

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



## **ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE LA RED DORSAL DE FIBRA ÓPTICA NACIONAL**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR:**

**RONAL ENRIQUE ASTOCAZA ADAMA**

**PROMOCIÓN**

**2010-I**

**LIMA-PERÚ**

**2014**

**ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE LA  
RED DORSAL DE FIBRA ÓPTICA NACIONAL**

**DEDICATORIA:**

A Dios, por brindarme una familia hermosa.

A mis padres y hermanos, por su apoyo y cariño.

A mi querida Alma Máter, la Universidad Nacional de Ingeniería.

## SUMARIO

En el presente informe se describe el diseño de un Sistema de Supervisión Remota de Fibra Óptica (RFTS), aplicado en la red Dorsal de Fibra Óptica Nacional del operador Telefónica del Perú (TdP).

Este diseño es necesario, ya que los principales problemas son el crecimiento acelerado de las redes de fibra óptica, el cual hace que las estrategias de mantenimiento y reparación sean ineficaces, por lo que las pérdidas por ingresos son elevadas ante una interrupción total de los servicios durante un corte en el cable de fibra óptica y la gestión de estas redes se soportan en los sistemas de transmisión que sólo detectan fallas a nivel de enlaces, en donde las alarmas recibidas indican pérdida de señal óptica generada por la incomunicación de enlaces ópticos o tasa de error elevado, pero no proporcionan la ubicación exacta de la falla, generando tiempos de atención considerables.

Es por ello que se presenta una solución de un sistema de supervisión automatizado y centralizado, que garantice la operación normal de la red de fibra óptica y permita detectar, ubicar y aislar las averías a nivel físico; así como, una detección temprana de degradaciones en la red. De esta forma, se busca la mejora en el sistema de gestión de alarmas como parte del monitoreo en las redes de fibra, en especial en la Red Dorsal de fibra óptica, y un mantenimiento de red más eficiente.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA</b> .....	3
1.1 Descripción del problema .....	3
1.2 Objetivos del trabajo .....	5
1.3 Evaluación del problema .....	6
1.4 Alcance del trabajo .....	7
1.5 Limitaciones del trabajo .....	7
1.6 Síntesis del trabajo .....	8
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>GENERALIDADES Y CONCEPTOS INVOLUCRADOS EN UN SISTEMA DE SUPERVISION REMOTA DE FIBRA OPTICA</b> .....	9
2.1 Descripción general de un sistema de gestión de red .....	9
2.1.1 Funcionalidad de los Sistemas de Gestión de Red .....	9
2.1.2 Centro de Gestión .....	11
2.1.3 Gestión de la red de la planta externa de fibra óptica .....	11
2.2 Redes de la planta externa de fibra óptica .....	11
2.2.1 Red de enlace Local .....	12
2.2.2 Red de enlace Nacional (Dorsal de fibra óptica nacional) .....	12
2.2.3 Red de distribución o acceso .....	13
2.2.4 Red Óptica Pasiva (GPON) .....	14
2.3 Componentes de la red de transporte de la fibra óptica .....	15
2.4 Características de transmisión a través de la fibra óptica .....	15
2.4.1 Atenuación .....	16
2.4.2 Dispersión .....	17
2.5 Elementos pasivos .....	18
2.5.1 Empalmes .....	18
2.5.2 Conectores .....	19

2.5.3	Acopladores .....	20
2.6	Elementos Activos.....	21
2.6.1	Transmisores ópticos .....	21
2.6.2	Detectores ópticos .....	21
2.7	Estructura de la fibra óptica y Tipos de cables .....	21
2.7.1	Cable con armadura.....	22
2.7.2	Cable subterráneo.....	22
2.7.3	Cable para Sistemas Compartidos con Líneas de Energía.....	23
2.7.4	Cable auto soportados .....	23
2.8	Equipos de medición de fibra óptica.....	24
2.8.1	Medidor de potencia óptica .....	24
2.8.1	Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR).....	25
2.9	Estándares y recomendaciones .....	29
2.9.1	Estándares para la Gestión de la red .....	29
2.9.2	Sistema de soporte de mantenimiento, supervisión y pruebas de planta exterior de fibra óptica .....	30
2.10	Arquitectura de la red de supervisión remota de fibra óptica (RFTS).....	32
2.10.1	Controlador del sistema (TSC, test System controller).....	34
2.10.2	Unidad de acceso de prueba (OTAU).....	34
2.10.3	Unidad remota de prueba a distancia (RTU).....	34
2.10.4	Estación de Cliente o Controlador de Red Óptica (ONC).....	35
2.10.5	Enfoque de monitoreo .....	35
2.10.6	Gestor del sistema de pruebas de fibra óptica a distancia.....	37
2.10.7	Alarmas.....	38
2.11	Indicadores de eficiencia para el mantenimiento.....	39
2.11	Disponibilidad.....	40
2.11.1	Tiempo promedio para la reparación (MTTR).....	40
2.11.2	Tiempo promedio entre fallas (MTBF) .....	40
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>SISTEMAS DE SUPERVISIÓN REMOTA EN LA ACTUALIDAD.....</b>		<b>41</b>
3.1	Plataforma NQMSFiber .....	41
3.1.1	Especificaciones técnicas.....	42
3.2	Plataforma Fiberwatch.....	47
3.2.1	Especificaciones técnicas .....	47
3.3	Plataforma JDSU ONMS .....	49
3.2.1	Especificaciones técnicas .....	50

## **CAPÍTULO IV**

<b>DISEÑO DE LA RED DE SUPERVISIÓN, PLANEAMIENTO Y COMPONENTES.....</b>	<b>51</b>
3.1 Justificación del diseño en base a la red de supervisión remota .....	51
3.2 Planificación del diseño.....	51
3.3 Perfil del diseño del sistema de supervisión remota.....	52
3.4 Esquema de acceso del RFTS a través de la red WAN/LAN y red SDH .....	56
3.5 Umbrales de las alarmas del OTDR.....	58

## **CAPÍTULO V**

<b>ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA .....</b>	<b>59</b>
4.1 Presupuesto... ..	59
4.2 Evaluación de la solución... ..	62
4.2 .1 Evaluación de la calidad.....	62
4.2.2 Evaluación Económica .....	64
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO</b>	
<b>INFORMACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS.....</b>	<b>68</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>74</b>

## INTRODUCCIÓN

Estos últimos años es cada vez más importante el mantenimiento de la red de fibra óptica, gestionar un adecuado control y monitoreo con la finalidad de optimizar los tiempos de disponibilidad y mejorar la eficiencia operativa, de esta forma brindar un servicio con calidad .

Asimismo, para la atención de los servicios en caso de una avería de fibra óptica existen procedimientos de acuerdo a un plan , que consiste en la logística empleada para las coordinaciones con las distintas áreas operativas y personal designado que contribuye en la gestión, y la ejecución para la reparación de la avería, los tiempos de interrupción debe ser mínimos y los ratios de operatividad mantenimiento adecuados.

Es por tal motivo, que la supervisión del monitoreo de la planta se encarga de velar por la gestión y control de las averías de cable de fibra óptica a nivel nacional, vigilando y evaluando los eventos en proceso en la red, actuando de manera rápida y ofreciendo calidad de atención para garantizar la máxima disponibilidad de los servicios.

El presente informe consiste en la descripción detallada y diseño de un sistema de supervisión remota de fibra óptica, el cual es un sistema automático y centralizado, gestiona sus elementos remotos denominados unidades remotas de prueba y medición (RTU), mediante una base de datos centralizada con la información de todos los elementos del sistema y de las redes de fibra óptica configurados para su supervisión. Además posee una interfaz de usuario, un software aplicativo para la detección y administración de alarmas detectadas en los enlaces ópticos monitoreados. El propósito de este sistema es detectar cualquier falla o anomalía en las redes de fibra óptica a nivel físico para lo cual se usa refractómetros ópticos en el dominio del tiempo (OTDRs) para la medición automática del hilo de fibra óptica, verificando las variaciones de la característica o traza del medio óptico.

El presente informe está compuesto por cuatro capítulos, que muestran básicamente el desarrollo y descripción del sistema, las justificaciones técnicas,



especificaciones técnicas involucradas y el diseño del mismo.

En el capítulo I, se explica el problema de ingeniería y se precisan los objetivos del informe. También se hace una evaluación de la problemática y se establecen los alcances del informe desarrollado. Se muestra algunos valores cuantitativos de gastos de reparación y cantidad de averías al año; dando una idea y mejor entendimiento.

En el capítulo II, se describe el funcionamiento de un sistema de gestión para la red de transporte por fibra óptica; se detalla las redes existentes de fibra óptica, indicando los procesos, estándares y recomendaciones involucrados; algunas definiciones de los elementos de red; tipo de cables, conectores, empalmes, equipos de medición para la fibra óptica, de tal forma que nos permitirá entender la operación del sistema de monitoreo de este medio de transmisión.

En el capítulo III, se muestra los principales sistemas de supervisión remota desarrollados por fabricantes tales como EXFO, NTEST o JDSU en la actualidad, describiendo al detalle la operación de la plataforma NQMSFiber del fabricante EXFO, la cual se empleará para la administración y gestión de las alarmas; asimismo las especificaciones técnicas de los elementos involucrados.

En el capítulo IV se describe el diseño de la red de supervisión, la arquitectura de la red y los aspectos técnicos a tener en cuenta.

En el capítulo V, se describe los costos involucrados en el equipamiento de acuerdo al diseño elaborado, análisis y evaluación de la solución propuesta.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

Este capítulo se desarrolla con la finalidad de presentar de una manera clara y concisa el escenario bajo el cual nace la motivación de este informe y a qué necesidad responde. Se definen también cuáles son los objetivos, alcance y limitaciones del mismo. Finalmente se dedica un punto a la síntesis de este informe.

### **1.1 Descripción del Problema**

Los sistemas de gestión de diferentes sistemas de transmisión por fibra óptica desde sus inicios y hasta estos tiempos, ha sido variada, por lo general dependiendo del fabricante (sistemas de transmisión Alcatel, Ericsson, Huawei, etc), cada sistema de enlace es propietario y controlan, gestionan alarmas a nivel de enlace y en otros niveles superiores en la capa del modelo OSI. Su alcance comprende los equipos de transmisión para el transporte por radio, satélite, a través de la red IP/MPLS, PDH, SDH, WDM, etc. No obstante, para el nivel físico, estos sistemas solo detectan una pérdida total o parcial de la señal óptica entre sus equipos extremos de la red, en el cual pueden estar interconectados uno o más enlaces ópticos.

Actualmente, se ha incrementado considerablemente las redes de fibra óptica a nivel mundial. Se tiene instalado más de 7,000 Km. en lo referente al operador Telefónica del Perú (TdP). Debido a la geografía variada de la costa, sierra y selva del Perú, las instalaciones de las redes de fibra óptica, se realizaron en principio, en la costa peruana, donde se encuentran las redes urbanas de alto tráfico (redes core: anillos SDH, DWDM, Giga Ethernet, etc.) y las redes interurbanas o de interconexión (redes backbone o dorsal de fibra óptica, con enlaces SDH, DWDM). Para las interconexiones de los sistemas de transmisión con la sierra y selva peruana hasta el 2008 era por medios de radio-enlace o vía satélite. Para el 2011 se hicieron despliegues de la red de fibra óptica para la zona norte; hacia Pucallpa a través de la red de Intemexa, proveedor de servicio portador; y hacia Yurimaguas a través de la infraestructura de transmisión eléctrica en el 2013.

Además, en la zona Sur, se desplegó la fibra óptica San Gabán en la que se interconectó Puerto Maldonado.

Garantizar la operación normal de la red es un aspecto importante por lo cual se requiere tener un eficiente mantenimiento preventivo y correctivo, por lo cual se definen indicadores operativos tales como el tiempo de reparación medio de una avería o tiempo medio entre fallas, los cuales miden la eficiencia operativa; así como tener niveles de protección y respaldo. Aunque algunas operadoras tienen respaldo a través de los cables submarinos y respaldos implementados en la red del operador o a través de enlaces arrendados en otros operadores, en algunos casos son limitados en capacidad por el respaldo a través de microondas o satélite y no permiten recuperar todos los servicios cuando se produce un corte del cable de fibra óptica.

Por tanto, los principales desafíos que presentan los proveedores de servicios portadores o carriers de hoy son los siguientes:

- El rápido despliegue de la fibra lleva a la posibilidad de instalaciones de menor calidad.
- Mayores cables de fibra presentan problemas de documentación.
- Equipos de Comunicaciones con servicios de mayor ancho de banda producen más ingresos por cable.
- El aumento de la competencia obliga a una mayor atención a la QoS.
- El aumento de la dependencia de la planta física arrendada vincula a la dependencia de terceros para resolver los problemas de las fibras. Este punto es muy importante ya que comúnmente las operadoras arriendan enlaces de otros proveedores de servicio portador para su respaldo o para llevar servicio a otras localidades sin tener que construir una infraestructura propia.
- Aparecen problemas de dependencia de las cuadrillas de técnicos en contratos con otros proveedores de servicios para solucionar problemas de construcción y mantenimiento; dando como resultado un menor control y aseguramiento de la calidad de la red con las técnicas de inspección estándar OSP (Operational Service Provider).

Para lidiar con estos desafíos, las empresas portadoras necesitan tener personal con conocimientos y experiencia sobre el terreno, implementar un servicio centralizado de boletas de control o tickets con un sistema de gestión, un sistema de documentación completa la red de fibra con sistema de supervisión para proporcionar información actualizada sobre el estado de la red.

Por tanto, tener una red sin un sistema de supervisión y monitoreo en este medio de transmisión para el transporte de los servicios mencionados anteriormente, las pérdidas para un operador de telecomunicaciones pueden ser elevados, sino se garantiza por lo

menos la disponibilidad de los servicios que pasan por la red un eficiente mantenimiento a la misma.

Otros problemas en la gestión para un sistema de supervisión de la planta externa fibra óptica, puede presentar debilidades en algunos factores que impidan desarrollar una mejor actuación de las áreas involucradas dentro del proceso atención de averías y mantenimiento en planta externa, estos factores son:

- La falta de personal de monitoreo de la red de fibra óptica con conocimiento en fundamentos de fibra óptica y manejo de los gestores de alarmas adecuada para dar un mejor y rápido diagnóstico.
- Falta de capacitación del personal de planta externa para realizar un adecuado trabajo de mantenimiento preventivo y correctivo de la red de fibra óptica, ya que las operadoras de telecomunicaciones emplean por lo general personal de contratados o terceros para esta labor.
- Falta de equipos y herramientas necesarios para la supervisión de la planta externa de fibra óptica, tales como empalmadoras, medidores de potencias, equipos para pruebas reflectométricas, cortadores de fibra óptica, etc. En muchos casos no se tiene en la zona del incidente y se tienen que ir a localidades aledañas o principales, siendo crítico por aumentar el tiempo de reparación del incidente.
- Al no haber un sistema de supervisión automatizado de la planta de fibra, solo habría un monitoreo o supervisión eventual, esto puede involucrar mayor costo de mantenimiento ya que se requería tener personal periódicamente en la zona que supervise la planta para el diagnóstico de fallas o desperfectos en la planta.

## **1.2 Objetivos del trabajo**

- Presentar un diseño de supervisión remota de la red dorsal de fibra óptica, que sea modular, flexible y automatizado, adaptándose a las necesidades de medidas e implementación de nuevas tecnologías, garantizando la operación normal de la red de fibra óptica a través de la detección, localización, aislamiento de fallas y detección temprana de la degradación de la planta, realizando un mantenimiento de la red más eficiente.
- Mejorar el sistema de gestión de alarmas como parte del monitoreo de la red de fibra óptica, de tal manera que nos permita brindar una atención rápida ante un incidente o avería en la red.
- Realizar un estudio acerca del sistema de supervisión y monitoreo de fibra óptica, afín que se tenga información de utilidad para los profesionales de la especialidad de telecomunicaciones.

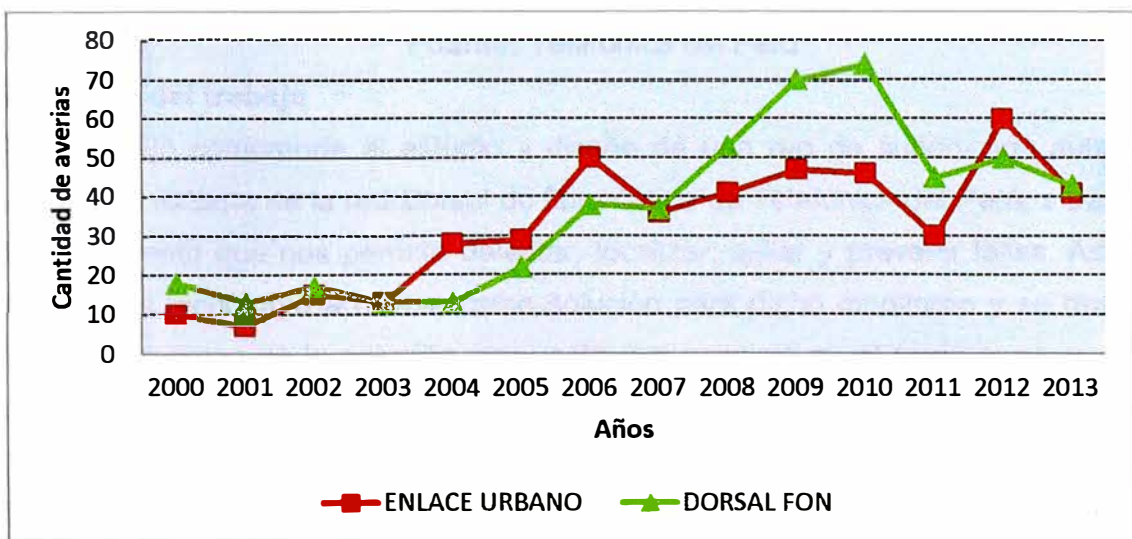
### 1.3 Evaluación del Problema

Tal como se indicó anteriormente, los gestores en los sistemas de transmisión indican alarmas de pérdida de señal óptica, ante un evento de la red (corte o rotura del cable de fibra óptica). Además estos sistemas tradicionales de gestión de los sistemas de transmisión por fibra óptica, no cuentan con equipos de medición óptica, debido que no es parte de su funcionalidad. Para la reparación del evento o avería en la red de fibra óptica, el personal especialista de mantenimiento de la red, se tendría que trasladar a un posible punto más cercano del evento, de acuerdo a las alarmas del sistema de transmisión y realizar mediciones para determinar la ubicación del fallo o avería en el cable de fibra Óptica.

La gestión de estos sistemas es a nivel de enlaces, donde las alarmas recibidas detallan tasa de error o la incomunicación de enlaces ópticos en niveles de trasmisión de E1s (2.048Mb/s) , SMT-1, STM-4, y para sistemas de altas velocidades tales como SDH 2.5 Gbps, 10Gbps ,100Gbps, STM-16, STM-64.

Debido a ello, las necesidades de operadores como Telefónica del Perú (TdP) de garantizar una óptima calidad de servicio y reducir al mínimo los tiempos de interrupción de sus sistemas de alta velocidad que brindan servicios de telecomunicaciones a sus clientes tales como telefonía fija, móvil televisión por cable e internet , hacen necesario contar con un sistema de monitoreo que supervise la red de fibra óptica a nivel físico , debido a la envergadura de los eventos que se presentan cuando se daña o corta un cable de fibra óptica.

En el siguiente gráfico (Fig. 1.1), se muestran la evolución de las averías en la red de enlaces y distribución de TdP a nivel nacional.



**Figura 1.1** Evolutivo de averías en la red de Fibra óptica a nivel nacional

Fuente: Telefónica del Perú

En los últimos años, se ha incrementado la cantidad de averías o fallos en la red. Un Sistema de Supervisión de Fibra Óptica RFTS (Remote Fiber Test System), permite la reducción de los tiempos de incomunicación de servicios afectados, aunque no va a eliminar los eventos en la red, puede reducirlos y prevenir las posibles averías, dependiendo de un óptimo diseño del sistema de monitoreo. Asimismo, se pudo controlar y reducir los tiempos de interrupción de circuitos arrendados a otras Operadoras, con las cuales TdP tiene Contratos SLAs (Service Level Agreement: Acuerdo de Nivel de Servicios).

Las averías en las redes de fibra óptica, representan elevados costos de reparación para una empresa de telecomunicaciones (Fig. 1.7). En los gráficos siguientes, se muestran los evolutivos anuales de los gastos de reparación de las redes de enlaces nacional de TdP



**Figura 1.2** Costos de reparación de las redes dorsales de la fibra óptica nacional

Fuente: Telefónica del Perú

#### 1.4 Alcances del trabajo

Este trabajo comprende el estudio y diseño de una red de supervisión automática para la planta externa de la red Dorsal de fibra óptica de Telefónica del Perú, a través del monitoreo remoto que nos permita detectar, localizar, aislar y prevenir fallas. Asimismo se describe la tecnología a utilizar como solución para dicho monitoreo y se realiza un análisis y evaluación de la solución propuesta que consiste en el costo involucrado y la evaluación económica del mismo.

#### 1.5 Limitaciones del trabajo

El presente trabajo no contempla la implementación del sistema de supervisión remota para la red dorsal de fibra óptica.

Para la red de gestión que permitirá comunicar los eventos detectados en la planta externa a través de los elementos de supervisión en estudio con el NOC o centro de

gestión, se utilizarán las redes WAN y SDH implementadas en TdP, las cuales se encargan del transporte de la información contenida en las alarmas.

### **1.6 Síntesis del trabajo**

Se exponen los fundamentos teóricos que permitan comprender el diseño de una red de supervisión remota de fibra óptica, se presenta un análisis de la arquitectura de hardware y software de los equipos a utilizar para implementar esta red.

Finalmente se exponen los lineamientos y recomendaciones a tener en cuenta en el proceso de diseño y costos involucrados.

## **CAPÍTULO II**

### **GENERALIDADES Y CONCEPTOS INVOLUCRADOS EN UN SISTEMA DE SUPERVISION REMOTA DE FIBRA OPTICA**

En este capítulo se realiza una breve descripción teórica de la tecnología a utilizar, algunas generalidades y conceptos involucrados en el diseño de la red de supervisión remota de fibra óptica, materia de estudio del presente informe, comenzando por describir fundamentos teóricos acerca de la gestión de red, estándares y recomendaciones relacionados a la supervisión de la planta externa de fibra óptica, algunos aspectos teóricos de transmisión por fibra óptica, hasta avocarnos netamente a explicar los fundamentos del diseño.

#### **2.1 Descripción general de un sistema de Gestión de red**

La Gestión de red se define como el conjunto de actividades dedicadas al control y vigilancia de recursos de telecomunicación. Su principal objetivo es garantizar un nivel de servicio en los recursos gestionados con el mínimo coste. Una adecuada gestión de la red nos permitirá asegurar un servicio casi continuo, mejorando la eficiencia disponibilidad y rendimiento, así como incrementando el desempeño de la red automatizando las operaciones de la administración de la red; para de esta manera, aumentar la satisfacción de los usuarios por el servicio de red proporcionado. Es una función clave principalmente dentro de las operadoras de telecomunicaciones.

##### **2.1.1 Funcionalidad de los sistemas de gestión de red**

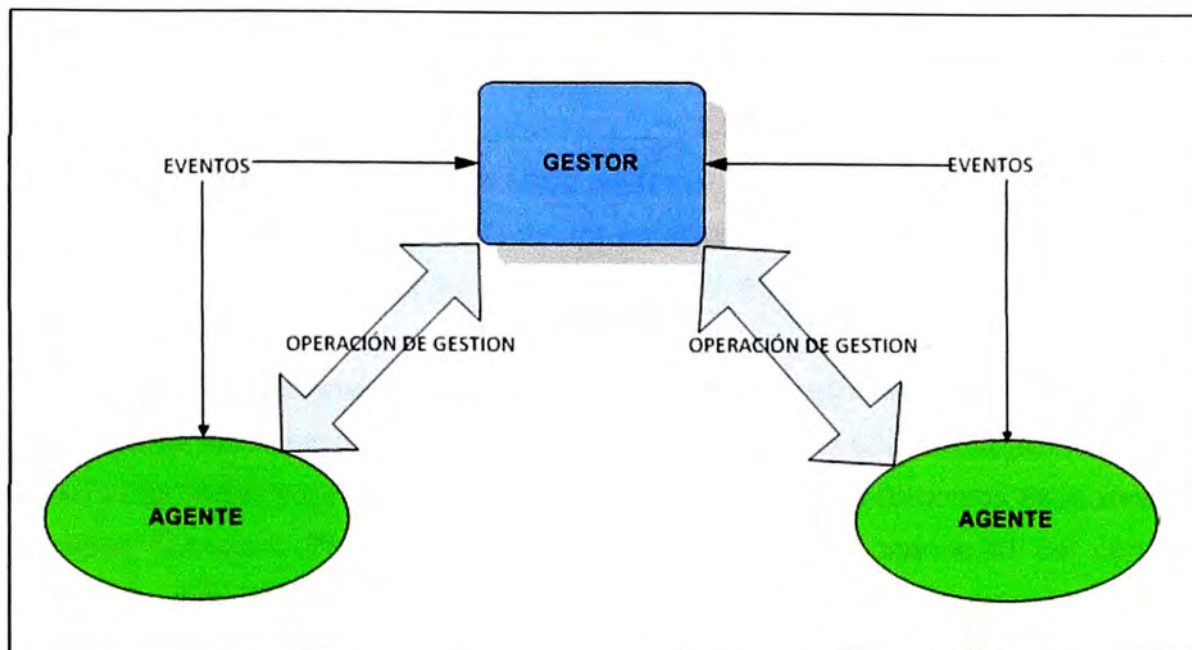
En general, los sistemas de gestión que existen actualmente, utilizan una estructura básica, conocida por paradigma gestor-agente, cuyo esquema se muestra en la figura 2.1.

Como se puede observar, los elementos del sistema de gestión de red, bajo el paradigma gestor-agente, se clasifican en dos grandes grupos:

- Los gestores son los elementos del sistema de gestión que interaccionan con los operadores humanos y desencadenan acciones necesarias para llevar a cabo las tareas que invocan.



- Los agentes, por otra parte, son los componentes del sistema de gestión invocados por el gestor o gestores de la red.



**Figura 2.1** Paradigma gestor –agente

**Fuente:** Elaboración propia

El principio de funcionamiento reside en el intercambio de información de gestión entre nodos gestores y nodos gestionados. Habitualmente, los agentes mantienen en cada nodo gestionado información acerca del estado y las características de funcionamiento de un determinado recurso de la red. El gestor pide al agente, a través de un protocolo de gestión de red, que realice determinadas operaciones con estos datos de gestión, gracias a las cuales podrá conocer el estado del recurso y podrá influir en su comportamiento. Cuando se produce alguna situación anómala en un recurso gestionado, los agentes, sin necesidad de ser invocados por el gestor, emiten los denominados eventos o notificaciones que son enviados a un gestor para que el sistema de gestión pueda actuar en consecuencia. La monitorización y el control son aspectos importantes para la gestión de la red. La monitorización es la parte de la gestión de red que se ocupa de la observación y análisis del estado y el comportamiento de los recursos gestionados.

La parte de control dentro de la gestión de redes es la encargada de modificar parámetros e invocar acciones en los recursos gestionados. La supervisión comprende básicamente de estos aspectos

Existen distintos protocolos de gestión de red, dentro de los cuales destaca SNMP (Simple Network Management Protocol), perteneciente al conjunto de protocolos TCP/IP. Este es el protocolo a utilizar en redes empresariales, pues todos los equipos lo soportan, y de hecho, SNMP puede ser considerado el estándar de facto. Otro protocolo estándar,

es el CMIP (Common Management Information Protocol), de la familia de protocolos OSI (Open Systems Interconnection) de la ISO (International Organization for Standardization), el cual está presente en muchos de los operadores de los servicios de telecomunicación para su gestión de redes.

