

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Facultad de Ciencias e Ingeniería



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN REMOTA DE LA
PLANTA EXTERNA DE FIBRA ÓPTICA PARA REDES DE
TELEFONÍA PÚBLICA EN LIMA METROPOLITANA**

Tesis para optar el título de Ingeniero Electrónico

Presentado por:
Alexander Urteaga Bonifaz

Lima – PERÚ
2007

RESUMEN

Los sistemas de supervisión remota son sistemas que permiten estar totalmente informados de cual es el estado de una red ya sea de cualquier tipo, así como también permite realizar un seguimiento de la operación de la red a través de los históricos almacenados mediante el sistema de notificación de alarmas que posee.

En diversos lugares del país se utiliza aun un sistema de supervisión eventual y no continua lo que lleva a un mayor riesgo de posibles fallas en la red debido al degradamiento de los medios de transmisión producto del tiempo y las condiciones climatológicas.

En este contexto, el objetivo principal de la presente investigación está orientado a diseñar un sistema de supervisión de la planta externa de fibra óptica para las redes de telefonía pública en Lima Metropolitana.

El presente estudio se divide en cuatro capítulos: En el primer capítulo se analiza la problemática que envuelve la supervisión de una red de fibra óptica en forma eventual y no continua. En el segundo capítulo, se definen los conceptos base así como los diversos elementos involucrados en la transmisión por fibra óptica, que nos permitirán llegar a un modelo deseado de monitoreo remoto. En el tercer capítulo, se determina el modelo a ser usado así como todas las partes por los cuales está conformado, el centro de gestión y los indicadores necesarios que nos darán a conocer el grado de satisfacción en el servicio brindado; y finalmente, en el cuarto capítulo se muestra la metodología y el procedimiento utilizado para el diseño de un sistema de monitoreo remoto y se establecen las características del sistema.

Como conclusión principal se obtiene que con un sistema de monitoreo o supervisión remota busca la mejora en los servicios de calidad y a su vez soportar la carga de tráfico de los usuarios con un servicio confiable y oportuno para una demanda cada vez más creciente de nuevos servicios futuros.

La preocupación por el hombre y su destino deben siempre formar el principal interés de todos los desafíos técnicos. Nunca olviden esto en medio de sus diagramas y ecuaciones.

Albert Einstein



Dedicado a:

**Mis padres, ejemplos de constancia y superación,
y a todas aquellas personas que con su aliento me permitieron
alcanzar mis objetivos.**

INDICE

INTRODUCCIÓN	IX
CAPÍTULO I: <u>FUNDAMENTOS TECNOLÓGICOS DE LA PLANTA EXTERNA DE FIBRA ÓPTICA Y SUPERVISIÓN REMOTA</u>	
1.1. El Avance de las Telecomunicaciones.	1
1.2. La Red de Comunicaciones.	1
1.3. La Red Pública.	2
1.4. Las Redes Telefónicas.	2
1.5. La Red Telefónica Conmutada	3
1.6. Las Centrales Telefónicas.	3
1.7. La Transmisión.	5
1.8. Aspectos Generales de la Fibra Óptica.	10
1.8.1. Atenuación.	10
1.8.2. Empalmes.	12
1.8.3. Cables de Fibra Óptica.	13
1.8.4. Conectores.	15
1.8.5. Acopladores o Adaptadores.	17
1.9. La Conmutación.	19
1.10. Gestión de la Planta Externa para Redes de Telefonía Pública en Lima Metropolitana.	20
1.11. Monitoreo remoto.	23
CAPÍTULO II: <u>PROBLEMÁTICA DE LA SUPERVISIÓN DE LA PLANTA EXTERNA DE FIBRA ÓPTICA</u>	
2.1. Variables del medio ambiente general.	24
2.1.1. Factores que miden el grado de satisfacción de los usuarios.	24
2.1.2. Diversidad de tecnologías utilizadas.	24
2.1.3. Oportunidades de mejora de las metodologías actuales.	25
2.2. Variables del medio ambiente específico.	26
2.2.1. Empresas de telefonía con uso intensivo de fibra óptica en su medio de transmisión.	26
2.2.2. Equipos y herramientas necesarias para la Supervisión de la Fibra Óptica.	26

2.2.3.	Normas que regulan las telecomunicaciones en el Perú.	27
2.3.	Variables del medio ambiente organizacional.	28
2.3.1.	Recursos humanos relacionados con la constante capacitación del personal técnico.	28
2.3.2.	Supervisión eventual y no automatizada.	29
2.3.3.	Procesos continuos y no segmentados.	29
2.4.	Factores característicos de la supervisión de planta externa de fibra óptica en nuestro país.	29
2.5.	Declaración del marco problemático.	30

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE SUPERVISIÓN Y MONITOREO DE LA FIBRA ÓPTICA

3.1.	Metodología de la Investigación.	33
3.1.1.	Nivel de Investigación.	33
3.1.2.	Tipo de Investigación.	33
3.2.	Hipótesis.	33
3.2.1.	Hipótesis Principal.	33
3.2.2.	Hipótesis Secundarias.	34
3.3.	Objetivos.	34
3.3.1.	Objetivo General.	34
3.3.2.	Objetivos Específicos.	34
3.4.	Características de la Supervisión y el Monitoreo de la Fibra.	35
3.4.1.	Supervisión.	35
3.4.2.	RFTS (Remote Fiber Test System).	37
3.4.3.	Centro de Monitoreo.	41
3.4.4.	Definiciones Operativas.	42
3.5.	Características de Algunos Sistemas de Supervisión Remota	43
3.5.1.	RTU 587 de Controles S.A.	43
3.5.2.	RTU OTU8000 de JDSU	45
3.5.3.	RTU NQMSfiber de EXFO	46
3.6.	Limitaciones del Estudio.	49
3.7.	Importancia del Estudio.	50

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN REMOTA Y MONITOREO DE LA FIBRA ÓPTICA

4.1.	Elección del Sistema de Monitoreo Remoto.	51
4.2.	Sistema Fiber Visor (EXFO).	52
4.3.	Ubicación de cada RTU en la Red de Fibra Óptica en Lima Metropolitana.	52
4.4.	Diagramas y Equipos utilizados en la Supervisión Remota.	53
4.5.	Estación Cliente de un Sistema de Monitoreo.	57
4.6.	Reporte de Alarmas.	59
4.7.	Características del sistema.	59
4.7.1.	Detección rápida y localización precisa de los fallos.	59
4.7.2.	Mantenimiento preventivo.	60
4.7.3.	Extensa documentación.	60
4.7.4.	Completo análisis a través de la web.	61
4.7.5.	Plan de trabajo y gestión de alarmas.	61
4.7.6.	Provisionamiento de servicios y prestaciones de la red DWDM.	62
4.7.7.	Flexible – Diseñado para crecer al mismo tiempo que la red.	63
4.7.8.	Efectivo – Monitorización de fibras activas y fibras oscuras.	63
4.7.9.	Seguro – Seguridad del sistema.	64
4.8.	Costos de Implementación.	64
CONCLUSIONES		66
RECOMENDACIONES		68
BIBLIOGRAFÍA		70
GLOSARIO DE TÉRMINOS		72
ABREVIACIONES		74
ANEXOS		

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1.1:	Esquema de una red telefónica	4
Figura 1.2:	Espectro de longitudes de onda de luz	7
Figura 1.3:	Atenuación por curvatura	11
Figura 1.4:	Atenuación por aumento de temperatura	11
Figura 1.5:	Empalme manual	12
Figura 1.6:	Empalme por fusión	13
Figura 1.7:	RXS de SIECOR	13
Figura 1.8:	FUJIKURA FSM 40S Y FSM40S	13
Figura 1.9:	Cable para ducto o aéreo	14
Figura 1.10:	Cables aéreos	15
Figura 1.11:	Cables de interconexión	15
Figura 1.12:	Jumper (La mitad de un Jumper es un Pigtail)	15
Figura 1.13:	Conectores Alberino	17
Figura 1.14:	Acopladores para Fibra Óptica	18
Figura 1.15:	Esquema de un distribuidor en Serie	18
Figura 1.16:	Esquema de un distribuidor en Estrella	19
Figura 1.17:	Esquema de conexión	20

CAPITULO II

Figura 2.1:	Diagrama de RTFS	26
-------------	------------------	----

CAPITULO III

Figura 3.1:	Arquitectura de un sistemas de monitoreo remoto	38
Figura 3.2:	Diagrama de prueba en fibra oscura	40
Figura 3.3:	Diagrama de prueba en fibra activa	41

CAPITULO IV

Figura 4.1:	Ubicación Geográfica de equipos del RTU	53
Figura 4.2:	Disposición de equipos del RTU	54
Figura 4.3:	Disposición de equipos RTU sin Filtro	55

Figura 4.4:	Disposición de equipos RTU con Filtro	56
Figura 4.5:	Conexión con equipos de transmisión	56
Figura 4.6:	Falla en la fibra por atenuación de señal	57
Figura 4.7:	Centro de monitoreo remoto	58
Figura 4.8:	Software utilizado para realizar la supervisión remota	60
Figura 4.9:	Ventanas de navegación para acceder a las alarmas de cada RTU	62
Figura 4.10:	Ventanas de monitoreo de fibras por cada RTU	63



INDICE DE TABLAS**CAPITULO I**

Tabla 1.1:	Tipos de Conectores Estándar para Fibra Óptica	16
------------	--	----

CAPITULO II**CAPITULO II****CAPITULO IV**

Tabla 4.1:	Calificación de RTUs por Fabricante	51
------------	-------------------------------------	----



INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones y en particular las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) tienen hoy en el mundo globalizado un poder innegable, con el transcurrir de los años se han ido descubriendo nuevas formas de comunicarse para satisfacer a usuarios cada vez más conocedores y a la vez más exigentes.

Hasta hacen muy pocos años las TIC's eran evaluadas distinguiendo diversas áreas que integraban este vasto sector, es decir la radio se estudiaba y analizaba de manera separada de la televisión, del teléfono y del Internet, e igualmente esta última era vista separada de la radio y el teléfono, se pensaba que el teléfono solo estaba hecho para comunicar voz entre distancias, y la televisión se visualizaba como un medio para la distracción vía programas y películas nacionales e internacionales.

El actual desarrollo vertiginoso de los servicios y su convergencia digital cada vez más eficiente nos crea la necesidad de visualizar a éstos en función de la principal necesidad del ser humano: comunicarse y tener acceso a la información de manera altamente confiable y continua, creando de este modo un nuevo desafío para las empresas proveedoras y fabricantes que deseen mantenerse en el mercado

La convergencia de los servicios y la necesidad de brindar medios de comunicación de calidad han determinado que en los últimos años la arquitectura de las redes de comunicaciones hayan ido evolucionando a pasos agigantados debido al desarrollo de nuevas tecnologías y al soporte de nuevos servicios. Nuevos servicios como Internet, datos, ADSL, VDSL y los que vengan en el futuro, exigirán plantas cada vez con mejores calidades de rendimiento; la planta externa de cobre, coaxial o de fibra óptica, deberán ser constantemente evaluadas y monitorizadas para garantizar los servicios a los clientes.

