocupe el Multiplexor para visualizar y caracterizar las dos señales en el OSA, para esto ocupe "Discover". ¿Qué bandas ópticas están siendo ocupadas? Determine resolución la sensibilidad y rango dinámico.
- Utilizando un atenuador variable dibuje el esquema para reducir la potencia a la mitad solo en una señal, también calcular la resolución en longitud de onda. ¿Puede atenuar ambas señales de forma simultánea, de ser así, qué conexión propone? Realícela. ¿Qué comportamiento tiene el atenuador? ¿Qué ocurre con la OSNR durante la aplicación del atenuador?

## B.2 Experiencia N°1 OTDR

La guía está compuesta por tres páginas como se muestran en las Figura B.2-1, Figura B.2-2 y Figura B.2-3 del apéndice.



### Experiencia N°1 “Conociendo el OTDR”

Nombre: \_\_\_\_\_  
 Rut: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

La Parte II y III de esta guía deben ser presentadas en un informe, en formato de escuela vigente, antes de comenzar la segunda experiencia.

Este informe debe contener:

- Introducción, no más de 1 página.
- Resumen, escrito en tercera persona.
- Índice.
- Desarrollo de la experiencia.
- Conclusiones.

#### Objetivo:

- Identificar las principales diferencias entre tipos de fibras, conectores y pulidos.
- Conocer y comprender el funcionamiento del OTDR.
- Medir y comprender la atenuación, comparándola con la teoría.
- Comprender el entorno físico e interfaz, del OTDR y de la sonda FIP.
- Comprobar la limpieza del puerto para su utilización.
- Conocer las características de una fibra de lanzamiento.

Antes de iniciar es preciso comenzar por conocer los dispositivos, instrumentos o componentes que se van a utilizar. El instrumento que se utilizará a lo largo de todo el laboratorio es el Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo OTDR EXFO FTB-730C, es por esto que el desarrollo de esta guía es de vital importancia para el desempeño de las futuras experiencias. Otra herramienta que se ocupará en esta y en todas las demás sesiones, es la Sonda de Inspección de Fibra FIP-430B, en conjunto con el Kit de limpieza, el cual será necesario con el fin de que los conectores estén en óptimas condiciones para la realización de las mediciones. La bobina de lanzamiento será otra herramienta necesaria para poder realizar las mediciones a lo largo de las experiencias.

#### Materiales:

- EXFO OTDR FTB-730C
- EXFO FIP-430B.
- Kit de limpieza.
- Bobina de lanzamiento.

Figura B.2-1 Página 1 de la guía.



**Actividad:**

**Parte I: Cuestionario Previo.**

1. ¿Cuántos y cuáles son los tipos de advertencias que existen en el uso de los instrumentos?
2. ¿Qué tipo de mantenimiento debe tener el equipo, para un funcionamiento duradero?
3. ¿Qué tipo de puertos presenta el OTDR? ¿Y qué tipos de pulidos son?
4. ¿Cuáles son las longitudes de ondas típicas de los OTDR? ¿Y cuál es el rango dinámico asociado a estas, bajo qué condiciones?
5. ¿Cuál es la zona muerta de atenuación y de evento que presenta el OTDR? ¿Bajo qué condiciones?

**Parte II: Investigación Teórica.**

1. Estudie en profundidad, los tipos de fibras ópticas, conectores y pulido.

**Nota:** En caso de haber realizado la experiencia del OSA, solo efectúe un resumen del tema.

2. Explique para qué sirven el OTDR y FIP. Para el caso del OTDR también explique el funcionamiento interno, a través de un diagrama de bloque.
3. ¿Qué es una traza y cuáles son sus respectivas unidades? En cada caso ilustre con imágenes y explique claramente. ¿Cuáles son las principales causas de la atenuación intrínseca? Explique claramente.
4. ¿Qué son, para qué se utilizan y cuál es la importancia de la retro-dispersión de Rayleigh, el índice de refracción y el factor helicoidal, a la hora de realizar una medición? ¿Cómo se configuran estos parámetros en el OTDR, de quien depende el valor asociado?
5. Describa las características físicas de ambos dispositivos, apóyese en imágenes.
  - a. Identifique el módulo y determine qué puertos tiene y en qué ocasión se utilizan.
  - b. Qué interfaces tiene el OTDR y como se relacionan con el FIP.
  - c. Qué tipos de conectores ocupa el OTDR, comente la importancia del uso correcto.
  - d. Con qué boquillas se cuenta para el FIP y en qué caso se usa cada una de ellas.
  - e. Qué cuidados y consideraciones debe tener antes y durante el uso de los dispositivos.

**Parte III: Práctica**

1. Encienda el equipo OTDR, para la siguiente sección apóyese en imágenes o capturas de pantalla.
  - a. Describa y explique la interfaz del equipo.
  - b. Describa y explique, de forma resumida, el programa CMax2.



EAHC/1S2017

Figura B.2-2 Página 2 de la guía.

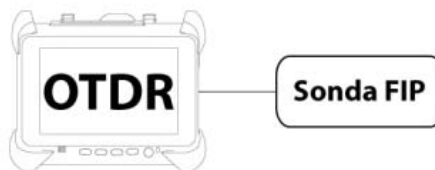
- c. Explique y describa, de forma resumida, la interfaz del OTDR.
  - d. Identifique dónde se seleccionan y qué longitudes de ondas presenta, exponiendo casos donde se utilizan.
  - e. Cuáles son los alcances, pulsos y duración, máximos y mínimos, que presenta el OTDR.
2. Haga uso del FIP. Explique el procedimiento para obtener la validación de la limpieza de un puerto. ¿Cómo sabe que la lectura del puerto falló o resultó exitosa? Verifique el estado de limpieza del puerto SM del equipo EXFO. Realice los reportes de estado pertinentes, guárdelos con el nombre de: **"Instrumento\_Puerto\_Año\_Mes\_Día\_Correcto/Incorrecto"**.  
Ejemplo: OTDR\_SM\_17\_07\_06\_COR.pdf

También verifique nivel de limpieza de todos los conectores que ocupará de la bobina de lanzamiento (BL), genere el reporte con el nombre de:

**"Fibra\_ConectorA/B\_Año\_Mes\_Día\_Correcto/Incorrecto"**.

Ejemplo: BL\_A\_17\_07\_06\_INC.pdf

**Nota:** En caso de un mal diagnóstico debe realizar limpieza, siguiendo los pasos indicados en el Manual abreviado.



3. Conecte y explique el procedimiento de la configuración con el fin de caracterizar la bobina de lanzamiento, para esto ocupe ambas longitudes de ondas, una Duración de 180s, modifique el Alcance y Pulso.



4. De las mediciones realizadas en el paso anterior, ¿Cuál es la configuración y la traza que caracteriza mejor a la bobina de lanzamiento? Explique. ¿Cuál es su atenuación? Compárela con la teoría para ambas longitudes de onda. ¿Por qué se ocupó una Duración de 180s?

## B.3 Experiencia N°2 OTDR

La guía está compuesta por cuatro páginas como se muestran en la Figura B.3-1, Figura B.3-2, Figura B.3-3 y Figura B.3-4 del apéndice.



### Experiencia N°2 “Eventos Reflexivos y Zonas Muertas”

Nombre: \_\_\_\_\_  
 Rut: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

La Parte II y III de esta guía deben ser presentadas en un informe, en formato de escuela vigente, antes de comenzar la segunda experiencia.

Este informe debe contener:

- Introducción, no más de 1 página.
- Resumen, escrito en tercera persona.
- Índice.
- Desarrollo de la experiencia.
- Conclusiones.

#### Objetivo:

- Profundizar en el entendimiento del OTDR y su principio de funcionamiento.
- Comprender la importancia de la bobina de lanzamiento.
- Comprender los tipos de eventos reflexivos y no reflexivos en la traza del OTDR.
- Reconocer la importancia del uso de conectores correctos.
- Medir y comprender las diferencias en los tipos de Zonas Muertas.

Como se ha mencionado los eventos detectados por el OTDR son en su mayoría de tipo reflexivos, es decir, nos indica en qué lugar el pulso luminoso que se emite es reflejado en dirección de la fuente o emisor. En el OTDR estos eventos reflexivos, se aprecian como un aumento repentino de potencia recibida. Otros elementos son los conectores, los que son de vital importancia a la hora de realizar conexiones y que estas se efectúen de forma correcta. Las zonas muertas se originan a partir de eventos de reflexión como conectores, empalmes mecánicos, entre otros, a lo largo del enlace, afectando a la capacidad del OTDR para medir con precisión la atenuación en enlaces más pequeños y diferenciar eventos en espacios cercanos.

#### Materiales:

- EXFO OTDR FTB-730C
- EXFO FIP-430B.
- 2 Rollos Fibra Óptica.
- Kit de limpieza.
- Bobina de lanzamiento.
- Adaptadores.
- Cables FO SC/APC-SC/APC.
- Cables FO SC/APC-SC/PC.

Figura B.3-1 Página 1 de la guía.



**Actividad:**

**Parte I: Cuestionario Previo.**

1. ¿Qué tipos de conectores y pulidos, existen y sus principales diferencias?
2. ¿Cuál es la relación de la retro-dispersión de Rayleigh con la atenuación?
3. ¿Qué información entrega la traza del OTDR?
4. ¿Cuál es el alcance y duración máxima del OTDR?
5. ¿Cuánto mide la bobina de lanzamiento? ¿Qué pérdidas asociadas presenta?