### **2.1.2 Centro de gestión**

La gestión de red se suele centralizar en un centro de gestión, donde se controla y vigila el correcto funcionamiento de todos los equipos integrados en las distintas redes de la empresa en cuestión. Un centro de gestión de red dispone de tres tipos principales de recursos:

- Proceso y procedimientos: Definen las pautas de comportamiento de los demás componentes del centro de gestión de red ante determinadas circunstancias. Estas suelen estar dadas a través de políticas bien definidas, y procedimientos específicos.
- Recursos humanos: Personal encargado del correcto funcionamiento del centro de gestión de red. Está conformado por los operadores, administradores y analistas y planificadores.
- Herramientas de apoyo: Herramientas que facilitan las tareas de gestión a los operadores humanos y posibilitan minimizar el número de éstos.

### **2.1.3 Gestión de la red de planta externa de fibra óptica**

En la planta externa de Fibra Óptica, una supervisión básica consiste en la inspección de los ODF's (Gabinetes donde llegan las fibras de la planta y desde donde se distribuyen las fibras de interconexión a los clientes) para actualizar datos de ser necesario en la ubicación de las fibras en cada una de las bandejas sean estas de empalme o de distribución, limpiar conectores de las fibras libres en las bandejas, mediciones de potencia de señal, mediciones de atenuación y continuidad de fibras (utilizando el OTDR), verificación del recorrido de los cables para prevenir cortes o deterioros por trabajos de terceros (movimiento tierras con maquinaria pesada, excavación de zanjas, vandalismo, etc.), lo que hace que debido al tamaño de una planta externa de fibra óptica se produzcan errores o en todo caso no se de una supervisión adecuada, generándose problemas o en muchos casos dejando pasar elementos críticos en la red, produciendo cortes o pérdidas de información ya sea por deterioro o ruptura de las fibras.

## **2.2 Redes de la planta externa de fibra óptica**

Corresponden al conjunto de cables de fibra óptica, los cuales interconectan a los nodos de la red. Para la operadora Telefónica del Perú, existen 3 tipos de redes de planta externa:

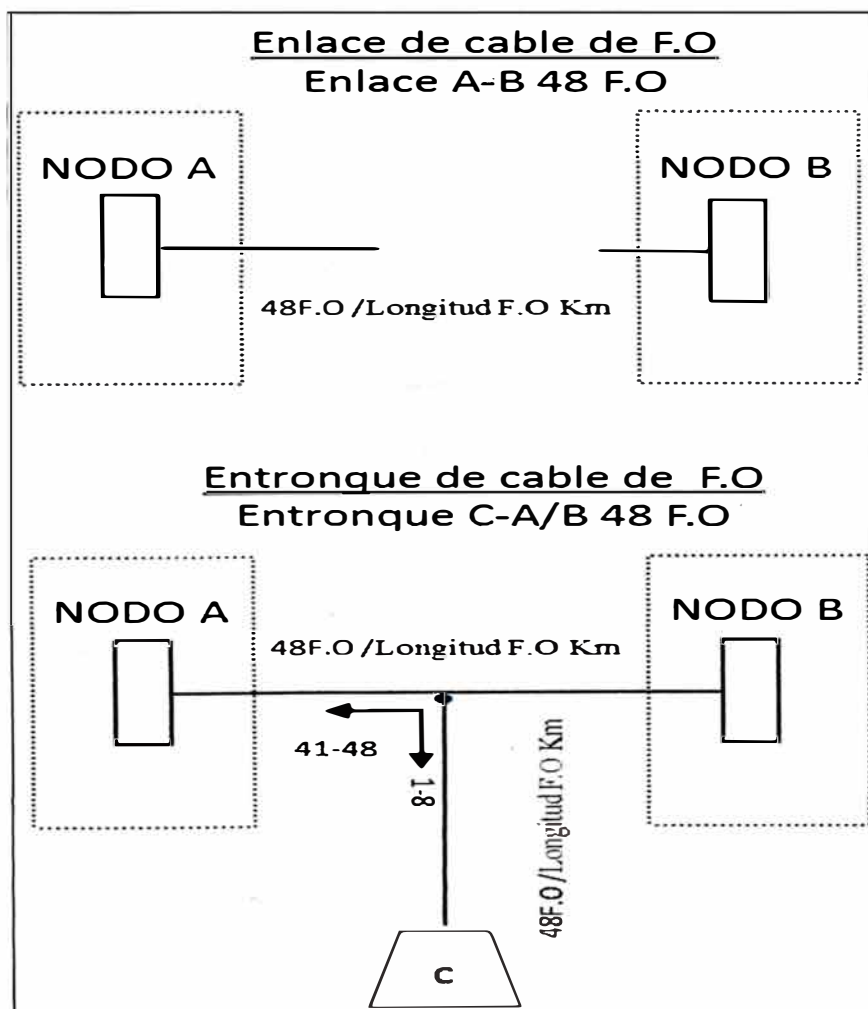
- Redes de Enlace Local o urbano.

- Red de Enlace Nacional (Dorsal Fibra Óptica Nacional)
- Redes de Distribución o de Acceso
- Redes Ópticas Pasivas (PON)

### 2.2.1 Redes de enlace urbano:

Corresponden a los cables de fibra óptica de enlace entre centrales o nodos de telecomunicaciones cercanos, por lo general dentro de una localidad o ciudad.

En este tipo de redes pueden existir Entronques, que consisten en un cable de menor capacidad, que toman una cuenta parcial de fibras del cable principal de enlace. Este tipo de conexión es generalmente para la interconexión de centrales o nodos alejados o en los alrededores de la ciudad o localidad. En la figura 2.2 se muestra dos esquemas de la red de enlace urbano de 48 fibras ópticas entre el nodo A y B, el segundo esquema incluye un entronque, es decir, del enlace principal se toman las fibras del 1 al 8 para interconectar al nodo C.

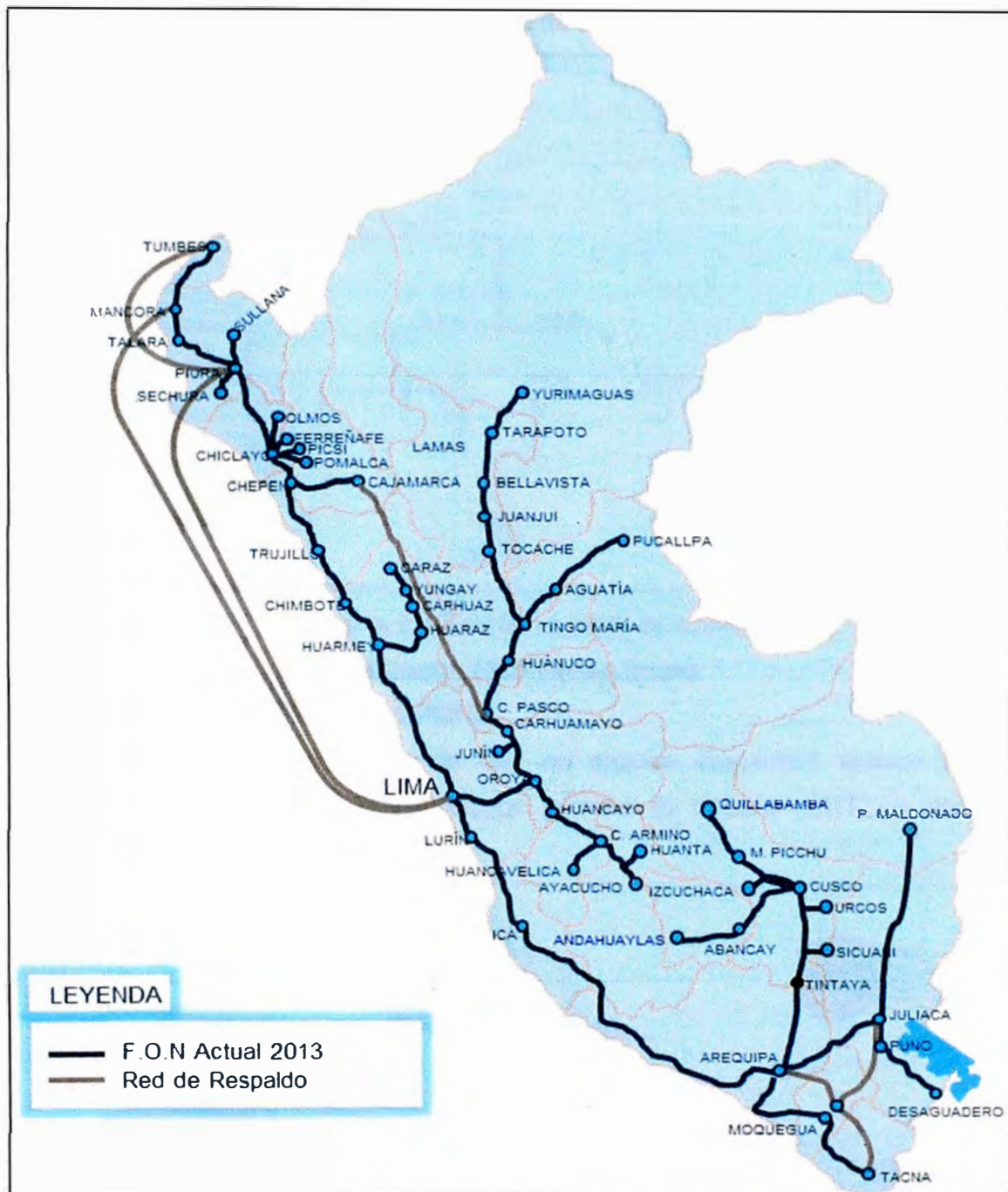


**Figura 2.2** Esquemas de redes de enlace urbano

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.2 Red de enlace Nacional (Dorsal de Fibra Óptica Nacional)

Corresponde a la fibra óptica de transporte a nivel nacional, que interconecta a las principales ciudades del País. El conjunto de redes de enlace nacional forma la denominada backbone o dorsal, tal como se muestra en la figura 2.3.



**Figura 2.3** Despliegue Fibra Óptica Nacional a diciembre 2013

**Fuente:** Telefónica del Perú

### 2.2.3 Redes de distribución o acceso

Son redes estructuradas para el acceso de clientes (punto a punto) o para puntos de terminación de redes ópticas (PTRO). Estas redes pueden ser parte de redes híbridas HFC (Híbrida Fibra-Coaxial), para servicios de Televisión por Cable (CATV); en donde el

PTRO sería una Terminal de Red Óptica de Banda Ancha (TROBA) o nodo óptico; en telefonía móvil, donde el PTRO podría ser una estación base móvil. En el caso de acceso a clientes esto por lo general son clientes empresariales (bancos, minas, instituciones del estado, etc.). La figura 2.4 muestra un ejemplo de una red de acceso.

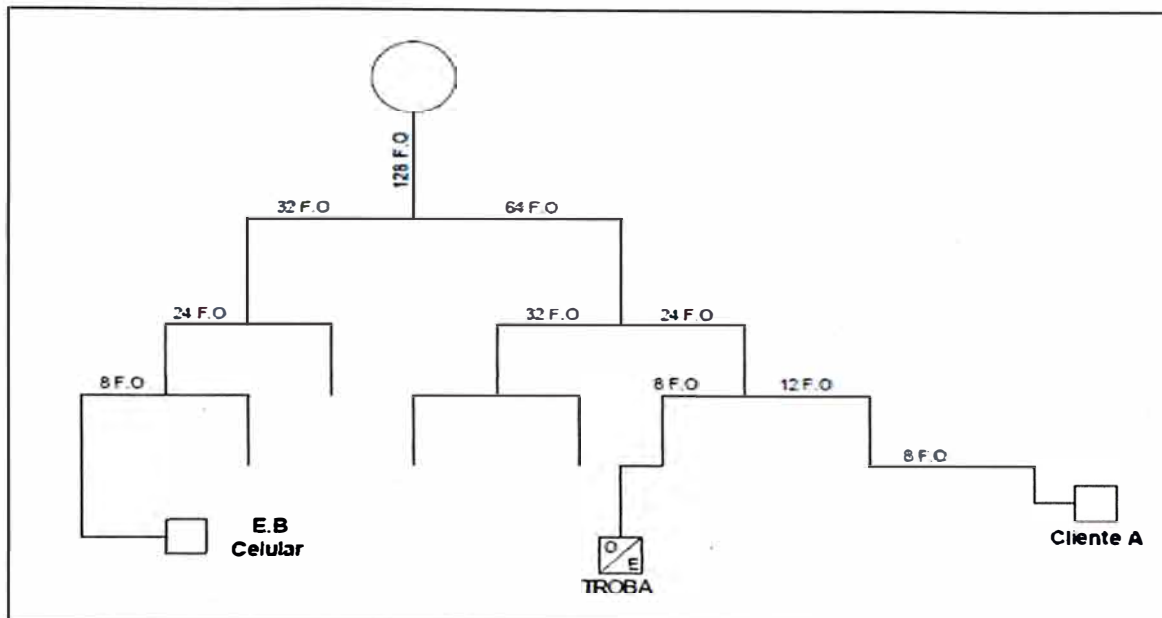


Figura 2.4 Esquema cable de acceso

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.4 Redes Ópticas Pasivas (GPON)

Red óptica punto-multipunto en la que no existen elementos activos entre las instalaciones del operador (OLT) y el equipo terminal de usuario (ONT). un ejemplo de esta red se muestra en la figura 2.5.

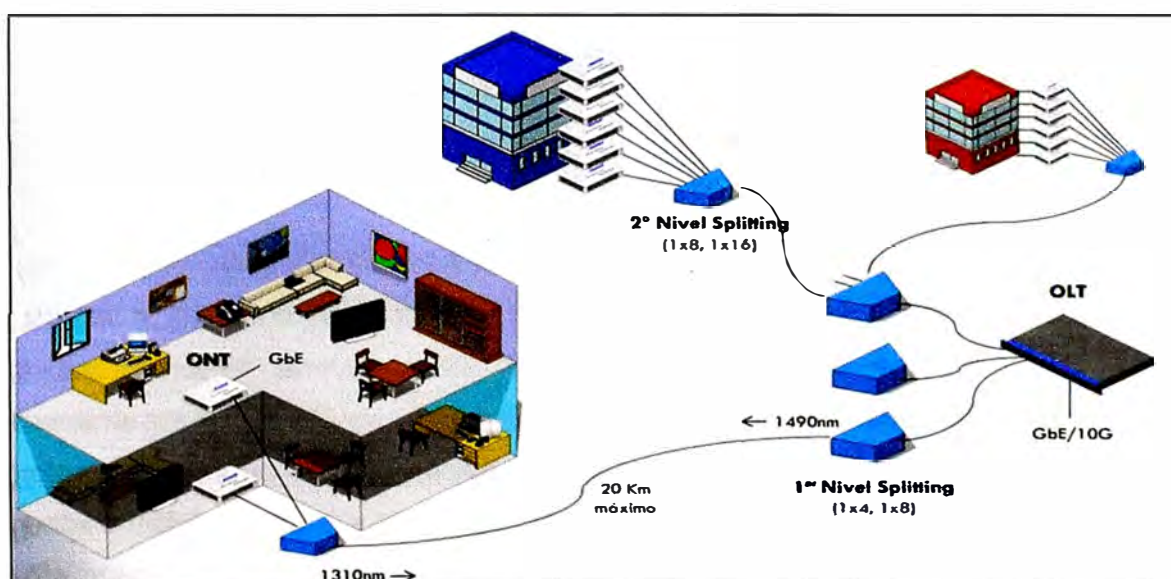


Figura 2.5 Red Óptica Pasiva (GPON)

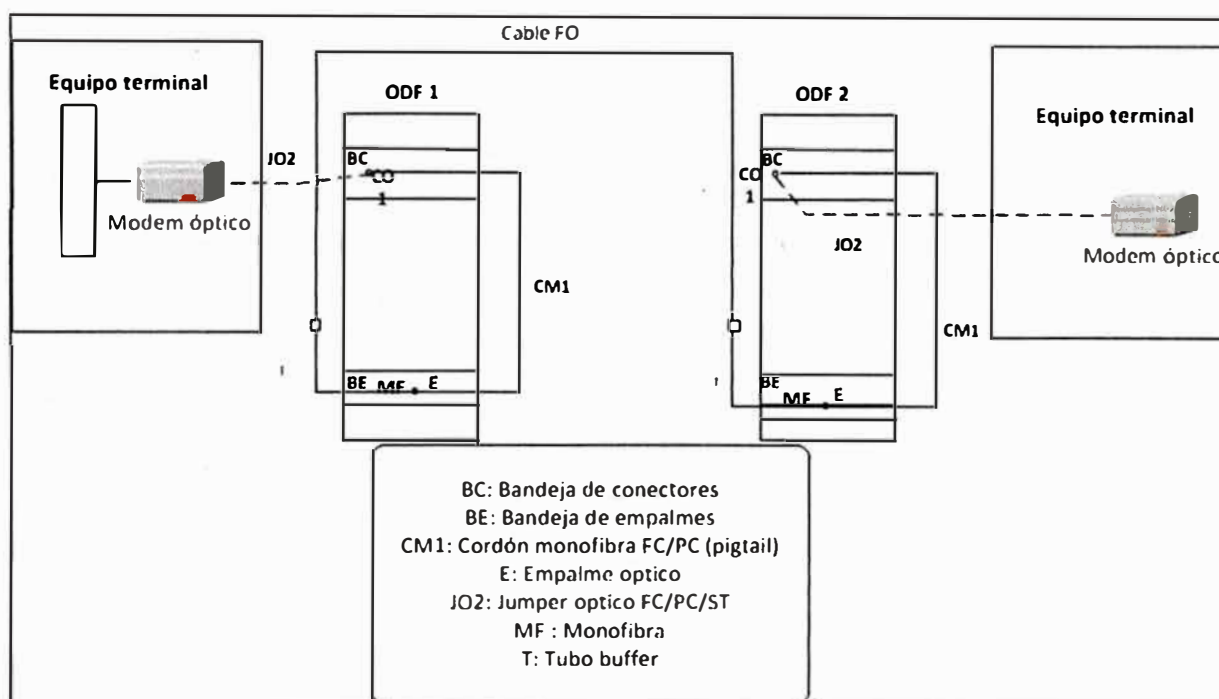
Fuente: ccapitalia.net



### 2.3 Componentes de la red de transporte por fibra óptica

La red de Transporte usa como medio la fibra óptica y equipos de transmisión de pequeña, mediana y alta capacidad para soportar sobre la misma, tráfico de diversos servicios (telefonía fija, móvil y datos).

Es el enlace ideal a usar, ya que permite transportar altas capacidades de información debido al ancho de banda ilimitado que tiene la fibra óptica. En la figura 2.6 se muestra los componentes de una red de transporte por fibra óptica. Los cables de fibra óptica se despliegan a través de la planta externa, la cual comprende el recorrido del cableado de fibra óptica hasta sus terminaciones en los repartidores ópticos, elementos flexibles (bandejas adaptadores, pigtail y puentes ópticos) y los distribuidores ópticos u ODF que son las interfaces con los equipos de transmisión.



**Figura 2.6** Red basada para un enlace de servicios de datos

**Fuente:** Elaboración propia

Por lo tanto, cabe señalar que red de fibra óptica nacional o dorsal es una red de transporte e interconexión entre las oficinas centrales o cabeceras ubicadas en cada localidad o ciudad; son en estas oficinas centrales donde se encuentran ubicados físicamente los distribuidores ópticos mencionados, y que se interconectan a las unidades remotas de abonados (URA) cables de entronques, que son ramificaciones de cables dirigidos a dicha unidad, o a través de cables directos.

### 2.4 Características transmisión a través de la fibra óptica

Las principales características de transmisión a través de la fibra óptica son la atenuación y la dispersión.

### 2.4.1 Atenuación

Es la disminución de la potencia debido a varios factores como: la absorción interna en la fibra, la difusión en la fibra (dispersión), las microcurvaturas, las macrocurvaturas, las conexiones y las discontinuidades.

Se trata de una de las principales restricciones del rendimiento. Juega un papel mayor en la determinación de la distancia de transmisión máxima entre un emisor y un receptor.

La atenuación también se conoce como pérdida y se calcula como la diferencia entre la potencia emitida (P1) menos la potencia recibida (P2).

$$\text{Pérdida} = \text{Atenuación} = P1 - P2 \quad (2.1)$$

Donde las P1 y P2 están dadas en dBm. Los principales factores de la atenuación óptica, mostrados en la figura 2.7 son:

#### a. Factores intrínsecos

- Dispersión: Producidas por la estructuras atómicas y partículas las cuales redirigen ciertas longitudes de ondas de luz. Esta dispersión disminuye rápidamente en las longitudes de ondas más largas.
- Absorción: producido por impurezas en la fibra como moléculas de agua, las cuales absorben ciertas longitudes de onda de luz.
- Microcurvaturas: Son pequeñas distorsiones del límite entre el núcleo y el revestimiento.

#### b. Factores extrínsecos

- Macrocurvaturas: Ocurre cuando la fibra es doblada alrededor de un radio demasiado pequeño.

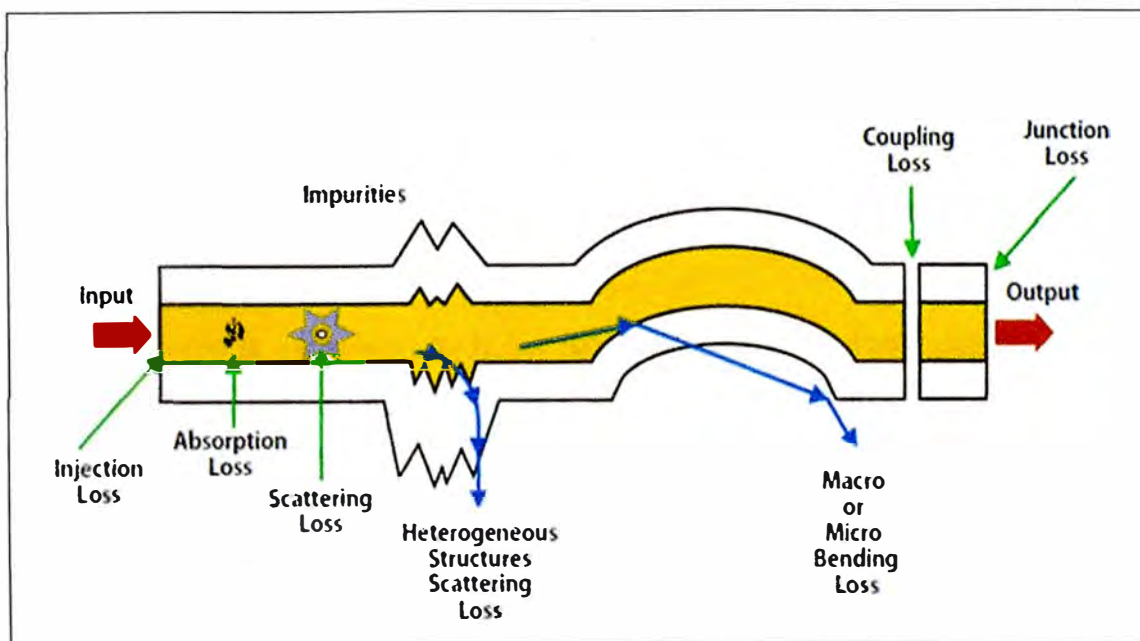
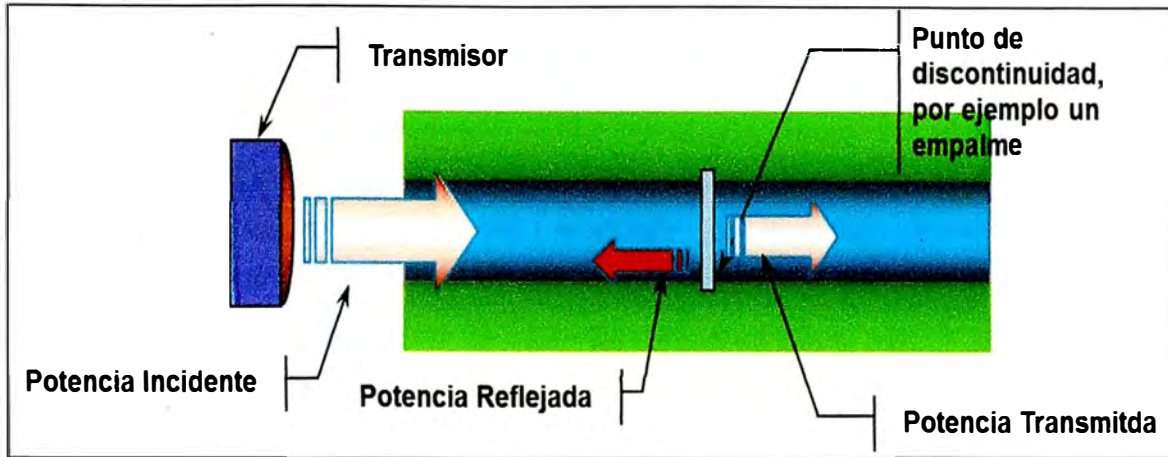


Figura 2.7 Factores de atenuación

Fuente: Fabricante EXFO

- Reflectancia :Cuando una señal (potencia incidente) al viajar por la fibra óptica se encuentra con un cambio en el medio , tal como un punto de discontinuidad , parte de la energía de la señal se refleja hacia atrás (potencia reflejada) y sigue parte sigue su camino (potencia transmitida). En la figura 2.8 se muestra lo descrito.



**Figura 2.8** Reflectancia en la fibra óptica

Fuente: Fabricante EXFO

$$\text{Reflectancia} = P_{\text{reflejada}} - P_{\text{incidente}} \quad (2.2)$$

Donde  $P_{\text{reflejada}}$  y  $P_{\text{incidente}}$  están en dBm

- Pérdida de retorno (ORL): Es la diferencia existente entre la potencia incidente en un enlace (o una sección) y la potencia que este enlace regresa hacia la fuente (potencia reflejada). Se expresa como un valor positivo y en dBs. El concepto es el mismo que el de la Reflectancia con la diferencia que está referido al enlace o sección completa no a cada evento.

$$\text{ORL [dB]} = P_{\text{incidente}} - P_{\text{reflejada}} \quad (2.3)$$

- Atenuaciones por desplazamiento: Generados en empalmes y conectores, estos pueden ser transversales, longitudinales y de desplazamiento angular o desviación de eje.

#### 2.4.2. Dispersión

Se define como la expansión de la luz (en el dominio del tiempo) cuando se propaga por la fibra óptica. Entre las características más resaltantes tenemos:

- Las componentes se propagan en diferentes velocidades.
- Las señales son degradadas o destruidas.
- Más pronunciada cuando aumenta la distancia.
- La dispersión limita el ancho de banda de la fibra y la velocidad de transmisión binaria.

Los tipos de dispersión que existen son:

##### a. Dispersión modal

Un pulso de luz que se propaga a través de una fibra multimodo (varios modos),



puede verse como un conjunto de “sub-pulsos”, cada uno entrando a la fibra con un ángulo de incidencia diferente y por lo tanto recorrerán caminos distintos algunos más largos que otros y por lo tanto los sub-pulsos (o modos) llegarán al receptor en diferentes tiempos, el efecto es que los pulsos llegando a diferentes tiempos forman un pulso más ancho (disperso).

#### **b. Dispersión Cromática**

La principal causa de la dispersión cromática es que cada pulso de luz transmitido no es enteramente monocromático, el pulso contiene algo hacia el rojo y algo hacia el azul, esto es lo llamado ancho espectral del transmisor. La dispersión cromática se divide en dispersión del material y dispersión en la guía de onda, ambos efectos tienden a cancelarse en la proximidad de los 1310nm donde la dispersión total es cero.

#### **c. Dispersión Del material**

Es el resultado que diferentes longitudes de onda de luz se propagan en diferentes velocidades (la luz más roja es más rápida). Se hace un problema cuando se supera la dispersión modal y se usan velocidades de transmisión binarias más altas.