En la planta 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 Reflectómetro u OTDR), verificación del recorrido de los cables para prevenir cortes o deterioros por trabajos de

terceros (movimiento tierras con maquinaria pesada, excavación de zanjas, 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.

La presente investigación plantea como hipótesis que una mala Supervisión de la Planta Externa de Fibra Óptica pone en serio riesgo la continuidad operativa de una empresa de telecomunicaciones por lo que es sumamente importante entonces asociar a toda planta un adecuado sistema de Supervisión que aunado a la supervisión personal, se complete con una sistema de supervisión remota que monitoree las 24 horas del día el estado de la planta.

El objetivo del presente trabajo de investigación es diseñar un sistema de Supervisión Remota de la Planta de Fibra Óptica, utilizando para ello métodos y prácticas utilizados en las grandes Empresas de Telecomunicaciones, recomendando el uso de Sistemas de Supervisión Remota para aquellas empresas que todavía no los usan, buscando lograr con estas modernas técnicas de Supervisión la mejora de servicios que prestan en cuanto a calidad, continuidad y confiabilidad de los mismos.

La metodología empleada considera una exhaustiva investigación sobre el método utilizado en la actualidad para un sistema de supervisión remota, así como algunos estudios de gestión y manejo de alarmas de estos sistemas. Por lo tanto, la interacción con personal de empresas que poseen estas tecnologías tan avanzadas han sido importantes para poder implementar este trabajo de investigación, sobre todo en la etapa del diseño del sistema de supervisión remota denominado RFTS (Remote Fiber Test System ó Sistema de Monitoreo Remoto de Fibra) pilar sobre el cual se basan estos sistemas.

Para el desarrollo del sistema de supervisión remota de la planta externa de fibra óptica, el presente trabajo de investigación se divide en cuatro capítulos. En el primer capítulo, se definen de manera resumida y clara los conceptos base así como los diversos elementos involucrados en un sistema de transmisión de fibra óptica, se describen las áreas tecnológicas que convergen en los sistemas de comunicaciones que nos permitirán llegar a un modelo deseado de un sistema de monitoreo remoto de la planta externa de fibra óptica, los fundamentos teóricos de lo que es la fibra óptica y lo que se entiende por un monitoreo remoto; con ello, el modelo teórico queda definido.

En el segundo capítulo, se analiza la problemática que envuelve la supervisión de una red de fibra óptica en forma eventual y no continua, así como los diversos factores y variables que están inmersos dentro de un concepto global de un proceso de supervisión, que nos permitirán entender sus factores característicos y así poder determinar la problemática seguida actualmente.

En el tercer capítulo, se determina el modelo de supervisión remota a ser utilizado así como todas las partes por las cuales está conformado, determinando las características del centro de gestión y los indicadores necesarios que nos darán a conocer el grado de satisfacción en el servicio brindado por las diversas empresas, determinamos también cuales son las limitaciones que hemos encontrado para desarrollar este trabajo y se evalúa la importancia del mismo.

En el cuarto capítulo, se muestra toda la metodología y el procedimiento utilizado para el diseño de un sistema de supervisión remota y se establecen las características del sistema, los equipos a emplearse; por último, con las características establecidas y los equipos a emplear se presenta una estructura de costos con el monto aproximado de inversión para la implementación de uno de estos sistemas.

Como conclusión principal, la presente investigación establece que para la implementación de un sistema completo de monitoreo o supervisión remota es necesario una apreciada inversión económica debido al costo de los equipos, sin embargo los beneficios que se obtienen son mayores ya que se reducirán costos al no necesitar una gran cantidad de personal para realizar la supervisión de la planta externa de fibra óptica en forma eventual y manual, en razón de que se estaría realizando en forma automática y continua por los sistemas mencionados.

Para hacer mas claro y objetivo el proyecto se incluyen gráficas, cuadros y otros que permitirán un mejor entendimiento del tema.

Finalmente, con la presente investigación es posible establecer una metodología clara y sencilla, además de los elementos necesarios para tener el equipamiento adecuado que permita realizar una eficiente supervisión de una red de fibra óptica que garantice a una determinada empresa operadora la entrega de sistemas de información de convergencia digital o independientes, con aseguramiento de calidad, confiabilidad y continuidad de las mismas.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TECNOLÓGICOS DE LA PLANTA EXTERNA DE FIBRA ÓPTICA Y SUPERVISIÓN REMOTA

1.1. El Avance de las Telecomunicaciones.

En los últimos años la arquitectura de las redes públicas de telecomunicaciones han ido cambiando a pasos acelerados, trayendo consigo nuevos protocolos, nuevas tecnologías y discusiones abiertas que se dan en los FORUMs entre los diversos suministradores, que intentan introducir sus soluciones a las redes de los operadores. Los protagonistas que han generado el cambio en la arquitectura de las redes públicas, son la aparición de nuevos servicios tales como el Internet, voz sobre IP, videoconferencia, video on demand, telefonía virtual, plataformas de servicios, IPVPN, entretenimiento, entre otros.

Estos nuevos servicios como son Internet, datos, ADSL, VDSL y los que vengan en el futuro, exigirán plantas cada vez con mejores calidades de rendimiento y para ello mientras exista la planta externa de cobre, coaxial o de fibra óptica, estas deberán ser constantemente evaluadas, la planta de fibra óptica en nuestro caso, para garantizar los servicios a los clientes.

El futuro estará dado por plantas que utilicen el espectro radio eléctrico o de fibra óptica en la última milla, como medio de llegada a los clientes, sin embargo en estas plantas de distribución de igual modo se tendrá la necesidad de diseño, supervisión y mantenimiento que garanticen la calidad de los servicios ya sea por exigencias técnicas, de los organismos reguladores y básicamente por los clientes, usuarios cada vez mas informados y exigentes para los diversos servicios de comunicaciones.

1.2. La Red de Comunicaciones.

Conjunto de elementos conectados entre si en uno o mas nodos capaz de recibir / transmitir información, compartir recursos y dar servicio a usuarios.

Las redes que permiten todo esto son equipos avanzados y complejos. Su eficacia se basa en la confluencia de muy diversos componentes. El diseño e implantación de red mundial de comunicaciones es uno de los grandes 'milagros tecnológicos' de las últimas décadas [13][16].

Hasta hace poco, la mayoría de las computadoras disponían de sus propias interfaces y presentaban su estructura particular. Un equipo podía comunicarse con otro de su misma familia, pero tenía grandes dificultades para hacerlo con un extraño. Sólo los más privilegiados disponían del tiempo, conocimientos y equipos necesarios para extraer de diferentes recursos informáticos aquello que necesitaban [9][13].

En la práctica, el concepto de sistema abierto se traduce en desvincular todos los componentes de un sistema y utilizar estructuras análogas en todos los demás. Esto conlleva una mezcla de normas (que indican a los fabricantes lo que deberían hacer) y de asociaciones (grupos de entidades afines que les ayudan a realizarlo). El efecto final es que sean capaces de hablar entre sí [9].

1.3. La Red Pública.

La Red Pública es una amplia red internacional en la cual existen cientos de redes nacionales interconectadas [4]. Existen más de mil millones de teléfonos y cientos de millones de computadoras conectadas a esta red, que la utilizan para la comunicación oral, transmisión de información, servicio de facsimil y video conferencia [13].

1.4. Las Redes Telefónicas.

Existen 2 tipos de redes telefónicas, las redes públicas que a su vez se dividen en red pública móvil y red pública fija. Y también existen las redes telefónicas privadas que están básicamente formadas por un conmutador [13].

Las redes telefónicas públicas fijas, están formados por diferentes tipos de centrales, que se utilizan según el tipo de llamada realizada por el usuario. Éstas son:

- CCA – Central con Capacidad de Usuario
- CCE – Central con Capacidad de Enlace
- CTU – Central de Transito Urbano
- CTI – Central de Transito Internacional
- CI – Central Internacional
- CM – Central Mundial

Es evidente que por la dispersión geográfica de la red telefónica y de sus usuarios existen varias centrales locales, las cuales están enlazadas entre sí por medio de canales de mayor capacidad, de manera que cuando ocurran situaciones de alto tráfico no haya un bloqueo entre las centrales [13].

1.5. La Red Telefónica Conmutada.

La Red Telefónica Conmutada (RTC, también llamada Red Telefónica Básica o RTB) es una red de comunicación diseñada primordialmente para la transmisión de voz, aunque pueda también transportar datos, por ejemplo en el caso del fax o de la conexión a Internet a través de un módem acústico [10].

Se trata de la red telefónica clásica, en la que los terminales telefónicos se comunican con una central de conmutación a través de un solo canal compartido por la señal del micrófono y del auricular. La voz va en banda base, es decir sin modulación (la señal producida por el micrófono se pone directamente en el cable) [10][12].

Las señales de control (descolgar, marcar y colgar) se realizaban, desde los principios de la telefonía automática, mediante aperturas y cierre del bucle de abonado. En la actualidad, las operaciones de marcado ya no se realizan por apertura y cierre del bucle, sino mediante tonos que se envían por el terminal telefónico a la central a través del mismo par de cable que la conversación [10][12].

1.6. Las Centrales Telefónicas.

Una central telefónica es el lugar donde se manipulan y conmutan todas las llamadas telefónicas. Si la llamada es para otro teléfono en el mismo centro de conmutación, entonces se conmuta hacia dicha línea [4]. Si la llamada es para la misma localidad pero para un teléfono bajo el servicio de otro centro de conmutación, entonces la llamada se conmuta hacia la línea externa que conecte a las dos centrales. Si la llamada esta destinada hacia otras ciudades, entonces se hará una conmutación de larga distancia a través de otros tipos de enlaces de conexión [3].

En términos generales un sistema de conmutación comercial debe satisfacer los siguientes requerimientos: [2]

- Cada usuario debe poseer la capacidad de comunicarse con cualquier otro usuario.
- La velocidad de conexión no es crítica pero el tiempo de conexión debe ser pequeño comparado al tiempo de conversión.
- El sistema deberá estar disponible para el usuario en cualquier momento que quiera usarlo.