**Parte II: Investigación Teórica.**

1. De una de las trazas obtenidas de la bobina de lanzamiento.
  - a. Identifique los sucesos reflexivos, ¿quién los produce?
  - b. Existen otros tipos de sucesos, ¿cuáles? Expóngalos de forma clara y concisa, si es necesario apóyese en otras trazas. ¿Qué eventos son no-reflexivos?
  - c. ¿Cuál es la simbología que ocupan los equipos EXFO OTDR para describir los eventos? Comente.
2. ¿Cómo se mejora la relación señal/ruido de la traza, en los OTDR?
3. ¿Qué pérdidas se atribuyen al tipo de conector y pulido, reflexivas o no reflexivas? ¿Son importantes estas? ¿De qué orden son estas?
4. ¿Qué es la zona muerta en una traza? ¿Cuántas de estas zonas existen y como se miden?
5. ¿Qué es la reflectancia y qué importancia tiene junto al pulso a la hora de medir la Zona Muerta del equipo? ¿Qué dice el proveedor con respecto a la medición de esta? Gracias a la capacidad de lectura de la zona muerta, ¿Qué decisión podemos tomar frente a la adquisición de un OTDR?

**Parte III: Práctica.**

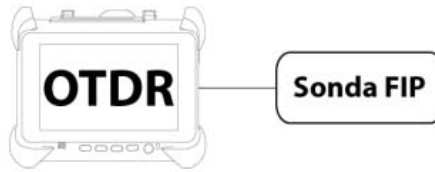
1. Con el FIP-430B verifique el estado de limpieza de los puertos a utilizar del OTDR. Realice los reportes de estado pertinentes, guárdelos con el nombre de: **"Instrumento\_Puerto\_Año\_Mes\_Día\_Correcto/Incorrecto"**.  
Ejemplo: OTDR\_SM\_17\_07\_06\_COR.pdf

También verifique nivel de limpieza de todos los conectores que ocupará de la bobina de lanzamiento (BL), de los rollos de FO (FO1 y FO2) o fibras (FO3 y FO4) genere el reporte con el nombre de:

“Fibra\_ConectorA/B\_Año\_Mes\_Día\_Correcto/Incorrecto”.

Ejemplo: FO4\_A\_17\_07\_06\_INC.pdf

**Nota:** En caso de un mal diagnóstico debe realizar limpieza, siguiendo los pasos indicados en el Manual abreviado.



- Muestre los pasos para la configuración de los umbrales de detección de análisis y explique qué parámetros escogió.
- Con la siguiente configuración; Pulso en  $1\mu s$  y la Duración en 30s. conecte a través del adaptador, uno de los rollos de FO disponibles en el laboratorio a la bobina de lanzamiento y caracterícelo.  
Repita este procedimiento para el otro rollo de FO. Complete la tabla comparativa entre las fibras, ¿A qué se deben las diferencias? Muestres las trazas correspondientes, indicando los eventos reflexivos y quienes lo provocan.

	FO1 código QG-J3952	FO2 código QB-Y3723
	1310nm	
Longitud del tramo		
Pérdida del tramo		
ORL del tramo		
Pérdida promedio		
	1550nm	
Longitud del tramo		
Pérdida del tramo		
ORL del tramo		
Pérdida promedio		

- ¿Cuál es la importancia de la bobina de lanzamiento? ¿Cómo cree usted que puede realizar la caracterización del conector final del tramo? ¿Existe dicha forma?

Figura B.3-3 Página 3 de la guía.

5. Con la FO QG-J3952 conectada a la bobina de lanzamiento, realice las mediciones de la zona muerta de atenuación y de la zona muerta de evento. Trabaje con los mismos parámetros anteriores, pero elija entre 1310nm o 1550nm. Muestre y explique apoyándose en las imágenes los resultados obtenidos, los conceptos de zonas muertas.
6. Realice el siguiente esquema de conexión, para este caso ocupe el cable FO SC/APC-SC/APC. Obtenga las trazas, bajo los siguientes parámetros: Pulso de  $2,5\mu\text{s}$  con una Duración de 45s, para 1550nm.



7. Con la misma configuración que en el paso 6, pero en este caso ocupe el cable FO SC/UPC-SC/APC. Obtenga las trazas, bajo los siguientes parámetros. Mantenga la configuración, ahora gire el cable, donde tenía conectado el SC/APC conecte SC/UPC y viceversa. ¿Qué puede comentar de dicho cambio, con respecto a la distancia que se encuentra el conector y la potencia de la señal? ¿Es importante el tipo de conector o se debe a otro motivo?

Figura B.3-4 Página 4 de la guía.



## B.4 Experiencia N°3 OTDR

La guía está compuesta por cuatro páginas como se muestran en la Figura B.4-1, Figura B.4-2, Figura B.4-3 y Figura B.4-4 del apéndice.



### Experiencia N°3 “Rango Dinámico, Ecos y Fantasmas”

Nombre: \_\_\_\_\_

Rut: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

La Parte II y III de esta guía deben ser presentadas en un informe, en formato de escuela vigente, antes de comenzar la segunda experiencia.

Este informe debe contener:

- Introducción, no más de 1 página.
- Resumen, escrito en tercera persona.
- Índice.
- Desarrollo de la experiencia.
- Conclusiones.

#### Objetivo:

- Determinar el rango dinámico reflexivo del OTDR.
- Reconocer la relación entre rango dinámico y resolución en el OTDR.
- Conocer lo que es el eco y fantasma en la traza del OTDR.
- Realizar mediciones del eco en la traza.
- Reconocer los fantasmas de la traza.

El rango dinámico de reflexión se define como la relación entre la potencia reflejada en un evento cercano al conector del panel frontal y la potencia de ruido del sistema, esta también define en sí a la resolución. El trabajo en el OTDR depende de un compromiso de ambos conceptos, ninguno es mejor, ya que depende de qué es lo que se desea obtener con la traza. Dentro de las trazas entregadas por el OTDR existen reflexiones que no se deben a elementos dispuestos en el sistema, sino que pueden atribuirse a reflexiones sucesivas del pulso al interior de la fibra, estas reflexiones se conocen como ecos y fantasmas.

#### Materiales:

- EXFO OTDR FTB-730C
- EXFO FIP-430B.
- 2 Rollos Fibra Óptica.
- Kit de limpieza.
- Bobina de lanzamiento.
- Adaptadores.



**Actividad:**

**Parte I: Cuestionario Previo.**

1. ¿Cuál es la importancia de usar los conectores correctos, qué implica su mal uso?
2. ¿Cuáles eventos no provocan un crecimiento reflexivo, sino más bien solo una pérdida de potencia?
3. ¿Cuál es la importancia de la bobina de lanzamiento?
4. ¿En qué nos puede ayudar conocer la zona muerta de un equipo o traza?
5. ¿Un pulso corto asegura una zona muerta menor? ¿Qué otro factor se ve involucrado en la medición de la zona muerta?

**Parte II: Investigación Teórica.**

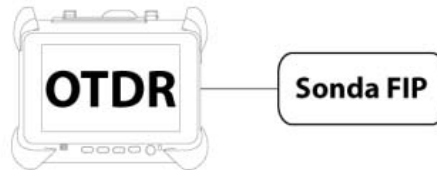
1. Explique qué es el Rango Dinámico.
2. ¿Cómo afecta este a la percepción de los sucesos?
3. ¿Qué relación tiene el Rango Dinámico con la Resolución? Explique apoyándose en una imagen.
4. ¿Qué compromiso debe haber a la hora de la utilización del OTDR, con respecto al rango dinámico y resolución? ¿Por qué?
5. ¿Qué es el Eco y Fantasma? ¿Qué motivos los generan? ¿Cómo podemos obtener una traza limpia de ecos y fantasmas?

**Parte III: Práctica.**

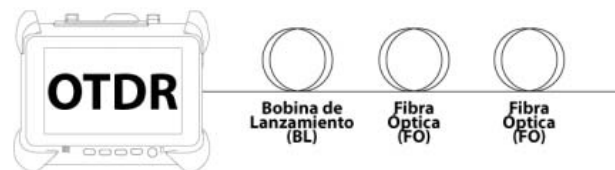
1. Con el FIP-430B verifique el estado de limpieza de los puertos a utilizar del OTDR. Realice los reportes de estado pertinentes, guárdelos con el nombre de:  
**"Instrumento\_Puerto\_Año\_Mes\_Día\_Correcto/Incorrecto".**  
Ejemplo: OTDR\_SM\_17\_07\_06\_INC.pdf

También verifique nivel de limpieza de todos los conectores que ocupará de la bobina de lanzamiento (BL), de los rollos de FO (FO1 y FO2), genere el reporte con el nombre de:  
**"Fibra\_ConectorA/B\_ Año\_Mes\_Día\_Correcto/Incorrecto".**  
Ejemplo: FO1\_A\_17\_07\_06\_COR.pdf

**Nota:** En caso de un mal diagnóstico debe realizar limpieza, siguiendo los pasos indicados en el Manual abreviado.



- Utilice la siguiente configuración para ambas longitudes de onda, Pulso en  $2,5\mu\text{s}$  y la Duración en 180s, realice la conexión a la bobina de lanzamiento del rollo FO1 QG-J3952 y a través de un adaptador conecte al sistema el rollo FO2 QB-Y3723. Obtenga las trazas correspondientes.