#### **d. Dispersión de guía de onda**

Ocurre en las fibras monomodo debido a que la luz se propaga por el núcleo y por parte del revestimiento. La luz se propaga más rápido por el revestimiento, con un índice de refracción menor. Llega antes que las señales en el núcleo.

#### **e. Dispersión por polarización de modos**

Ensanchamiento de los pulsos de luz debido a la diferencia de velocidades de propagación de los dos ejes de polarización de la luz. Esto impacta directamente al BER (Bit Error Rate). Se debe a que las dos polarizaciones de la luz no se propagan igual a lo largo de la fibra, sino a diferentes velocidades (birrefringencia) debido a las “no circularidades” del núcleo de la fibra.

### **2.5 Elementos pasivos**

Los elementos pasivos en la transmisión por fibra son principalmente los empalmes, conectores y acopladores.

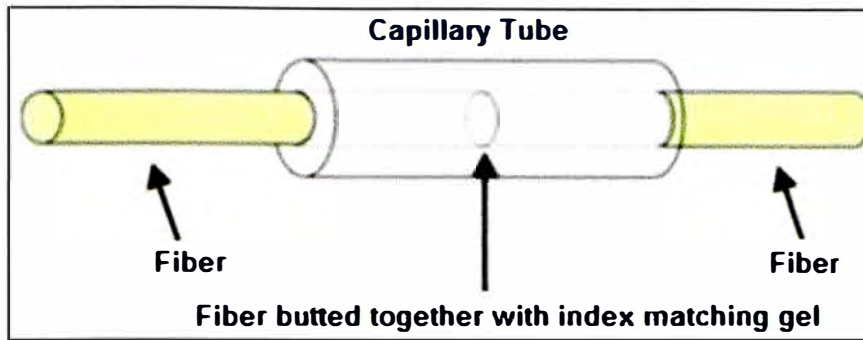
#### **2.5.1 Empalmes**

Son conexiones permanentes de dos fibras, realizados como parte de la actuación ante los cortes por avería en la red de fibra óptica. Existen dos tipos de métodos de empalmes: Empalmes mecánicos y empalmes por fusión ambos son mostrados en las figuras 2.9 y 2.10.

##### **a. Empalmes mecánicos**

Consiste en dispositivos capaces de unir mecánicamente los dos extremos de las fibras desnudas enfrentándolas entre sí, normalmente emplean en su interior un gel

especial para formar un camino óptico entre las fibras.

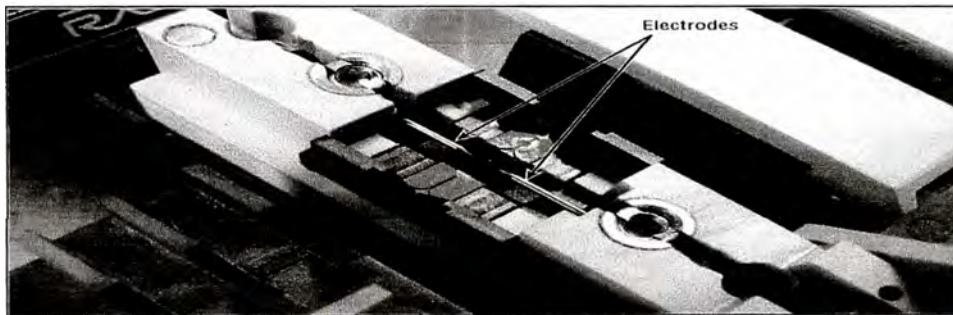


**Figura 2.9** Empalme mecánico

Fuente: Fabricante EXFO

#### b. Empalmes por fusión

Método que consiste en posicionar dos fibras desnudas precisamente alineadas entre dos electrodos; una descarga eléctrica entre ambos disolverá parte de las fibras a fin de unir las. Insertan menor atenuación que un empalme mecánico.

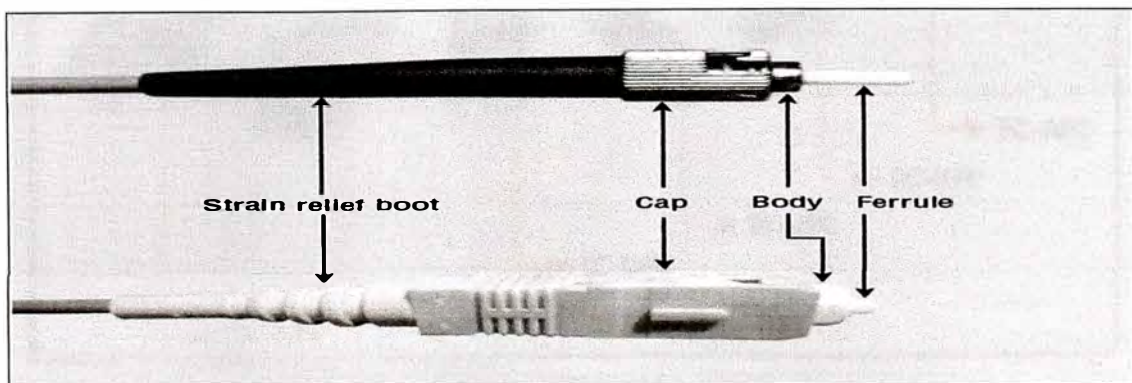


**Figura 2.10** Empalme por fusión

Fuente: Fabricante EXFO

#### 2.5.2 Conectores

Conecta mecánicamente un extremo de la fibra óptica a los equipos de transmisión/recepción óptica o a otra fibra. Está compuesto por un casquillo (ferrule), cuerpo, funda y bota de refuerzo. Esto se muestra en la figura 2.11.



**Figura 2.11** Conector de fibra

Fuente: Fabricante EXFO

Existe una gran variedad de conectores que se diferencian por sus aplicaciones o simplemente por su diseño, los más frecuentes se relacionan en la tabla N° 2.1.

**Tabla N° 2.1** Tipos de conectores estándar para la fibra

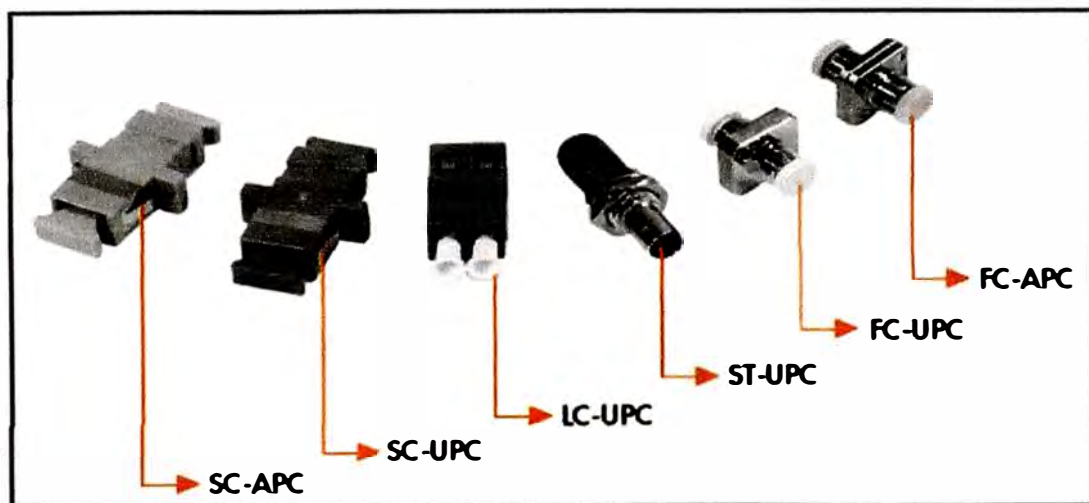
Fuente: ANSI/TIA-568-C.3

TIPO	APLICACIÓN	METODO DE AJUSTE MECANICO	ATENUACION DE INSERCIÓN (dB)	ORL (dB)
ST	SM/MM	Bayoneta	<0.30 (SM) <0.60 (MM)	>0.12 (Pulido Plano) >30 (PC) >40(SPC)
SMA	MM	Rosca	<0.60	
MIC	SM/MM	Push-Pull	<0.30 (SM) <0.50 (MM)	>35
FC	SM/MM	Guía + Rosca	<0.20 (SM) <0.15 (MM)	>40(SPC) >50 (UPC) >60(APC)
SC	SM/MM	Push-Pull	<0.20 (SM) <0.15 (MM)	>40(SPC) >50 (UPC) >60(APC)
MTRU	SM/MM	Push-Pull	<0.40 (SM) <0.50 (MM)	>40(SPC)
LC	SM	Push-Pull	<0.20	>40(SPC) >50 (UPC)

### 2.5.3 Acopladores o adaptadores

Un acoplador permite unir dos conectores para darle continuidad a la luz.

Existen adaptadores híbridos para poder unir dos conectores distintos. En la siguiente figura se muestra los distintos tipos de acopladores.



**Figura 2.12** Acopladores ópticos

Fuente: Fabricante EXFO

## 2.6 Elementos Activos

Los elementos activos que se mencionarán son los transmisores y detectores ópticos

### 2.6.1 Transmisores ópticos

Para poder transmitir en una de estas ventanas es necesaria una fuente de luz "coherente", es decir de una única frecuencia (o longitud de onda), la cual se consigue con un componente electrónico denominado LD ó diodo LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Este componente es afectado por las variaciones de temperatura por lo que deben tener un circuito de realimentación para su control. También pueden usarse diodos LED.

### 2.6.2 Detectores ópticos

Como receptores ópticos se utilizan fotodiodos APD o diodos pin (PIN-PD) que poseen alta sensibilidad y bajo tiempo de respuesta. El APD también requiere de un ajuste automático ante variaciones de temperatura.

## 2.7 Estructura de la fibra óptica y Tipos de cables

Las fibras deben ser protegidas con varias capas de recubrimiento debido a la variedad de condiciones a la que está expuesta. La primera capa de protección es el recubrimiento primario hecho de acrilato aplicado a un diámetro de 250  $\mu\text{m}$  sobre la fibra óptica, lo cual proporciona protección mecánica contra la humedad. La segunda capa es el recubrimiento secundario que puede ser aplicado de manera apretada y holgada. En la figura 2.13 se muestra dichas estructuras.

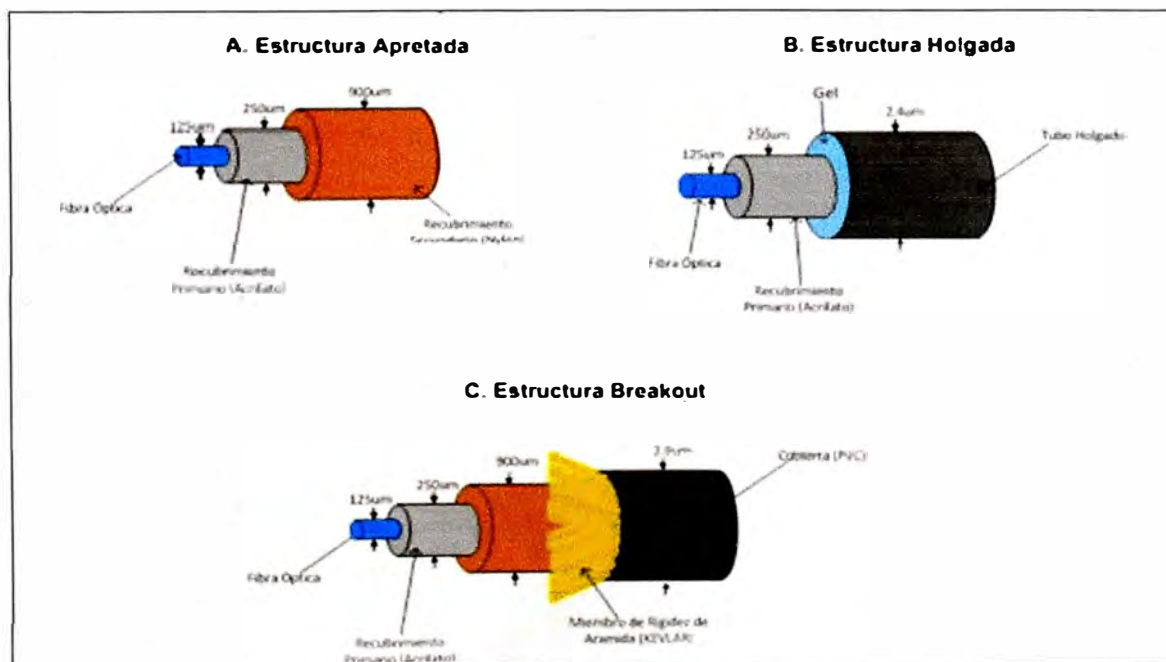


Figura 2.13 Estructura de fibra óptica recubiertas

Fuente: Fabricante EXFO

Los cables de fibra óptica agrupan varios hilos en una estructura para facilitar su

manipulación y darles protección tanto ambiental como mecánica, los tipos de cables se clasifican de la siguiente manera:

- Por su estructura: Cable de tubos holgados, cable de estructura apretada y cable de estructura breakout.
- Por el ambiente de instalación: Cable de planta externa (OSP: Outside Plant), cable de planta interna y cable de interior/exterior.
- Por su función: Cable de Enlace, Cable Primario y Cable Secundario (Redes telefónicas). Cable troncal y cable alimentador (Redes CATV).
- Por el tipo de instalación: Aéreo, canalizado, directamente enterrado y de interior de edificios.

### 2.7.1 Cable con armadura

Se adiciona armadura metálica o dieléctrica sobre el cable para prevenir el daño de roedores. Puede ser usado en cualquier aplicación para prevenir aplastamiento, aún en interiores. No obstante, más difícil de preparar para empalmes o terminaciones. En la figura 2.14 se muestra este tipo de cable.

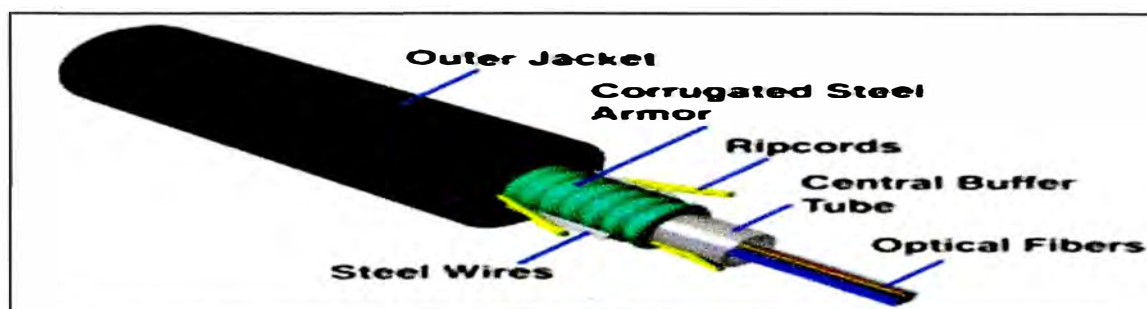


Figura 2.14 Cable con armadura

Fuente: Fabricante EXFO

### 2.7.2 Cable subterráneo

Tal como se muestra en la figura 2.15, es una estructura cilíndrica, de tubos holgados, con doble cubierta de polietileno y armadura de acero entre ambas cubiertas y relleno con un compuesto de impermeabilización elevada protección al ingreso de agua y a daño por roedores.

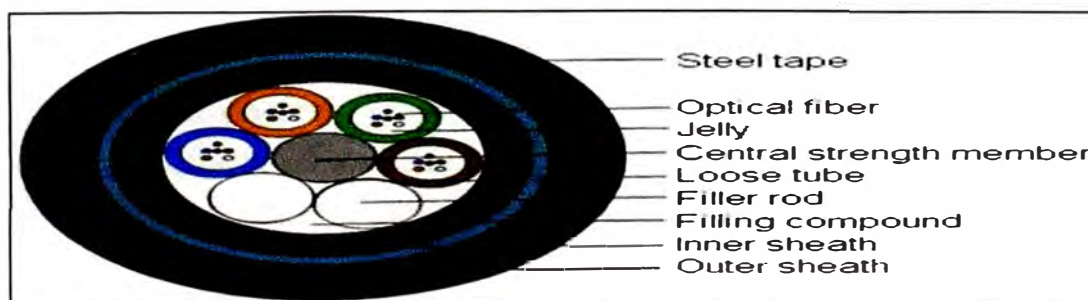


Figura 2.15 Cable subterráneo

Fuente: B&Z Telecom



### 2.7.3 Cable para Sistemas Compartidos con Líneas de Energía

- Cable Autosoportado Totalmente Dieléctrico (ADSS: All Dielectric Self Supporting): Cilíndrica, de tubos holgados, con doble cubierta de polietileno y elementos de refuerzo de hilos de Arámida entre ambas cubiertas y relleno con un compuesto de impermeabilización. La cubierta exterior del cable de fibra óptica es resistente a potenciales eléctricos de hasta 12KV (Clase A, P1222-IEEE).

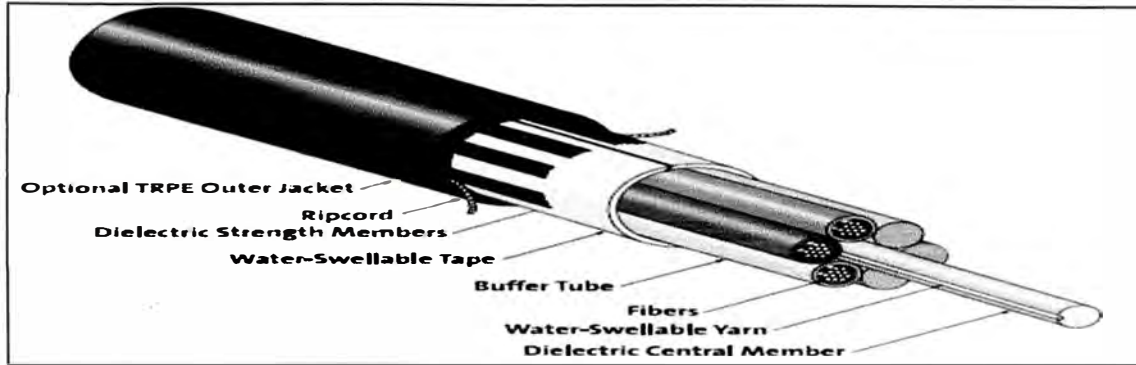


Figura 2.16 Cable ADSS

Fuente: B&Z Telecom

- Cable de Guarda con Fibra Óptica (OPGW: Optical Power GroundWire): Usado como cable de tierra para líneas de energía eléctrica de alto voltaje. La fibra es inmune a la interferencia eléctrica.. Las fibras están en tubos holgados de plástico dentro de tubo de metal hermético soldado, cubierto por los conductores de guarda.

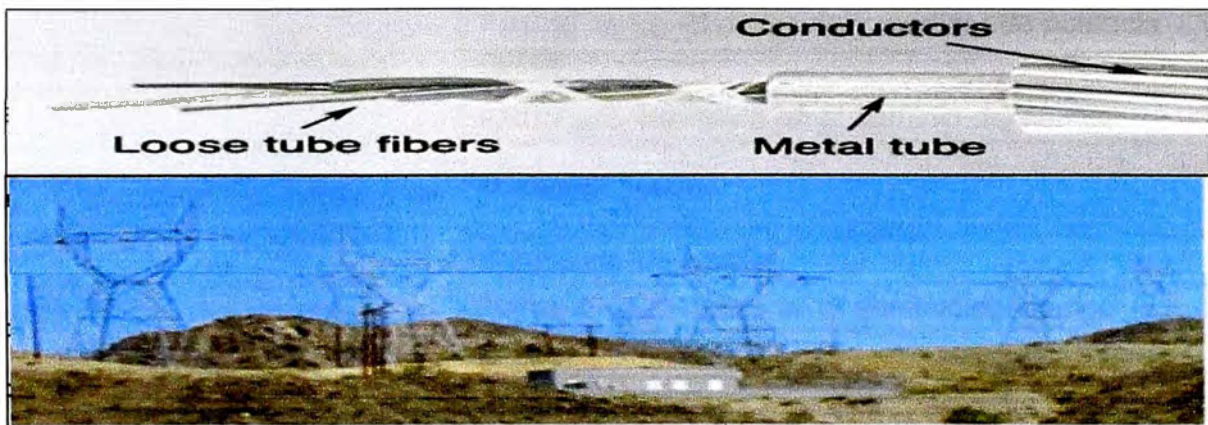
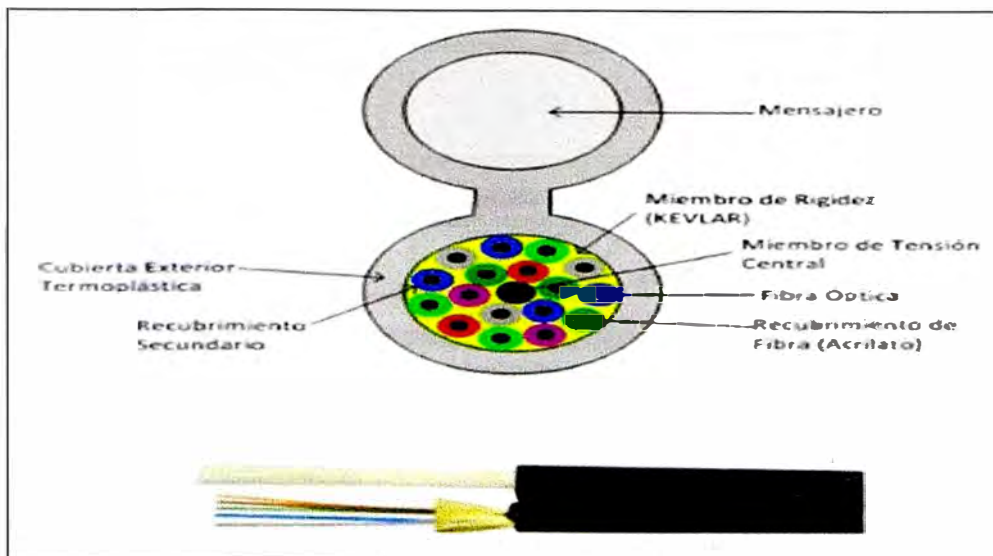


Figura 2.17 Cable OPGW

Fuente: B&Z Telecom

### 2.7.4 Cable auto soportados

Cables cuya cubierta comprende un elemento portante, metálico o no, en forma de "8". Se utilizan para instalaciones aéreas de planta exterior al igual que los cables ADSS y OPGW.



**Figura 2.18** Cable soportado

Fuente: B&Z Telecom

Los parámetros de medición en la fase de mantenimiento de la planta externa de fibra óptica, mostrados en la tabla 2.2 y son básicamente los siguientes: atenuación óptica, de los empalmes, identificación y continuidad óptica y localización de averías.

**Tabla N° 2.2** Parámetros de medición e instrumentos

Fuente: B&Z Telecom

Parámetros	Instrumento
Atenuación Óptica	Fuente de luz estabilizada y medidor de potencia óptica
	Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo
Identificación y prueba de Continuidad óptica	Probador óptico
	Fuente de luz visible
Localización de averías	Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo
	Fuente de luz visible
	Probador óptico

## 2.8 Equipos de medición de fibra óptica

Entre los principales equipos de medición óptica tenemos los siguientes:

### 2.8.1 Medidor de potencia óptica

Dispositivo que permite medir la potencia de la luz presente a la entrada de su detector. Se emplea conjuntamente con la fuente de luz para determinar pérdidas o atenuaciones en enlaces ópticos o componentes.

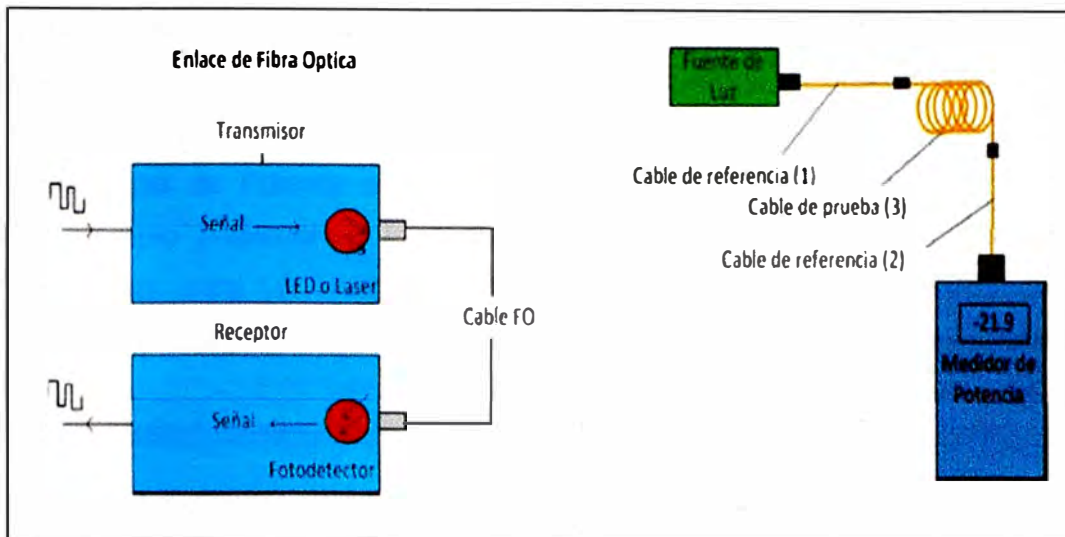


Figura 2.19 Medición de atenuación de inserción

Fuente: B&Z Telecom

### 2.8.2 Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR)

El OTDR emite pulsos de luz de corta duración. Los pulsos encuentran eventos reflectivos (Fresnel) y de dispersión (Rayleigh). Una fracción del pulso regresa al puerto de emisión. La señal que regresa es proporcional a la potencia del pulso y varía en función del evento. Al medir el tiempo transcurrido entre la emisión del pulso y el arribo de la señal que regresa, se determina la distancia entre el punto de emisión y el evento. En la figura 2.20 se muestra un diagrama con las componentes de un OTDR.