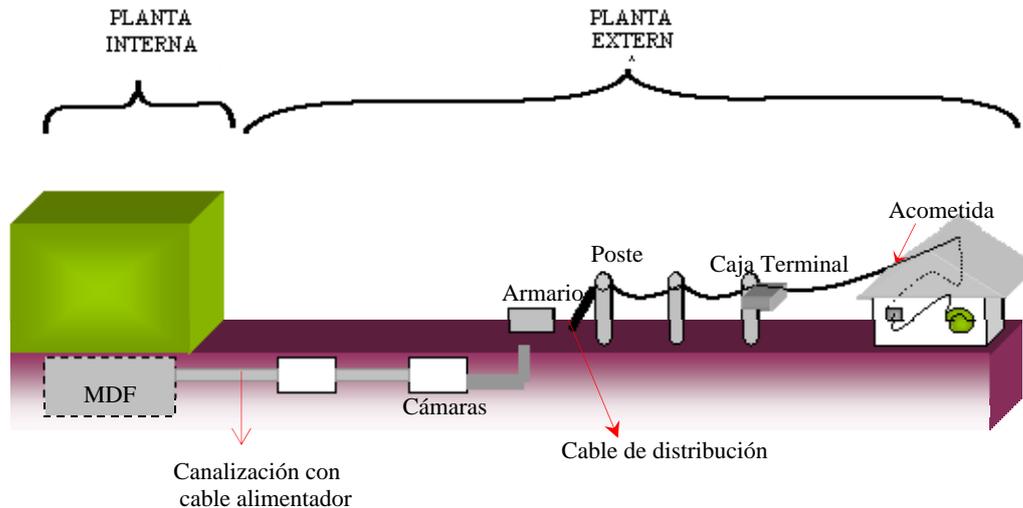


Figura 1.1: Esquema de una red telefónica

Esta conformada por los siguientes elementos:

- **Armario.-** Elemento de sub repartición que por medio de puentes, permite conectar un par con cualquier par secundario, es decir de interconexión a los cables primarios con los cables secundarios [15].
- **Distribuidor o repartidor general (MDF).-** Punto donde llegan las líneas de abonados y permite conectar hacia los equipos de conmutación. Tiene 3 funciones:
 - **Función de mezclado.-** conectar las líneas de abonados a los equipos de conmutación (ejemplo realización de instalaciones o traslados) [15].
 - **Función de protección.-** evitan entrada de sobre tensiones causados por rayos o líneas de energía eléctrica, mediante fusibles y descargadores hacia equipos de conmutación [15].
 - **Función de corte y prueba.-** permiten la inserción en las líneas para operación, gestión y mantenimiento [15].
- **Caja de distribución.-** Punto de conexión entre la red secundaria y las líneas individuales de cada abonado. Está constituida por cajas de distribución que pueden contener elementos de protección o no. Generalmente son de 10 pares. Para el caso de edificios se conocen como Cajas de Distribución Principal (CDP). Constituyen además puntos de corte para labores de operación y mantenimiento [15].
- **Líneas de conexión.-** Son los cables que van desde la caja de distribución hacia el aparato telefónico. Esta se divide en dos tramos, hasta un punto de conexión y luego continúa con un cable tipo interior en casa del abonado terminando en un conector, placa o roseta [15]. Estas se dividen en:

- **Línea de abonado.**- Enlace entre la instalación de un abonado y el centro de telecomunicación local que le proporciona los servicios necesarios [2][15].
- **Línea de acometida.**- Parte de la línea de abonado, desde la caja terminal al inmueble del abonado [2][15].
- **Línea de postería.**- Serie de postes ubicados uno a continuación de otro [15].

1.7 La Transmisión.

Se entiende como el medio físico que conduce las señales portadoras de voz o datos por la red así como también los equipos electrónicos del medio. El medio físico de transmisión puede ser aire, cable coaxial, fibra óptica, satélite, etc. Las principales áreas de desarrollo en transmisión son: [4]

- Análisis y diseño de redes de transmisión.
- Instalación y configuración de equipos de diferentes tecnologías (SDH, SONET, ATM).
- Mantenimiento de equipos e infraestructura.

1.7.1 Medios Físicos de Transmisión.

1.7.1.1 La Fibra óptica.

Fibra óptica, fibra o varilla de vidrio u otro material transparente con un índice de refracción alto que se emplea para transmitir luz. Cuando la luz entra por uno de los extremos de la fibra, se transmite con muy pocas pérdidas incluso aunque la fibra esté curvada [14].

El principio en que se basa la transmisión de luz por la fibra es la reflexión interna total; la luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra incide sobre la superficie externa con un ángulo mayor que el ángulo crítico, de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia el interior de la fibra. Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces. Para evitar pérdidas por dispersión de luz debida a impurezas de la superficie de la fibra, el núcleo de la fibra óptica está recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor; las reflexiones se producen en la superficie que separa la fibra de vidrio y el recubrimiento [14].

La fibra óptica se emplea cada vez más en la comunicación, debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información aumenta con la frecuencia. En las redes de comunicaciones se emplean sistemas de láser con fibra óptica. Hoy funcionan muchas redes de fibra para comunicación a larga distancia, que

proporcionan conexiones transcontinentales y transoceánicas. Una ventaja de los sistemas de fibra óptica es la gran distancia que puede recorrer una señal antes de necesitar un repetidor para recuperar su intensidad. En la actualidad, los repetidores de fibra óptica están separados entre sí unos 100 km frente a aproximadamente 1.5 km en los sistemas eléctricos. Los amplificadores de fibra óptica recientemente desarrollados pueden aumentar todavía más esta distancia.

Otra aplicación cada vez más extendida de la fibra óptica son las redes de área local. Al contrario que las comunicaciones de larga distancia, estos sistemas conectan a una serie de abonados locales con equipos centralizados como ordenadores (computadoras) o impresoras. Este sistema aumenta el rendimiento de los equipos y permite fácilmente la incorporación a la red de nuevos usuarios. El desarrollo de nuevos componentes electro-ópticos y de óptica integrada aumentará aún más la capacidad de los sistemas de fibra.

La transmisión de información a través de fibras ópticas se realiza mediante la modulación (variación) de un haz de luz invisible al ojo humano, que en el espectro ("color" de la luz) se sitúa por debajo del infra-rojo [14].

Si bien es invisible al ojo humano, hay que evitar mirar directamente y de frente una fibra a la cual se le esté inyectando luz, puesto que puede dañar gravemente la visión.

Las fibras ópticas presentan una menor atenuación (pérdida) en ciertas porciones del espectro lumínico, las cuales se denominan ventanas y corresponden a las siguientes longitudes de onda (λ), expresadas en nanómetros:

- Primera ventana 800 a 900 nm $\lambda_{\text{utilizada}} = 850\text{nm}$
- Segunda ventana 1250 a 1350 nm $\lambda_{\text{utilizada}} = 1310\text{nm}$
- Tercera ventana 1500 a 1600 nm $\lambda_{\text{utilizada}} = 1550\text{nm}$

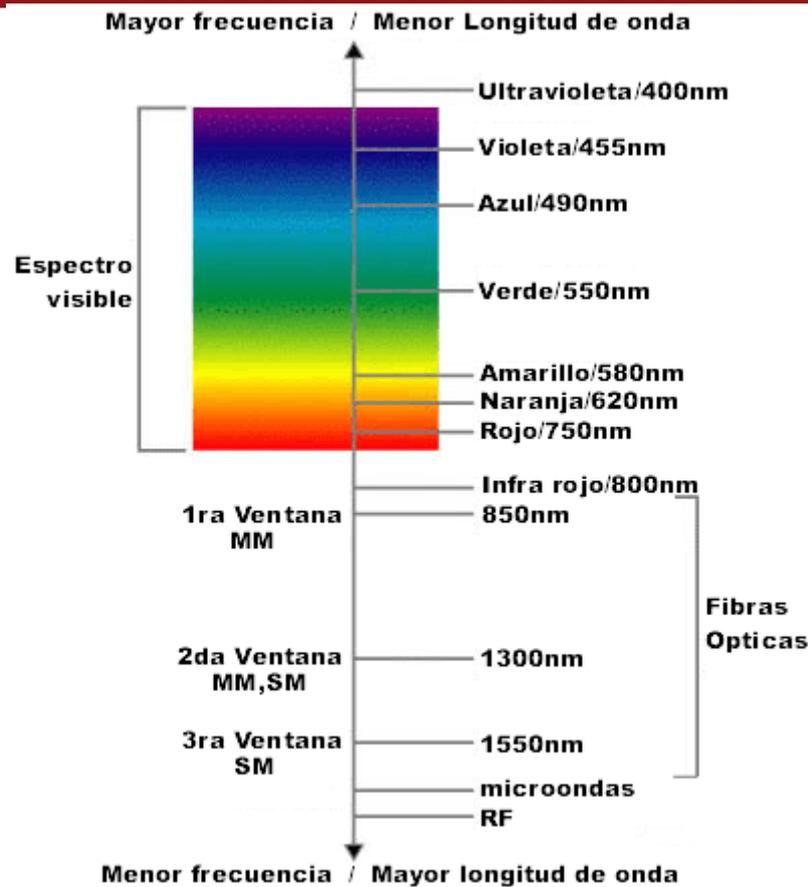


Figura 1.2: Espectro de longitudes de onda de luz

- **Láser**

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 Estimulated 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.

- **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.

a.- **Tipos de Fibra Óptica:**

i.- **Fibra Monomodo:**

Potencialmente, esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/Km. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar. El dibujo muestra que sólo pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la Fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "monomodo" (modo de propagación, o camino del haz luminoso, único). Son fibras que tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unos 5 a 8 mm. Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo de índice escalonado. Los elevados flujos que se pueden alcanzar constituyen la principal ventaja de las fibras monomodo, ya que sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado y entrañan dificultades de conexión que aún se dominan mal [4].

ii.- **Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual:**

Las fibras multimodo de índice de gradiente gradual tienen una banda de paso que llega hasta los 500MHz por kilómetro. Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desplaza del núcleo hacia la cubierta. Los rayos luminosos se encuentran enfocados hacia el eje de la fibra, como se puede ver en el dibujo. Estas fibras permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra.

La Fibra multimodo de índice de gradiente gradual de tamaño 62,5/125 m (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) está normalizado, pero se pueden encontrar otros tipos de fibras:

- Multimodo de índice escalonado 100/140 mm.
- Multimodo de índice de gradiente gradual 50/125 mm [4].

b.- Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps.</p> <p>Acceso ilimitado y continuo las 24 horas del día, sin congestiones.</p> <p>video y sonido en tiempo real.</p> <p>Fácil de instalar.</p> <p>Es inmune al ruido y las interferencias, como ocurre cuando un alambre telefónico pierde parte de su señal a otra.</p> <p>Las fibras no pierden luz, por lo que la transmisión es también segura y no puede ser perturbada.</p> <p>Carencia de señales eléctricas en la fibra, por lo que no pueden dar sacudidas ni otros peligros. Son convenientes para trabajar en ambientes explosivos.</p> <p>Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes.</p> <p>El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, capaz de llevar un gran número de señales.</p> <p>La materia prima para fabricarla es abundante en la naturaleza.</p> <p>Compatibilidad con la tecnología digital.</p>	<p>Sólo pueden suscribirse las personas que viven en las zonas de la ciudad por las cuales ya esté instalada la red de fibra óptica.</p> <p>El coste es alto en la conexión de fibra óptica, las empresas no cobran por tiempo de utilización sino por cantidad de información transferida al computador, que se mide en megabytes.</p> <p>El coste de instalación es elevado.</p> <p>Fragilidad de las fibras.</p> <p>Disponibilidad limitada de conectores.</p> <p>Dificultad de reparar un cable de fibras roto en el campo (especialización).</p>

1.7.1.2 Cable coaxial.

Este tipo de cable es el que se utiliza en las instalaciones de televisión por cable y también es frecuente emplearlo para conectar ordenadores o computadoras en red. En la transmisión de datos se usa una variante del cable coaxial, el cable twinaxial, formado por dos conductores paralelos dentro de un cilindro conductor exterior y con un aislante entre

ambos. Como el cable coaxial tiene una amplia gama de frecuencias, es muy apreciado en la transmisión de telefonía portadora de corriente [1].