- Obtener las atenuaciones por tramo de forma gráfica utilizando la pestaña Mediciones, compare la información de ambas longitudes de ondas con la teoría. Elija una de las trazas correspondientes a 1310nm o 1550nm y realice un análisis manual de los resultados en la pestaña evento, para esto utilice los marcadores.
  - Obtener la distancia a un evento y el nivel de potencia relativa asociada.
  - Obtener la pérdida de eventos y reflectancia máxima.
  - Obtener la pérdida de sección y atenuación.
  - Obtener el valor de ORL.
  - Genere un informe de su medición, guárdelo con el siguiente nombre: "Año\_Mes\_Día\_Apellido".  
Ejemplo: "2017\_07\_19\_GONZALEZ.pdf"
- Escoja una longitud de onda para realizar la experiencia. Utilizando la conexión del paso 2, realice tres configuraciones de Pulso distintas, ocupe una Duración de 30s, mostrando y argumentando los cambios efectuados. ¿Qué fenómeno ocurre? Indique; cuál tiene mejor rango dinámico y cuál mejor resolución.
- Haga la conexión que se muestra en el esquema final con el rollo FO1 QG-J3952 conectado a la bobina de lanzamiento, analice la traza que se obtiene con las siguientes configuraciones: a 1550nm, con Alcance de 80km, Pulso de  $5\mu\text{s}$  y Duración de 180s ¿Qué puede decir de la traza? Según las mediciones realizadas en la guía anterior ¿Cuánto media cada rollo, por qué aparecen

Figura B.4-3 Página 3 de la guía.



dos eventos reflexivos entre el ruido? ¿A qué se deben dichos eventos y a qué distancia se encuentran? ¿Cómo mejoraría la traza?



6. En caso de no conocer la configuración de la red óptica, es decir, medirá una caja negra donde solo tiene acceso al conector de entra a la red ¿Qué haría usted para descartar la presencia de un eco o fantasma? Si depende del Alcance, Pulso, Duración, Longitud de onda, etc. Determine qué valor le daría a cada uno.

Figura B.4-4 Página 4 de la guía.

## B.5 Experiencia Propuesta OTDR

La guía está compuesta por tres páginas como se muestran en la Figura B.5-1, Figura B.5-2 y Figura B.5-3 del apéndice.



### Experiencia N°4 “Fusionar FO y Caracterizar una red óptica”

Nombre: \_\_\_\_\_  
 Rut: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

La Parte II y III de esta guía deben ser presentadas en un informe, en formato de escuela vigente, antes de comenzar la segunda experiencia.

Este informe debe contener:

- Introducción, no más de 1 página.
- Resumen, escrito en tercera persona.
- Índice.
- Desarrollo de la experiencia.
- Conclusiones.

#### Objetivo:

- Conocer e identificar los tipos de empalmes, en conjunto con las pérdidas asociadas a estos.
- \*Identificar la importancia y las pérdidas asociadas, de un empalme por fusión y mecánico.
- \*Realizar un empalme por fusión y caracterizar.
- Caracterizar la atenuación, los eventos reflexivos y no reflexivos en la traza del OTDR.
- Identificar y medir las pérdidas generadas por cada uno de los conectores dentro de la red.
- Identificar y medir las diferentes zonas muertas en la traza.
- Determinar la mejor relación rango dinámico y resolución para la red.
- Identificar y medir el eco o fantasma, en caso de existir en la traza.

Los empalmes son los recurrentes a la hora de unir fibra óptica, es por esto que en esta experiencia se enseñará a realizar empalmes por fusión. Cuando se ha abarcado la mayoría de los conceptos asociados al OTDR, se puede pasar al nivel de validación y caracterización de una red, para esto se debe hacer uso del conocimiento en las herramientas y conceptos, que en dieron forma a las experiencias anteriores.

#### Materiales:

- EXFO OTDR FTB-730C
- EXFO FIP-430B.
- 2 Rollos Fibra Óptica y bobina de lanzamiento.
- Kit de limpieza.
- Adaptadores.
- Fusionadora.
- Cables FO SC/APC-SC/APC y SC/APC-SC/PC.

**Actividad:**

**Parte I: Cuestionario Previo.**

1. ¿A qué se debe la atenuación en la FO?
2. ¿Cómo se mejora la relación señal/ruido de la traza en el OTDR?
3. ¿Qué tipo de conectores son los que generan menor reflectancia?
4. ¿Qué implicancia existe entre el largo del pulso y la zona muerta?
5. ¿Qué ocurre con la resolución si disminuyo el rango dinámico? ¿Y en caso contrario? Si aumento demasiado el rango dinámico, ¿qué evento es propenso a aparecer en la traza?

**Parte II: Investigación Teórica.**

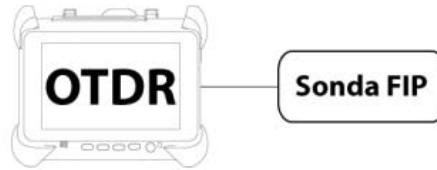
1. Identifique los tipos de empalmes existentes, comente las pérdidas asociadas y cuál es mejor, para qué caso.
2. ¿Cuáles son los procedimientos a tener en cuenta a la hora de fusionar fibra óptica?
3. Con respecto a la Fusionadora, ¿qué tipo de fibras son compatibles, bajo que normas?
4. ¿Cuáles son las pérdidas promedio por empalme y las pérdidas por retorno?, según la hoja de datos de la Fusionadora. Identifique el método de alineado de la fibra y el método de calibración.
5. ¿Qué herramientas, son necesarias para poder realizar una buena fusión de fibra? Describa el procedimiento a través de un diagrama de bloques.

**Parte III: Práctica.**

1. Realice la fusión de fibra a una distancia no menor a 1.25km, muestre el procedimiento completo, apóyese en imágenes.
2. Con el FIP-430B verifique el estado de limpieza de los puertos del OTDR. Realice los reportes de estado pertinentes, guárdelos con el nombre de: "**Puerto\_Año\_Mes\_Día\_Apellido**".

**Nota:** En caso de un mal diagnóstico debe realizar limpieza, siguiendo los pasos indicados en el Manual abreviado.

ESCUELA DE  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
LABORATORIO DE FIBRAS ÓPTICAS



3. Conecte la fibra fusionada a la bobina de lanzamiento para caracterizarla con el OTDR, obteniendo las pérdidas de empalme y por retorno.
4. Realice una conexión de al menos 3 cables, el recién empalmado inclusive, con tal de generar una red. Dibuje el plano de la red creada donde se especifique las distancias de cada fibra, tipo de conectores, entre otros, para ello efectúe 3 mediciones con el OTDR.
5. Realice un análisis manual de los resultados en la pestaña evento, para esto utilice los marcadores. Obtener la distancia a un evento y el nivel de potencia relativa asociado manualmente.
6. Obtener la pérdida de eventos y reflectancia máxima. Obtener la pérdida de sección y atenuación. Obtener el valor de ORL. Genere un informe de su medición, si desea agregar información al informe apóyese en el manual.

Figura B.5-3 Página 3 de la guía.

# C Test

A continuación, se presenta el test diseñado y aplicado a los alumnos que realizaron el taller. El test se divide en tres áreas, relacionadas con, Fibra Óptica (Apartado C.1), OTDR (Apartado C.2) y OSA (Apartado C.3). En las alternativas se cuanta con respuestas correctas, medianamente correctas, incorrectas y la alternativa No sabe/No responde. Dado que fue aplicado el test por medio de formularios de Google Drive es que las alternativas aparecen en orden aleatorio, cada vez que se abre el hipervínculo, del test inicial ([goo.gl/Xv50RS](http://goo.gl/Xv50RS)) y test final ([goo.gl/7qQ9Ru](http://goo.gl/7qQ9Ru)).

## C.1 Fibra Óptica, Conectores y Empalmes

Responda las siguientes preguntas, seleccionando la alternativa que considere correcta. El omitir preguntas no descontará puntaje.

- 1.- La fibra óptica es un:
  - A. Medio de transmisión
  - B. Medio de emisión
  - C. Medio de transmisión guiada
  - D. No sabe/No responde
- 2.- La fibra óptica está compuesta por:
  - A. Material dieléctrico, sin pared conductora
  - B. Material dieléctrico, con pared conductora
  - C. Material eléctrico, con pared conductora
  - D. No sabe/No responde
- 3.- Los principios básicos del funcionamiento de una fibra óptica son:
  - A. La Ley de Snell y la refracción
  - B. No sabe/No responde
  - C. La Ley de Snell y la reflexión interna total
  - D. Solo la refracción
- 4.- ¿Cuáles son los principales tipos de fibras ópticas?
  - A. Unimodo y Macromodo
  - B. Duomodo y Multimodo
  - C. Multimodo y Monomodo
  - D. No sabe/No responde



- 5.- ¿Cuál es el tipo de fibra óptica más utilizada en aplicaciones de corta distancia (2 o 3 km) y bajo bit-rate (hasta decenas de Mbps)?:
- A. Multimodo
  - B. Monomodo
  - C. Duomodo
  - D. No sabe/No responde
- 6.- ¿Cuál es el tipo de fibra óptica más utilizada en aplicaciones de larga distancia (80 o 100 km y más) y gran bit rate (sobre 2,5 Gbps) ?:
- A. Multimodo
  - B. Duomodo
  - C. Monomodo
  - D. No sabe/No responde
- 7.- ¿Cuál tipo de fibra óptica posee menor dispersión?
- A. Monomodo (núcleo entre 8 y 10 micrones)
  - B. No sabe/No responde
  - C. Multimodo (núcleo entre 8 y 10 micrones)
  - D. Duomodo (núcleo de 10 micrones)
- 8.- ¿Cuál tipo de fibra usa, generalmente, LED como fuente de luz?
- A. Fibras de corto alcance, multimodo
  - B. No sabe/No responde
  - C. Fibras de largo alcance, multimodo
  - D. Fibras de corto alcance, monomodo
- 9.- El factor y causa principal de la atenuación de la fibra es:
- A. Por pérdidas por curvaturas
  - B. La absorción
  - C. No sabe/No responde
  - D. La dispersión
- 10.- ¿A qué tipo de conector corresponde la siguiente imagen?:
- A. Set and Twist (ST)
  - B. Set and Connect (SC)
  - C. Set and Turn (ST)
  - D. No sabe/No responde
- 11.- ¿A qué tipo de conector corresponde la siguiente imagen?:
- A. Set and Case (SC)
  - B. No sabe/No responde
  - C. Lucent Connector (LC)
  - D. Set and Connect (SC)
- 12.- ¿Cuáles son los dos tipos de empalmes de fibra óptica?:
- A. No sabe/No responde
  - B. Ópticos y Permanentes
  - C. Mecánicos y Fusión
  - D. Fusión y Metálicos