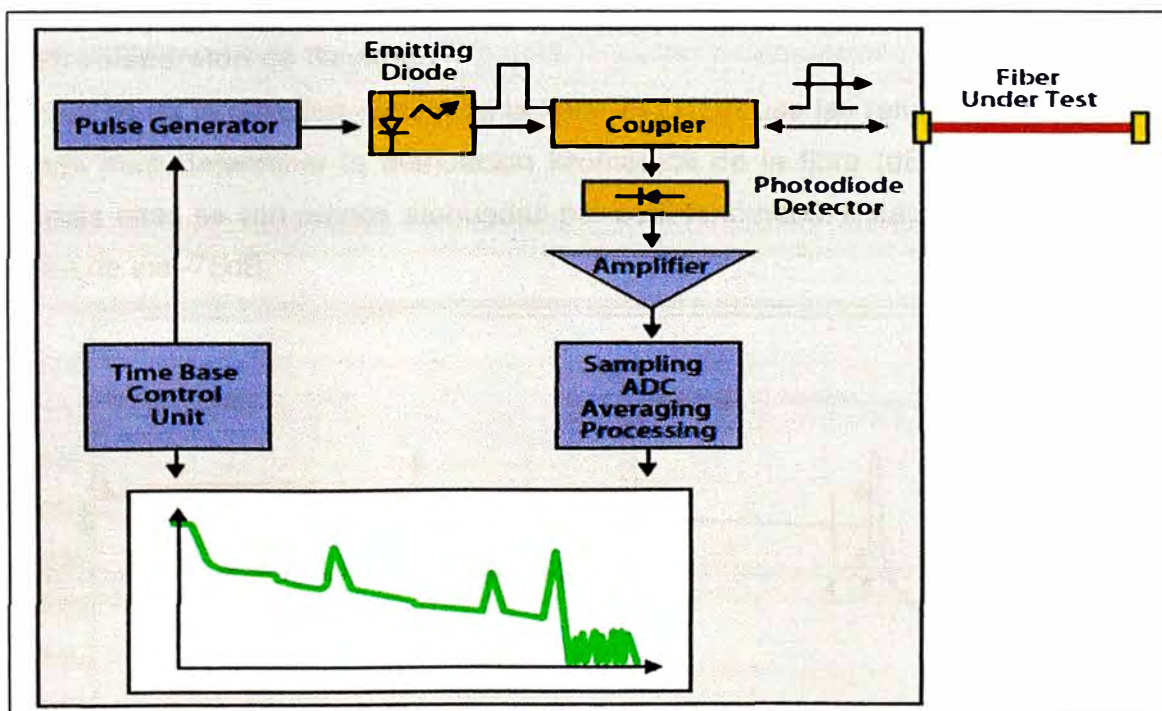


Figura 2.20 Diagrama de bloque de un OTDR

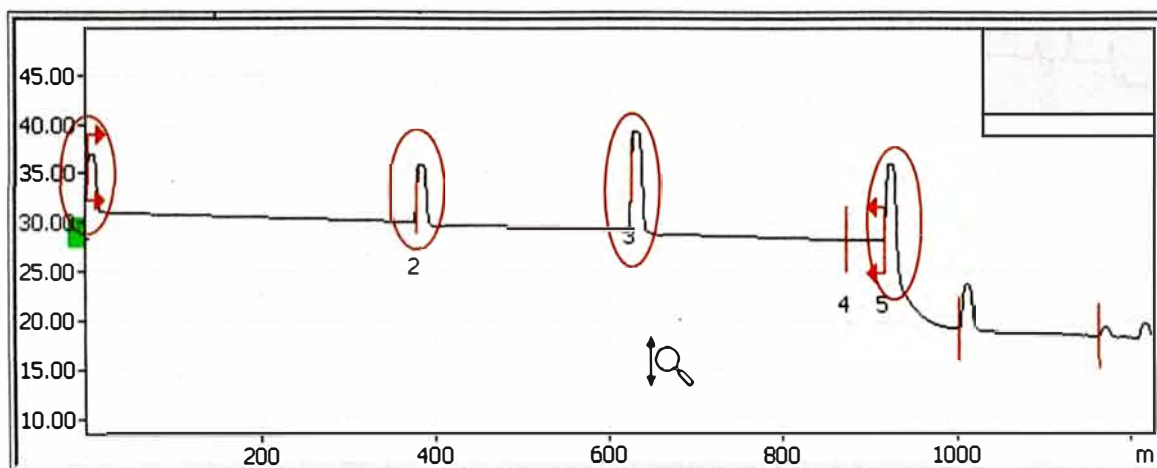
Fuente: Fabricante EXFO



A continuación se describen los eventos que son identificados por los OTDR a lo largo de una fibra óptica. Estos son mostrados desde la figura 2.21 hasta la figura 2.23.

#### a. Reflexión de Fresnel

Las reflexiones de Fresnel provienen de cambios abruptos en el IOR (índice de refracción) ejemplo (vidrio/aire), lo cual se refleja en el OTDR como un pico. Las reflexiones típicas para un conector UPC es de -55dB y para uno APC de -65dB aproximadamente. Luego de una reflexión de Fresnel se origina una “zona muerta” (Dead Zone).

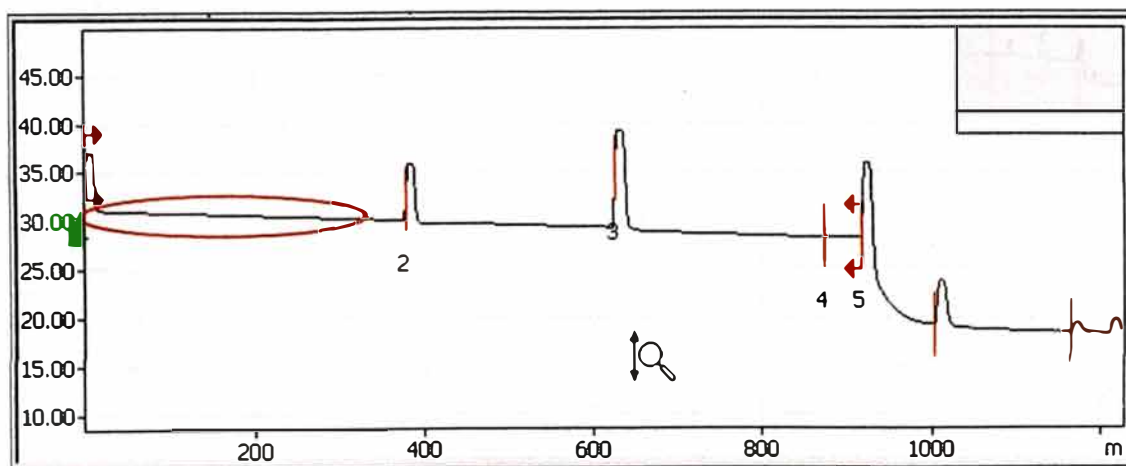


**Figura 2.21** Reflexiones de Fresnel

Fuente: Fabricante EXFO

#### b. Retrodispersión de Rayleigh

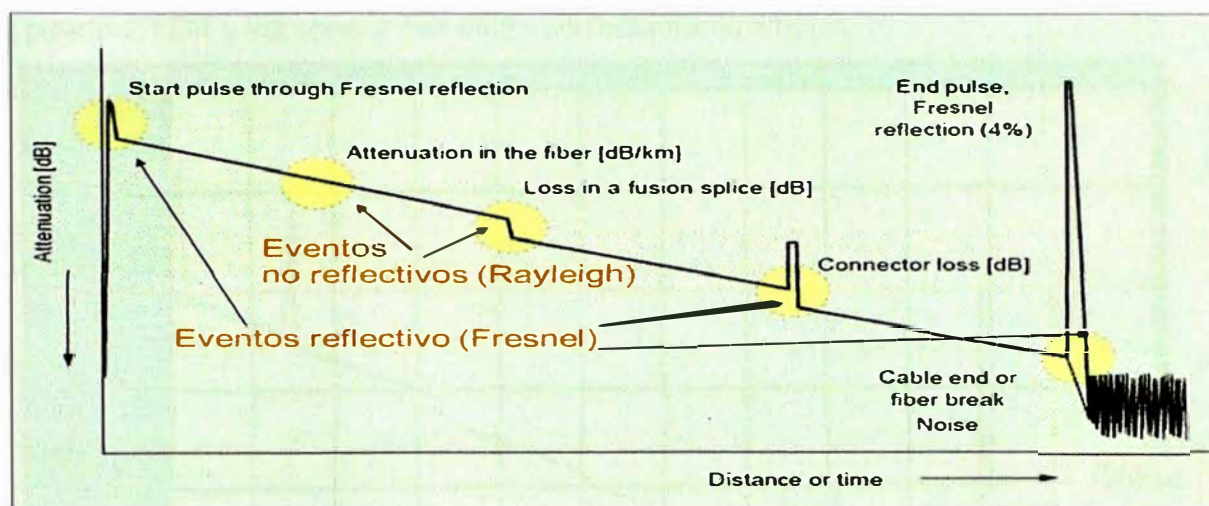
Proviene de la reflexión natural de la fibra. El OTDR usa las reflexiones de retorno de Rayleigh para determinar la atenuación kilométrica de la fibra (dB/Km). Longitudes de onda más altas se ven menos atenuadas por este fenómeno. Estas reflexiones están en el orden de los -75dB.



**Figura 2.22** Retrodispersión de Rayleigh

Fuente: Fabricante EXFO

Estos eventos están presentes en la caracterización del enlace; los cambios abruptos en el índice de refracción (fresnel) se dan al inicio de los tramos en el cual se inyecta el pulso generado por fuente del OTDR sobre la fibra, en los conectores de los patchcords que esta presentes en los distribuidores de la fibra óptica ODF y al final de la fibra. La retrodispersión de Rayleigh ocurre debido a la pérdida en los empalmes de fusión o mecánicos.



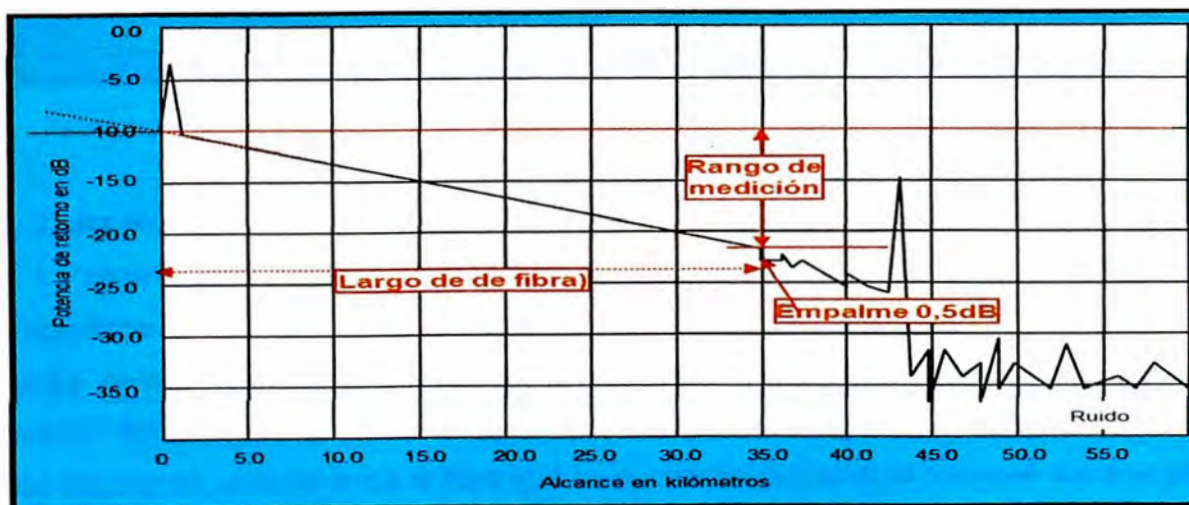
**Figura 2.23** Caracterización del enlace

Fuente: Fabricante EXFO

Asimismo, los parámetros fundamentales en el OTDR (figura 2.24 a 2.26) son los siguientes:

### c. Rango de medición

Se define como la atenuación máxima entre el nivel de difusión inicial y un evento (pérdida por empalme 0,5dB) que el OTDR es aún capaz de detectar y medir con precisión.

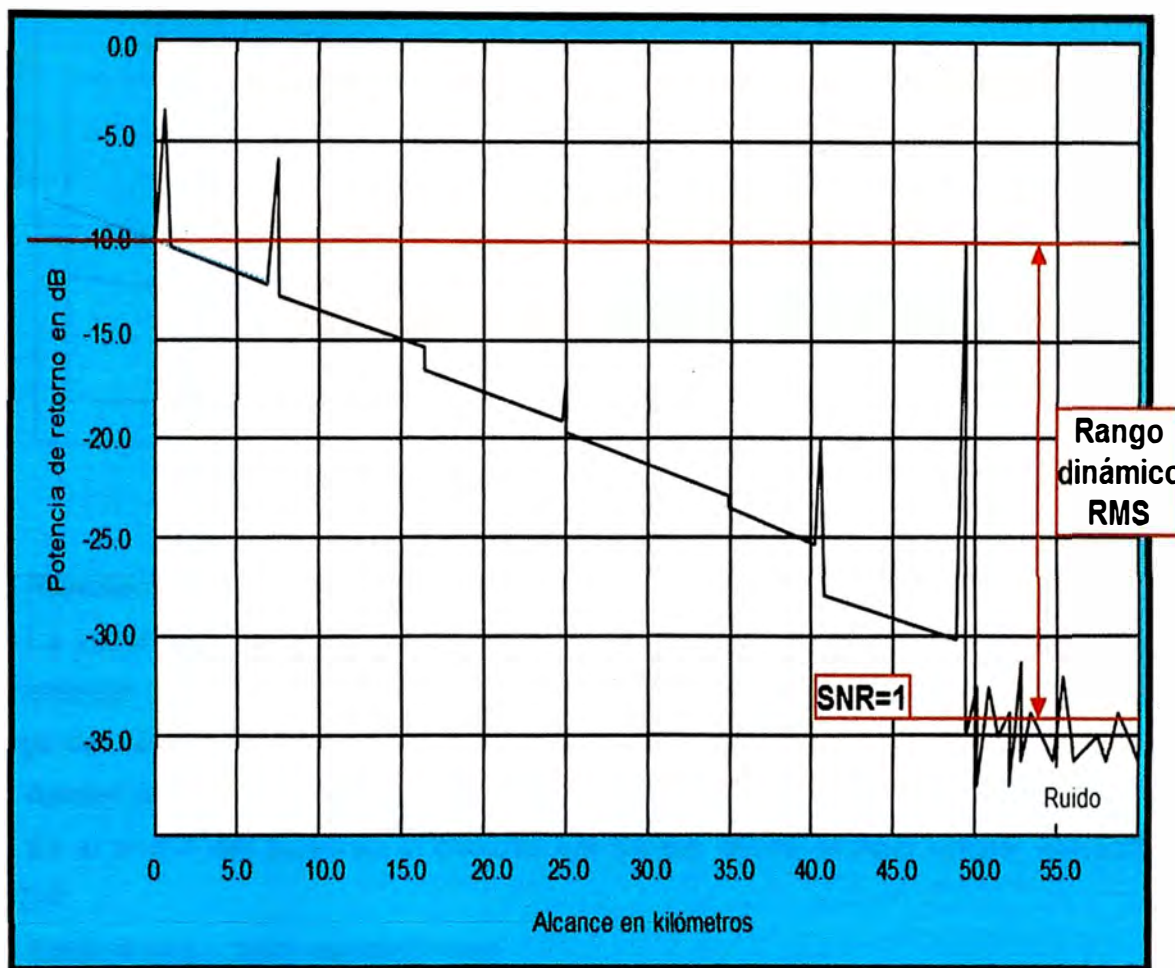


**Figura 2.25** Rango de medición

Fuente: Fabricante EXFO

#### d. Rango dinámico

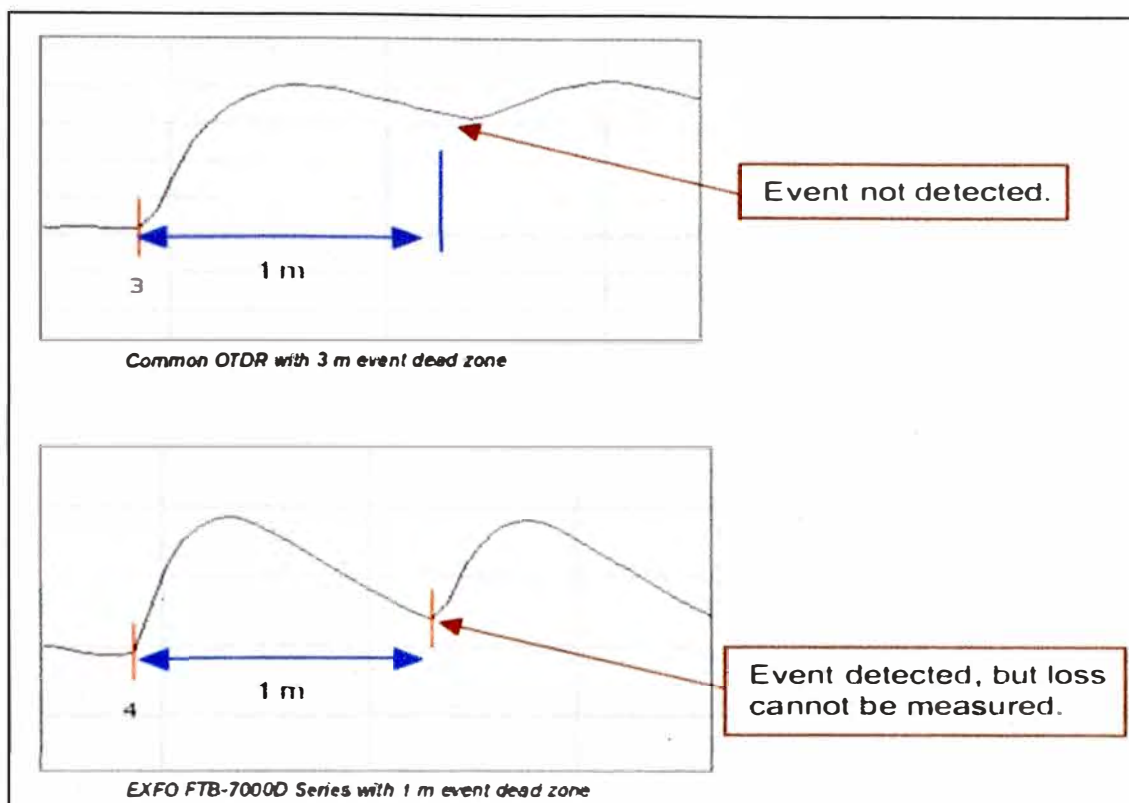
Diferencia entre el nivel de difusión inicial en la interfaz para la fibra bajo prueba y el nivel de ruido o sensibilidad del receptor (la posición en la curva donde el nivel de ruido de pico a pico es de 1 dB). Su unidad está en decibelio (dB). El rango dinámico en las mediciones no afecta a la precisión de distancias o pérdidas. Una degradación de rendimiento, podría ser causada por una salida con conector dañado, asegúrese de que el puerto OTDR y los conectores están correctamente limpios.



**Figura 2.24** Rango dinámico  
Fuente Fabricante EXFO

#### e. Zona muerta

La zona muerta incumbe solamente a los eventos reflectivos. Las zonas muertas son el resultado de una gran cantidad de energía que regresa al detector procedente de un evento reflectivo. El detector queda temporalmente saturado (ciego) y por lo tanto necesita tiempo para recuperarse de la sobrecarga de energía. Como consecuencia de esta saturación, una parte de la fibra que se encuentra justamente después del evento en cuestión no se puede visualizar. Ella depende de: El ancho del pulso, la longitud de onda, El ancho de banda (rapidez) del detector y el nivel de la reflexión.



**Figura 2.26** Zona muerta generado por los eventos reflectivos

Fuente: Fabricante EXFO

#### f. Resolución espacial

La resolución espacial es la distancia a la cual se encuentran los puntos que constituyen una traza OTDR. Ese parámetro depende de: El ancho de pulso utilizado, el rango de distancia seleccionado, el tiempo de respuesta (o de recuperación) del detector.

#### g. Ancho de pulso

Es el ancho del pulso en el dominio del tiempo desde el láser emisor ubicado en el OTDR.

### 2.9 Estándares y recomendaciones

A continuación describiremos algunos estándares y recomendaciones relacionados a la gestión de la red y la supervisión de la planta externa de fibra óptica

#### 2.9.1 Estándares de la gestión de red

Tal como se describió en el capítulo I, la gestión de red es el conjunto de tareas de monitorización información y control necesarias para operar efectivamente la red.

Estas a tareas pueden ser distribuidas sobre diferentes nodos de la red, lo cual puede requerir repetidas acciones de recogida de datos y análisis cada vez que sucede un evento en la red, estas tareas se llevan a cabo por el personal responsable o por procesos automatizados de gestión. Dado que los sistemas distribuidos y las áreas locales tiene un carácter abierto, es necesario definir arquitecturas de gestión de red

normalizadas que permitan la gestión de elementos heterogéneos de múltiples proveedores.

- Modelo de gestión OSI: Arquitectura definida por la ISO, utiliza CMIS/CMIP (Common Management Information Service).

- Modelo de gestión Internet: Utiliza el protocolo SNMP (Simple Network Management), estándar por defecto que opera sobre el protocolo TCP/IP. Este protocolo será usado por la red de supervisión en estudio.

- Arquitectura TNM: Definida por la UIT, se basa en los modelos anteriores e incluye el acceso a recursos de telecomunicaciones

### 2.9.2 Sistema de soporte de mantenimiento, supervisión y pruebas de planta exterior de fibra óptica

Describe los requisitos fundamentales, los principios y la arquitectura con objeto de constituir una guía adecuada para el diseño de estos sistemas. De acuerdo a la recomendación UIT-T L.40, podemos resumir los requisitos fundamentales para el soporte del mantenimiento y supervisión en la planta exterior de fibra óptica en redes de cables de fibra óptica troncales o dorsales.

#### a. Mantenimiento preventivo y correctivo

Es importante tener en cuenta dos conceptos importantes que están relacionados con la supervisión de la red: el mantenimiento preventivo y correctivo. A continuación, se muestra las tablas 2.3 y 2.4 que resumen las funciones y actividades concernientes.

**Tabla N° 2.3** Mantenimiento preventivo

**Fuente:** Recomendación UIT-T L.40

Categoría	Actividad	Funciones	Carácter
Mantenimiento Preventivo	Vigilancia( por ejemplo pruebas periódicas, pruebas continuas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Detección de un aumento en las pérdidas de fibras</li> <li>. Detección de un aumento en las pérdidas de potencial de la señal</li> <li>. Detección de la penetración de agua</li> </ul>	Optativo
	Prueba (Por ejemplo pruebas de degradación de la fibra)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Medición para localizar las averías en la fibra</li> <li>. Medición para determinar la distribución de tensiones en la fibra</li> <li>. Medición para localizar la penetración de agua</li> </ul>	Optativo
	Control (por ejemplo control del elemento de red)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Identificación de la fibra</li> <li>. Función de transferencia de la fibra</li> </ul>	Optativo



**Tabla N° 2.4 Mantenimiento correctivo**

**Fuente:** Recomendación UIT-T L.40

Categoría	Actividad	Funciones	Carácter
Mantenimiento tras la instalación antes de entrar en servicio o después de una avería	Vigilancia (por ejemplo recepción de una alarma del sistema de transmisión o de un informe de averías del cliente)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Interfaz con el sistema de funcionamiento del trayecto</li> <li>. Interfaz con el sistema de funcionamiento del servicio del cliente</li> </ul>	Optativo
	Prueba (Por ejemplo pruebas tras la instalación, prueba tras la avería en la fibra)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confirmación de la condición de la fibra.</li> <li>. Distinción de avería entre el tiempo de transmisión y red de fibra.</li> <li>. Medición para localizar la avería en la fibra</li> </ul>	Necesario
	Control (por ejemplo instalación/ reparación/sustitución del cable)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Identificación de la fibra</li> <li>. Función de transferencia de la fibra</li> <li>. Interfaz con la base de datos de la planta exterior</li> <li>. Interfaz con el sistema de correspondencia</li> </ul>	Necesario Optativo Necesario  Optativo

#### **b. Interfaz del sistema**

El sistema también deberá ser capaz de recopilar datos sobre las fibras exteriores a partir de la base de datos de la planta exterior y debe tener una interfaz con el sistema de funcionamiento del trayecto y el sistema del servicio de cliente.

La interfaz puede realizarse de varias formas, por ejemplo:

- Interfaz en línea normalizada;
- Interfaz en línea patentada;
- Medio de almacenamiento externo como por ejemplo disco óptico magnético o disco Flexible.

#### **c. Longitud de onda**

Es importante elegir la longitud de onda correcta. Específicamente, las funciones de mantenimiento deben realizarse sin interferir con las señales de transmisión de datos.

#### **d. Principios de prueba y mantenimiento**

Normalmente se utiliza la prueba de reflectometría óptica temporal (OTDR), la prueba de pérdidas, la supervisión de una parte de la potencia de la señal (supervisión de la potencia) y la detección de la luz de identificación. Estos principios son descritos en la tabla 2.5.

**Tabla Nº 2.5 Método de pruebas recomendados.**

**Fuente:** Recomendación UIT-T L.40

Categoría	Actividad	Funciones	Métodos
Mantenimiento Preventivo	Vigilancia	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Detección de un aumento en las pérdidas de fibras</li> <li>. Detección de un aumento en las pérdidas de potencial de la señal</li> <li>. Detección de la penetración de agua</li> </ul>	Pruebas OTDR/ Pérdidas Supervisión de potencia Pruebas OTDR/ Pérdidas
	Prueba	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Medición para localizar las averías en la fibra</li> <li>. Medición para determinar la distribución de tensiones en la fibra</li> <li>. Medición para localizar la penetración de agua</li> </ul>	Pruebas OTDR Pruebas B-OTDR Pruebas OTDR
	Control	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Identificación de la fibra</li> <li>. Función de transferencia de la fibra</li> </ul>	Detección de la luz de identificación Conmutación
Mantenimiento tras la instalación antes de entrar en servicio o después de una avería	Vigilancia	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Interfaz con el sistema de funcionamiento del trayecto</li> <li>. Interfaz con el sistema de funcionamiento del servicio del cliente</li> </ul>	Medio en línea /externo Medio en línea /externo
	Prueba	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Confirmación de la condición de la fibra.</li> <li>. Distinción de avería entre el tiempo de transmisión y red de fibra.</li> <li>. Medición para localizar la avería en la fibra</li> </ul>	Pruebas OTDR/ Pérdidas Pruebas OTDR/ Pérdidas Pruebas OTDR
	Control	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Identificación de la fibra</li> <li>. Función de transferencia de la fibra</li> <li>. Interfaz con la base de datos de la planta exterior</li> <li>. Interfaz con el sistema de correspondencia</li> </ul>	Detección de la luz de identificación Conmutación Medio en línea /externo Medio en línea /externo

## 2.10 Arquitectura de la red de supervisión remota de fibra óptica (RFTS)

La gama de los sistemas de pruebas de fibras ópticas a distancia (RFTS, remote fiber test systems) se extiende desde sistemas de fibras ópticas básicos en vacío fibra oscura (es decir, sin tráfico de señal) para identificar y ubicar aproximadamente cortes de

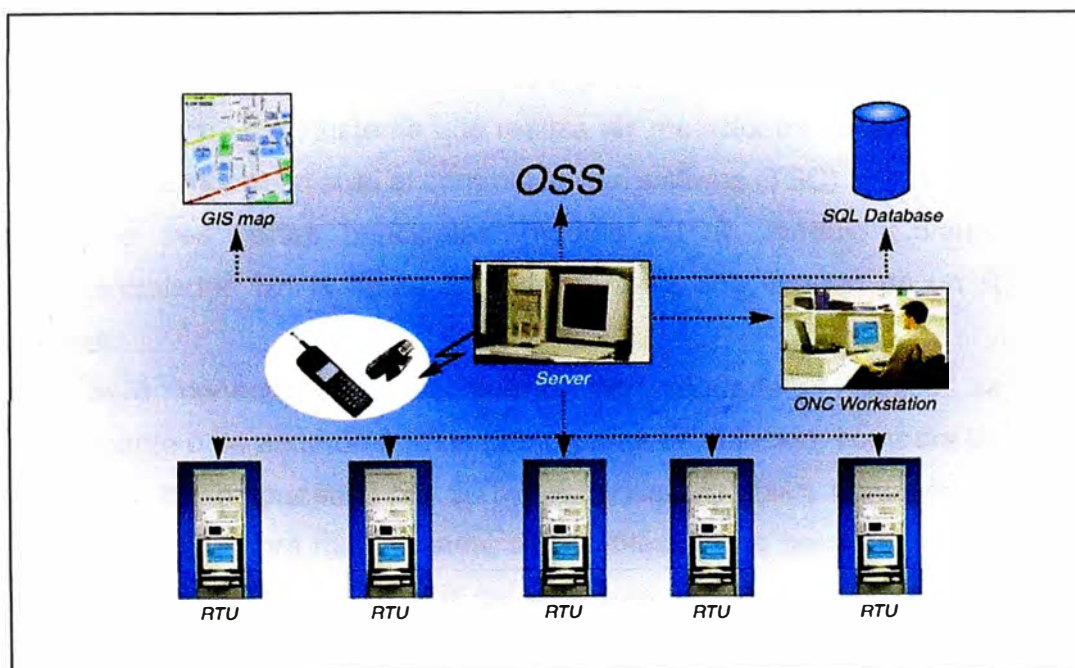
fibras, a sistemas más elaborados que pueden supervisar sistemas de trabajo, detectar degradaciones de la red y ubicar con exactitud averías en la fibra. Los RFTS se pueden controlar local o regionalmente, o en un centro de mantenimiento de un proveedor de red.