1.7.1.3 Par de cobre.

En los sistemas de comunicaciones, los cables suelen consistir en numerosos pares de alambres aislados con papel y rodeados de un revestimiento de plomo. Los pares de cables individuales están entrelazados para reducir al mínimo la interferencia inducida con otros circuitos del mismo cable. Para evitar la interferencia eléctrica de circuitos externos, los cables utilizados en la transmisión de radio suelen estar blindados con una cobertura de trenza metálica, conectada a tierra. Actualmente la tecnología ha desarrollado cables con aislamiento interno de gel llamados cables rellenos que mejoran la calidad del mismo y evitan el ingreso de la humedad que en el caso de los cables con aislamiento de papel eran mas vulnerables.

1.8. Aspectos Generales de la Fibra Óptica.

1.8.1. Atenuación.

Es la pérdida de potencia óptica en una fibra, se mide en dB y dB/Km. Una pérdida del 50% de la potencia de entrada equivale a -3dB. Las pérdidas pueden ser intrínsecas o extrínsecas:

- a. **Intrínsecas:** dependen de la composición del vidrio, impurezas, etc., y no las podemos eliminar. Las ondas de luz en el vacío no sufren ninguna perturbación. Pero si se propagan por un medio no vacío, interactúan con la materia produciéndose un fenómeno de dispersión debida a dos factores:
 - Dispersión por absorción: la luz es absorbida por el material transformándose en calor.
 - Dispersión por difusión: la energía se dispersa en todas las direcciones.

Esto significa que parte de la luz se irá perdiendo en el trayecto, y por lo tanto resultará estar atenuada al final de un tramo de fibra.

- b. **Extrínsecas:** son debidas al mal cableado y empalme. Las pérdidas por curvaturas se producen cuando le damos a la fibra una curvatura excesivamente pequeña (radio menor a 4 o 5 cm) la cual hace que los haces de luz logren escapar del núcleo, por superar el ángulo máximo de incidencia admitido para la reflexión total interna.

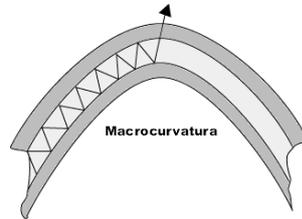


Figura 1.3: Atenuación por curvatura

También se dan cuando, al aumentar la temperatura y debido a la diferencia entre los coeficientes de dilatación térmica entre fibras y buffer, las fibras se curvan dentro del tubo.

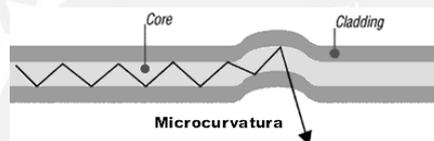


Figura 1.4: Atenuación por aumento de temperatura

Cuando empalmamos una fibra con otra, en la unión se produce una variación del índice de refracción lo cual genera reflexiones y refracciones, y sumándose la presencia de impurezas, todo esto resulta en una atenuación.

Se mide en ambos sentidos tomándose el promedio. La medición en uno de los sentidos puede dar un valor negativo, lo cual parecería indicar una amplificación de potencia, lo cual no es posible en un empalme, pero el promedio debe ser positivo, para resultar una atenuación. Pérdidas:

- **Por inserción:** es la atenuación que agrega a un enlace la presencia de un conector o un empalme.
- **De retorno o reflectancia:** es la pérdida debida a la energía reflejada, se mide como la diferencia entre el nivel de señal reflejada y la señal incidente, es un valor negativo y debe ser menor a -30 dB (típico -40dB). En ocasiones se indica obviando el signo menos.

1.8.2. Empalmes.

Debido a que una bobina de cable de fibra óptica no llega a superar los 2Km de longitud, mientras que la distancia entre dos repetidoras o centrales puede ser de 30 o 40 Km, deben realizarse empalmes entre los tramos, y entre cada final y los conectores.

1.8.2.1 Empalmes manuales o mecánicos.

Son empalmes rápidos, permanentes o temporarios, que pueden usarse, por ejemplo, para probar bobinas. Producen atenuaciones altas, del orden de 0.20 a 1dB. vienen rellenos con gel para mejorar la continuidad de la luz.

Pueden ser cilindros con un orificio central, o bandejitas cerradas con dos pequeñas llaves que nos permiten introducir las fibras.



Figura 1.5: Empalme manual

A las fibras se les retira unos 3 cm. del coating (color), se limpian con alcohol isopropílico, y luego se les practica un corte perfectamente recto a unos 5 o 6 mm., con un cortador (cutter o cleaver) especial, con filo de diamante.

1.8.2.2 Empalmes por fusión.

Son empalmes permanentes y se realizan con máquinas empalmadoras, manuales o automáticas, que luego de cargarles las fibras sin coating y cortadas a 90° realizan un alineamiento de los núcleos de una y otra, para luego fusionarlas con un arco eléctrico producido entre dos electrodos como podemos ver en la figura.

Llegan a producir atenuaciones casi imperceptibles (0.01 a 0.10 dB).

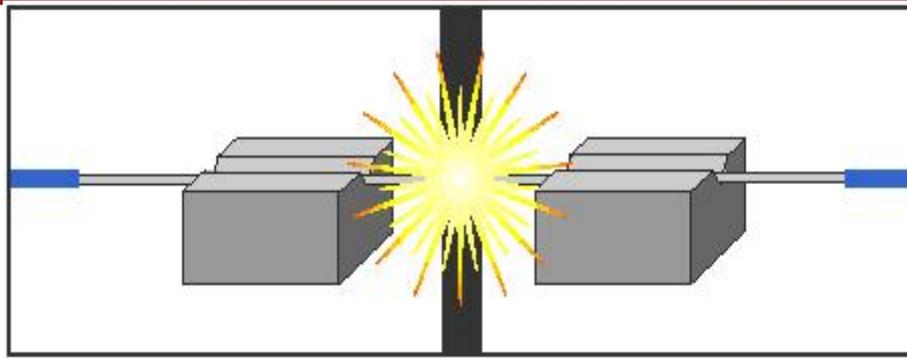


Figura 1.6: Empalme por fusión

- **Empalmadoras:**

Existen una gran variedad en el mercado y de diversos fabricantes como podemos ver en las siguientes figuras:

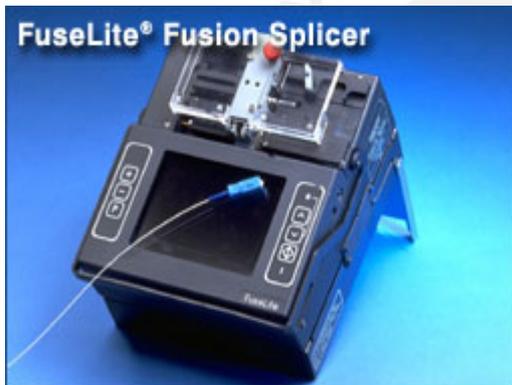


Figura 1.7: RXS de SIECOR



Figura 1.8: FUJIKURA FSM 40S Y FSM40S

1.8.3. Cables de Fibra Óptica.

A la FO desnuda (núcleo + revestimiento + color) se le agregan protecciones adicionales contra esfuerzos de tracción, aplastamiento y humedad.

El revestimiento primario que le da el color a cada fibra (coating) sirve además como una primera protección

1.8.3.1 Cables para Ductos.

- Protección secundaria:
 - Tipo adherente o apretada (TIGHT BUFFER) (ej. pigtaills, patchcords)
 - Tipo suelta (LOOSE BUFFER)

- Elemento de tracción:
 - Alambre de acero latonado
 - Hilado sintético Kevlar o de Aramida
 - Fibras de vidrio
- Relleno que impida la penetración de humedad: gel siliconado (silica gel).
- Cinta antífama.
- Empaquetado del conjunto: Envoltura en mylar (parecido al celuloide).
- Protección mecánica (aplastamiento) antífama, antirayosUV y contra humedad: Vaina externa tipo PALP (Polietileno-Aluminio-Polietileno).
- En la siguiente figura podremos ver de que partes esta compuesto un cable de fibra óptica destinado al uso por ductos.

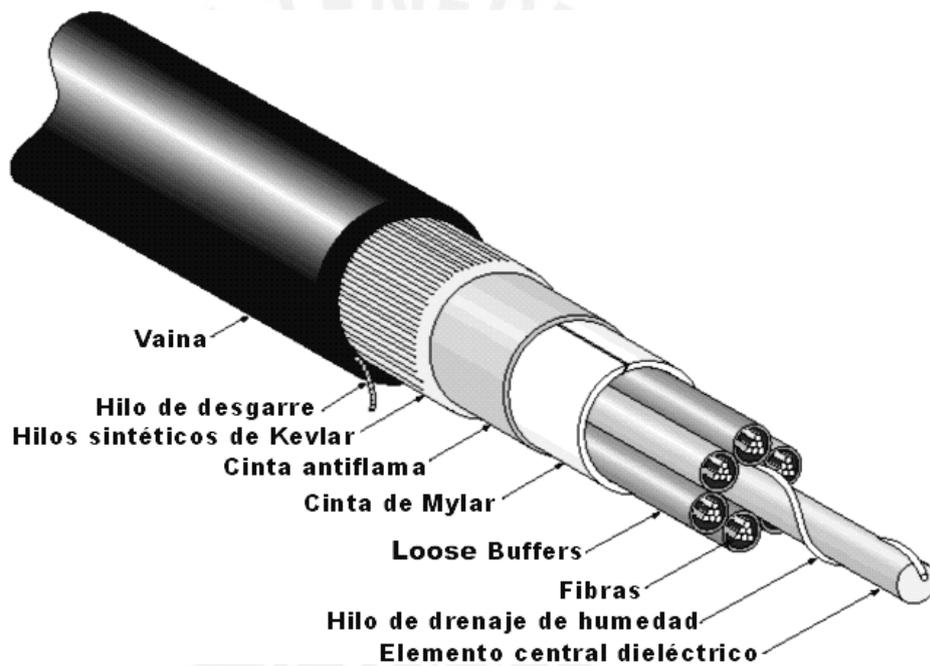


Figura 1.9: Cable para ducto o aéreo

1.8.3.2 Cables Aéreos Auto Soportados.

Poseen un suspensor o mensajero para el tendido aéreo entre postes o columnas.