- 13.- En cuanto a los empalmes...
- A. No sabe/No responde
  - B. Son conexiones permanentes, entre fibras
  - C. Son conexiones permanentes, entre conectores
  - D. Son un tipo único de conectores
- 14.- De la fibra óptica cortada en un ángulo de 90°, se obtiene:
- A. No sabe/No responde
  - B. Un empalme errado, con un ángulo de 45° se realiza el empalme
  - C. Un correcto empalme, con poca atenuación
  - D. Un correcto empalme, con alta atenuación
- 15.- Tanto \_\_\_\_\_ son conectores y se utilizan en ambos tipos de fibra óptica.
- A. No sabe/No responde
  - B. FC, SC, LC, ST.
  - C. FC, SC, PC, FT.
  - D. UPC, FT, CL, RS.
- 16.- ¿Qué tipos de conectores se usan principalmente en las transmisiones de datos y en las telecomunicaciones?
- A. FT
  - B. SC
  - C. No sabe/No responde
  - D. FC
- 17.- Los pulidos de la fibra \_\_\_\_, \_\_\_\_, y \_\_\_\_ se usan en fibras SM, en cambio los pulidos \_\_\_\_ y \_\_\_\_ se usan en fibras MM.
- A. APC, UPC y PC / SC y APC.
  - B. Flat, UP y ST / UPC y APC.
  - C. No sabe/No responde
  - D. PC, APC y UPC / Flat y PC.
- 18.- El pulido \_\_\_\_ presenta, generalmente, una pérdida de retorno >65 dB.
- A. No sabe/No responde
  - B. PC (ángulo de 90°)
  - C. APC (ángulo de 8°).
  - D. APC (ángulo de 12°).
- 19.- Con el fin de brindar las pérdidas más bajas y la menor reflectancia, se usa el empalme:
- A. Por fisión.
  - B. Por fusión.
  - C. No sabe/No responde
  - D. Mecánico.

## C.2 OTDR

Responda las siguientes preguntas, seleccionando la alternativa que considere correcta.

- 20.- ¿Qué significa OTDR (sigla en inglés) ?:
- A. Óptica de Transmisión de Dispersión Reflectiva.
  - B. No sabe/No responde
  - C. Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo.
  - D. Reflectómetro Óptico de Distribución Temporal.
- 21.- ¿Cuál es la función principal del OTDR?:
- A. Diagnosticar y caracterizar la fibra óptica.
  - B. No sabe/No responde
  - C. Caracterizar y analizar las reflexiones internas de la fibra óptica.
  - D. Analizar y determinar tipos de fibras ópticas.
- 22.- El OTDR puede ser utilizado para:
- A. No sabe/No responde
  - B. Estimar los tipos de conectores y el tipo de fibra.
  - C. Estimar la longitud y atenuación de la fibra.
  - D. Estimar la longitud y los tipos de conectores en la fibra.
- 23.- ¿Cuáles son los principios físicos que involucra una medición en OTDR?:
- A. Retro-dispersión de Rayleigh y Ley de Snell.
  - B. No sabe/No responde
  - C. La retro-dispersión Gaussiana y la retro-dispersión de Rayleigh.
  - D. Ley de Fresnel y Dispersión Gaussiana.
- 24.- Durante la medición de un OTDR, la pérdida más importante es entre un 80% y 90% de la pérdida total, la que es provocada por:
- A. Ley de Fresnel.
  - B. La retro-dispersión Gaussiana.
  - C. No sabe/No responde
  - D. Retro-dispersión de Rayleigh.
- 25.- La Traza es la gráfica entregada por el OTDR, la cual comprende:
- A. No sabe/No responde
  - B. Toda la gráfica, entregando el largo de la fibra, atenuación, la ubicación de los eventos reflexivos y no reflexivos.
  - C. Toda la gráfica, entregando el largo de la fibra, la atenuación, los tipos de conectores y los tipos de empalme.
  - D. Solo aquello referente a la atenuación.
- 26.- En la gráfica entregada por el OTDR las unidades son:
- A. No sabe/No responde
  - B. dB vs Distancia.
  - C. Tiempo vs Distancia.
  - D. dBm vs Tiempo.

- 27.- Si el OTDR se utiliza para medir fibra monomodo, que tipo de fuente lumínica utiliza:
- A. Láser espectro visible.
  - B. Láser infrarojo.
  - C. No sabe/No responde
  - D. LED infrarojo.
- 28.- Fibra de características conocidas, que se conecta entre el OTDR y la fibra a medir, se le denomina frecuentemente como:
- A. No sabe/No responde
  - B. Jumper.
  - C. Bobina de lanzamiento.
  - D. Fibra de lanzamiento.
- 29.- ¿Qué es el FIP (sigla en inglés)?:
- A. Prueba de Limpieza de Fibra.
  - B. No sabe/No responde
  - C. Sonda de Inspección de Fibra.
  - D. Fibra Interna de Prueba.
- 30.- Previo a realizar una medición con el OTDR es preciso:
- A. Verificar limpieza adecuada en los conectores y puertos.
  - B. Verificar tener cargada la batería del FIP.
  - C. Procurar tener los conectores precisos, para los tipos de puertos.
  - D. No sabe/No responde
- 31.- Para efectuar una buena medición con el FIP, es necesario:
- A. No sabe/No responde
  - B. La boquilla correcta y por sobre todo un buen zoom.
  - C. La boquilla correcta y un buen enfoque.
  - D. Un zoom correcto y un buen pulso.
- 32.- ¿Qué significa que un puerto se denomine “SM LIVE” en un OTDR?:
- A. Puerto por donde la fuente lumínica emite hacia la fibra que se desea medir a 1550nm.
  - B. Puerto que permite medir en una longitud de onda de 1625nm, a una red óptica que trafica información.
  - C. Puerto permite recibir información en una longitud de onda de 1625nm, distinta a la enviada desde el OTDR.
  - D. No sabe/No responde
- 33.- Para un mejor Rango Dinámico, en base a una distancia constante, ¿Cuál(es) parámetro(s) se debe(n) modificar en el OTDR?:
- A. El Alcance es lo único que se modifica, sin modificar las características del Pulso.
  - B. No sabe/No responde
  - C. El Pulso se hace variar, hasta lograr lo deseado en la traza.
  - D. Se puede modificar todo, excepto el Alcance.
- 34.- ¿Cuál de las siguientes alternativas no corresponden a eventos provistos por un OTDR?:
- A. Extremo e inicio de la fibra.
  - B. Fisura y permitividad de la fibra.
  - C. Densidad y conductividad de la fibra.

- D. No sabe/No responde.
- 35.- Los eventos que presentan una caída abrupta en la pendiente de la traza del OTDR se denominan:
- A. No sabe/No responde
  - B. Pérdidas por difusión.
  - C. Eventos reflexivos y no reflexivos.
  - D. Solo eventos no reflexivos.
- 36.- ¿Las pérdidas en el OTDR mencionadas en la pregunta anterior, se pueden atribuir a?:
- A. Pliegues, empalmes y conectores por fusión.
  - B. No sabe/No responde
  - C. Bobina de lanzamiento, conectores y empalmes por fusión.
  - D. Fisuras, extremos y ruptura de la fibra.
- 37.- ¿En qué contribuye un pulso largo en la medición de OTDR?:
- A. En mejorar el rango dinámico, obteniendo así todos los conectores y empalmes con buena resolución.
  - B. En poder observar todos los eventos. El rango dinámico es bajo.
  - C. No sabe/No responde
  - D. En mejorar el rango dinámico, obteniendo el largo total de la fibra, pero disminuye la resolución.
- 38.- En el OTDR, ¿cómo se mejora la relación señal/ruido?:
- A. Modificando el Tiempo de Adquisición y un Pulso adecuado
  - B. Modificando solamente el Alcance.
  - C. No sabe/No responde
  - D. Modificando solamente las características de los pulsos.
- 39.- Cuando el circuito de detección se satura durante un periodo de tiempo, existe una parte del enlace de fibra tras el evento que no puede ser visualizado por el OTDR. A este suceso se le denomina comúnmente:
- A. No sabe/No responde
  - B. Evento de saturación.
  - C. Traza Muerta.
  - D. Zona Muerta de evento.
- 40.- Dentro de las gráficas entregadas por el OTDR, existen reflexiones que no se deben a elementos dispuestos en el sistema, lo que se puede atribuir a seleccionar parámetros de medición de forma incorrecta. Esto se denomina:
- A. No sabe/No responde
  - B. Reflexión y fantasma.
  - C. Eco y fantasma.
  - D. Reflexión y reverberancia.
- 41.- Si deseo medir en una red GPON, con el OTDR, ¿qué longitud de onda se debe utilizar?:
- A. Entre 1550nm y 1650nm.
  - B. Solo 1625nm.
  - C. Entre 810nm y 1310nm.
  - D. No sabe/No responde

### C.3 OSA

Responda las siguientes preguntas, seleccionando la alternativa que considere correcta.