En el caso del sistema de fibra en vacío, el propósito principal es disminuir el tiempo empleado para localizar averías y reducir así la interrupción del circuito. Por lo tanto, Realizando una supervisión de las fibras en vacío se obtiene una indicación del comportamiento de las fibras en servicio, puesto que la degradación y las interrupciones que sufre un cable afecta a todas las fibras a la vez. No obstante, se logra una mayor fiabilidad supervisando las fibras cuando están cursando tráfico.

Los sistemas de supervisión elaborados están integrados en el sistema operacional de supervisión de red que controla la transmisión, el equipo de conmutación y el RFTS. Esos sistemas también pueden determinar la degradación de la red de fibra óptica y la activación de alarmas sonoras antes que la red quede fuera del servicio.

Las principales características del sistema, mostradas en la figura 2.27, son las siguientes:

- Tiene una arquitectura cliente servidor
- Provee la administración de alarmas centralizadas
- Posicionamiento de fallas en esquemáticos o mapas GIS
- Provee base de datos centralizados los cuales contiene las trazas reflectométricas, alarmas (actuales y archivadas), documentación de la red de fibra óptica, estadísticas y configuración.



**Figura 2.27** Arquitectura General RFTS

Fuente: Budgetary Offer EXFO



Los componentes de estos sistemas son básicamente los siguientes:

### **2.10.1 Controlador del sistema (TSC, test System controller)**

TSC contiene una base de datos para las fibras sometidas a prueba que incluyen datos de las trazas del OTDR previo y datos geográficos relacionados de las rutas de fibras ópticas. En estos sistemas sólo se prueban fibras en vacío. El RFTS se puede utilizar como detector de averías basado en un proceso en el que los ciclos del TSC se conectan al mismo a través de cada fibra. Un TSC puede controlar múltiples unidades de prueba a distancia. Esto significa que un TSC puede no detectar una ruptura de cable durante algún tiempo si la cantidad de fibras conectadas al mismo es muy grande y si las fibras de ese cable fueron probadas poco antes que se produzca la ruptura.

El TSC se puede conectar a un sistema de operación de prueba que esté ubicado en un centro de mantenimiento en el que terminan otras alarmas de la red. Los operadores analizan aquí las alarmas que provienen del TSC y de otras fuentes, tales como alarmas de transmisión, determinan la causa del problema y obtienen una información de traza del OTDR a través del TSC antes de despachar la cuadrilla de reparación de la red.

### **2.10.2 Unidad de acceso de prueba (OTAU)**

Esencialmente es un conmutador óptico controlado a distancia. La dimensión de este conmutador depende de la cantidad de fibras sometidas a prueba. Un tamaño común es de 72 fibras pero se utilizan conmutadores más grandes. El conmutador conecta las fibras bajo prueba a la unidad de pruebas a distancia (RTU, remote test unit).

Las configuraciones estándar de los módulos considerados en el diseño del RFTS son de 1 x 4 ó 1 x 12.

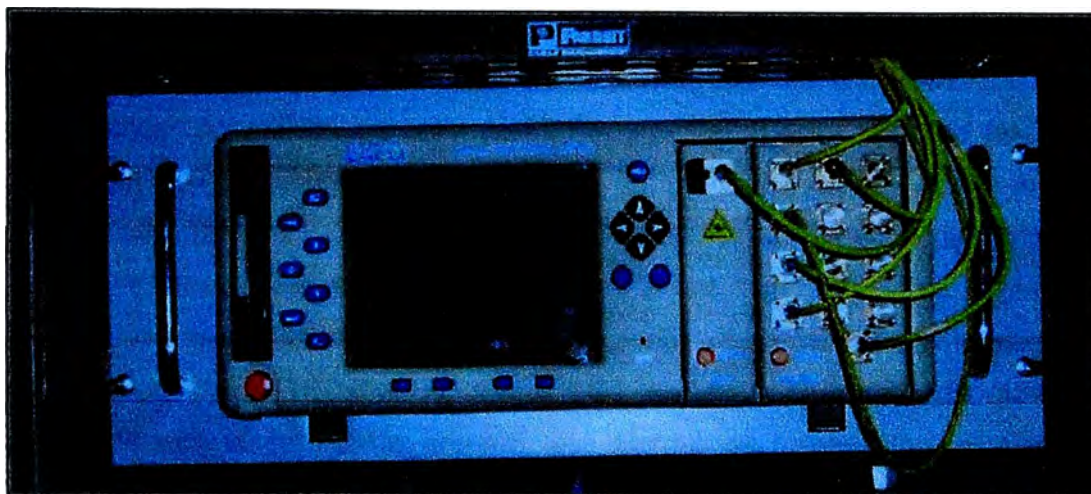
### **2.10.3 Unidad remota de prueba a distancia (RTU)**

Es el equipamiento del sistema que realiza las mediciones de las fibras a supervisar y trabaja en forma independiente al controlador del sistema (TSC).

Consta de tres partes principales: módulo OTDR, modulo Conmutador Óptico (OTAU) y controlador. En la figura 2.28 se muestra una imagen de un RTU con sus componentes.

Cada fibra conectada a un puerto del conmutador óptico se monitorea permanentemente o de acuerdo con un cronograma establecido, compara las mediciones del OTDR con las respuestas del OTDR estándar, también denominadas trazas de referencia. Para cada fibra monitoreada, se establecen una serie de límites o umbrales.

Si una medición del OTDR excede los umbrales, el sistema genera automáticamente una alarma.



**Figura 2.28** Fotografía de una RTU instalada con Conmutador Óptico de 1x12

**Fuente:** Elaboración Propia

#### **2.10.4 Estación de Cliente o Controlador de Red Óptica (ONC)**

La estación de trabajo permite al usuario conectarse con su servidor y acceder a la base de datos. Permite una vista rápida y completa del estado de la red (Estado de RTU, cables ópticos, severidad de alarmas, ubicación de fallo en la red, administración completa de diferentes elementos del sistema).

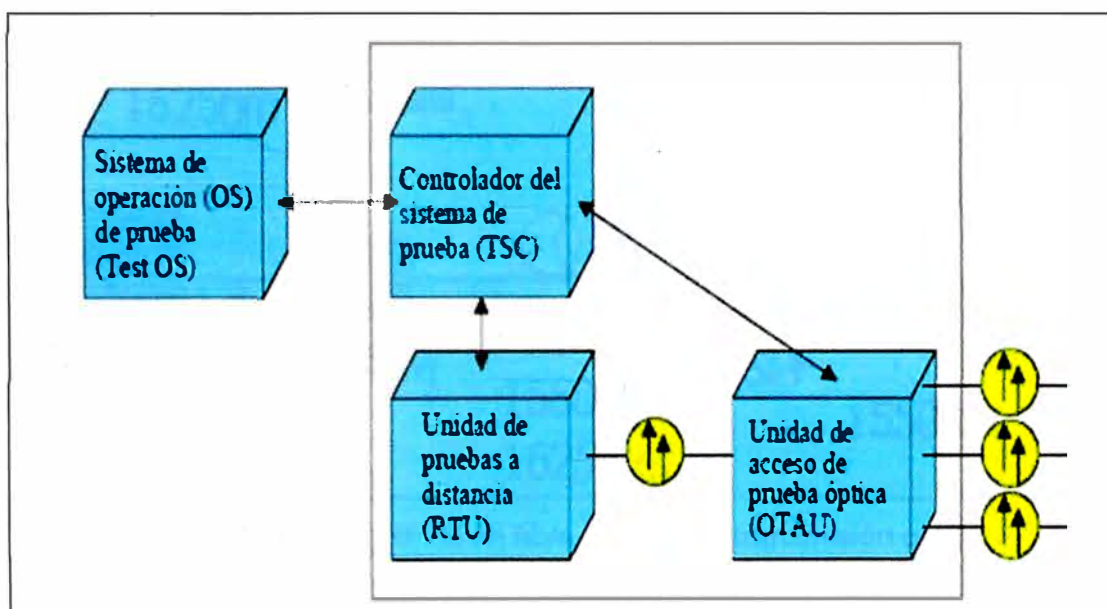
#### **2.10.5 Enfoque de monitoreo**

La red óptica puede ser monitoreada utilizando ya sea fibra oscura o activa. El monitoreo de la fibra oscura es cuando la luz del OTDR es activada por el sistema remoto RFTS e ingresa a las fibras de prueba sin ningún tráfico, pero en los mismos cables que contienen fibras con tráfico o fibras activas. El monitoreo de la Fibra Activa se caracteriza por tener la luz el OTDR en las mismas fibras activas; y, en este caso, la luz se OTDR tiene una longitud de onda óptica diferentes a la de transmisión del tráfico.

##### **a. Sistemas de pruebas de fibras ópticas a distancia con fibras oscura**

Actualmente, la mayoría de los sistemas de prueba a distancia de fibras (RFTS) está conectado a fibras inactivas u oscuras. Esta solución ofrece un medio eficaz de monitoreo de la integridad de la fibra óptica, sin que el gasto adicional que esto supone y sin las preocupaciones de las fibras activas. La figura 2.29 muestra un sistema de prueba remota básico con fibra oscura. El primer elemento es una unidad de acceso de prueba óptica (OTAU) que es el conmutador óptico controlado a distancia. La dimensión de este conmutador depende de la cantidad de fibras sometidas a prueba. El conmutador conecta las fibras bajo prueba a la unidad de pruebas a distancia (RTU, remote test unit) ,que en este caso, es el segundo elemento, es decir, un OTDR controlado a distancia que proporciona la señal de prueba y efectúa mediciones de reflectometría óptica temporal. El tercer elemento es el controlador del sistema de pruebas (TSC, test system controller),

que selecciona la fibra óptica sometida a prueba y opera la unidad de prueba a distancia. El TSC contiene una base de datos para las fibras sometidas a prueba que incluyen datos de las trazas del OTDR previo y datos geográficos relacionados de las rutas de fibras. El TSC se puede conectar a un sistema de operación de prueba que esté ubicado en un centro de mantenimiento en el que terminan otras alarmas de la red. Los operadores analizan aquí las alarmas que provienen del TSC y de otras fuentes, tales como alarmas de transmisión, determinan la causa del problema y obtienen una información de traza del OTDR a través del TSC antes de despachar la cuadrilla de reparación de la red. Si se recibe primero una alarma de transmisión, el sistema de operación de prueba puede interrumpir el ciclo de prueba y ordenar al TSC que efectúe una exploración de la fibra con una avería de transmisión.



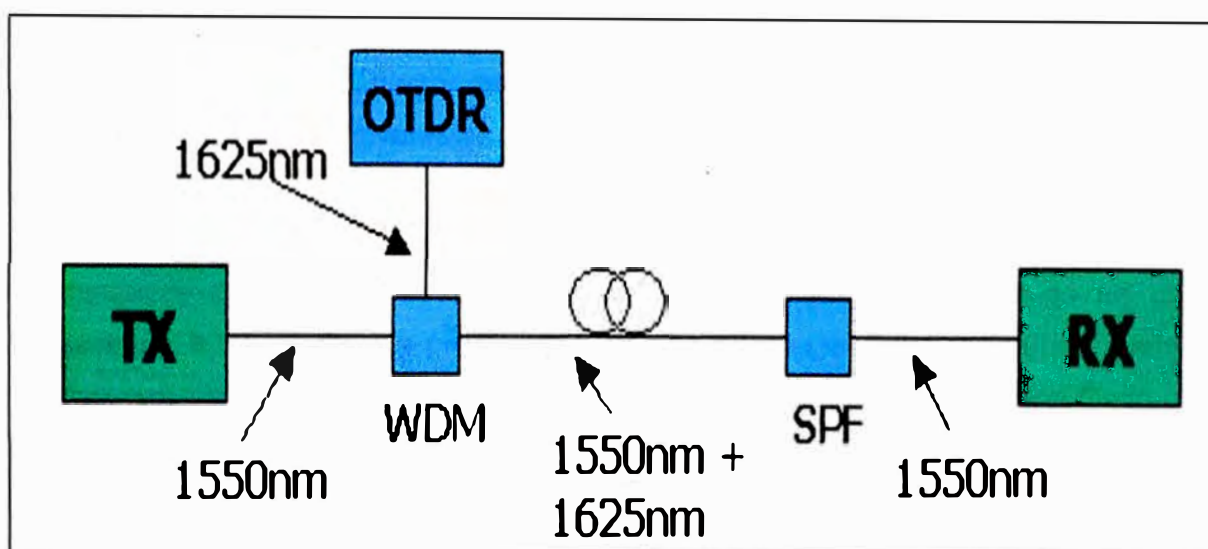
**Figura 2.29** Sistema RFTS básico de una fibra en vacío

Fuente: Recomendación UIT L.40

#### **b. Sistemas de pruebas de fibras a distancia con supervisión y pruebas de fibras activas**

El monitoreo de la fibra activa requiere un poco más de análisis que el sistema de monitoreo de fibra oscura. Consideraciones tales como la longitud de onda de la señal, requisitos de aislamiento para filtros pasa banda, el impacto de los presupuestos pérdida del enlace, y las futuras actualizaciones necesitan ser consideradas. La selección de una longitud de onda para un RFTS activo es afectada por los actuales y futuros requisitos de paso de banda, junto con el criterio del aislamiento de la señal. Si la luz de transmisión se encuentra en 1550 nm, la luz del OTDR suele estar en 1625 nm. Para ilustrar una situación de monitoreo activo, hay que considerar que el monitoreo se realiza sobre una fibra activa.

Para acoplar la luz del OTDR con la transmisión de la luz en la fibra, se requiere de un Multiplexor de División de longitud de onda de banda ancha WDM y de un filtro de paso óptico SPF (short pass optical filter). Otro filtro SPF es utilizado en el otro extremo para filtrar la luz del OTDR antes de que llegue a los equipos terminales. En figura, la dirección de propagación de la luz de transmisión y la luz del OTDR es la misma. Las ondas de luz también pueden moverse en direcciones opuestas, que es el modo de funcionamiento preferido. En el interior del OTDR está un filtro óptico de paso de largo LPF (long pass optical filter). El propósito del LPF es filtrar cualquier luz de longitud de onda diferente justo antes del receptor del OTDR evitando toda perturbación en la luz de prueba. El acoplamiento de la luz se ilustra en la siguiente figura.



**Figura 2.30** Sistema RFTS en fibra activa con transmisión de servicio

Fuente: Fabricante NTEST

#### 2.10.6 Gestor del sistema de pruebas de fibra óptica a distancia

El gestor del RFTS, generalmente un PC con soporte lógico de aplicación de fibra (FAS, fiber application software) especial, se comunica con el sistema de operaciones de supervisión (SOS, surveillance operations system) pero también puede tener acceso en forma local y directa desde el campo. El gestor del RFTS controla el equipo RFTS y almacena datos en las fibras supervisadas en su sistema, tales como puntos de referencias u otra información geográfica, trazas del OTDR, datos estadísticos, política de alarma, y supervisión y datos de prueba. Cuando se recibe una alarma, el gestor ordena al equipo RFTS (integrado por el controlador del sistema de prueba, unidad de prueba a distancia y unidad de acceso de prueba óptica) efectuar una prueba. sistema de operaciones de supervisión recibe una información de alarma del equipo de transmisión, del equipo de conmutación de protección (si se utiliza este equipo) y del gestor del RFTS. Con algoritmos de correlación adecuada en el gestor del RFTS y en el sistema de

operaciones de supervisión se escogerán las diversas alarmas y sólo una prevalecerá. En el caso de una rotura de cable la información de la alarma del RFTS con la ubicación necesaria de la avería permitirá despachar a la cuadrilla de reparaciones.

### **2.10.7 Alarmas**

Para los sistemas más complejos, el soporte lógico de aplicación de la fibra proporciona un amplio conjunto de capacidades de alarma para alertar al personal de mantenimiento en cuestiones relacionadas con fibras. Las alarmas de fibra están prefijadas para detectar cambios en la característica del trayecto de la fibra asociada con pruebas de lotes comparativos o supervisión de energía. El sistema también proporciona información sobre alarmas asociadas con equipos y otras condiciones de fallos ambientales. Se puede tener acceso a toda información de alarma a través de listas de alarmas mantenidas por el gestor del RFTS.

Típicamente, hay dos niveles de criticidad de alarma:

#### **a. Alarma mayor**

Alarma que se activa cuando hay un fallo de transmisión. Se puede producir cuando el controlador de potencia detecta una caída de energía por debajo de un umbral establecido o a través de una prueba en lotes. La prueba en lotes activa una alarma de este tipo cuando la pérdida en un evento es mayor que 3 dB (u otro umbral fijado por el usuario). Cuando esta alarma se activa se presume que hay una rotura de la fibra o se produjo un problema de criticidad similar. Una alarma crítica requiere la intervención del personal de mantenimiento y muy probablemente una operación en el terreno tal como la reparación del cable.

#### **b. Alarma menor**

Esta alarma se puede activar cuando la prueba del OTDR en lotes ha detectado que la fibra ha rebasado el valor umbral de la atenuación, coeficiente de atenuación, factor de reflexión, o se ha descubierto un nuevo evento. Un evento menor también se señala cuando el controlador de potencia detecta una señal por encima o debajo de la gama dinámica o cuando la potencia del láser no es estable. Las alarmas menores se deben tener en cuenta para controlar si la condición se va tornando progresivamente peor, pero no requiere la investigación inmediata en el lugar.

#### **c. Alarma de OTDR**

Durante una prueba de reflectometría óptica temporal, se activan las alarmas cuando se rebasa un nivel de umbral predeterminado. Hay alarmas que se activan al rebasar los umbrales fijados para: pérdida de extremo a extremo, pérdida de un evento, reflexión de un evento, un nuevo evento, modificaciones de un evento de la condición de no reflexión



a reflexión, y modificaciones en el coeficiente de atenuación de la fibra. En la Tabla N° 2.6 se muestra un cuadro con los valores de umbrales de alarma por defecto recomendados.

**Tabla N° 2.6** Valores umbrales de alarma por defecto típicos

**Fuente:** Recomendación UIT L.40

Pérdida de extremo a extremo	Variación de 3 dB
Pérdida de evento	Variación de 0.5 dB
Reflexión de evento	5 dB
Nuevo evento	1 dB
Coeficiente de atenuación	0.5 dB/Km
No reflexión a reflexión	>1 dB

Las alarmas críticas, que en su mayoría representa un corte de la fibra de supervisión y por lo tanto, un corte del cable de F.O. (mayor a un 98% de los casos), están configuradas para que el servidor (TSC) del sistema, las reporte en forma externa, mediante un aplicativo de gestión de alarmas LogCaster. Para ello se debe contar con servidores de correo o de móviles para el reenvío de la alarma a destinatarios de correos electrónicos o números celulares.

Por lo tanto, el proceso del envío de alarmas externas (alarmas críticas), es el siguiente:

- La RTU detecta el fallo (corte de la fibra de supervisión) y remite la alarma al servidor (TSC) del RFTS, a través de la red corporativa (LAN/WAN).
- El servidor través del aplicativo Fiber Visor reporta la alarma a las consolas de las estaciones clientes (ONCs).
- Asimismo, el servidor del sistema remite la alarma a un servidor de correos de la red corporativa y este a su vez re-envía la alarma a otro servidor de correo para los mensajes a los correos electrónicos en estaciones de trabajo (PC de usuarios) y también re-envía la alarma a un servidor de Móviles.
- Finalmente, el servidor de Móviles (red de telefonía móvil), reporta la alarma a los teléfonos celulares de los usuarios configurados en el RFTS.

### **2.11 Indicadores de eficiencia para el mantenimiento**

Son parámetros numéricos que pueden ofrecernos una oportunidad de mejora en el desarrollo, aplicación de nuestros métodos y técnicas específicas del mantenimiento de la red.

La magnitud de los indicadores sirve para comparar con un valor de referencia con el fin de adoptar medidas correctivas, predictivas según sea el caso.

La confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad son prácticamente las únicas medidas técnicas y científicas, fundamentadas en cálculos matemáticos, estadísticos y probabilísticos que tiene el mantenimiento para su análisis.

### 2.11.1 Disponibilidad

La disponibilidad es uno de los principales parámetros asociado al mantenimiento, definido según la recomendación UIT G.911 (1997) como la aptitud de un elemento para hallarse en estado de realizar una función requerida en un instante de tiempo determinado.

$$D = \frac{T_o}{T_o+T_p} \quad (2.3)$$

Donde:

To : Tiempo total de operación

Tp: Tiempo total debido al fallo del elemento de red

Aunque la anterior es la definición natural de disponibilidad se suele definir de forma más practica a través de los tiempos medios entre fallo y de reparación . Vemos que la disponibilidad depende de la frecuencia de las fallas el tiempo que nos demande reanudar el servicio.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (2.4)$$

### 2.11.2 Tiempo promedio para la reparación (MTTR)

Es la relación entre el tiempo total de intervención correctiva y el tiempo total de fallas detectadas, en el periodo observado.

$$MTTR = \frac{TTF}{\sum NTFallas} \quad (2.5)$$

Donde:

TTF: Tiempo total de fallas.

NTFallas: Número total de fallas detectadas.

### 2.11.3 Tiempo promedio entre fallas (MTBF)

Mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro de un periodo considerado.

$$MTBF = \frac{Hop}{\sum NtFallas} \quad (2.6)$$

Donde:

Hop: Horas de operación

NtFallas: Numero de fallas detectadas

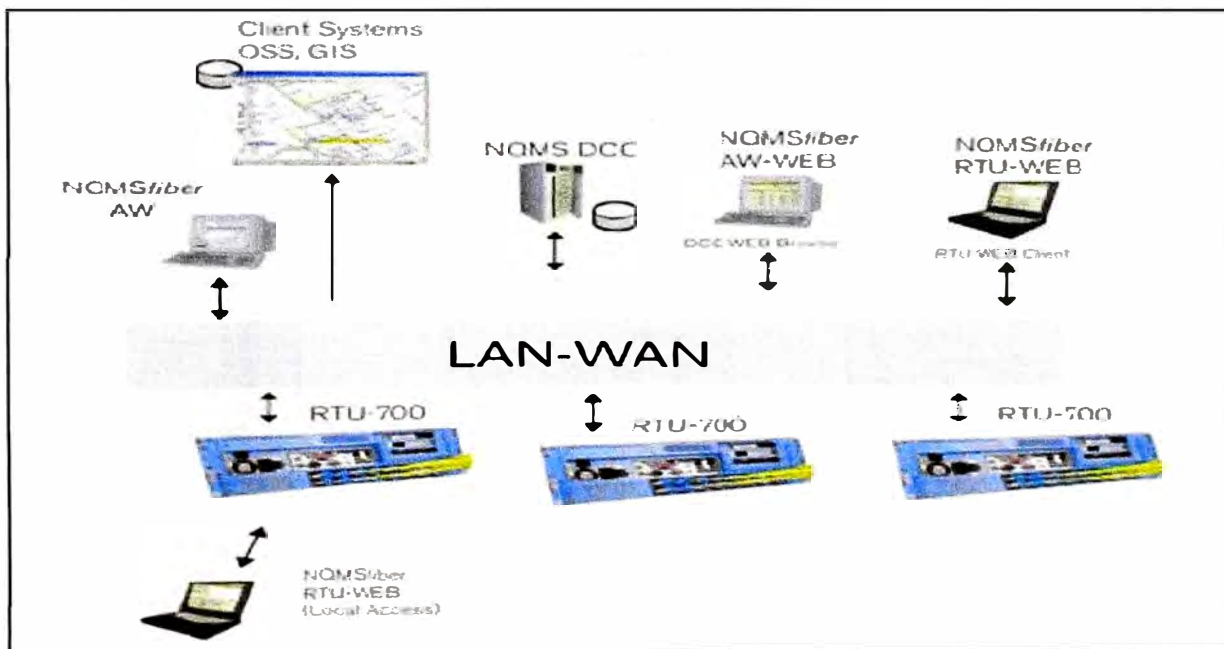
## CAPÍTULO III

### SISTEMAS DE SUPERVISIÓN REMOTA EN LA ACTUALIDAD

En este capítulo se describe los principales sistemas de supervisión de remota de la red de fibra óptica ofrecidos en la actualidad por importantes fabricantes tales como EXFO, JDSU y NTEST.

#### 3.1 Plataforma NQMSFiber

La nueva generación del RFTS es la llamada NQMSfiber RFTS (Network Quality Monitoring System), basada en un sistema cliente-servidor con plataforma EMS (Element Management Server) y con una nueva tecnología en la industria de OTDRs, con la más alta sensibilidad y resolución en la detección de eventos. En la figura 3.1 se muestra el diagrama del sistema



**Figura 3.1** Esquema básico del sistema

Fuente: Fabricante EXFO

Este sistema ofrece los siguientes beneficios:

- Es basado en tecnología de actualización automática de datos (en software, en



aplicaciones ópticas).

- Es aplicada a la tecnología FTTx.
- Permite una interface de usuario por Web, local o remoto.
- Detección de automática de elementos conectados al sistema (RTU, Estación Cliente) y tiene una fase de aprendizaje en la configuración de trazas de referencia.
- Aprovisionamiento automático de puertos ópticos detectados para nuevas fibras de monitoreo.

Tiene métodos de pruebas tales como:

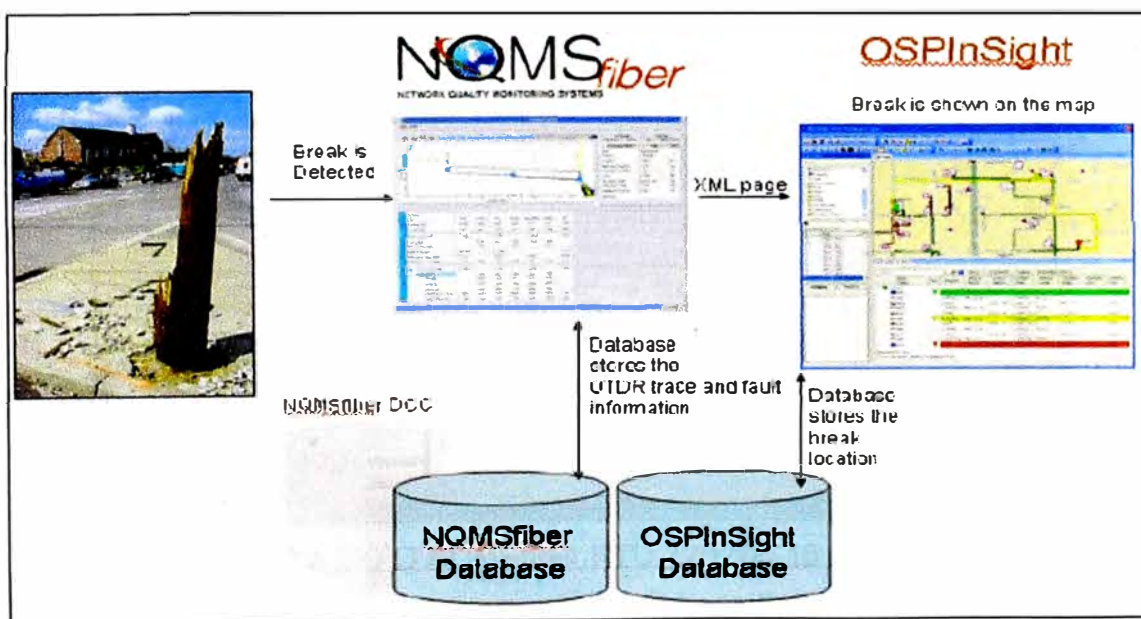
- Pruebas a demanda ; usado para descubrir la causa de una posible degradación y obtener información de la ruta supervisada
- Mantenimiento preventivo; permite pruebas programadas que se utilizan para
- analizar más a fondo las tendencias asociadas a la estacionalidad o con trabajos de construcción a lo largo de cables específicos.
- Monitoreo continuo, revisa en menos de 1 minuto por puerto para degradaciones mayores o cortes de fibra.