Figura 1.10: Cables aéreos

1.8.3.3 Cables de interconexión e interiores.

Poseen un recubrimiento secundario del tipo apretado (tight buffer) en lugar del tubo como podemos ver en la siguiente figura:

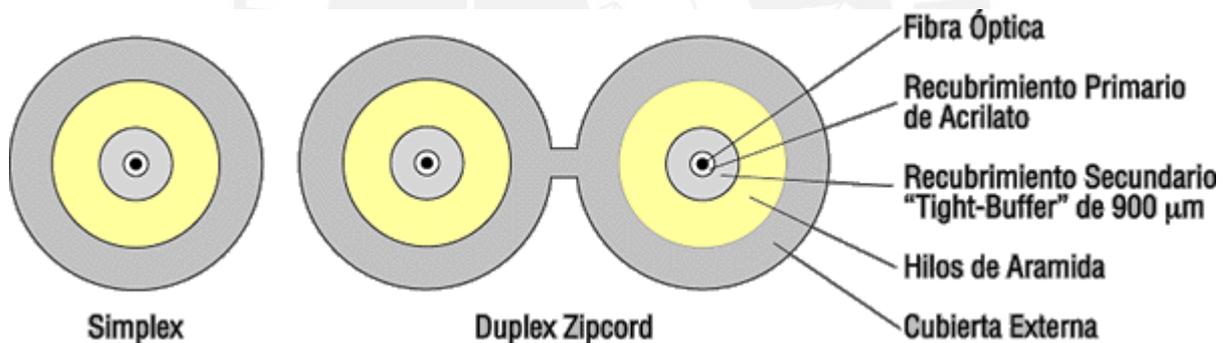


Figura 1.11: Cables de interconexión

1.8.4. Conectores.

Para poder conectar un cable de fibra a un equipo es necesario que en cada fibra se arme un conector, o bien, cada fibra se empalme con un PIGTAIL, que es un cable de una sola fibra que posee un conector en una de sus puntas, armado en fábrica.

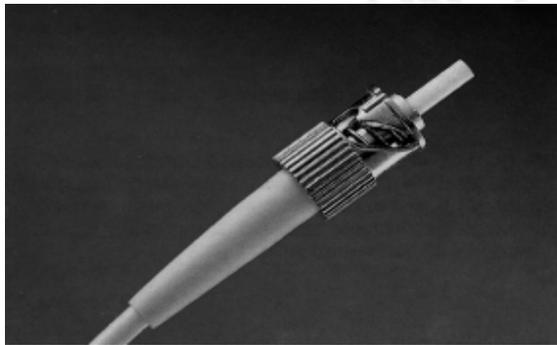


Figura 1.12: Jumper (La mitad de un Jumper es un Pigtail)

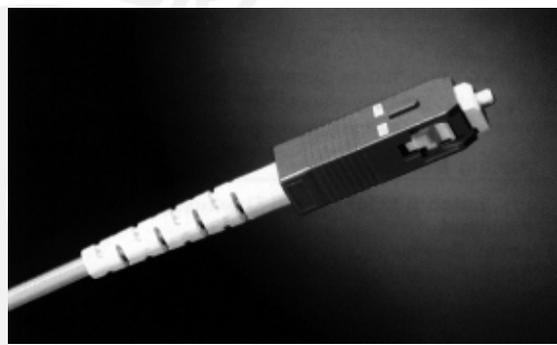
Los conectores y empalmes son para acoplar la luz desde un componente a otro con una pérdida óptica tan baja como sea posible. Existe una gran variedad de conectores que se diferencian por sus aplicaciones o simplemente por su diseño, los más frecuentes se relacionan en la tabla siguiente:

Conectores	Acoplamiento	Tipo de fibra óptica	Pérdidas Conectores
ST	Bayoneta	SM y MM	0.30 SM – 0.40 MM
SMA	Rosca	MM	0.60 MM
FC/PC	Guía+Rosca	SM Y MM	0.20 SM – 0.15 MM
SC	Push-Pull	SM y MM	0.20 SM – 0.15 MM

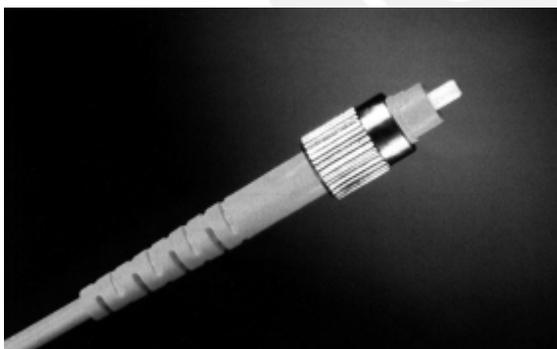
Tabla 1.1: Tipos de Conectores Estándar para Fibra Óptica



ST (A)



SC (B)



FC (C)



DIN (D)



SMA (E)

- ST conector de Fibra para Monomodo o Multimodo con uso habitual en Redes de Datos y equipos de Networking locales en forma Multimodo. Figura A.
- FC conector de Fibra Óptica para Monomodo o Multimodo con uso habitual en telefonía y CATV en formato Monomodo y Monomodo Angular. Figura B.

- SC conector de Fibra óptica para Monomodo y Multimodo con uso habitual en telefonía en formato monomodo. Figura C.
- DIN Y SMA conectores de Fibra óptica destinados a usos mucho mas específicos. Figuras D y E.

Siguiendo a estos nombres vendrán siglas que indicarán alguna característica en particular. Cualquiera de estos conectores puede venir en las opciones de pulido PC ó APC (angular para video), en MM o SM, simples o dobles (una o dos fibras por conector), PM (polarisation maintaining), entre otros.

Cada conector consta de:

- Ferrule: es el cilindro que rodea la fibra a manera de PIN.
- Body: el cuerpo del conector
- Boot: el mango

También existen conectores con el cuerpo intercambiable según la necesidad, como el Alberino de Diamond como vemos en la siguiente figura:

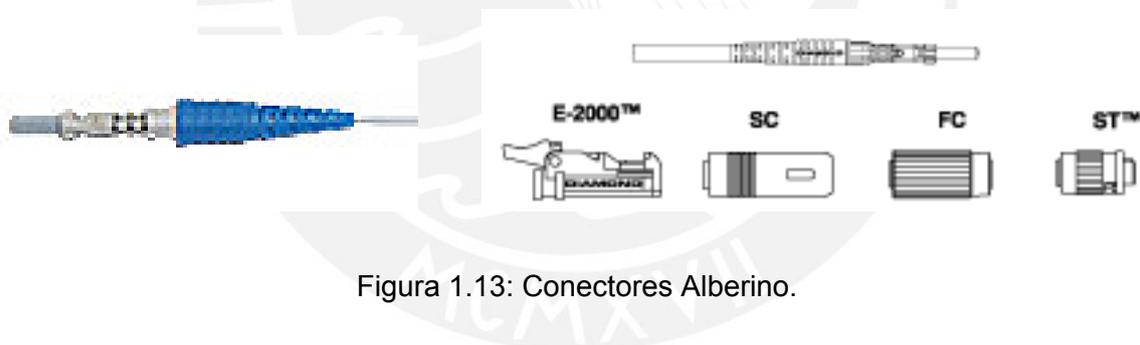


Figura 1.13: Conectores Alberino.

1.8.5. Acopladores o Adaptadores.

Un acoplador es básicamente la transición mecánica necesaria para poder dar continuidad al paso de luz del extremo conectorizado de un cable de fibra óptica a otro. Pueden ser provistos también acopladores de tipo "Híbridos", que permiten acoplar dos diseños distintos de conector, uno de cada lado, condicionado a la coincidencia del perfil del pulido.

Son como pequeños tambores o cajas que reciben un conector de cada lado produciendo el acople óptico, con la mínima pérdida posible.

Se utilizan en los distribuidores, para facilitar la desconexión y cambio rápido, acoplando el pigtail que se haya empalmado al cable de fibra con el patchcord que se conecta a los

equipos receptores/emisores. También se usan para conectar un tramo de fibra a los equipos de medición, en la siguiente figura podemos ver la variedad de conectores disponibles en el mercado:

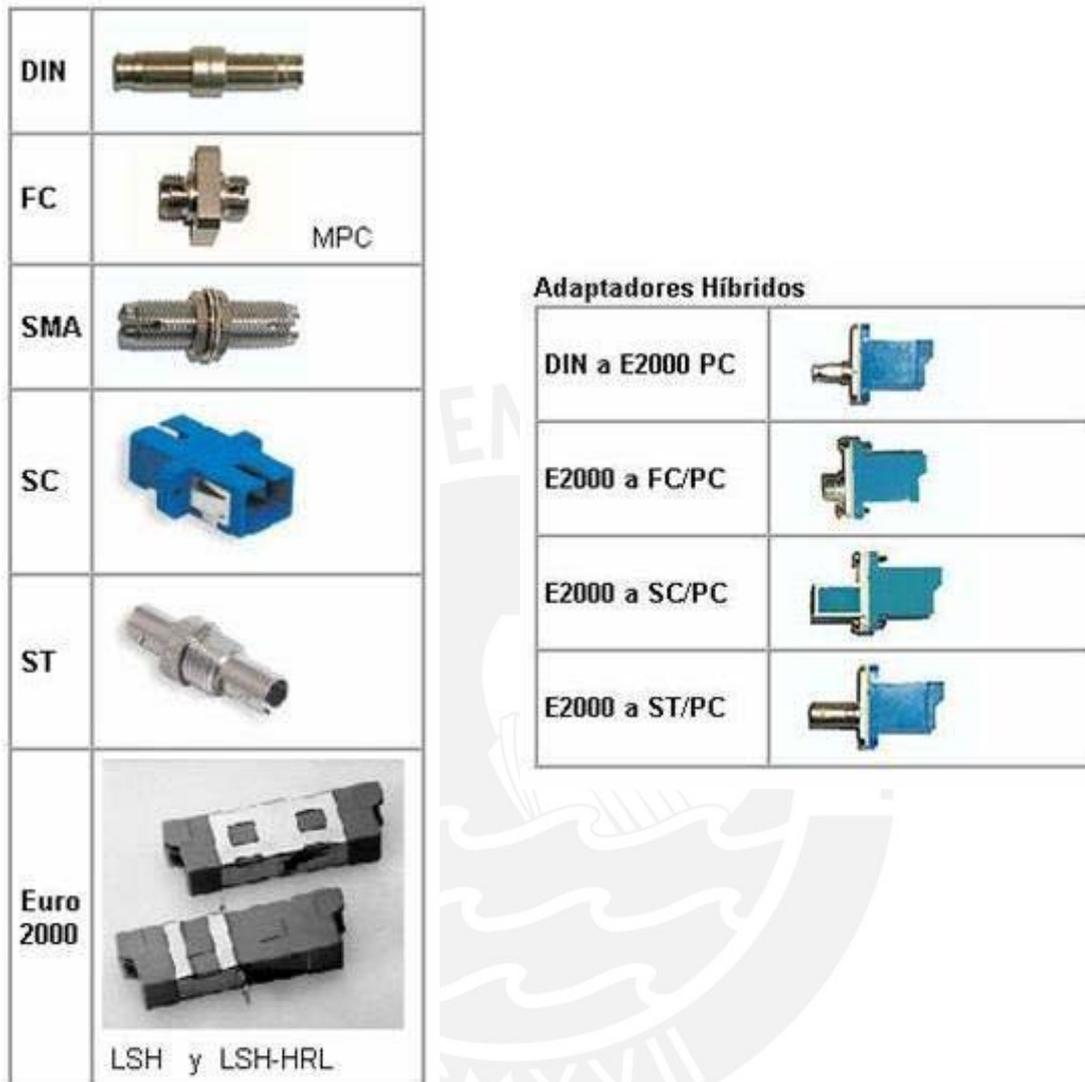


Figura 1.14: Acopladores para Fibra Óptica

1.8.5.1 Acopladores distribuidores por fusión o Fusion Couplers o Splitters:

Permiten la derivación de la señal óptica por dos o más fibras distintas.