- 42.- ¿Qué significa OSA (sigla en inglés)?:
- A. Analizador de Espectro Óptico.
  - B. No sabe/No responde
  - C. Atenuador de Espectro Óptico.
  - D. Óptica de Señal Analizada.
- 43.- ¿Qué es el OSA?:
- A. Es una herramienta indispensable.
  - B. Es un dispositivo activo.
  - C. Es un dispositivo óptico activo.
  - D. No sabe/No responde
- 44.- ¿Cuál es la función principal del OSA?:
- A. Dar los valores del espectro óptico.
  - B. No sabe/No responde
  - C. Certificar la frecuencia de trabajo.
  - D. Medir y visualizar el espectro óptico.
- 45.- ¿Las aplicaciones frecuentes del OSA son?:
- A. La caracterización de fuentes de luz en cuanto longitud de onda, como también la medida de la característica en transmisión de componentes ópticos activos.
  - B. La caracterización de fuentes de luz en cuanto a su potencia y pureza espectral, como también la medida de la característica en transmisión de componentes ópticos pasivos.
  - C. La caracterización de fuentes de luz en cuanto longitud de onda, como también la medida de la característica en transmisión de componentes ópticos pasivos.
  - D. No sabe/No responde
- 46.- ¿Cuáles son las bandas ópticas que idealmente pueda analizar un OSA?:
- A. Las bandas menores a 800nm.
  - B. Las bandas O, E, S y M.
  - C. No sabe/No responde
  - D. Las bandas comprendidas por CWDM y DWDM.
- 47.- ¿En el OSA la resolución en longitud de onda está relacionada con?:
- A. La longitud de onda del láser.
  - B. El ancho de banda a 3 dB del filtro óptico pasa-banda.
  - C. El ancho de banda a la mitad de la potencia.
  - D. No sabe/No responde
- 48.- ¿La Sensibilidad en el OSA corresponde a?:
- A. Mínimo nivel de potencia óptica que puede detectar el OSA.
  - B. No sabe/No responde
  - C. La cantidad de peak que reconoce el OSA.
  - D. Potencia óptica que puede detectar el OSA.
- 49.- ¿Qué es el Rango Dinámico, en el OSA?:
- A. La diferencia entre la mayor potencia y la potencia a 3 dB.

- B. No sabe/No responde
  - C. La diferencia entre la frecuencia menor y mayor.
  - D. La diferencia entre la mayor y menor potencia óptica que puede detectar.
- 50.- En la gráfica entregada por el OSA, comúnmente las unidades son:
- A. dB vs tiempo.
  - B. watt vs nm.
  - C. No sabe/No responde
  - D. dBm vs nm.
- 51.- En el OSA, se puede apreciar la anchura espectral de una fuente de luz, ¿ésta se debe por, y que tipos de anchuras son deseables en los sistemas de comunicaciones ópticos?:
- A. Se debe a la dispersión que presenta la fibra y son deseable anchuras espectrales grandes.
  - B. Se debe a la dispersión cromática que presenta la fibra y son deseable anchuras espectrales muy estrechas.
  - C. No sabe/No responde
  - D. Se debe a la Ley de Snell que presenta la fibra y son deseable anchos de bandas muy grandes.





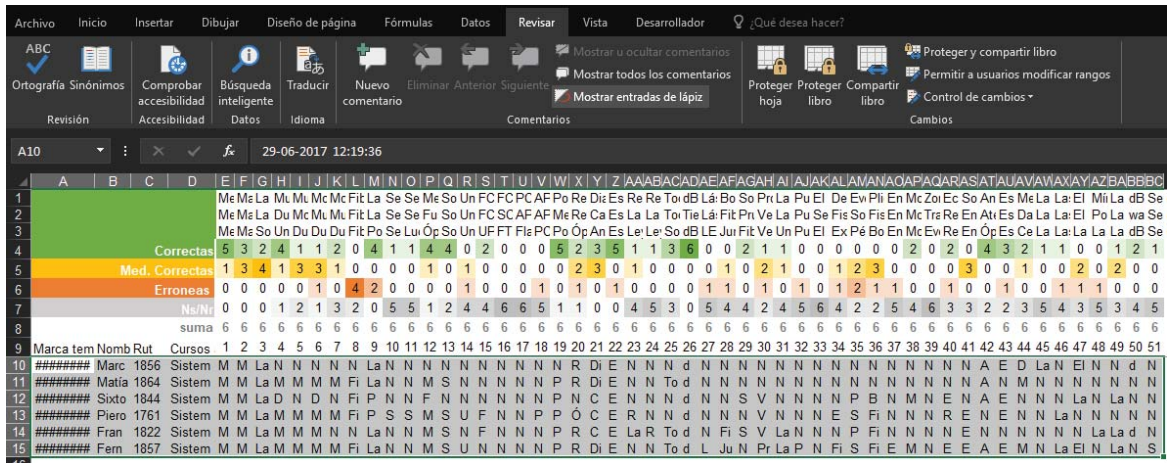


Figura D.1-3 Pestaña Test inicial/final.

En caso de solo tener los datos del test inicial, en la pestaña gráficas se mostrarán los valores correspondientes a dicho test. Una vez ingresada las respuestas del test final, en la misma pestaña se llenarán todas las celdas correspondientes al test final, y las gráficas mostrarán valores de ambos test. Como se ve en la sucesión de imágenes. Para poder navegar por la pestaña de Gráficas, se debe hacer uso del botón TAB, o hacer clic en la celda B11, C28 y C42, en las que aparecerá una lista desplegable correspondiente a las secciones y número de preguntas.

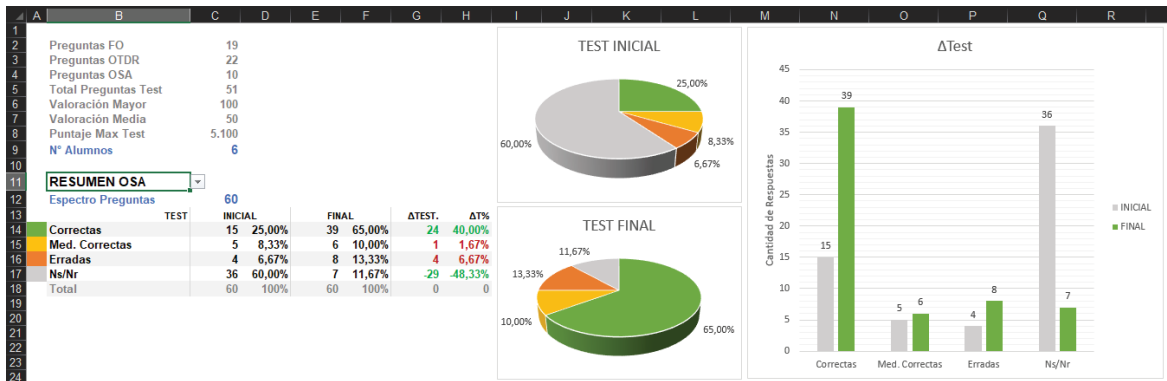


Figura D.1-4 Pestaña Gráficas.

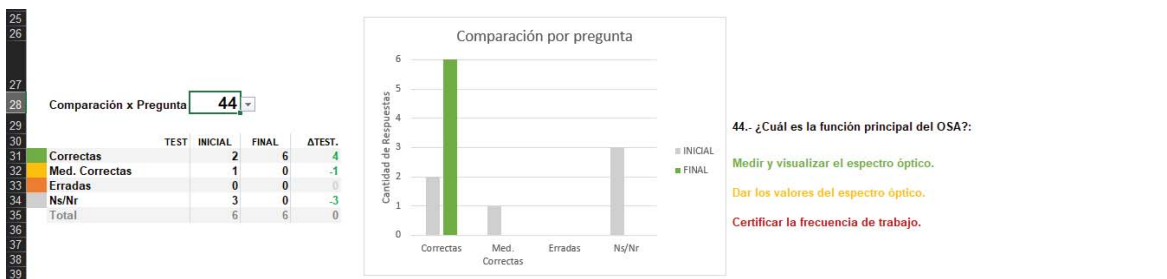


Figura D.1-5 Pestaña Gráficas.

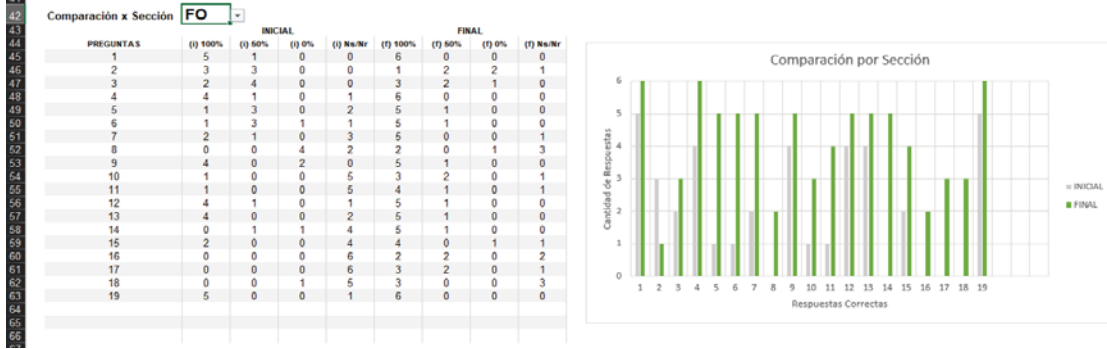


Figura D.1-6 Pestaña Gráficas.