### 3.1.1 Especificaciones técnicas

#### a. Servidor del NQMS fiber (DCC: Data Collection Center)

Es un Servidor centralizado y el software aplicativo es basado en un sistema de administración de base de datos relacional (RDBMS) y puede operar con GIS basado en MapInfo (OSPInSinght).

En la figura 3.2 se muestra la arquitectura del servidor NQMS fiber.



**Figura 3.2** Arquitectura servidor NQMSfiber

Fuente: Fabricante EXFO

El servidor presenta las siguientes características (tabla 3.2), los cuales son las

especificaciones mínimas de configuración:

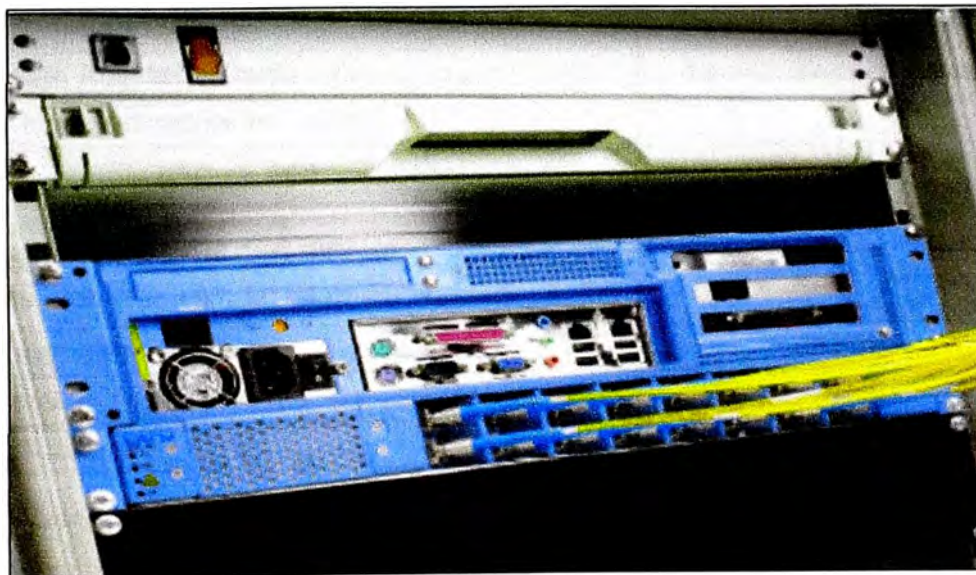
**Tabla N° 3.1 Especificaciones técnicas servidor NQMSfiber**

**Fuente:** Oferta presupuestaria EXFO

Specification	Description
Width	19" rack-mountable
Rack mount kit	Rack mounting adapters available for 19 and 23 inch racks.
CPU	1 Intel Xeon 5110, 1.66GHz DUALCORE 64BITS or equivalent
RAM	5 GB RAM
Ethernet	One (1) Ethernet 10/100/1000 mbps port.
USB	Four (4) 2.0 ports
Power supply	Dual redundant power supply 100-240 VAC.
Hard Disk	5 x 80 GB hot-swappable, SAS
RAID 0, 1	RAID levels 0 and 1, 1+0 (stripe of mirrors)
Environmental	Operating temperature 0 to 35 deg C Storage Temperature -40 to 70 deg C Vibrations 1.5 G from 10 to 500 Hz
Certifications	CE, CSA, UL, WEEE, ROHS
Warranty	3-year Worldwide On-Site & Next day – manufacturer original warranty

**b. Unidad Remota de prueba (RTU)**

La RTU contiene 02 módulos: el THC (Test Head Controller) que es el sistema computarizado y el OTH (Optical Test Head) donde se ubica el OTDR y el OTAU (Switch Óptico). Tal como se muestra en la figura 3.3.



**Figura 3.3 EXFO NQMSfiber RTU-720 con 16 puertos ópticos**

**Fuente:** Oferta presupuestaria EXFO

Las características de Hardware de la THC es la siguiente:

- Para ser montado en rack de 19", 12" (38 cm.) de profundidad y 3U de altura.
- Procesador Dual Core de 800 MHz o mayor.

- RAM de 512 MB o mayor.
- Dos (2) puertos Ethernet.
- Modem Dial-up
- Alimentación AC estándar o fuente de poder DC (adicional).
- Mínimo 10 GB Disco Duro.
- RAID 0 (estándar)
- UPS (opcional por alimentación AC).
- De 1 a 8 ó 16 puertos ópticos
- 4 leds indicadores frontales.

En la Tabla N° 3.2 se muestra las características del OTDR

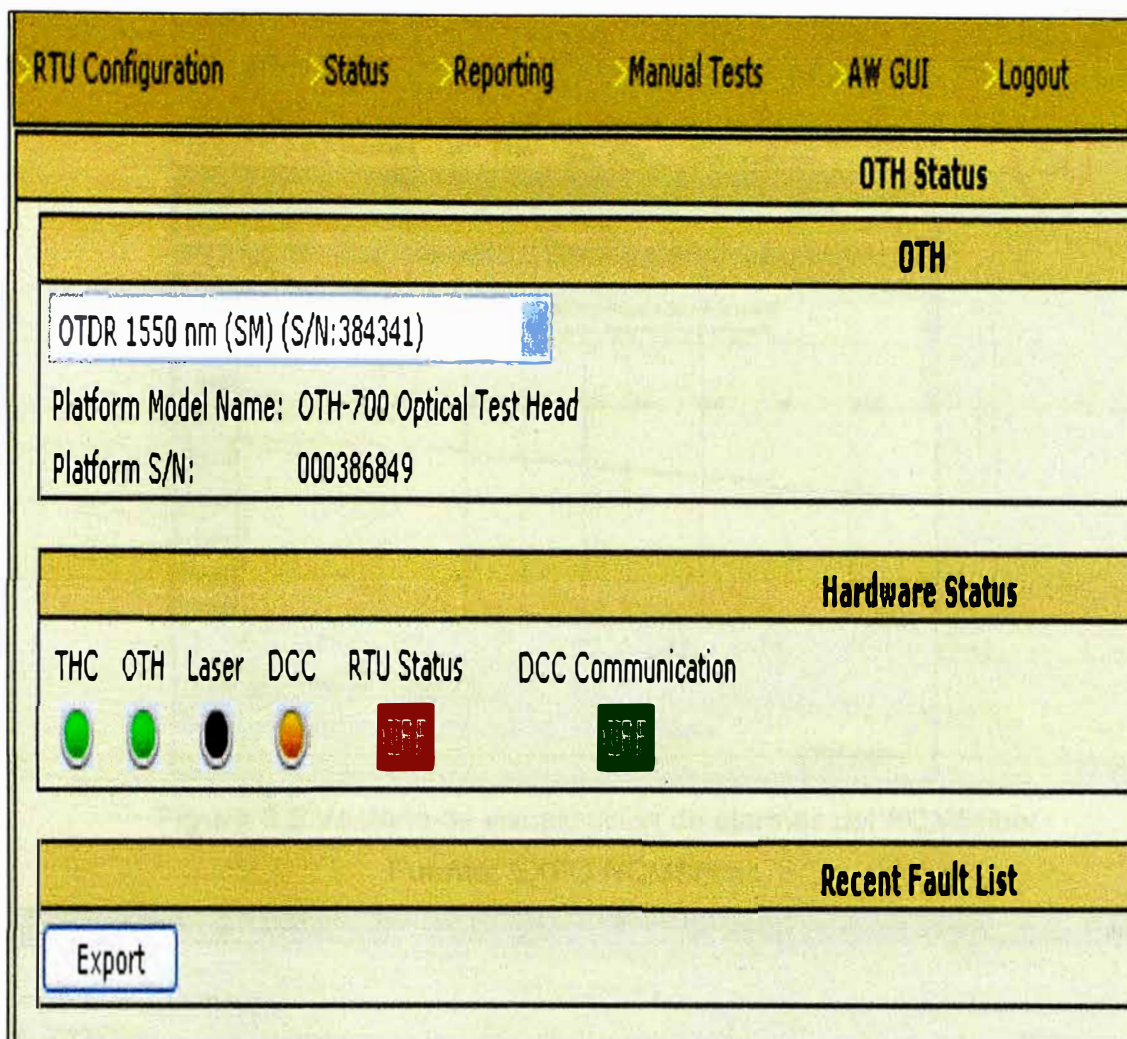
**TABLA N° 3.2** Características del módulo OTDR

Fuente: Oferta presupuestaria EXFO

<b><i>RTU-720-xxxL Specifications (preliminary)<sup>1</sup></i></b>	
Fiber type	Single-mode
Wavelengths (nm) (1 or 2)	1310/1550/1625
OTDR Dynamic Range (dB) 1310nm/1550nm/1625nm	-/41/41 SNR=1, 3min avg, 20µs pulse
Number of internal optical ports	1/8/16
Number of external optical ports	4,8,16... up to 96
Optical Switch Loss (dB) @1550nm	0.8 <i>typical</i>
Dimensions (for 19" or 23" racks) (H x W x D)	1.4" x 17" x 12" 1.4cm x 17cm x 12 cm
Relay outputs (2)	Power and Unit Failures
Network Interface Cards (2)	10/100 Base-T Ethernet
LED front indicators for status	4
Power supply (DC or AC)	-30 / -70 VDC/ 100-240 VAC, 50/60Hz
Software User Interface - local access, LAN and dial-up	RTU-WEB https:
Dimension (for 19", ETSI or 23" racks)	17" x 12" (WxD) 3U height
Protocol (client-server)	CORBA
Operating Temperature (°C)	0-50
Certifications	CE, CSA-UL, RohS

Para el acceso al Software de la RTU, el sistema utiliza una Interface de Usuario (UI) por Web, local o remoto. En el aplicativo de la RTU, se puede realizar la configuración del equipo, visualizar el estatus del monitoreo y la condición de operatividad de sus elementos (THC, OTH, rutas de supervisión, etc.) y otras características adicionales, tal como se muestra en la figura 3.4.





**Figura 3.4** Estado del Hardware en el aplicativo de RTU

**Fuente:** Oferta presupuestaria EXFO

**c. Estación cliente del NQMS fiber (AW:Administrative Workstation)**

La estación cliente (AW) es una interface de usuario por PC o por acceso a Web, que permite el acceso al servidor (DCC) en modo de lectura o edición, de acuerdo a los privilegios del usuario. La AW provee la administración y gestión del sistema. Mediante la estación cliente o estación de trabajo administrativa (AW) del NQMSfiber, permite la configuración de los usuarios del sistema.

Las características mínimas de hardware son las siguientes:

- Sistema Operativo Windows XP o Vista.
- Procesador Pentium IV, 3 GHz
- RAM 1 GB o mayor
- PC Desktop con monitor de 17", etc.

Asimismo se visualiza las alarmas detectadas en las fibras o rutas de supervisión, así como la administración de estas rutas. En las figuras 3.5 y 3.6 se muestran estas características.

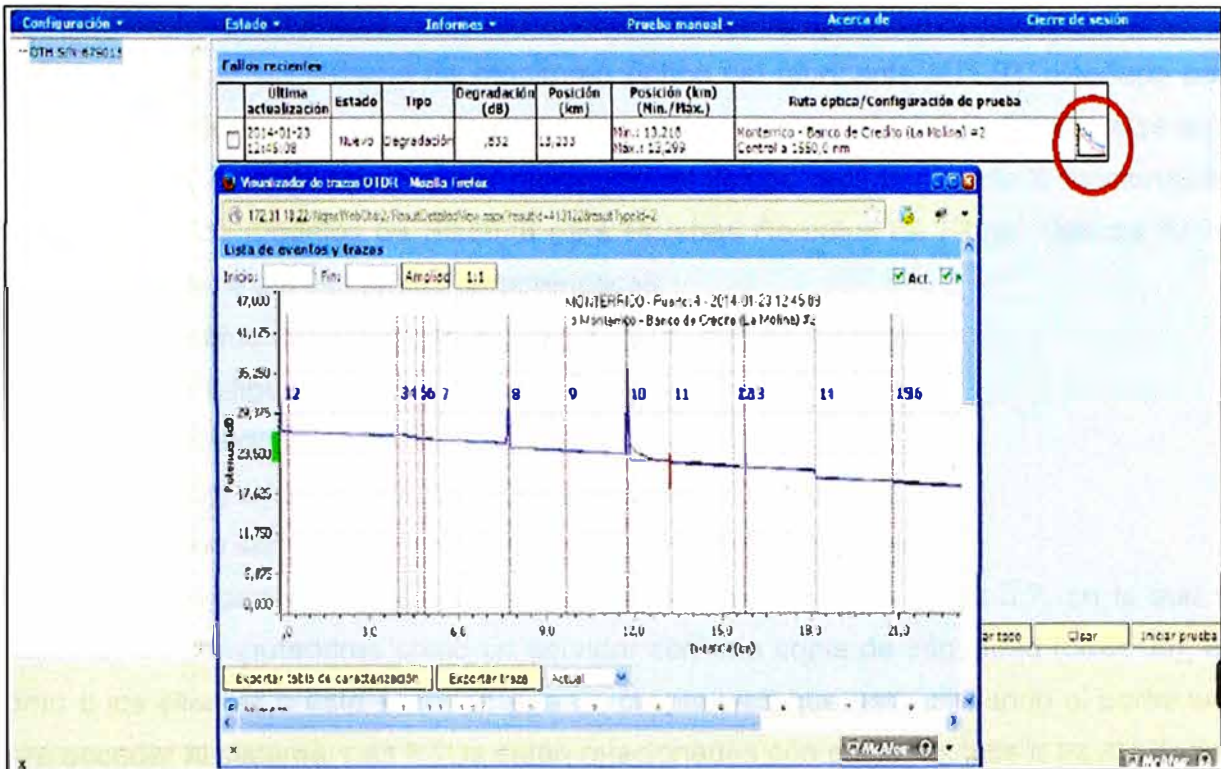


Figura 3.5 Ventana de visualización de alarmas del NQMSfiber

Fuente: EXFO NQMSfiber

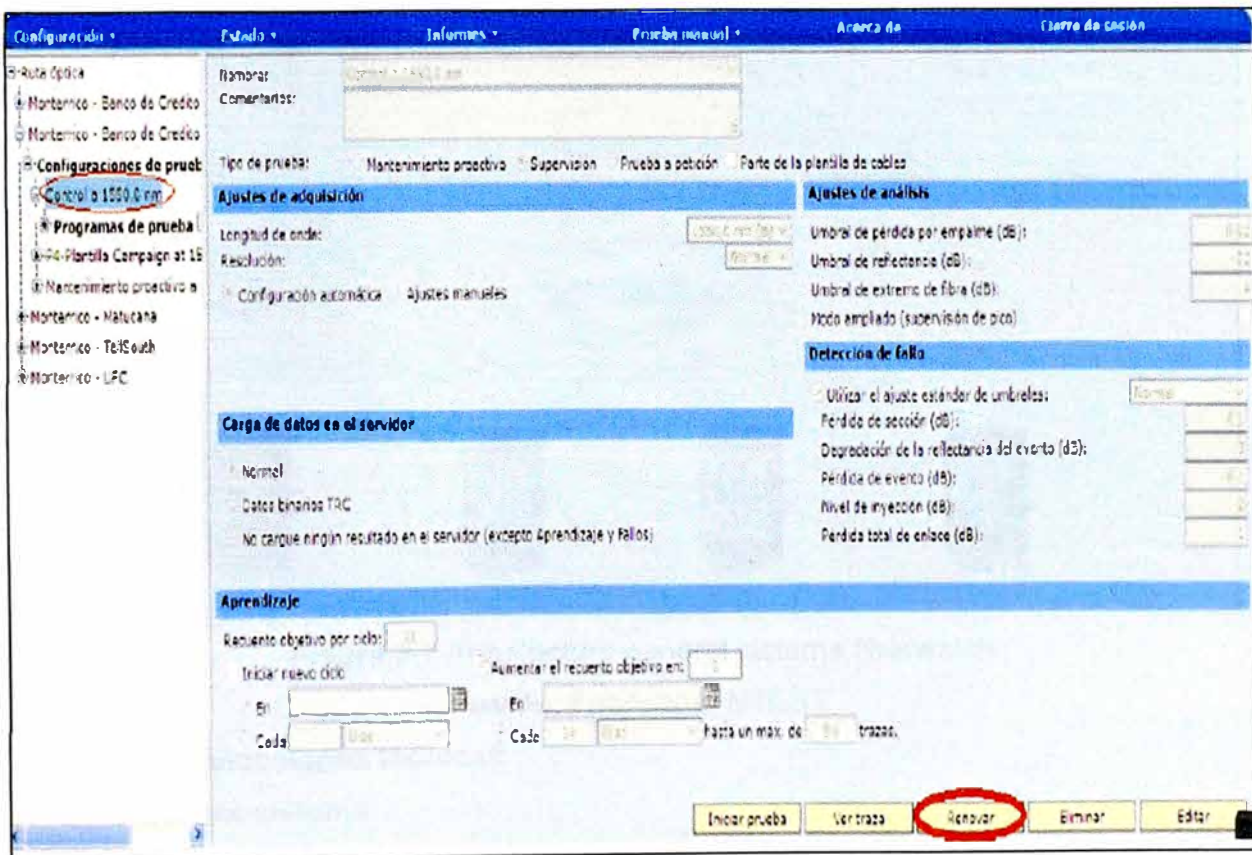


Figura 3.6 Visualización y administración de rutas supervisadas

Fuente: EXFO NQMSfiber

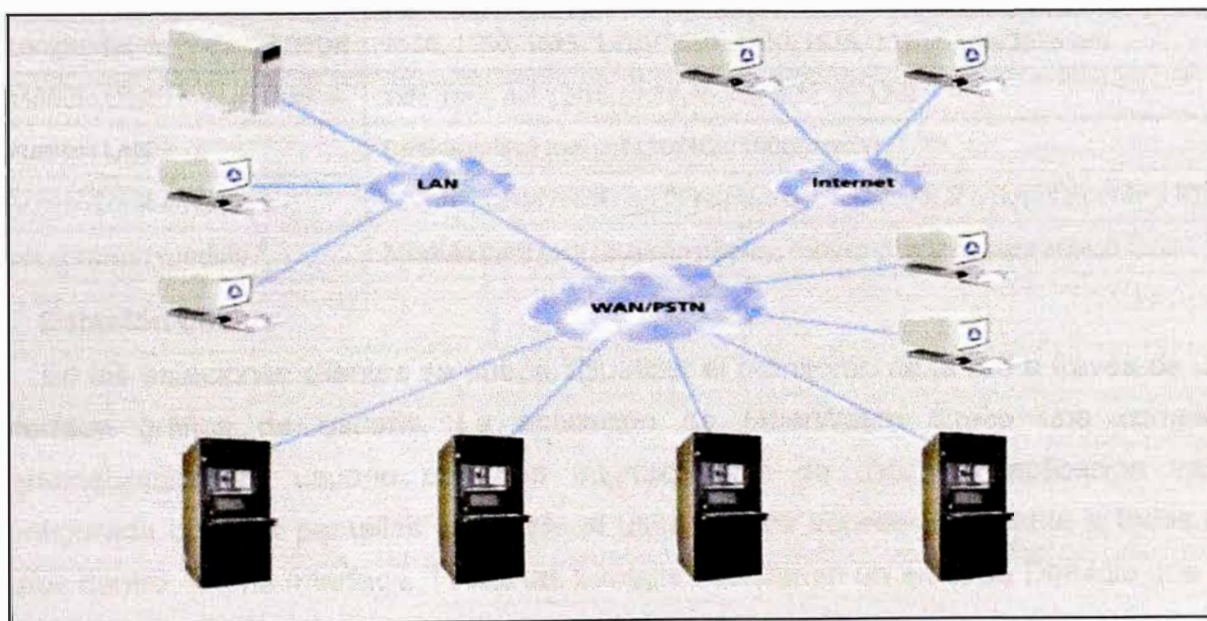


### 3.2 Plataforma Fiberwatch

FiberWatch es un sistema de monitoreo óptico del fabricante NTEST diseñado para redes emergentes y operadores de redes de próxima generación NGN. Al centrarse en la red, Asimismo, es capaz de proveer monitoreo en tiempo real ampliando la funcionalidad tradicional en los modelos de Sistema para Pruebas Remotas de Fibras Ópticas RFTS. Este sistema tiene las siguientes características:

- Acceso al sistema de forma remota, segura y distribuida vía Web.
- Generación inteligente y automatizada de reportes.
- Gestión del estado de la red por Dominios.
- Completa Integración al sistema de soporte OSS.
- Integración con sistemas de documentación de otros fabricantes.

La arquitectura general del sistema FiberWatch se ilustra en la figura 3.7, en la que se muestran los computadores como un servidor con una copia de seguridad (back up), así como a los clientes e este servidor; y, a un cliente web que está utilizando el portal web para acceder al sistema. Las RTUs están relacionadas con estos equipos a través de una conexión a la red LAN /WAN. Esta arquitectura también podría utilizar una serie de otros medios de comunicación.



**Figura 3.7** Arquitectura general sistema fiberwatch

Fuente: Fabricante NTEST

#### 3.2.1 Especificaciones técnicas

##### a. Servidor del sistema

Este servidor controla toda la actividad del sistema. Maneja toda comunicación con las RTUs, además presenta opción de configuración con servidor redundante, opción de configuración con Server Redundante, actualización de forma remota automáticamente

, soporta sistemas operativos tales como Windows o UNIX y base de datos Oracle.

#### b. Unidad remota de prueba (RTU)

Como parte del sistema remoto de prueba de la fibra (RFTS), el RTU del sistema FiberWatch está instalado dentro de una red de fibra óptica para proporcionar la interface física para su monitoreo , supervisar la pérdida y la reflexión en fibra mediante un OTDR (Optical Time Domain Reflectometer). En la RTU se utiliza un conmutador o switch óptico llamado OTAU (Optical Test Access Unit) para probar múltiples fibras a partir de un único OTDR. La RTU es capaz de probar tanto fibras oscuras (no en servicio) como activas (en servicio). En la tabla N° 3.3 se muestra las especificaciones de las RTU Fiberwatch.

**TABLA N° 3.2** Características del módulo OTDR

**Fuente:** Fabricante NTEST

Procesador	Intel
Memoria	2 GB DDR2 SDRAM
Disco Duro	80 GB
Disco Duro de Estado Sólido*	32 GB
Puertos Externos	4 USB, 2 PS/2, 2 Serial, 1 audio jack, 1 mic jack, 1 VGA
Sistema Operativo	Windows XP Embedded
Longitudes de onda del OTDR	1310, 1550, 1625, 1310/1550, 1550/1625, 1310/1550/1625 nm
Módulo OTAU Switch Óptico:	1xN (N=2, 4,8,12,16,24,32,36,48,60,72,96,120)
Puertos LAN	Dual Gigabit Ethernet (10/100/1000Base-T)
Acceso Local o Remoto	Cliente puede residir en PC/laptop conectada local o remotamente a RTU
Local Access Module *	Módulo para rack (1U) con display, mouse y teclado para acceso local

#### c. Estación cliente

En las estaciones clientes se puede visualizar el monitoreo de la red a través de una interface gráfica de usuario. La aplicación de FiberWatch ofrece una completa personalización de usuario con una interface fácil de usar. La aplicación viene configurada con dos pantallas de ayuda al usuario para acceder fácilmente a todos los datos dentro de una interface. Todas las pantallas contienen un árbol de Dominio que da al usuario un fácil acceso a todos los circuitos de monitoreo y le permite tomar las pruebas según demande, el lugar de la fibra a ser monitoreada, configurar los circuitos y administrar las alarmas. En la figura 3.8 se muestra una pantalla de esta interface gráfica. Otras características de la estación cliente son:

- Soporta estaciones de trabajo Windows XP y Solaris
- Memoria Caché para datos de clientes a nivel local para rendimiento superior
- Puede usar PCs existentes. No necesita un cliente dedicado



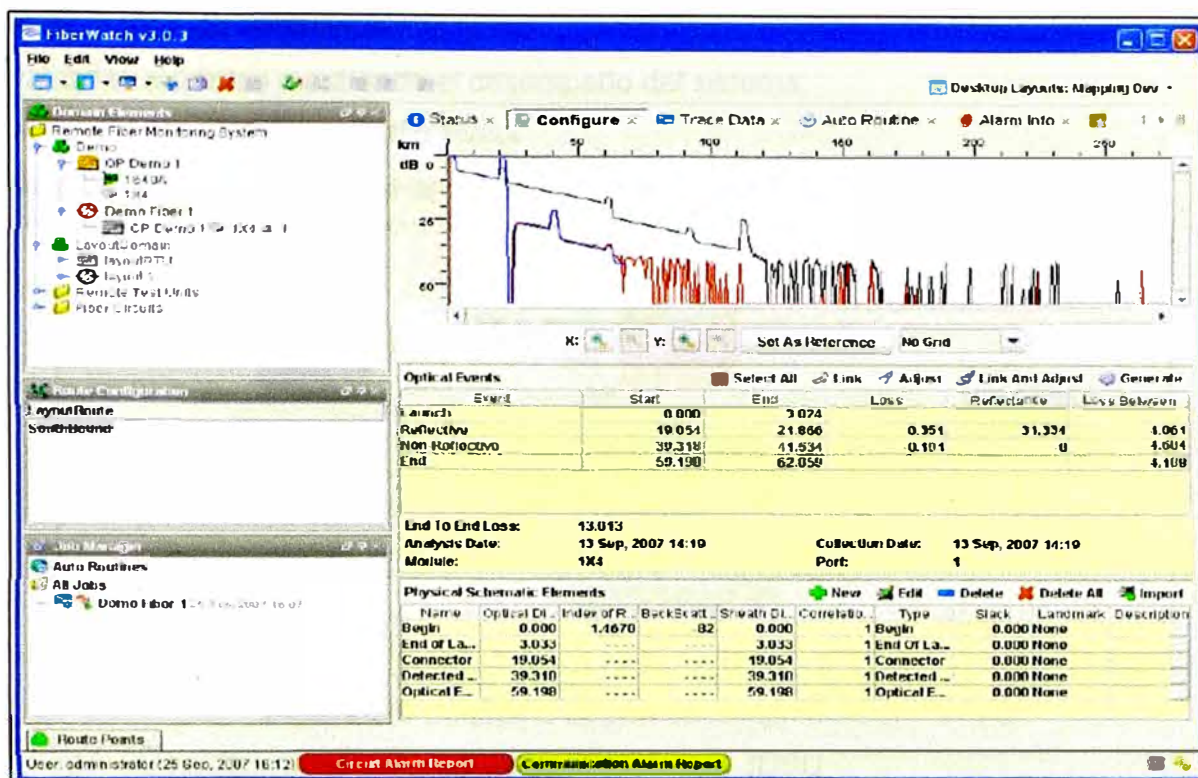


Figura 3.8 Interface gráfica sistema fiberwatch

Fuente: Fabricante NTEST

### 3.3 Plataforma JDSU ONMS

Este sistema se desarrolla a través de la Red de Gestión Óptica (Optical Network Management System). En la figura 3.9 se muestra el sistema de supervisión remota que consiste en un servidor central, con una base de datos Oracle que almacena y gestiona toda la información del sistema; monitorea la capa física de la red de fibra óptica a través de las unidades de prueba autónomas o RTU (JDSU OTU-8000). Cada RTU incluye un conmutador óptico que se conecta a fibras individuales y a uno o dos módulos ópticos (OTDRS, OSA) para mediciones y procesamiento inicial de los datos. Posee estaciones cliente las cuales se conectan al servidor central por una red IP o a través de una red conmutada. Estas estaciones cliente facilitan a los centros de ingeniería y gestión el acceso a todos los datos del sistema, soportan la configuración y documentación de la red e incluyen sistemas de alarmas y reportes de funcionalidad de la red.