Se pueden clasificar en:

- Distribuidores en serie: son acopladores en “T”

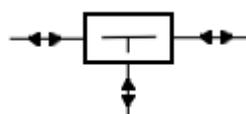


Figura 1.15: Esquema de un distribuidor en Serie

- Distribuidores en estrella:

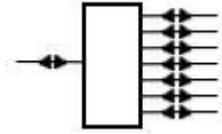


Figura 1.16: Esquema de un distribuidor en Estrella

Cada salida puede tener un determinado valor de atenuación de la luz, expresada en dB. También se clasifican en:

- **Estandar (Standard couplers)**

(SSC = Standard Singlemode Couplers) para una longitud de onda con desviaciones mínimas, por ej.: 1310 +/- 5nm.

- **De una ventana (Single window couplers)**

(WFC = Wavelength Flattened Couplers) para un rango de longitudes de onda, por ej.: 1310 +/- 40nm.

- **De dos ventanas (Dual window couplers)**

(WIC = Wavelength Independent Couplers) para dos rangos de longitudes de onda, por ej.: 1310 +/- 40 y 1550 +/- 40nm.

- **Multiplexores de longitud de onda (Wavelength multiplexers)**

(WDM = Wavelength Division Multiplexers) para dos longitudes de onda separadas, por ej.: 1310 and 1550 nm.

1.9. La Conmutación.

Es aquella en la que los equipos de conmutación deben establecer un camino físico entre los medios de comunicación previa a la conexión entre los usuarios. Este camino permanece activo durante la comunicación entre los usuarios, liberándose al terminar la comunicación. [3] En sus inicios una persona conectaba manualmente cables para establecer comunicaciones en lo que era conocido como un PMBX (PBX Manual). Este dispositivo fue reemplazado por un dispositivo electromecánico automático y sistemas electrónicos de conmutación llamados PABX (PBX automático) que desplazaron al PMBX hasta hacerlo casi inexistente, entonces los términos PABX y PBX se convirtieron en sinónimos [4][9][10].

Su funcionamiento pasa por las siguientes etapas: solicitud, establecimiento, transferencia de archivos y liberación de conexión [10].

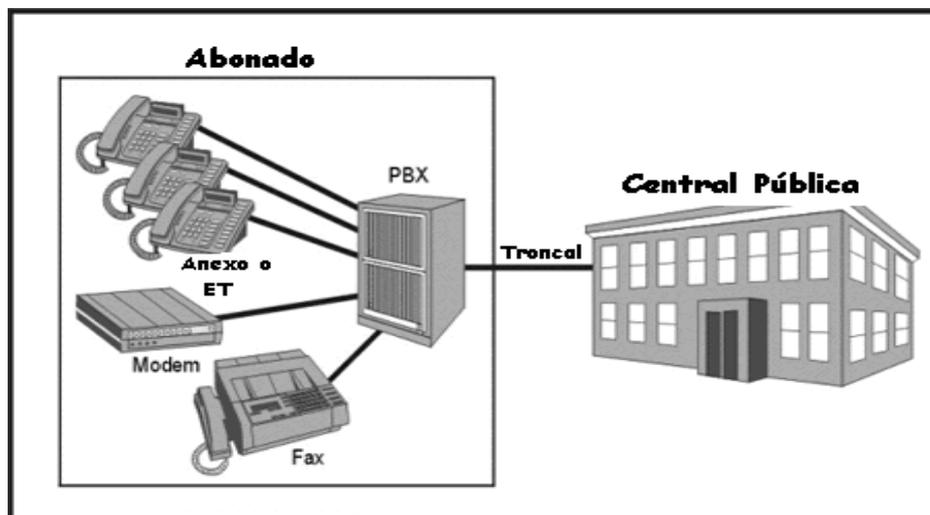


Figura 1.17: Esquema de conexión

1.10. Gestión de la Planta Externa para Redes de Telefonía Pública en Lima Metropolitana.

Para definir el alcance de una gestión de Red, existen muchas definiciones, siendo la que mas se ajusta a nuestro proyecto la que define la ISO Network Management Forum quien dividió la gestión de red en cinco áreas fundamentales:

1. Gestión de fallas
2. Gestión de Configuración
3. Gestión de Seguridad
4. Gestión de rendimiento o performance
5. Gestión de cuentas

La Planta de Fibra Óptica a gestionar vía supervisión remota, es la que transporta todos los servicios que puedan generarse en las diferentes plantas que conforman una red de comunicaciones en una metrópoli, se entiende por planta externa de telecomunicaciones todos aquellos elementos que sirven para el soporte, la protección y la transmisión de las señales de información que intercambian los usuarios. Estos elementos se encuentran comprendidos desde el repartidor principal, en los casos de centrales telefónicas y desde el

repartidor óptico, en las cabeceras y nodos de televisión por cable, hasta el domicilio de los clientes. Asimismo comprende los enlaces entre los repartidores ópticos de las centrales locales e interurbanas.

La red de telecomunicaciones por su tecnología en el medio de transmisión se clasifican en tres tipos: la red de cobre, la red coaxial y la red de fibra óptica. La red de cobre, que soporta el servicio de telefonía básica, se divide a su vez en red primaria, red secundaria y red de dispersión o de abonados. La red coaxial, que soporta el servicio de televisión por cable (CATV), se extiende desde la troba hacia el domicilio del cliente; mediante la red de distribución coaxial y la red de dispersión o de abonados. La red de fibra óptica, que soporta también el servicio de televisión por cable (CATV), se extiende desde las cabeceras, pasando por los nodos; hasta llegar a las trobas. Asimismo la red de fibra óptica soporta los enlaces locales e interurbanos.

Los servicios de Comunicaciones de Empresas (Empresas), acceso a Internet (Banda Ancha) y telefonía pública (TUP), utilizan la infraestructura de la red de cobre o de la red coaxial o de la red de fibra óptica.

Los sistemas de Gestión de Redes deben permitir mediante el análisis de las alarmas registradas la detección de la falla en la red, esto comprende los siguientes pasos:

- Descubrir el problema, aislarlo y finalmente solucionarlo.
- Disponer de la configuración de todos los equipos y gestionar la misma, permite que la red sea dinámica en cuanto a servicios que puedan configurarse.
- La gestión de seguridad es el proceso de controlar el acceso de información en la red de datos.
- La gestión de rendimiento comprende la medición del rendimiento del hardware y del ancho de banda de la red, al usar información de gestión de rendimiento, se puede también realizar mantenimiento preventivo y analizar las tendencias del comportamiento de los enlaces tanto de fibra como de microondas.
- Finalmente la gestión de cuentas comprende la localización de cada utilización de los recursos de red por parte del usuario individual (Centro de Gestión) y de los grupos de usuarios, esto también comprende otorgar o quitar permisos para acceso a la red.

Como en toda gestión de planta, se generan objetivos generales, los objetivos específicos corporativos, los objetivos específicos zonales, los mismos que luego se despliegan en los indicadores y se cuantifican con las metas correspondientes; para el caso de una planta externa los objetivos generales se traducen en realizar la operación y mantenimiento de la planta externa de telecomunicaciones con niveles de costo, tiempo, calidad y servicio que satisfagan a nuestros clientes y a nuestros accionistas y los objetivos específicos corporativos podrían resumirse en aquellos que tienen impacto en los clientes y en la marcha económica de la organización y se nombran a continuación:

- Optimizar el tiempo en la atención de los pedidos.
- Implementar encuestas de calidad a los clientes.
- Brindar una atención eficiente a los clientes.
- Cumplimiento del contrato con las empresas colaboradoras.
- Cumplir con las obligaciones establecidas con el organismo regulador.

Por último cuando hablamos de la Gestión de la planta externa, ello nos conlleva a realizar ciertos procesos, los mismos que podemos definirlos como sigue:

Mantenimiento correctivo de líneas

- Mantenimiento correctivo de líneas de básica.
- Mantenimiento correctivo de líneas de CATV.
- Mantenimiento correctivo de líneas de banda ancha.
- Mantenimiento correctivo de circuitos y equipos de empresas.
- Mantenimiento correctivo TUP.

Mantenimiento correctivo de cables

- Mantenimiento correctivo de cables de básica.
- Mantenimiento correctivo de cables de CATV.
- Mantenimiento correctivo fibra óptica.

Mantenimiento preventivo de red de acceso y clientes

- Mantenimiento preventivo de red de acceso y clientes de básica.
- Mantenimiento preventivo de red de acceso y clientes de CATV.
- Mantenimiento preventivo fibra óptica.

- Mantenimiento preventivo de líneas de banda ancha.
- Mantenimiento preventivo de circuitos y equipos de empresas.
- Mantenimiento preventivo TUP.

Provisión del servicio (Instalaciones)

- Provisión del servicio de telefonía básica.
- Provisión de servicio de CATV.
- Provisión del servicio de banda ancha.
- Provisión del servicio de empresas.
- Provisión del servicio de TUP.

1.11. Monitoreo remoto.

Esta es una técnica muy utilizada en los últimos años por las grandes empresas de diferentes rubros las cuales cuentan con sistemas de supervisión muy establecidos, el principio básico de un sistema de monitoreo remoto es la detección de fallas en tiempo real es decir saber en forma instantánea cuando ocurra algún evento en una red ya sea de datos, telefonía, entre otros.

Una de las principales ventajas que presenta un sistema de monitoreo remoto es la de total autonomía puesto que mediante programación y el software adecuado se puede informar a todo el personal de una determinada área de algún evento ocurrido a un terminal ya sea a una computadora, celular, entre otros. sin la necesidad de contar con mucho personal que esté realizando la supervisión constantemente puesto que solo se necesitaría a lo mucho 1 persona para temas de coordinación en sala de control únicamente.

CAPÍTULO II

PROBLEMÁTICA DE LA SUPERVISIÓN DE LA PLANTA EXTERNA DE FIBRA ÓPTICA

2.1 Variables del Medio Ambiente General.

2.1.1. Factores que miden el grado de satisfacción de los usuarios.

Zeithanml *et al.* (1998), elaboraron el método SERVQUAL, este es un instrumento en forma de cuestionario, cuyo propósito es evaluar la calidad de servicio ofrecida por una organización a lo largo de cinco dimensiones.