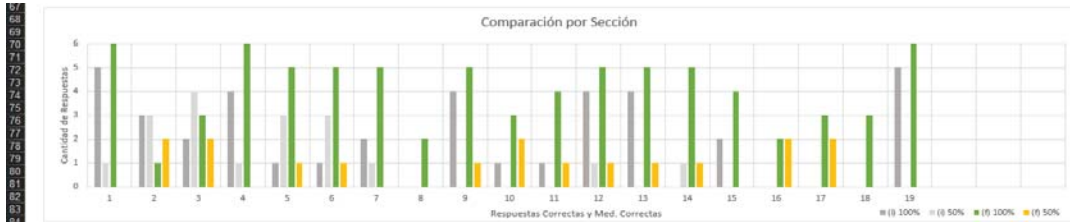


Figura D.1-7 Pestaña Gráficas.



Figura D.1-8 Pestaña Gráficas.

En la pestaña T.D. se puede observar tablas dinámicas como se muestran en la Figura D.1-9, donde se puede filtrar información a gusto, en las cuatro ventanas que aparecen en la parte superior se puede filtrar por el número de respuestas tanto, correctas, medianamente correctas, erróneas y las omitidas.



Figura D.1-9 Pestaña T.D. tabla dinámica.

# E Paper SOCHEDI 2017

A continuación, se expone el paper presentado en XXX Congreso SOCHEDI 2017.

XXX CONGRESO  
SOCHEDI 2017



El Desafío de la interdisciplinariedad en la  
Ingeniería y su Impacto en la Formación  
Profesional

## IMPACTO DEL USO DE UN LABORATORIO DE MEDICIONES SOBRE EL APRENDIZAJE EN COMUNICACIONES ÓPTICAS

Esteban Hermosilla, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, esteban.hermosilla.c01@mail.pucv.cl  
Ariel Leiva, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, ariel.leiva@pucv.cl  
Francisco Pizarro, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, francisco.pizarro.t@pucv.cl

### RESUMEN

Se presenta un estudio sobre el impacto que produce la aplicación de un laboratorio de mediciones en el aprendizaje de alumnos de Ingeniería Civil Electrónica de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso sobre aspectos técnicos de comunicaciones por fibra óptica.

El laboratorio consiste en 4 sesiones basados en el uso de instrumentos esenciales y/o básicos que cualquier empresa de telecomunicaciones que posea redes de fibra óptica debiera tener: OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) y OSA (*Optical Spectrum Analyser*). Para medir el impacto en el aprendizaje de los estudiantes, se diseña y aplica un Test al inicio y al final del taller, el cual consiste en 51 preguntas de selección múltiple donde se mide el grado de conocimiento en 4 niveles.

El laboratorio y los test fueron aplicados a 2 grupos con distintos niveles de asignaturas previamente aprobadas. Los resultados obtenidos arrojan variaciones de respuestas correctas del +35% llegando a valores absolutos del 75%. La apreciación personal de los estudiantes también es positiva, debido a que dejan ver que el uso de instrumentos de medición usados en las empresas los prepara de mejor manera al mundo laboral.

PALABRAS CLAVES: Laboratorio de mediciones ópticas, rendimiento académico.

### INTRODUCCIÓN

Actualmente, la fibra óptica representa el medio de transmisión capaz de soportar los grandes y crecientes volúmenes de tráfico de datos a nivel nacional e internacional. Es por esta razón que, desde hace más de una década, los sistemas de transmisión de larga distancia han sido implementados a través de troncales de fibra óptica. Más aún, y hace un par de años, la implementación de redes de acceso ópticas (GPON: *Gigabit Passive Optical Network* [Farmer2016]) ya es una realidad en algunas ciudades como Santiago y Valdivia, haciendo realidad el concepto de FTTH (*Fiber To The Home*) en Chile.

Debido a la masificación de sistemas y redes ópticas en Chile, se hace necesario que los futuros ingenieros electrónicos en telecomunicaciones posean los conocimientos y habilidades para desempeñarse de buena manera en el ámbito profesional. Sin embargo, la mayoría de las instituciones de educación superior basan la enseñanza de las comunicaciones ópticas a través de clases teóricas y con el apoyo de simuladores (como por ejemplo, OPTSIM [Sujith2010]), y en menor medida, basada en laboratorios prácticos.

En Chile, los laboratorios prácticos de comunicaciones ópticas no se han masificado debido, principalmente, al alto valor comercial del equipamiento de medición de comunicaciones ópticas. Es por esta razón que se hace necesario analizar la pertinencia y/o utilidad de contar con este

tipo de laboratorios experimentales a través del impacto en el aprendizaje de los estudiantes de asignaturas de comunicaciones por fibra óptica.

En este artículo se propone un taller básico de medición en comunicaciones ópticas el cual está basado en el uso de 2 instrumentos muy utilizados en la práctica por empresas que poseen sistemas y/o redes de fibra óptica. Estos son el reflectómetro óptico en el dominio del tiempo o más conocido como OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) [Hui2008] y el analizador de espectro óptico más conocido como OSA (*Optical Spectrum Analyser*) [Hui2008]. El OTDR es un instrumento capaz de obtener trazas de atenuación en función de la distancia de una fibra óptica, y el OSA es capaz de visualizar el espectro de las señales que se transmiten por un enlace óptico.

Para medir el impacto que produce el taller en los conocimientos de los alumnos en temáticas prácticas de comunicaciones ópticas, se diseñó un test de selección múltiple con 4 alternativas de respuesta, representando 4 niveles de conocimiento. Las preguntas están relacionadas con temáticas que en clases teóricas, o basadas en simuladores, debiesen cubrirse en algún grado de profundidad, por lo que indirectamente se está evaluando la efectividad de estas clases. Las temáticas a evaluar en el test están relacionadas con aspectos teóricos y prácticos de fibras ópticas, elementos de comunicaciones ópticas y, técnicas e instrumentos de medición. El test se aplica antes del desarrollo del laboratorio y, también, al final de éste (sin que los estudiantes sean avisados de esta actividad). De esta forma, se obtienen estadísticas del aumento del grado de conocimiento en aspectos teóricos y prácticos en comunicaciones ópticas.

El artículo se organiza de la siguiente manera: en la sección 1 se presenta la propuesta de laboratorio y su evaluación; en la sección 2 se muestran las estadísticas resultantes de la aplicación de los laboratorios y test; y en finalmente, se presentan las conclusiones del trabajo.

### 1.- PROPUESTA DE LABORATORIO Y EVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS.

En la Figura N° 1 se muestra la propuesta de laboratorio, test de evaluación de conocimientos y obtención de estadísticas que se desea implementar. En ésta, se aprecia que los estudiantes deben rendir un Test inicial de conocimientos (Etapa A), para que luego comiencen a desarrollar los talleres prácticos (Etapa B). Luego, los estudiantes vuelven a rendir el mismo Test inicial (Etapa C) para que finalmente se obtengan estadísticas y realimentación de los talleres (Etapa D).

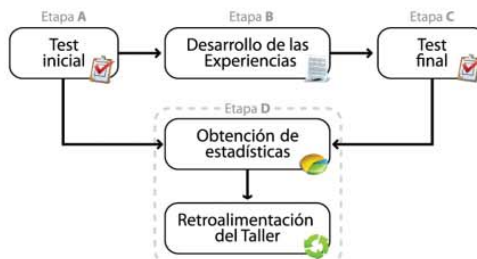


Figura N° 1. Esquema general de la propuesta.

A continuación, se detallan las distintas etapas de ejecución:

#### **Etapa A: Test inicial**

Con el fin de detectar las fortalezas y debilidades en conocimientos teóricos y prácticos de comunicaciones ópticas es que se diseñó un Test inicial el cual es aplicado en forma presencial y on-line para un menor tiempo de procesamiento de resultados. El Test inicial consta de 51 preguntas de 4 alternativas cada una con la finalidad de relacionarlos con 4 niveles de conocimientos de los tópicos: conocimiento completo (CC), conocimiento parcial (CP), conocimiento errado (CE) y desconocimiento completo (DC). Esto tiene relación con la consciencia y las competencias que posean los estudiantes: inconscientemente no sabe (incompetencia inconsciente, relacionados a CE y CP), conscientemente no sabe (incompetencia consciente, relacionado a DC) y conscientemente sabe (competencia consciente, relacionado a CC).

Las preguntas están centradas en 3 ejes temáticos: conceptos relacionados a fibra óptica y dispositivos ópticos pasivos, OTDR y OSA. Debido a la extensión del Test, éste no se incluye en el artículo. Sin embargo, puede ser descargado on-line en [goo.gl/Xv50RS](http://goo.gl/Xv50RS). La Figura N° 2 muestra una vista del Test que deben responder los estudiantes al inicio de la actividad.



Figura N° 2. Vista general del Test a responder por los estudiantes.

### **Etapa B: Experiencias de laboratorio**

Las temáticas de las actividades se listan a continuación:

- Experiencia OSA: "Conociendo el OSA".
- Experiencia N°1 OTDR: "Conociendo el OTDR".
- Experiencia N°2 OTDR: "Eventos Reflexivos y Zonas Muertas".
- Experiencia N°3 OTDR: "Rango Dinámico, Ecos y Fantasmas".