Como principales características se tiene:

- Aplicación basada en Web
- Arquitectura basada en dominios incluyendo regiones y sub-regiones, sección de fibra, grupo de fibras arrendadas a un cliente, etc.
- Monitoreo de diversos tipos de redes, Larga distancia, metropolitanas, FTTX, PON
- Monitoreo de eventos: Atenuación, ORL, reflectancia, cortes de fibra, extensión de fibra
- Localización precisa de eventos aun en los primeros kilómetros del enlace.

- Vista gráfica del desempeño de la red.
- Pantallas múltiples mostrando el desempeño del sistema.
- Reportes disponibles en pdf o Excel.
- Interfaces abiertas basadas en SNMP o Web Service

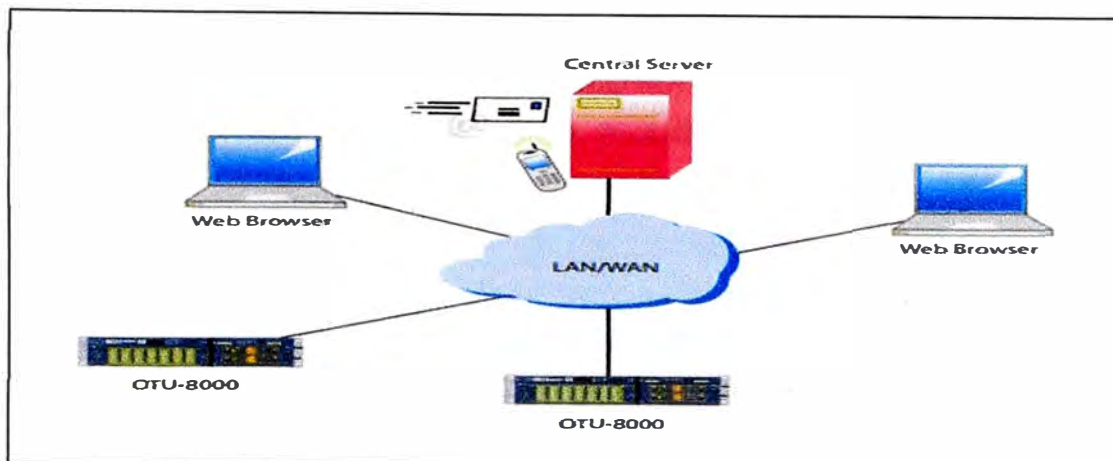


Figura 3.9 Esquema básico del sistema JDSU ONMS

Fuente: Fabricante JDSU

### 3.2.1 Especificaciones técnicas

Las características del RTU (JDSU OTU-8000) son mostradas en la tabla N° 3.3.

Tabla N° 3.10 Especificaciones del RTU JDSU OTU-8000

Fuente: Fabricante JDSU

<b>OTDR*</b>		<b>Optical Switch</b>	
The OTU-8000 can house two field interchangeable OTDR modules. A wide range of OTDRs are available, ensuring optimum monitoring of all types of fiber optic network from short range multimode to long haul single mode. The OTU-8000 monitors active fibers using the 1625nm OTDR module which is designed to take into account factors such as the Raman effect of the optical amplifier.		The OTU-8000 can house a field interchangeable optical switch module with up to 24 ports. If higher ports count is required, 24 ports can be extended to 48 or 72 ports by adding 1 chassis. An OTU-8000 with no OTDR modules fitted forms the base of the Remote Optical Switch controlled by TCP/IP.	
<b>Technical Specifications</b>		<b>Specifications</b>	
<b>Distance Unit</b>	<b>km, kft, miles</b>	<b>Number of Ports</b>	2, 4, 8, 12, 16, 24, 36, 48 or 72 with 1 or 2 commons
Group Index Range	1.30000 to 1.70000 in 0.00001 steps	<b>Insertion Loss</b>	0.6 dB up to 48 ports, 1.2 dB for 72 ports
No. of Data points	Up to 128 000 data points	<b>Back-Reflection</b>	-60 dB (Singlemode)
Distance Measurement	Automatic or dual cursor	<b>Repeatability</b>	±0.01 dB
Display span	From 2.6m up 380 km	<b>Wavelength Range</b>	1310, 1550 and 1625 nm
Display resolution	1 cm	<b>Lifetime</b>	10 <sup>7</sup> cycles
Cursor resolution	From 1 cm	<b>Housing</b>	Up to 24 ports: Included in the OTU-8000 For 36, 48 and 72 ports: 1 external 4U rack
Sampling resolution	From 4 cm		
Accuracy	±1 m ± sampling resolution ± 1.10-5 x distance (excluding group index uncertainties)		
<b>Attenuation Measurement</b>			
Automatic, manual, 2-points, 5-points and LSA			
Display span	From 1.25 dB to 55 dB		
Display resolution	0.001 dB		
Cursor resolution	From 0.001 dB		
Accuracy	±0.05 dB ±0.05 dB/dB		
<b>Reflectance/ORL Measurements</b>			
Automatic or manual			
Display resolution	0.01 dB		
Threshold	-11 to -99 dB in 1 dB step		

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO DE LA RED DE SUPERVISIÓN, PLANEAMIENTO Y COMPONENTES**

El diseño de una red de supervisión remota de la red de fibra óptica, proporcionan mejoras en características operativas tales como la confiabilidad de la red y detección temprana de la degradación de la planta física.

#### **3.1 Justificación del diseño**

Una de las desventajas en los sistemas de transmisión por fibra óptica es el riesgo de corte o degradación al que se expone por agentes externos tales como inundaciones, terremotos o sabotajes, etc. Es por ello la importancia de tener un sistema de supervisión remota en la planta, ya que permitirá una detección temprana y aislamiento de la falla así como intrusiones de seguridad en la forma de agresiones físicas y /o transmisión y ataques ópticos.

#### **3.2 Planificación del diseño**

Primeramente, debemos escoger un sistema de monitoreo remoto; siendo los RTU's una de las partes principales del Sistema de Monitoreo que se necesitan para tener una eficiente supervisión de la red de fibra óptica y teniendo en cuenta que los mismos son instalados en zonas que pueden ser consideradas como no atendidas por personal técnico de manera permanente, se detallan las consideraciones por el cual se escoge el RTU NQMSfiber de EXFO para dicho sistema:

- Es basada en tecnología de actualización de datos (software, redes ópticas).
- Solución abierta y puede ser aplicada a la tecnología FTTx.
- Bajos costos de operación y mantenimiento.
- Permite una interface de usuario por Web, local o remoto.
- Posee un sistema de información geográfica (GIS) se vale de varios elementos para ayudarlo a localizar las fallas y manejar las alarmas.

Se realizará el diseño del sistema de supervisión remota para la red dorsal de planta externa de fibra óptica de Telefónica del Perú (TdP).

Por tanto, para el diseño del sistema de supervisión remota de la planta de fibra óptica para esta zona tendremos las siguientes consideraciones:

- El rango dinámico de un OTDR de largo alcance de 40 a 42 dB que utilizaremos para nuestro diseño permite el monitoreo hasta distancias máximas de 120 a 140 Km de fibra óptica.
- Existen Centrales o nodos de alambre en la fibra óptica nacional, sobre la cual se instalará nuestro sistema de supervisión, los cuales están separados en promedio de 90km a 100Km de distancia, solo existen pocos casos con separaciones de 140 a 150 Km.
- De acuerdo a esto, se colocará una unidad remota de prueba (RTU) cada 02 ó 03 centrales o centros de alambre, para que el monitoreo sea en ambos sentidos, y logre cubrir toda la extensión de la red de cables de fibra óptica.
- Se monitorea una fibra oscura o dos por cable de fibra óptica ya que el cable y sus fibras ópticas en su interior, son vulnerables a los daños externos. Asimismo, se estima que una fibra dentro de un cable puede detectar en promedio más del 90% de las fallas imprevistas como cortes del cable, con lo cual se reducen gastos en comparación del método de supervisión remota a través de la fibra activa.
- Para el caso del monitoreo de rutas muy extensas (más de 140 Km.), se colocará las 02 RTUs en ambos extremos de la ruta, de tal manera, que el monitoreo de ambos equipos se solapen o intercepten, a fin de cubrir toda la ruta de supervisión.
- La comunicación de los diferentes elementos del Sistema de Supervisión (Unidades Remotas de Prueba con el Servidor Central), será principalmente a través de la red LAN / WAN, o a través de asignación de E1s en las redes de transmisión (anillo SDH u otros) del operador de telecomunicaciones. Estas redes de comunicación serán respaldadas con sistemas de radio enlaces o de fibra óptica.

### **3.3 Perfil del diseño del sistema de supervisión remota**

Con los valores de longitudes y atenuaciones totales de los cables a monitorear de TdP, se determinó un total de 21 Unidades Remotas de Prueba (RTUs) instaladas y distribuidas estratégicamente a nivel nacional, la mayoría están interconectadas a través de la Red Corporativa (LAN/WAN), y otras instalaciones a una Red SDH de Transmisiones.

A continuación se muestra los diagramas (figuras 3.1 a 3.4) con las rutas a nivel nacional, con la ubicación de los RTUs las distancias entre oficinas centrales o nodos y el radio de acción



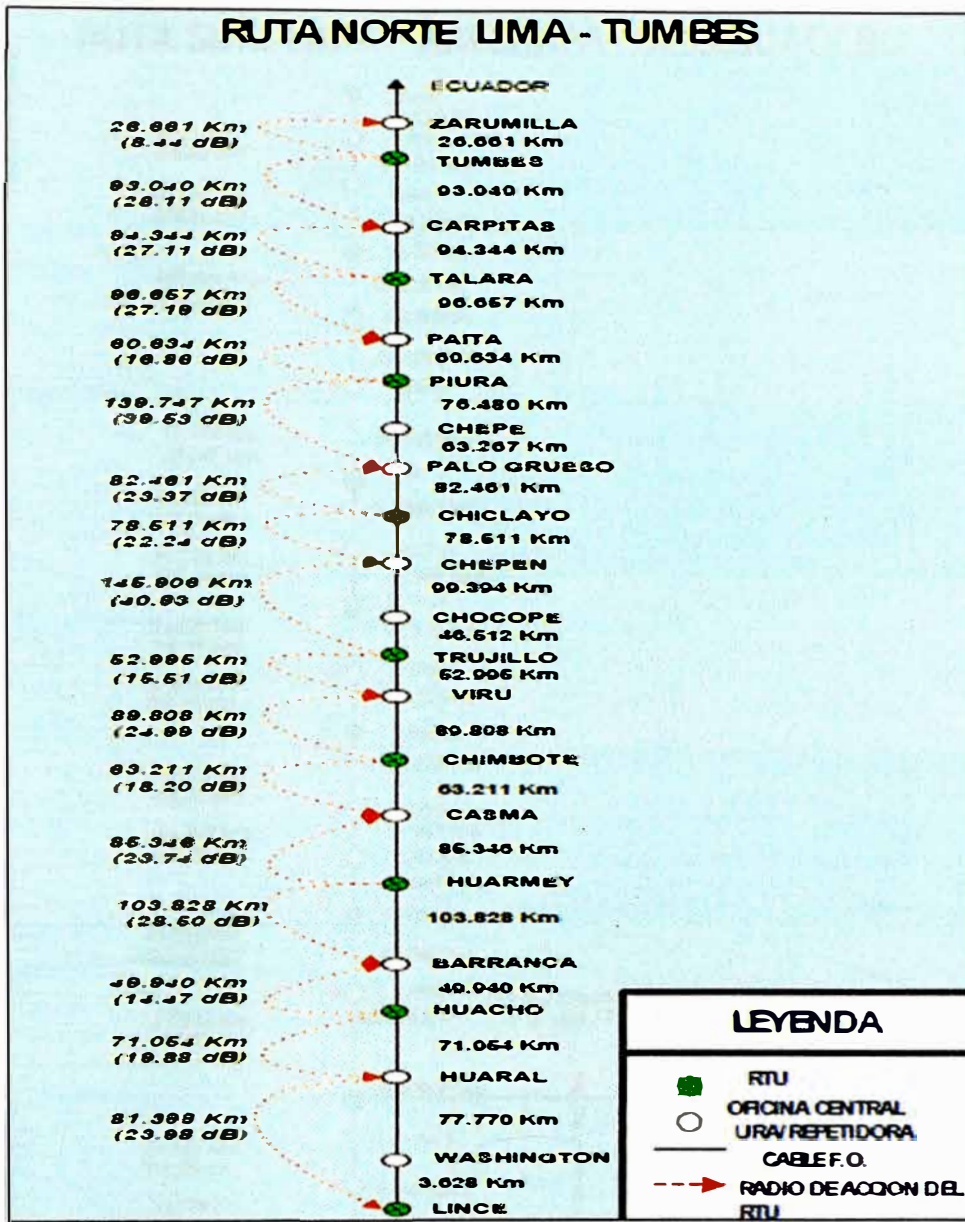


Figura 3.1 Diagrama Ruta norte

Fuente: Elaboración propia

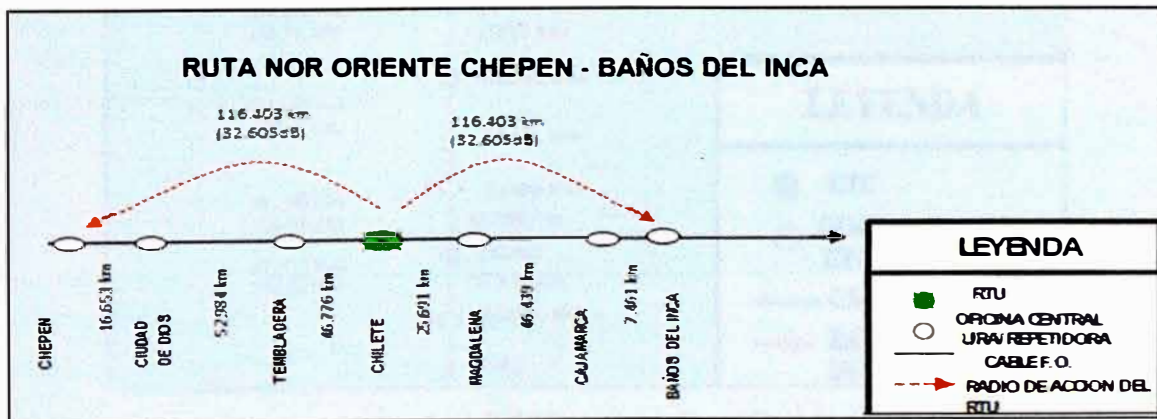


Figura 3.2 Diagrama Ruta Nor oriente Chepen- Baños del Inca

Fuente: Elaboración propia

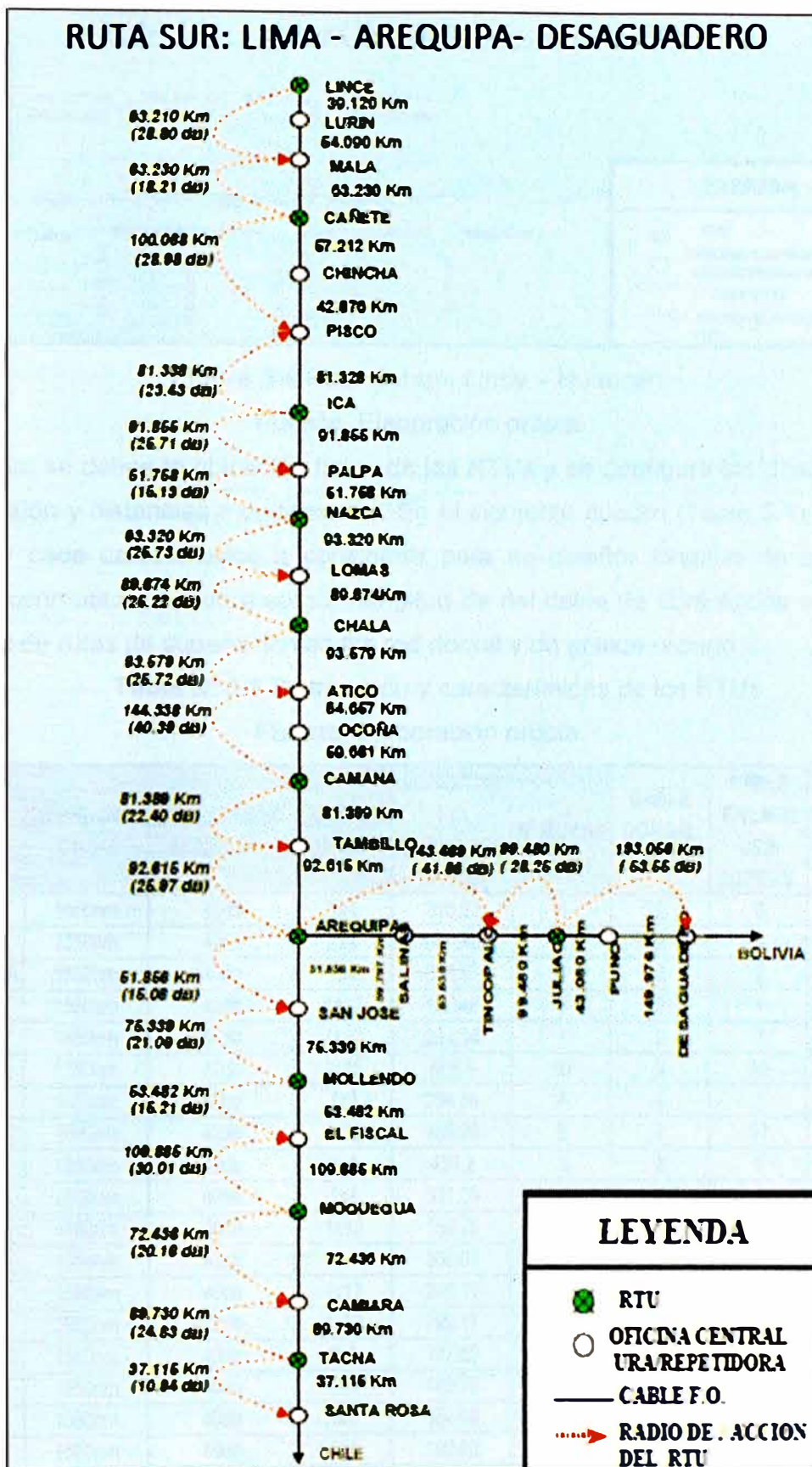
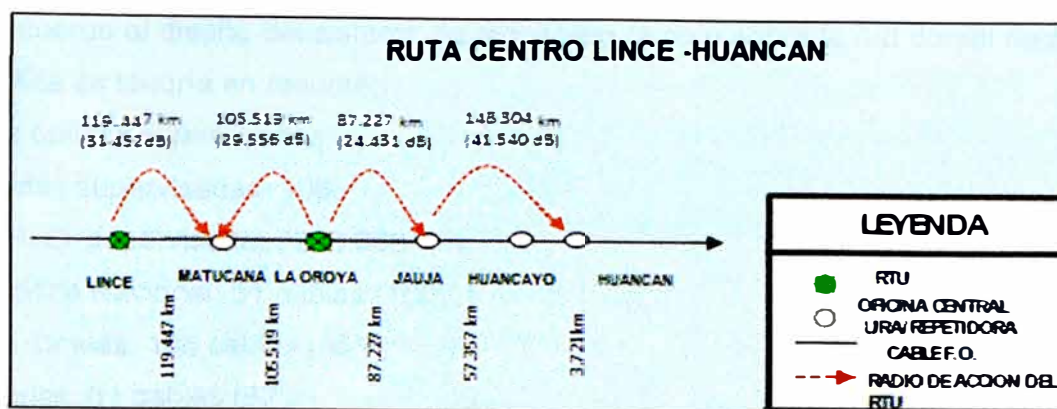


Figura 3.3 Diagrama Ruta Sur

Fuente: Elaboración propia



**Figura 3.4** Ruta Centro: Lince – Huancan

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, se define la ubicación física de las RTUs y se configura las diferentes rutas de supervisión y distancias monitoreadas. En el siguiente cuadro (Tabla 3.1) se muestra los RTU y cada característica a considerar para su diseño: longitud de onda, rango dinámico, conmutador óptico a utilizar, longitud de del cable de fibra óptica supervisada, la cantidad de rutas de supervisión en las red dorsal y de enlace urbano

**Tabla N° 3.1** Distribución y características de los RTUs

Fuente: Elaboración propia

RTU	OTDR(LONG ONDA)	OTDR(RANGO DINAMICO)	CONMUT. OPTICO	LONGITUD F.O. SUPERVISADA (Km)	N° RUTAS	CABLE DORSAL SUPERV.	CABLE ENLACE URB SUPERV.	CABLE ENTRONQU ESSUPERV.
HUARMEY	1550nm	40db	1x4	318.62	4	2	0	3
JULIACA	1550nm	42db	1x4	426.968	4	2	0	2
MOQUEGUA	1550nm	40db	1x4	308.57	4	2	2	2
PIURA	1550nm	42db	1x12	162.48	5	3	4	1
TACNA	1550nm	40db	1x12	214.14	7	2	2	4
TRUJILLO	1550nm	42db	1x12	656.1	10	3	10	5
CAÑETE	1550nm	42db	1x4	294.56	4	4	1	2
AREQUIPA	1550nm	42db	1x12	486.96	8	4	17	6
CAMANA	1550nm	42db	1x4	434.2	3	3	1	4
CHALA	1550nm	42db	1x4	331.09	4	3	1	2
CHIMBOTE	1550nm	40db	1x12	158.78	3	2	1	0
HUACHO	1550nm	42db	1x4	359.01	4	2	2	1
ICA	1550nm	40db	1x12	240.11	6	2	4	4
LINCE	1550nm	42 db	1x12	799.17	12	1	89	6
MOLLENDO	1550nm	40db	1x4	197.65	3	2	0	5
NAZCA	1550nm	40db	1x4	149.75	2	2	0	1
TALARA	1550nm	40db	1x4	354.69	4	3	2	1
TUMBES	1550nm	40db	1x4	180.92	4	3	1	2
CHICLAYO	1550nm	42db	1x12	384.07	8	2	13	2
CHILETE	1550nm	40db	1x4	199.86	2	0	2	1
LA OROYA	1550nm	42db	1x12	618.97	7	4	5	7
TOTAL				7276.668	108	51	157	61



De acuerdo al diseño del sistema de monitoreo remoto sobre la red dorsal nacional de fibra óptica se tendría en resumen:

Enlaces ópticos supervisados:

Nº de rutas supervisadas: 108.

Km de F. O. supervisada: 7276.668 Km

Fibra Óptica Nacional: 51 cables (100%)

Enlaces locales: 108 cables (55%)

Entronques: 61 cables (52%)

### 3.4 Esquema de acceso del RFTS a través de la red WAN/LAN y red SDH

Para la comunicación de las unidades remotas (RTU) con el servidor del sistema (TSC), Se configuró un total de 17 RTUs con acceso a la red LAN / WAN de TdP y 04 RTUs con acceso a la red de transmisión SDH.

En la figura 3.5 se visualiza la topología de red de comunicación de los RTUs con el TSC ubicado en Surquillo, a través de la red WAN/LAN de TdP (17 RTUs conectados) y a través de red de transmisión SDH (4 RTUs). Asimismo, en la tabla N° 3.2 se muestra la distribución de direcciones IPs para cada elemento de red.

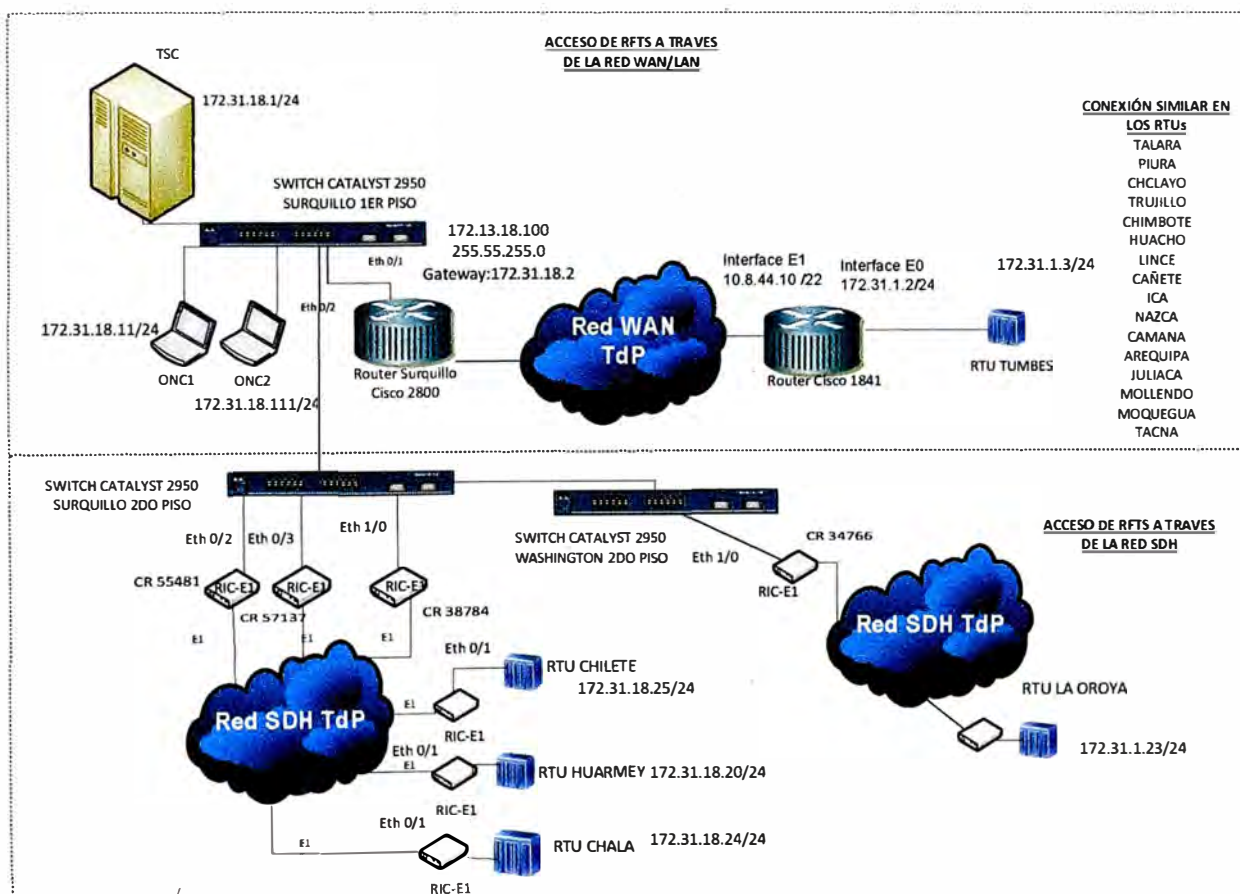


Figura 3.5 Esquema de acceso del RFTS

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.2 Distribución de direcciones IP

Fuente: Elaboración propia

Sitios (RTU)	Router Interface	IP	Subnet mask	Gateway
Tumbes	RTU	172.31.1.3	255.255.255.0	172.31.1.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.1.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.140.1	255.255.255.0	10.226.140.5
Talara	RTU	172.31.2.1	255.255.255.0	172.31.2.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.2.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.142.1	255.255.255.0	10.226.142.5
Piura	RTU	172.31.3.1	255.255.255.0	172.31.3.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.3.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.134.1	255.255.254.0	10.226.134.5
Chiclayo	RTU	172.31.4.1	255.255.255.0	172.31.4.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.4.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.136.1	255.255.254.0	10.226.136.5
Trujillo	RTU	172.31.5.1	255.255.255.0	172.31.5.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.5.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.132.1	255.255.254.0	10.226.132.5
Chimbote	RTU	172.31.6.1	255.255.255.0	172.31.6.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.6.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.138.1	255.255.254.0	10.226.138.5
Huarmey	RTU	172.31.18.20	255.255.255.0	172.31.18.2
	RIC E1			
Huacho	RTU	172.31.7.1	255.255.255.0	172.31.7.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.7.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.59.1	255.255.255.0	10.226.59.5
Lince	RTU	172.31.8.1	255.255.255.0	172.31.8.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.8.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.48.1	255.255.254.0	10.226.48.5
Cañete	RTU	172.31.9.1	255.255.255.0	172.31.9.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.9.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.211.1	255.255.255.0	10.226.211.5
Ica	RTU	172.31.10.1	255.255.255.0	172.31.10.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.10.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.210.1	255.255.255.0	10.226.210.5
Nazca	RTU	172.31.11.1	255.255.255.0	172.31.11.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.11.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.213.1	255.255.255.0	10.226.213.5
Chala	RTU	172.31.18.24	255.255.255.0	172.31.18.2
	RIC E1			
Camana	RTU	172.31.12.1	255.255.255.0	172.31.12.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.12.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.172.1	255.255.255.0	10.226.172.5
Arequipa	RTU	172.31.13.1	255.255.255.0	172.31.13.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.13.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.181.1	255.255.255.0	10.226.181.5
Mollendo	RTU	172.31.14.1	255.255.255.0	172.31.14.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.14.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.174.1	255.255.255.0	10.226.174.5
Moquegua	RTU	172.31.15.1	255.255.255.0	172.31.15.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.15.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.175.1	255.255.255.0	10.226.175.5
Tacna	RTU	172.31.16.1	255.255.255.0	172.31.16.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.16.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.168.1	255.255.254.0	10.226.168.5
Juliaca	RTU	172.31.17.1	255.255.255.0	172.31.17.2
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.17.2	255.255.255.0	
	CISCO 1841-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.177.1	255.255.255.0	10.226.177.5
La Oroya	RTU	172.31.18.23	255.255.255.0	172.31.18.2
	RIC E1	172.31.22.2		
Chilote	RTU	172.31.18.25	255.255.255.0	172.31.18.2
	RIC E1			
Sitio Central (TSC)	TSC	172.31.18.1	255.255.255.0	172.31.18.2
	CISCO 2800-R Ethernet Interface 1 to RTU	172.31.18.2	255.255.255.0	
	CISCO 2800-R Ethernet Interface 2 to HUB (TDP)	10.226.120.1	255.255.248.0	10.226.120.5
ONC 1	Local Surquillo	172.31.18.11	255.255.255.0	172.31.18.2
ONC 2	Local Surquillo	172.31.18.10	255.255.255.0	172.31.18.2
ONC 3	Local Surquillo	172.31.18.12	255.255.255.0	172.31.18.2

### **3.5 Umbrales de las alarmas del OTDR**

Para la determinación de los umbrales de alarmas en el monitoreo de la Red Dorsal (mediciones reflectométricas), se determinan los siguientes rangos para los nuevos eventos que serán detectados por el sistema):

- Alarma Menor entre 0.10 dB a 1.0 dB
- Alarma Mayor entre 1.0 a 3.0 dB
- Alarma Critica mayor a 3.0 dB (alta atenuación o corte de la fibra óptica)

**CAPÍTULO IV**  
**ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

En el presente capítulo se muestra la estructura de costos del proyecto integral.