Considera las opiniones de los clientes en función a la importancia relativa de las cualidades del servicio y las 5 dimensiones a mencionar son:

- Fiabilidad : implica la habilidad que tiene la organización para ejecutar el servicio prometido de forma adecuada y constante
- Capacidad de Respuesta: representa la disposición de ayudar a los clientes y proveedores de un servicio rápido
- Seguridad: son los conocimientos y atención mostrados por los empleados respecto al servicio que están brindando, además de la habilidad de los mismos para inspirar confianza y credibilidad.
- Empatía: es el grado de atención personalizada que ofrecen las empresas a sus clientes.
- Elementos Tangibles: representan las características físicas y apariencia del proveedor.

Luego, mediante los datos obtenidos del instrumento permitirá identificar y cuantificar las 5 brechas más importantes que determinan el grado de satisfacción en los clientes, y por lo tanto, la calidad del servicio [16].

2.1.2. Diversidad de tecnologías utilizadas.

En el Capítulo 2, apartado 2. 2. 2, se muestran una relación de los principales equipos y herramientas que se hacen necesarios para una buena supervisión y mantenimiento de la fibra óptica, estos equipos y herramientas son de diversas tecnologías destacando las mas principales las tecnologías japonesas (Fujikura, Yocogawa), alemanas (Wandel), americanas (Fluke, Exfo), entre otras.

Los recursos adicionales que se emplean están determinados por equipos de iluminación para trabajos nocturnos, carpas de trabajo, motores eléctricos, tekles (elementos de arrastre de cables), vehículos, equipos de comunicación (radios o celulares), diversas herramientas menores como destornilladores, paños de limpieza, alcohol isopropílico, waípe, picos, palas, barretillas, estos últimos para trabajos de obra civil (descubrir la fibra directamente enterrada o en triductos (ductos múltiples que canalizan la fibra en terrenos rurales [18].

2.1.3. Oportunidades de mejora de las metodologías actuales.

Las metodologías actuales de Supervisión se ven mejoradas con la utilización de los llamados RTFS (Remote Test Fiber System o Sistema Remoto de Prueba de Fibra) cuyo desarrollo tecnológico es cada vez más adecuado a las necesidades de cada operadora.

Los RTFS por lo general son colocados en las ciudades principales donde se despliega una red de fibra óptica y están conectados al Centro de Monitoreo de la banda ancha, desde donde se comandan los diversos requerimientos y/o se monitorean las diversas alarmas en caso falle algún componente de la red.

El diagrama de un RTFS se muestra en el siguiente gráfico, donde:

ONC: Optical Network Controller

TSC: Test System Controller (controlador del sistema de pruebas)

RTU: Remote Terminal Unit [18]

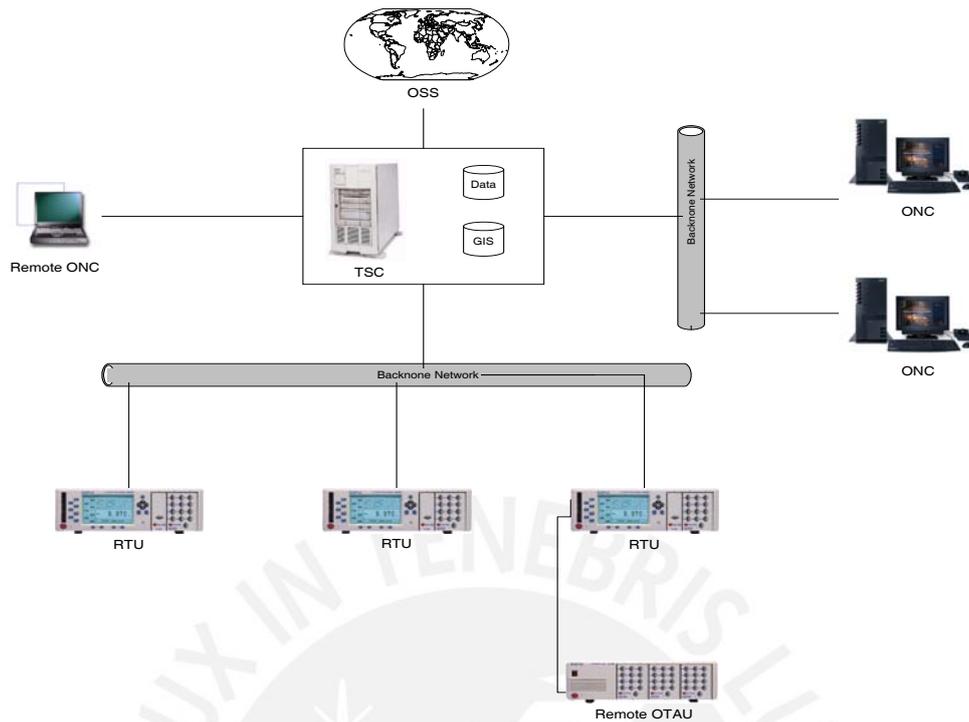


Figura 2.1: Diagrama de RTFS

2.2. Variables del Medio Ambiente Específico.

2.2.1. Empresas de telefonía con uso intensivo de fibra óptica en su medio de transmisión.

Las empresas uno de cuyos medios de transmisión es el de Fibra Óptica y que son las que más destacan en el Perú por la cantidad de Km. de cable y por su volumen de tráfico telefónico son: [17]

- Telefónica del Perú
- Nextel Perú
- TELMEX

2.2.2. Equipos y herramientas necesarias para la Supervisión de la Fibra Óptica.

Por su importancia y para la correcta supervisión y mantenimiento de la FO, se muestran a continuación los siguientes:

- OTDR (Optical Time Domain Reflectometer: Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo).
- Empalmadora por Arco de Fusión.
- Fuentes de Luz láser.
- Fuentes de luz visible.
- Medidores de Potencia.
- Detector de baliza.
- Teléfonos ópticos.
- Detector de fibra activa.
- Cortadora de Fibra Óptica.
- Empalmadora mecánica.
- Cuchillo curvo pelador de cables.
- Podómetros o medidores de longitud móvil

Para la Supervisión Automática o Remota de la Fibra Óptica, es decir sin la participación directa de personal técnico, se utiliza un equipo denominado RFTS (Remote Fiber Test System o Sistema Remoto de Pruebas de Fibras:

- Permite una supervisión continua de la red física de fibra óptica.
- Utiliza OTDR que son enviados a lugares específicos (RTU) para localizar los eventos
- Permite una supervisión continua de la red física de fibra óptica [18].

2.2.3. Normas que regulan las telecomunicaciones en el Perú.

Marco Legal de las Telecomunicaciones en el Perú.

A inicios de la década de los noventa, el Estado Peruano asignó la prestación de los servicios públicos de telecomunicaciones al sector privado reservándose para sí el rol de regulador del mercado y de supervisión del cumplimiento de las obligaciones asumidas por las empresas operadoras. En este contexto, el 12 de enero de 1994 se promulgó la Ley N° 26285, que estableció la desmonopolización progresiva de los servicios públicos de telecomunicaciones de telefonía fija local y portadores de larga distancia nacional e internacional, fijando un período de concurrencia limitada no mayor de cinco años.

El 16 de mayo de 1994 el Estado Peruano y, de otro lado, la Compañía Peruana de Teléfonos S.A. y la Empresa Nacional de Telecomunicaciones del Perú S.A. que

posteriormente conformaron Telefónica del Perú SAA., suscribieron los contratos de concesión para la prestación de los servicios públicos de telecomunicaciones portador y telefónico local y de larga distancia nacional e internacional y, portador y telefónico local en las ciudades de Lima y Callao, respectivamente [17].

En esta medida se citan los principales dispositivos legales que se han emitido con el fin de promover la competencia y la expansión de los servicios durante estos últimos tres años los cuales se encuentra detallados en el Anexo 1.

2.3. Variables del medio ambiente organizacional.

2.3.1. Recursos humanos relacionados con la constante capacitación del personal técnico.

Los trabajos de Supervisión de una Planta de Fibra Óptica son trabajos que requieren de personal altamente capacitado y calificado, ya que de ello depende que estas plantas tengan la garantía de continuidad y confiabilidad a los servicios que por ella se cursan.

Actualmente dada a la constante innovación tecnológica tanto de componentes, partes, tráficos de servicio y volúmenes de los mismos se usan equipos y herramientas nuevas que obligan a que las operadoras realicen constantes planes de capacitación al personal profesional y técnico responsables de la supervisión, mantenimiento y operación de los equipos en el plantel de fibra óptica.

Los proveedores de equipos y herramientas colaboran en esta gestión con las operadoras a manera de fidelizarlos como clientes ya que estos son usuarios compradores de equipamiento y herramientas que llevan nuevas innovaciones tecnológicas por lo que programan charlas de capacitación en nuevas tecnologías de equipos, herramientas y partes que conforman la planta de fibra óptica.

La frecuencia de las diversas capacitaciones deberán estar en relación directa con los cambios tecnológicos que se hagan dentro del plantel de Fibra Óptica, siendo recomendable que estos últimos tengan una estabilidad de periodos largos a fin de explotar al máximo la capacidad instalada y solo se adoptarán cambios cuando las condiciones de nuevos servicios lo exijan, mientras tanto las capacitaciones serán de rutina y/o cuando se incorporen nuevos técnicos o profesionales al área de trabajo correspondiente.

2.3.2. Supervisión eventual y no automatizada.

La supervisión eventual se da en aquellas plantas de fibra óptica que no cursan volúmenes de tráfico constante o que por la cercanía al centro de gestión no necesitan de que la supervisión sea permanente; en estas condiciones se estima que por razones de costo beneficio no es necesario automatizar la supervisión sino hacerla en forma eventual y con personal propio de la planta que conoce el funcionamiento y características físicas y eléctricas de los diversos componentes del plantel.

También puede tenerse una supervisión eventual o programada cuando las condiciones del entorno no pongan en riesgo el adecuado funcionamiento de la planta y donde los factores críticos de éxito internos se aseguren y estén controlados así como los factores externos no revistan vulnerabilidades de riesgo.

2.3.3. Procesos continuos y no segmentados.

Los procesos que se deben desarrollar en los trabajos de Fibra Óptica son continuos en la medida que siendo la planta de Fibra Óptica un soporte de transmisión que lleva la mayor cantidad de tráfico de información en las diferentes operadoras, requiere de una Supervisión continua y para ello se utiliza en la actualidad los equipos RTFS.