En cada experiencia de laboratorio, el alumno debe realizar las actividades según una guía. Cada guía del alumno (GA) consta de un cuestionario previo (acerca de los manuales de los dispositivos y elementos involucrados) y el detalle de las actividades prácticas. A continuación, se detalla cada una de las experiencias:

#### **Experiencia OSA: "Conociendo el OSA"**

El objetivo general de esta experiencia es que los alumnos puedan conocer, preparar y manejar las funcionalidades básicas de un OSA y su aplicación en un entorno básico de comunicaciones ópticas.

El primer experimento consiste en corroborar el estado de limpieza de los conectores ópticos del OSA. Para esto se debe utilizar una sonda FIP (*Fiber Inspection Probe*) y un kit de limpieza si es necesario. En la Figura N° 3.a se muestra la configuración a implementar. El segundo experimento consiste en utilizar el OSA para caracterizar una portadora óptica proveniente de un láser. Para esto, son necesarios los siguientes elementos: convertor de medios Ethernet a fibra, transceptor SFP y un *splitter* óptico. El convertor de medios y el transceptor son necesarios para generar una portadora óptica, y el *splitter* es para que el nivel de potencia óptica entregado al OSA no supere el nivel máximo permitido de potencia recibida para este instrumento. La Figura N° 3.b muestra un esquema de la configuración a implementar.



Figura N° 3. Configuración para (a) visualización de estado de limpieza de conectores y (b) visualización del espectro de un láser (transceptor óptico) con un OSA.

Los resultados esperados de cada actividad es que los alumnos sean capaces de visualizar el estado de limpieza de los conectores y limpiar de ser necesario (Ver Figura N° 4). Además, se pretende que los alumnos sean capaces de interconectar dispositivos, haciendo especial énfasis en los tipos de conectores y pulidos ópticos. Finalmente, también se espera que los alumnos sean capaces de operar un OSA en sus funcionalidades básicas, haciendo énfasis en su cuidado. En la Figura N° 5 se muestra una imagen referencial de una medición con el OSA que los alumnos debieran obtener.

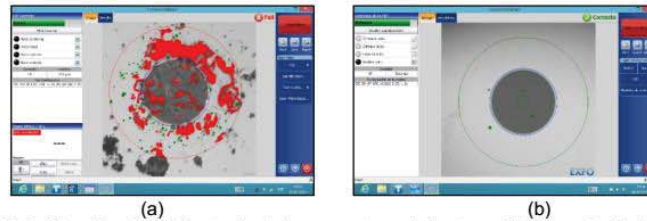


Figura N° 4. Visualización del estado de los conectores (a) antes y (b) después de la limpieza.

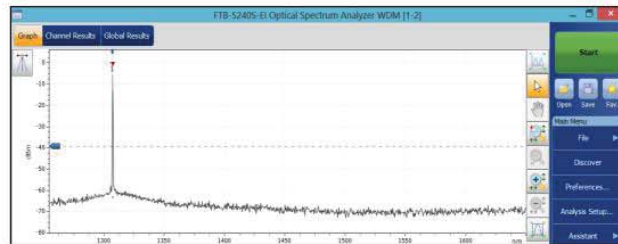


Figura N° 5. Visualización de una medición esperada con el OSA.

Experiencia N°1 OTDR: "Conociendo el OTDR".

El objetivo general de esta experiencia es que los estudiantes puedan conocer, preparar y manejar las funcionalidades básicas de un OTDR y su aplicación (medición) en un entorno básico de comunicaciones ópticas.

El primer experimento consiste, al igual que en el caso del OSA, en visualizar el estado de limpieza de sus conectores (Ver Figura N° 6.a). El segundo experimento consiste en obtener una traza de pérdidas vs distancia con una bobina de lanzamiento (BL). Este último elemento consiste en un rollo de unos pocos km de fibra óptica. En la Figura N° 6.b se muestra el esquema de la configuración a implementar para usar un OTDR.



Figura N° 6. Configuración para (a) visualización de estado de limpieza de conectores y (b) visualización del espectro de una traza OTDR de una bobina de lanzamiento.

Se espera que los estudiantes sean capaces de manejar la configuración para obtener una traza de OTDR. La configuración tiene relación con los siguientes parámetros: longitud de onda, duración de los pulsos ópticos y alcance. En la Figura N° 7 se muestra una imagen referencial de medición que los alumnos debieran obtener usando un OSA con una bobina de lanzamiento.

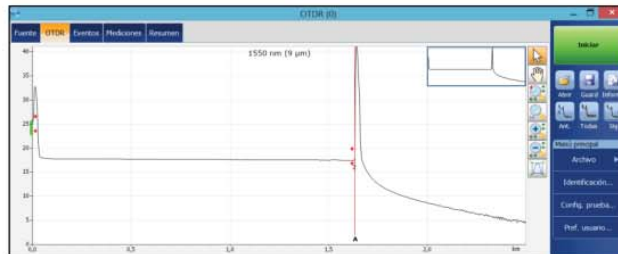


Figura N° 7. Visualización de una medición esperada con el OTDR en una bobina de lanzamiento.

Experiencia N°2 OTDR: "Eventos Reflexivos y Zonas Muertas".

El objetivo general de esta experiencia es que los estudiantes puedan conocer, preparar y manejar las funcionalidades básicas de un OTDR y su aplicación (medición) en un entorno de comunicaciones ópticas más cercano a la realidad (con mayor número de secciones de fibra óptica).

El experimento consiste en conectar varios rollos de fibra óptica, y unir éstos al OTDR, para así obtener la traza de pérdidas vs distancia. Así, se debe visualizar la ubicación y pérdida de cada

unión de carrete de fibra óptica, el fin de éstas y la identificación de zona muerta. En la Figura N° 8 se muestra el esquema sugerido de conexión.

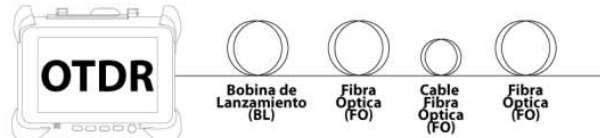


Figura N° 8. Esquema de conexión para medición con OTDR.

Los resultados esperados es que los estudiantes sean capaces de obtener trazas OTDR en un entorno más real al de la experiencia anterior, es decir, con diversos eventos reflexivos (uniones entre fibras ópticas y fin de ellas). Además, se espera que sean capaces de configurar el instrumento para obtener una buena resolución (capacidad de distinguir dos eventos reflexivos cercanos) e identificar zonas muertas (en la que no se puede realizar una medición). En la Figura N° 9 se muestra una imagen referencial de la medición con un OTDR que los estudiantes debiesen obtener.

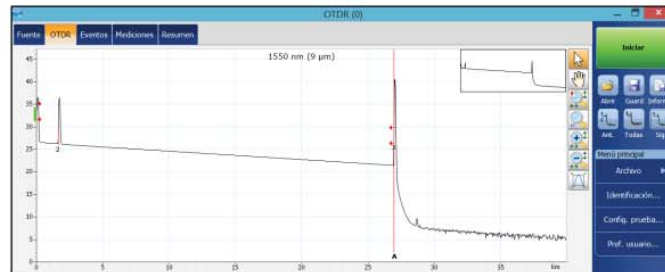


Figura N° 9. Visualización de una medición esperada con el OTDR.

### Experiencia N°3 OTDR: "Rango Dinámico, Ecos y Fantasmas".

El objetivo general de esta experiencia es que los estudiantes puedan conocer y realizar mediciones con el fin de comprender en mayor profundidad los conceptos que involucra el uso de un OTDR (rango dinámico, resolución, ecos y fantasmas) y su aplicación (medición) en un entorno de comunicaciones ópticas.

El primer experimento consiste en obtener las trazas de las pérdidas vs distancia de un tramo óptico compuesto por una bobina de lanzamiento (BL) y los carretes de fibra óptica, reconociendo la distancia de los eventos, analizando las pérdidas tanto de eventos, de reflectancia máxima, por sección y atenuación, para luego reconocer el mejor rango dinámico al hacer modificaciones de la duración de los pulsos (Ver configuración sugerida en Figura N° 10.a). Con el desarrollo del segundo experimento, que consiste en la implementación y análisis del tramo compuesto por la bobina de lanzamiento y un carrete de fibra óptica, se busca visualizar e identificar los ecos en las trazas OTDR (Ver configuración sugerida en Figura N° 10.b).



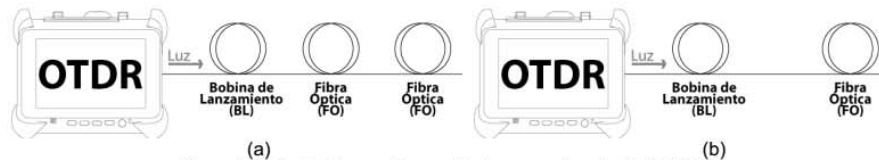


Figura N° 10. Configuración asociada a experiencia OTDR N° 3.

Se espera que los estudiantes sean capaces de manejar la configuración para obtener una traza de OTDR, realizar con éstas las mediciones pertinentes de las pérdidas y del eco. Luego de realizar las mediciones con tres pulsos de duración distintas se espera que el alumno aprecie, de forma explícita, como es la relación entre el rango dinámico y la resolución. Es por esto que se debe ser capaz de concluir que, a mayor rango dinámico, es decir, a un pulso más largo en el tiempo, la resolución de los eventos disminuye. En la Figura N° 11 se puede visualizar una medición con OTDR con (a) pulsos extensos vs una con (b) pulsos reducidos.