**4.1 Presupuesto**

Las tablas siguientes (Tabla N° 4.1 a N° 4.5) listan los precios por instalación y suministros.

**TABLA N° 4.1 Costo de Elementos de la red de gestión**

**Fuente:** Cotización EXFO NQMS fiber

<b>Management Network</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario (\$)</b>	<b>P. Total (\$)</b>
<b>Router Cisco 1800 Series</b> -Cisco 1841 2 puertos de 256 MB con cable Router W / wic-1dsu-t1-v2.	17	379.43	6,450.31
<b>Router Cisco Cisco 2800 Series</b> - Cisco 2811 Serie 2 puertos de red Ethernet Router 800-26920-04 + 64 Mb Card	1	320.00	320.00
<b>Switches cisco</b> - Cisco Catalyst 2950 Series Ws-c2950-24 10/100 Ethernet de 24 puertos conmutador de red # 2	3	260.00	780.00
<b>RICi-E1</b> - Fast Ethernet over E1 NTU	8	99.00	792
<b>TOTAL</b>			<b>8,342.31</b>

TABLA N° 4.2 Costo del equipamiento NQMSfiber Data Collection Center and GIS

Fuente: Cotización EXFO NQMS fiber

NQMSfiber Data Collection Center and GIS	Cantidad	P. Unitario (\$)	P. Total (\$)
<b>Servidor NQMSfiber DCC (TSC)</b> -Server platform running LINUX Red Hat 4.0 OS -Rack-mount unit -GIGABIT Ethernet Interface- single port -PCIX modem cards (2) - 8 ports -Dual redundant power supplies -RAID 0,1	1	8,995.50	8,995.50
<b>UPS</b> -AC Uninterruptible Power Supply (UPS) for DCC power back-up	1	1,080.00	1,080.00
<b>Data Collection Center NQMS Software</b> -NQMSfiber client-server application software -Eight (8) NQMSfiber client access license (RTUs, AWs)	1	30,600.00	30,600.00
<b>OSP GIS Mapping</b> - OSPInsight - Outside Plant Manager-Edit for MapInfo, Network Assets Management software and 1 license - Map Info Professional Software license version 8.5 , OSPInsight GIS engine , TAB file formats	1	109.445	109.445
<b>TOTAL</b>			<b>40,784.50</b>

TABLA N° 4.3 Costo del equipamiento RTU

Fuente: Cotización EXFO NQMS fiber

Remote Test Equipment	Cantidad	P. Unitario (\$)	P. Total (\$)
<b>RTU-720-003L-16-89-DC-RK19</b> Sixteen (16) optical ports , FC-UPC - 1550nm wavelength - OTDR dynamic range 41dB, 1.5m EV.DZ. - Two (2) Ethernet 10-100MBS ports - Dial-up modem (1) - Power input -48VDC - 19" rack-mount accessories	09	29,520.00	265,680.00
<b>RTU-720-003L-08-89-DC-RK19</b> Eight (8) optical ports , FC-UPC - 1550nm wavelength - OTDR dynamic range 41dB, 1.5m EV.DZ. - Two (2) Ethernet 10-100MBS ports - Dial-up modem (1) - Power input -48VDC and 19" rack-mount	12	29,520.00	354,240.00
<b>Test Jumpers - set of 8</b> FC-UPC - Length 3m	21	684.00	14,364.00
<b>19' Rackmount-Cabinet</b>	21	1,481.00	31,101.00
<b>TOTAL</b>			<b>665,385.50</b>



TABLA N° 4.4 Costo de estaciones de trabajo (ONC)

Fuente: Cotización EXFO NQMS fiber

Client Workstation	Cantidad	P. Unitario (\$)	P. Total (\$)
<b>AW-SM1-WV</b> -APU AMD Dual Core E1 2100 1,0 GHz Memoria RAM: 4 GB DDR3	3	464.29	1,392.87
<b>AW Software License</b> -User Interface - thick client, price per seat - Read-write NQMSfiber database access	3	3,780.00	11,340.00
<b>TOTAL</b>			<b>12,732.87</b>

La suma total en equipamiento, software y licencias a instalar da un total de 727,245.18 dólares.

#### 4.2 Evaluación de la solución

Se realizará una evaluación de la calidad y económica de la solución propuesta.

##### 4.2.1 Evaluación de la calidad

Es importante tener en cuenta la calidad en la gestión de una red de transporte, ya que nos permitirá evaluar la confiabilidad y disponibilidad de la red, los cuales nos permitirán evaluar, tanto la situación actual de la planta como la solución propuesta. Los indicadores obtenidos en las diferentes situaciones se comparan para evaluar las ventajas de esta solución y su impacto. En la Tabla N° 4.5 se puede apreciar el tiempo de reparación medio (MTTR) en horas en las redes dorsales de fibra óptica Nacional (FON) en TdP correspondientes a averías detectadas por los sistemas de transmisión convencionales es en promedio 11 horas aproximadamente. Las redes de Enlace urbano y acceso demoran en repararse en más de 13 horas.

TABLA N° 4.5 Valores de MTTR por año

Fuente: Telefónica del Perú

Etiquetas de fila	2011		2012		2013	
	Cant. Averias	MTTR (HORAS)	Cant. Averias	MTTR (HORAS)	Cant. Averias	MTTR (HORAS)
ACCESO	16	18.29	33	18.32	44	17.76
DORSAL FON	45	10.44	50	11.75	43	11.61
ENLACE URBANO	20	16.29	24	16.51	18	13.03
<b>Total general</b>	<b>81</b>	<b>15.00</b>	<b>107</b>	<b>15.53</b>	<b>105</b>	<b>14.13</b>

Por ejemplo, de las estadísticas del 2011 en la red Dorsal FON, el MTTR es de 10.4 horas en 45 averías, este periodo de reparación de la avería comprende un conjunto de

actividades involucradas y sus duraciones en promedio, los cuales son mostrados en el siguiente cuadro.

**TABLA N° 4.6** Actividades involucradas en la avería de la red FON año 2013

**Fuente:** Telefónica del Perú

	2011	2012	2013
<b>Plataforma de supervisión sin RFTS</b>			
Detección de alarma (Equipos de TMS, red datos-empresariales ,CATV, etc) y diagnóstico de origen del problema	2.20	2.80	2.80
Se determina avería en la planta externa de fibra óptica. Llegada ODF más cercano a la falla del personal de mantenimiento correctivo	2.90	3.00	3.20
Ubicación física de la falla a través de mapas o registros y desplazamiento al lugar de la falla.	1.50	1.76	1.40
Reparación de la fibra ( empalme de hilos , canalización o cámara afectada, tendido bobina )	2.60	2.80	2.60
Verificación de fibras reparadas y restablecimiento de servicios	1.20	1.34	1.60
<b>Duración total (horas)</b>	<b>10.40</b>	<b>11.70</b>	<b>11.60</b>

Como se puede observar estas actividades comprenden desde la detección de la falla a través de las alarmas en distintas redes (Equipos de transmisión, red de datos empresarial, CATV, etc) hasta la verificación de las fibras reparadas y restablecimiento de los servicios. Si bien es cierto que el tiempo de reparación puede variar de acuerdo al tiempo de acceso a la ubicación geográfica del cable averiado, así como el tiempo que toma realizar las pruebas para diagnosticar el origen del problema y descartar alguna falla en algún equipo de transmisión y el tiempo de reparación de la avería del cable , la canalización o cableado aéreo, etc; se puede hacer una comparación con respecto a la tabla N° 4.7 ,en la cual se muestra los tiempos típicos de las actividades involucradas en la actuación ante una avería de corte de fibra óptica utilizando la plataforma RFTS , para lo cual se considera un rango de valores de tiempo estimados de ubicación de falla en sitio, de reparación y de verificación, en base al histórico mostrado en la tabla N° 4.6. De acuerdo a ello, los tiempos estimados de atención disminuyen, ya que proporcionará de manera inmediata la ubicación geográfica de la falla (6minutos aproximadamente), prescindiendo de las pruebas de descarte en la planta interna (ODF, equipos de transmisión etc).

**TABLA N° 4.7** Tiempos estimados con RFTS en una avería

Fuente: ntestinc.com

Plataforma de supervisión con RFTS	Duración Estimada (Horas)
Detección de alarma en sistema de supervisión y Localización de la falla en el sistema	0.10
Ubicación de la falla por personal de mantenimiento	3.00 ±0.5
Reparación de la fibra ( empalme del hilo de fibra del cable)	2.67±0.2
Verificación de fibras reparadas y restablecimiento de servicios	1.38±0.3
Duración total (horas)	7.15±1.0

Comparando la duración total promedio de la tabla N° 4.6 (11.23 horas) con la duración total en la tabla N° 4.7, se observa un reducción en el tiempo de reparación del cable de la red dorsal, utilizando el sistema de supervisión de por lo menos un 45%

#### 4.2.2 Evaluación económica

Para evaluar económicamente la solución se realiza una estimación de la pérdida económica en la empresa cuando hay interrupción de servicio debido a las averías en la red dorsal de fibra óptica. Sólo se van a considerar los servicios afectados tales como telefonía fija, móvil, banda ancha fija y móvil.

En telefonía fija y móvil para el cálculo del lucro cesante se hace la estimación del tráfico que se deja de percibir, obtenido de los históricos de los gestores de la red fija (SGT) y móvil, multiplicado por una tarifa promedio para las llamadas locales, larga distancia nacional e internacional (tarifa promedio de llamada local, larga distancia nacional e internacional a considerar es de 0.08 soles, 0.6 soles y 2.15 soles respectivamente, para el caso de tarifa promedio de telefonía móvil en la modalidad prepago considerada es de s/. 0.294 soles el minuto).

De manera similar para los servicios de banda ancha fija y móvil, se calcula de manera mensual, el tráfico mensual por cliente multiplicado por la cantidad de clientes afectados, la duración de los incidentes o averías y el costo por Terabyte. Por lo tanto, en la tabla N° 4.8, se muestra los montos estimados de las pérdidas económicas por

interrupción de estos servicios debido a las averías en la red dorsal de fibra óptica nacional. Asimismo, en la tabla N° 4.9 se muestra el impacto económico de los servicios de telefonía fija y telefonía móvil por mes en el año 2013.

**TABLA N° 4.8** Impacto económico averías red Dorsal de fibra óptica

**Fuente:** Telefónica del Perú

Cantidad de averías	Pérdida económica(soles) 2013	Telefonía fija	Banda Ancha Movil (BAM)	Banda ancha Fija (BAF)	Telefonía Móvil
43	1105772.1	18225.6	23469.7	1035078.7	28998.1

Haciendo un prorrateo del presupuesto de la solución dentro de 10 años (tiempo estimado de vida útil del sistema) se estima una inversión anual de 72,724.5 dólares (203,628.6 soles anuales), por tanto haciendo una comparación con respecto al año 2013, se tiene un ahorro de 902,143.5 soles.

**TABLA N° 4.9** Impacto económico averías red Dorsal de fibra óptica

**Fuente:** Telefónica del Perú

Mes	Cantidad de averías	Telefonía móvil	Telefonía fija
		Pérdida (soles)	Pérdida (soles)
1	3	3340.78	1075.2
2	8	4319.36	2105.7
3	2	3785.84	992.9
4	2	2720.48	1097.4
5	2	2591.9	939.1
6	9	3064.95	3345.6
7	4	1064.87	1184.5
8	3	1822.8	1034.7
9	3	1921.88	1288.3
10	2	647.09	1080.5
11	4	3058.15	1268.4
12	1	660	2813.3
<b>Total general</b>	<b>43</b>	<b>28998.1</b>	<b>18225.6</b>

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

De acuerdo a lo descrito en el informe, se concluye que:

1. El diseño propuesto del sistema de supervisión remota de la red Dorsal de fibra óptica mejorará la eficiencia en el mantenimiento, lo cual se va reflejar en los indicadores de desempeño, tales como el MTTR el cual se reducirá en por lo menos un 45 %.
2. EL sistema de gestión de alarmas en las redes dorsales de fibra óptica propuesto mejorará en la detección, ubicación y aislamiento de una avería.; ya que proporcionará detección, ubicación exacta de los eventos ocurridos en los cables de fibra óptica, para una rápida actuación.
3. . El sistema de supervisión remota y monitoreo de redes de fibra óptica proporciona información continua del estado de la red minimizando los costos por cortes de los cables a través de acciones preventivas para evitarlos.

## **Recomendaciones**

De acuerdo a lo descrito en el informe, se recomienda lo siguiente:

1. El software para realizar la supervisión remota debe ser utilizado por personas capacitadas, puesto que un mal manejo del mismo podría causar datos erróneos o en todo caso, las alarmas presentadas no ser interpretadas correctamente.
2. Verificar durante la instalación de los equipos que las conexiones estén realizadas correctamente, esto es debido a que una mala conexión ocasionaría reportes de alarmas incorrectos o en todo caso ficticias ya que no se estaría realizando una medición correcta.
3. Para un óptimo funcionamiento del sistema es necesario realizar un mantenimiento en forma integral y periódica por personal calificado a fin de mantener operativos los sistemas a un cien por ciento.



**ANEXO**  
**INFORMACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS**

## Información técnica Convertidor de Routers Cisco

Información General Cisco 2811	
Tipo de Producto :	Router de servicios integrados
Número de Pieza de	CISCO2811
Fabricante :	
Dirección Web de Fabricante :	<a href="http://www.cisco.com">www.cisco.com</a>
Fabricante :	Cisco Systems, Inc
Nombre de Producto :	Router 2811
Gama de Producto :	2800
Nombre de Marca :	Cisco
Interfaces/Puertos	
Interfaces/Puertos :	2 x RJ-45 10/100Base-TX 10/100Base-TX LAN 1 x Auxiliar Gestión 1 x Consola Gestión 2 x USB
Número de Puertos :	2
Fast Ethernet Port :	Si
Expansiones E/S	
Ranuras de Expansión :	(2 Total) AIM (4 Total) HWIC (1 Total) NME (2 Total) PVDM
Número de Ranura de Expansión :	9
Gestión y protocolos	
Protocolos :	TCP/IP SNMP v3
Gestión :	Router Cisco y Security Device Manager (SDM) Cisco Call Manager Express (CME ) Simple Network Management Protocol (SNMPv3)

<b>Información General Cisco 1841</b>	
Tipo de Producto :	Router de servicios integrados
Número de Pieza de Fabricante :	CISCO1841
Dirección Web de Fabricante :	www.cisco.com
Fabricante :	Cisco Systems, Inc
Nombre de Producto :	Router 1841
Gama de Producto :	1800
Nombre de Marca :	Cisco
<b>Interfaces/Puertos</b>	
Interfaces/Puertos :	2 x RJ-45 10/100Base-TX 10/100Base-TX LAN 1 x Consola Gestión 1 x Auxiliar Gestión 1 x USB
Número de Puertos :	2
Fast Ethernet Port :	Si
<b>Expansiones E/S</b>	
Ranuras de Expansión :	(1 Total) AIM (2 Total) Ranura de Expansión
Número de Ranura de Expansión :	3
<b>Gestión y protocolos</b>	
Protocolos :	? TCP/IP ? SNMP
<b>Memoria</b>	
Memoria Flash :	32 MB
Memoria Máxima :	384MB
Memoria Estándar :	128MB
Tecnología :	DRAM
<b>Descripción de la Alimentación</b>	
Voltaje de Entrada :	? 110V AC ? 220V AC
Fuente de Corriente :	Fuente de alimentación
Frecuencia :	50 Hz o 60 Hz
Corriente de entrada :	1,5A
Consumo de Corriente :	50W Máx.
Rango de Voltaje de Entrada :	100V AC a 240V AC
<b>Condiciones Ambientales</b>	
Humedad :	10 a 85% sin condensación en funcionamiento

## Información técnica Convertidor de Switch Cisco

### Cisco Catalyst WS-C2950-24 24-Ports External Switch



The Cisco Catalyst 2950-24 is a member of the Cisco Catalyst 2950 Series switches, and is a standalone, fixed-configuration, managed 10/100 switch providing user connectivity for small to mid-sized networks. This wire-speed desktop switch comes with Standard Image (SI) software features and offers Cisco IOS functionality for basic data, video and voice services at the edge of the network.

#### Product Identifiers

Brand: Cisco

Model: 2950-24

MPN: WS-C2950-24

#### Key Features

Form Factor: External

Ports Qty: 24

Data Transfer Rate: 100 Mbps

Data Link Protocol: Ethernet, Fast Ethernet

Compatibility: PC

#### Features

Other Features: Full duplex capability, auto-sensing per device, auto-negotiation, VLAN support, manageable

Status Indicators: Link activity, port transmission speed, port duplex mode, link OK, network utilization %

#### Networking

Networking Type: Switch

Connectivity Technology: Wired

Switching Protocol: Ethernet

Remote Management Protocol: RMON, SNMP, SNMP 2

MAC Address Table Size: 8K entries

#### Connectors

Interfaces: 1 x management - RS-232C - RJ-45, 24 x network node - Ethernet 10Base-T/100Base-TX - RJ-45

#### Power

Power Consumption Operational: 30 Watt

Power Source: AC 110/220 V ( 50/60 Hz )

Power Supply: Power supply - internal

#### Memory

Flash Memory: 8 MB flash

RAM Memory: 16 MB



## Información técnica Convertidor de Fast Ethernet a E1/T1



- Wire-speed packet forwarding
- 4 levels of QoS, based on four VLAN priority queues in accordance with 802.1p and IP Precedence
- Inband and out-of-band management access via ASCII terminal, Web browser, Telnet, or SNMP
- Plug-and-play using DHCP client
- VLAN stacking and tagging, keeping Ethernet user traffic completely separate from management data, while maintaining user VLAN settings intact

RiCi-E1 and RiCi-T1 are intelligent converters connecting Fast Ethernet LANs over full or fractional E1 or T1 circuits. They enable service providers and ISPs to supply transparent Ethernet services, without interfering with user traffic.

RiCi-E1 and RiCi-T1 comply with RAD's unique set of EtherAccess™ features. This feature set provides services and carrier backhaul applications over low and high-speed SDH/SONET and PDH circuits, from fractional and full E1/T1 or E3/T3 over STM-1/STM-4 to Gigabit Ethernet.

RiCi-E1 and RiCi-T1 are equipped with one E1/T1 port and one 10/100BaseTx port. Packets are forwarded from the Ethernet network to the TDM network at wire-speed, fully utilizing the expensive TDM circuit bandwidth.

The VLAN Priority bits (802.1p) and IP Precedence priority schemes enable users to define four different QoS levels, according to the application requirements.

**RAD**

data communications

The Access Company

## SPECIFICATIONS

### E1 INTERFACE

**Number of Ports**  
1

**Compliance**  
G.703  
G.704

**Data Rate**  
2.048Mbps

**Line Code**  
HDB3/AMI

**Framing**  
Unframed  
Framed: G.737N

**Max Frame Size**  
1800 bytes

**Line Impedance**  
120Ω, balanced  
75Ω, unbalanced

**System Clock**  
Internal or loopback

**Diagnostics**  
Remote loopback

**Connector**  
RJ-45

### T1 INTERFACE

**Number of Ports**  
1

**Compliance**  
ANSI T1.403

**Data Rate**  
1.544Mbps

**Line Code**  
BB75, AMI

**Framing**  
Unframed  
Framed: D4 or E5F

**Max Frame Size**  
1800 bytes

**Line Impedance**  
100Ω, balanced

**System Clock**  
Internal or loopback

**Diagnostics**  
Remote and FDL loopbacks

**Connector**  
RJ-45

### WAN PROTOCOL

**Type**

GFP (G.8040, G.7041/Y.1303)

RAD proprietary HDLC compatible with RAD products  
Industry-standard HDLC

### ETHERNET INTERFACE

**Number of Learned MAC Addresses**  
Up to 512

**Type**

10/100 Mbps autonegotiation, full duplex

**Compliance**

Conforms to the relevant sections of IEEE 802.3 and 802.3u

**Connector**

F

### GENERAL

**Indicators**

PWR (green) – Power status

TST (yellow) – Test status

ALM (red) – Alarm status

LOS (red) – Loss of signal

ETH LINK (green) – Ethernet link status

**Power**

Wide range power supply

AC/DC: 100 to 240 VAC

or 48/60 VDC (40 to 72 VDC)

DC: 24 VDC (available only with temperature-hardened metal enclosure)

**Power Consumption**

5W

### Physical

**Plastic enclosure:**

Height: 43.7 mm (1.72 in)

Width: 220 mm (8.6 in)

Depth: 170 mm (6.7 in)

Weight: 0.5 kg (1.1 lb)

**Metal enclosure:**

Height: 43.7 mm (1.7 in)

Width: 215.5 mm (8.5 in)

Depth: 152.5 mm (6.0 in)

Weight: 0.58 kg (1.28 lb)

### Environment

**Temperature:**

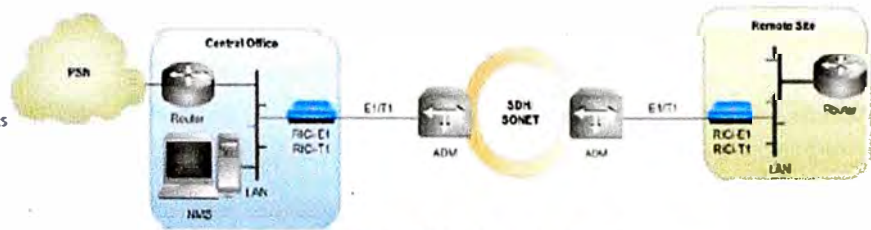
Regular unit:

0° to 50°C (32° to 122°F)

Temperature-hardened version:

-22° to 70°C (-7.6° to 158°F)

**Humidity:** Up to 90% , non-condensing



Providing Transparent LAN Services over Leased Lines

## Ordering

### STANDARD CONFIGURATIONS

**RICI-E1**  
**RICI-E1/U**

### SPECIAL CONFIGURATIONS

**RICI-E1/I/\$/?**

**RICI-T1/I/?**

*log/and*

- I** Power supply & enclosure:
  - 24** 24 VDC with temperature-hardened metal enclosure
  - 7** Temperature range:
    - H** Wide-range power supply (100 to 240 VAC or 48/60 VDC) with temperature-hardened plastic enclosure

**Note:** Only one of the above options can be selected, or neither. If neither of the above options is selected, RICI-E1/T1 is supplied with a wide-range power supply (100 to 240 VAC or 48/60 VDC), with normal temperature range.

**\$** E1 interface type:  
**U** Unbalanced E1 interface

**Note:** The unbalanced E1 option is supported via an adapter cable (CBL-RJ45/2BNC/T1, refer to Supplied Accessories).

### SUPPLIED ACCESSORIES

AC power cord  
DC adapter plug

**CBL-RJ45/2BNC/E1**  
Interface adapter for converting a balanced E1 RJ-45 connector to a pair of BNC unbalanced coaxial connectors

**Note:** The CBL-RJ45/2BNC/T1 cable is supplied with the unbalanced E1 option.

### OPTIONAL ACCESSORIES

**CBL-DB9F-DB9M-STR**  
Control port cable

**RM-33-2**  
Hardware kit for mounting one or two units in a 19-inch rack, for units with plastic enclosures

**RM-35/e**  
Hardware kit for mounting one or two units in a 19-inch rack, for units with metal enclosures

**e** Rack mounting kit type:  
**P1** Kit for mounting one unit  
**P2** Kit for mounting two units

**WM-35**  
Hardware kit for mounting one unit on a wall, for units with metal enclosures



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Antonio Martin Montes, León de la Mora Carlos, "Integración del conocimiento experto de gestión de redes (Modelo OSI): Aplicación a la gestión de averías en redes de comunicaciones", España: Académica Española, 2011.
- [2] Francisco Javier González, "Auditoria de mantenimiento e indicadores de Gestión". España, FC Editorial, 2004.
- [3] EXFO, "Oferta presupuestaria EXFO NQMS fiber", 2007.
- [4] EXFO, "Guía de usuario RFTS Fiber Visor", 2003.
- [5] Telmark, "Teoría Óptica", 2011.
- [6] Recomendación UIT-T L.40 "Sistema de soporte de mantenimiento, supervisión y pruebas de la planta exterior de fibra", 2001.
- [7] Recomendación UIT-T G.911 "Parámetros y Metodología de cálculo de la Fiabilidad y la Disponibilidad de los Sistemas de Fibra Óptica ", 1997.
- [8] <http://fitel.gob.pe/noticia-como-ha-previsto-distribucion-fibra-optica-peru.html>
- [9] <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gestionred.php><http://www.itu.int/es/ITU-R/Pages/default.aspx>
- [10] <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>
- [11] <http://exforus.ru/pdf/NQMSfiber-ang.pdf>
- [12] <http://www.rad.com/10/Fast-Ethernet-over-E1-NTU/2540/>
- [13] <http://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/828/3/CAPITULO%203.pdf>
- [14] <http://www.ntestinc.com/casestudy.html>