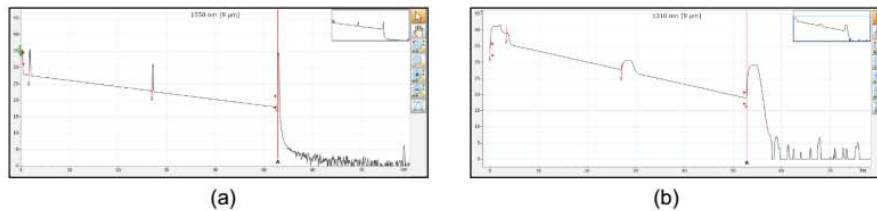


Figura N° 11: Visualización de mediciones esperadas con el OTDR variando la duración de los pulsos: (a) extensos vs (b) reducidos.

### **Etapas C: Test final**

Al finalizar el desarrollo de todas las experiencias, los estudiantes deben contestar un Test final de forma presencial y online. La finalidad de éste es poder cuantificar el aumento en conocimientos teóricos y prácticos que los estudiantes pudieron obtener al desarrollar las experiencias. El Test a aplicar es el mismo que el Test inicial, teniendo el resguardo de no avisar previamente lo similar de ambos test, de no dejarlos disponibles para su estudio y de no informar el resultado del test inicial a los alumnos.

### **Etapas D: Obtención de estadísticas y retroalimentación.**

Basados en los resultados de la aplicación de los Test inicial y final, se espera contar con estadísticas generales y particulares sobre la variación de los conocimientos teóricos y prácticos de los estudiantes. Estos resultados no son sólo útiles para visualizar la eficacia de las experiencias, sino que también son útiles para visualizar las debilidades de ellas. Esto, con el fin de poder mejorarlas o adaptarlas.

## **2.- RESULTADOS**

La propuesta de laboratorio, test de evaluación de conocimientos y obtención de estadísticas se aplicó a 2 grupos en que cada uno de ellos corresponde a estudiantes que venían con un perfil

de conocimientos similares (mismos cursos aprobados). La Tabla N° 1 muestra las características de cada grupo.

Tabla N° 1: Características de grupos de estudiantes.

ID del grupo	Curso previamente aprobado	N° de estudiantes
1	Sistemas de telecomunicaciones	6
2	Redes ópticas WDM	6

#### Etapa A: Test inicial

Los resultados de la aplicación del Test inicial se muestran en la Figura N° 12, en donde se aprecian los 4 niveles de conocimientos de los tópicos: conocimiento completo (CC), conocimiento parcial (CP), conocimiento errado (CE) y desconocimiento completo (DC).

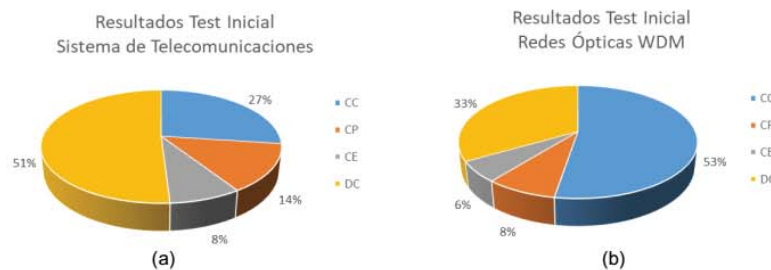


Figura N° 12: Resultados de test inicial aplicado a estudiantes con los cursos previamente aprobados de (a) Sistemas de Telecomunicaciones y (b) Redes ópticas WDM.

Para el caso de alumnos con la asignatura "Sistemas de Telecomunicaciones" aprobada, los resultados obtenidos del test inicial tienen una tendencia a la omisión (DC). Para el caso de los estudiantes con el pre-requisito aprobado de "Redes ópticas WDM", esta tendencia es menor, ya que el acercamiento teórico a los instrumentos de mediciones es más profundo que para los del grupo anterior.

#### Etapa B: Experiencias de laboratorio

En esta ocasión, cada grupo realizó las experiencias en días separados y distribuyéndolos en 2 sub-grupos de 3 alumnos cada uno debido a la limitante de espacio e instrumentos. Los detalles de tipo, número y valor comercial de los distintos elementos e instrumentos usados en las experiencias se muestran en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2: Dispositivos/elementos usados en las experiencias.

Dispositivo	Cant.	Valor Unit.	Proveedor	Dispositivo	Cant.	Valor Unit.	Proveedor
OTDR FTB730C + FIP430B	1	\$11.300.000	EXFO	Cortadora de FO	1	\$80.000	APKChile
OSA FTB 5420S	1	\$18.000.000	EXFO	Peladora de FO	1	\$12.000	APKChile
Rollo de FO 25 km	2	\$450.000	Corning	Transceptor 1310/1550	8	\$40.000	Fiberstore.com
Bob. Lanzamiento 1 km	1	\$60.000	APKChile	Convertor de medios	8	\$25.000	Fiberstore.com
Kit de limpieza	1	\$255.000	APKChile				

**Etapa C: Test final**

Los resultados de la aplicación del Test final se muestran en la Figura N° 13, en donde se aprecian los 4 niveles de conocimientos de los tópicos: conocimiento completo (CC), conocimiento parcial (CP), conocimiento errado (CE) y desconocimiento completo (DC).

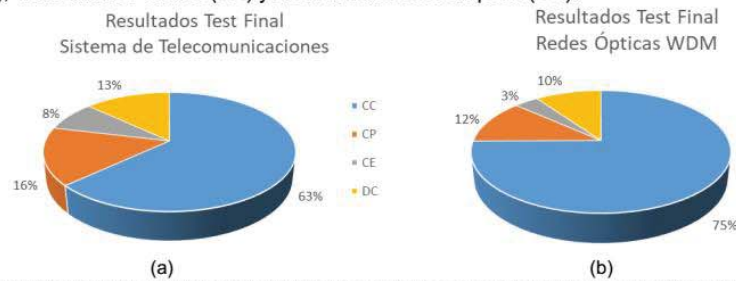


Figura N° 13: Resultados de Test final aplicado a estudiantes con los cursos previamente aprobados de (a) Sistemas de Telecomunicaciones y (b) Redes ópticas WDM.

Los resultados muestran una clara mejora con respecto a las preguntas correctamente contestadas para ambos grupos de estudiantes. Cabe destacar que la opción de "no contestar" disminuye al casi 10% en ambos grupos.

**Etapa D: Obtención de estadísticas y retroalimentación.**

Una vez teniendo los resultados de los test inicial y final, es posible obtener métricas de variación de los conocimientos teóricos y prácticos de la aplicación de los laboratorios. En la Tabla N° 3 se muestran las variaciones porcentuales de las estadísticas de las distintas respuestas.

Tabla N° 3: Variaciones porcentuales de resultados de Test.

Respuesta	Sist. de telecomunicaciones			Redes ópticas WDM		
	Inicial %	Final %	$\Delta$ %	Inicial %	Final %	$\Delta$ %
CC	27,12	63,07	+35,95	52,61	74,84	+22,23
CP	13,73	15,69	+1,96	8,17	11,76	+3,59
CE	8,17	8,17	0	5,88	3,59	-2,29
DC	50,98	13,07	-37,91	33,33	9,80	-23,53

Las variaciones de conocimiento exhibida por los alumnos al desarrollar este laboratorio es claramente positiva (entre el 22 al 35% de aumento de respuestas correctas), llegando a un porcentaje de respuestas correctas de 63% y 74% para los grupos relacionados a Sistemas de Telecomunicaciones y Redes ópticas WDM, respectivamente. Esto evidencia los beneficios que un taller de este tipo puede producir en la reafirmación de conocimientos teóricos por parte de alumnos con diferentes perfiles de ingreso. Del punto de vista de apreciación personal por parte de los alumnos, éstos valorizaron las experiencias con instrumentos de medición que se encuentran en las empresas de telecomunicaciones, contribuyendo así a la mejor percepción que los estudiantes tienen de su paso por la universidad.

XXX CONGRESO  
SOCHEDI 2017



El Desafío de la interdisciplinariedad en la  
Ingeniería y su Impacto en la Formación  
Profesional

### CONCLUSIONES

En este artículo se presenta una propuesta de laboratorio de mediciones de comunicaciones ópticas, basados en instrumentos de medición usados por empresas de telecomunicaciones, como lo son el OTDR y el OSA. Además, se propone la medición de las variaciones de los conocimientos adquiridos al desarrollar las experiencias de este laboratorio a través de un test inicial y final.

Los laboratorios fueron realizados por 2 grupos de estudiantes con distintos perfiles de ingreso, caracterizados por las asignaturas relacionadas a comunicaciones ópticas previamente aprobadas: sistemas de telecomunicaciones y redes ópticas WDM.

Los resultados obtenidos muestran que las respuestas correctas llegan hasta un 63% (grupo relacionado a sistemas de telecomunicaciones) y 75% (grupo relacionado a redes ópticas WDM), con variaciones con respecto a los resultados de ingreso de 35% y 22%, respectivamente. De esta forma, queda en evidencia los beneficios que trae este laboratorio. Además, los alumnos declararon su buena apreciación de experimentar con equipos de medición usados por las empresas de telecomunicaciones.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo financiero de los proyectos Fondecyt 11140386 y Corfo 14NI2-26905 "Nueva Ingeniería para el 2030".

### REFERENCIAS

- [Farmer2016] J. Farmer, B. Lane, K. Bourg, W. Wang, "FTTx Networks: Technology Implementation and Operation", Morgan Kaufmann; 1 edition, November 18, 2016.
- [Hui2008] R. Hui, M. O'Sullivan, "Fiber Optic Measurement Techniques", Academic Press; 1 edition, December 26, 2008.
- [Sujith2010] S Sujith, K G Gopchandran, "A simulation study on DCF compensated SMF using OptSim", International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), Oct. 2010, Moscow, Russia.