2.4. Factores característicos de la supervisión de planta externa de fibra óptica en nuestro país.

Una supervisión básica consiste en:

- 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 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 Reflectómetro u OTDR),
- Verificación del recorrido de los cables para prevenir cortes o deterioros por trabajos de terceros (movimiento tierras con maquinaria pesada, excavación de zanjas, etc.),
- Finalmente ingresar los datos en los respectivos registros o unidades de almacenamiento de los equipos (Caso OTDR's) para crear las bases de

datos a fin de tomar decisiones para mantenimientos o tenerlos como referencias para usos de las fibras libres o intercambio de las que estando asignadas a un servicio y que presenten problemas puedan ser sustituidas por fibras en mejor estado.

Los problemas que se presentan con mayor frecuencia durante este proceso son:

- Disponibilidad limitada de conectores, se cuenta con 2 tipos de conectores SC (Straight Connection) y conectores ST (Straight Tip).
- Una manipulación inadecuada de los cables de fibra, puesto que éstos al ser tan frágiles ante cualquier exceso de tracción sufren daños internamente los cuales no los podemos observar pero que causan pérdidas de información al momento de ser instaladas.
- Suciedad introducida en los conectores al momento de realizar la conexión de la fibra, puesto que un hilo de fibra es tan sensible que a la menor partícula de suciedad afecta la eficiencia de la misma.
- Requiere de personal altamente especializado y el uso de equipos especiales de medición y mantenimiento, no cualquier personal puede supervisar ni menos operar la planta de Fibra Óptica.

2.5. Declaración del marco problemático.

Los actuales avances tecnológicos hacen que las Empresas de Telecomunicaciones tiendan al uso intensivo de Fibra Óptica para la gran mayoría de sus interconexiones, esto debido a la cantidad de información a traficar así como también para satisfacer las exigencias de calidad y volumen de tráfico que solicitan los diversos clientes [2].

Sin embargo, dada la creciente demanda y la aparición de nuevos servicios toda empresa de Telecomunicaciones, debe asegurar Confiabilidad y Continuidad de los servicios que presta además de los otros atributos que se indicaron anteriormente (2.1.1), para ello no dudan en invertir grandes sumas de dinero en garantizar que la planta de Fibra Óptica se encuentre operativa al 100% [2].

Se diseñan entonces programas de Supervisión presencial y remota de la planta utilizando para ello vigilancias permanentes a lo largo de la Red, existen equipos centralizados que

van monitoreando la performance de la Red Externa, enviando señales y datos de medición de parámetros que son analizados y evaluados por personal especializado y de igual manera estos equipos supervisan remotamente el estado de la Red, enviando mensajes a los responsables de su Supervisión y Mantenimiento vía mensajes de texto a los equipos de comunicación (celulares) del personal responsable, profesional o técnico para alertarles de cualquier incidencia que pueda afectar la calidad de la planta y para atender también posibles cortes de la fibra óptica o degradaciones de la calidad de las mismas que puedan afectar el tráfico que se cursa a través de este medio de transmisión.

La red de fibra óptica, que soporta también el servicio de televisión por cable (CATV), se extiende desde las cabeceras, pasando por los nodos, hasta llegar a las trobas. Asimismo la red de fibra óptica soporta los enlaces locales e interurbanos.

Los procesos de Supervisión Remota de una Planta de Fibra Óptica pueden estar afectos para las empresas de telecomunicaciones que decidan implementar estos sistemas por una pequeña diversidad de problemáticas, dado que al adoptarse estos sistemas se entiende que es mas por beneficio que puedan reportar que por problemas que puedan causar, entonces bajo este criterio podemos mencionar como principales las siguientes:

- Presupuestales.- En esto podría reflejarse que la empresa por una equivocada decisión no calculó bien el costo de la implementación de los diversos sistemas que lo componen, por lo que los costos del financiamiento puedan estar fuera del alcance del presupuesto o de la expectativa del retorno sobre la inversión y esto haga que fracase la implantación del sistema.
- Capacitación.- Se tiene que definir al personal objetivo tanto de profesionales como técnicos para que sean capacitados en el manejo de los diversos componentes que constituyen los sistemas de supervisión remota ya que la falta de capacitación hará fracasar cualquier desarrollo de los sistemas de supervisión y amenazarían con hacer fracasar el proyecto una vez que sea entregado por la empresa que instala los diversos equipamientos en cada cabecera o nodo donde se encuentren los ODF's.

- Acceso a las redes para la interconexión de los elementos remotos del sistema (calidad de la red, performance), esto se ve reflejado por incomunicaciones entre los elementos de indicaciones de alarmas remotas con el centro de gestión y posterior alerta a los encargados de mantenimiento de la fibra afectada.
- Ausencia de Soporte Técnico post instalación por parte del proveedor del sistema lo que hará que las reparaciones y/o mantenimientos del mismo se vean retrasados y afectados en su utilidad contribuyendo a poner en riesgo a la planta supervisada con grave peligro de interrupciones del servicio y perjuicios económicos para la empresa por devoluciones atribuibles a lucros cesantes.
- Fragilidad de las fibras debido a que en su interior un cable de fibra óptica esta compuesto de varios filamentos los cuales constan de un núcleo central de plástico o cristal lo que conlleva a una dificultad de reparar un cable de fibra roto en el campo, los empalmes se deben realizar con extremada precisión utilizando para ello máquinas empalmadoras por arco de fusión puesto que un empalme malo puede originar cantidades enormes de perdida de información.
- El costo de instalación es elevado, si bien la instalación o conexión no es muy complicada, el costo es alto por los equipos y la infraestructura necesaria.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE SUPERVISIÓN Y MONITOREO DE LA FIBRA ÓPTICA

3.1. Metodología de la Investigación.

3.1.1. Nivel de Investigación.

El presente estudio por la naturaleza de sus objetivos es una investigación básica, porque permite conocer y analizar características de una realidad en una situación dada, para así aplicar los principios científicos y tecnológicos del campo de las telecomunicaciones en la solución de la problemática planteada en la supervisión de la planta externa de fibra óptica.

3.1.2. Tipo de Investigación.

El tipo de investigación utilizado para el desarrollo del estudio, puede ser considerado como:

- Evaluativo, porque permite evaluar la factibilidad desde el punto de vista tecnológico para implementar un sistema de supervisión remota que permita solucionar la problemática existente en la planta de externa de fibra óptica.
- Explicativa, ya que a partir del análisis efectuado se explica la causa que genera la problemática en planta externa de fibra óptica.
- Descriptiva, porque tanto el objetivo general como los objetivos específicos están orientados a describir la situación actual de la capacidad y nivel de carga de tráfico que puede soportar la planta externa de fibra óptica.

3.2 HIPÓTESIS.

3.2.1 Hipótesis Principal.

La no existencia de un sistema de supervisión remota de la planta externa de fibra óptica para redes de telefonía pública en Lima Metropolitana pone en serio riesgo la continuidad operativa de una empresa de telecomunicaciones; entonces, es necesario diseñar un

sistema de supervisión o monitoreo remoto de la planta externa de fibra óptica que permitan garantizar con ello calidad, continuidad y confiabilidad de los servicios a los clientes.

3.2.2 Hipótesis Secundarias.

- Los métodos de Supervisión con personal técnico son proclives a errores por la propia naturaleza humana del supervisor, no garantizando por ello estándares de seguridad de funcionamiento adecuado del plantel de Fibra Óptica atentando por ello a la continuidad y confiabilidad del servicio, mientras que un sistema de supervisión remota, garantizará que los servicios que ofrece la empresa de telecomunicaciones sean confiables y de calidad, ya que este sistema monitoriza las 24 horas del día y los 365 días del año toda la planta que se le confíe.
- Las alarmas y mensajes remotos a los encargados de la supervisión de la planta de Fibra Óptica, garantizarán en tiempo real la oportuna intervención del personal técnico en un eventual problema que afecte la continuidad y confiabilidad de los servicios, por lo que la puesta en servicio de un sistema de supervisión remoto, releva los costes de personal permanente en las salas de control y asegura eficiencia en el manejo tecnológico.
- Una metodología de costeo para poder definir la viabilidad económica en la implantación de un sistema de monitoreo remoto de la planta de Fibra Óptica.

3.3. OBJETIVOS.

3.3.1. Objetivo Principal.

Diseñar un sistema de supervisión remota de la planta externa de Fibra Óptica para redes de telefonía pública en Lima Metropolitana.

3.3.2. Objetivos Secundarios.

- **Seleccionar la tecnología y equipamiento adecuado.** Es necesario realizar el diseño de un sistema de supervisión remota que sea flexible, vale decir que sea cual sea el tamaño de la red, desde pequeñas estaciones centralizadas hasta grandes redes, el sistema sea modular y pueda crecer y adaptarse a sus necesidades de medida y a la implantación de nuevas tecnologías. Asimismo se deberá procurar que

el sistema a definir permita crear una base de datos completa de la performance de la red a fin de tomar acciones de mejora y/o cambios en la misma, todo esto vía un software de gestión y documentación que el sistema manejará.

- **Determinar las características adecuadas del sistema.** Se debe desarrollar el sistema priorizando ciertas características importantes, como son por ejemplo, la posibilidad de realizar pruebas centralizadas que garanticen el funcionamiento de la red de manera continua y confiable, así como también que pueda monitorear tanto fibras oscuras como fibras activas, monomodo o multimodo. Para monitorizar las redes con fibras activas sin interrumpir el servicio, se deberá utilizar una longitud de onda diferente a la empleada en la transmisión de datos.
- **Establecer la viabilidad económica.** Se debe buscar la implementación y explotación de un sistema de supervisión remota de la fibra óptica con tecnologías adecuadas a bajo costo tomando en cuenta el entorno, las condiciones económicas y las necesidades de cada operadora, logrando con ello la minimización de los costos de mantenimiento y reparación, así como un equilibrio entre calidad y economía.

3.4. Características de la Supervisión y el Monitoreo de la Fibra.

3.4.1 Supervisión.

La supervisión es una actividad técnica y especializada que tiene como fin fundamental utilizar racionalmente los factores que hacen posible la realización de los procesos de trabajo: el hombre, la materia prima, los equipos, maquinarias, herramientas, dinero, entre otros elementos que en forma directa o indirecta intervienen en la consecución de bienes, servicios y productos destinados a la satisfacción de necesidades de un mercado de consumidores, cada día más exigente, y que mediante su gestión puede contribuir al éxito de la empresa.

Hoy más que nunca, se requiere en las empresas hombres pensantes, capaces de producir con altos niveles de productividad en un ambiente altamente motivador hacia sus colaboradores.

Supervisar efectivamente requiere: planificar, organizar, dirigir, ejecutar y retroalimentar constantemente. Exige constancia, dedicación, perseverancia, siendo necesario poseer

características especiales individuales en la persona que cumple esta misión.

3.4.1.1. Principios de la Supervisión.

Cuando se le pregunte sobre lo que, en general, regula las actividades de trabajo, un supervisor conciente contestará: "Los objetivos y principios propios y la realidad de la situación dada." Ninguno de estos factores explica o regula, por sí solo, la acción; todos operan en cualquier situación. Sin embargo, los objetivos tienen que ser la finalidad de la actividad de trabajo y la actividad tienen que emprenderlas los individuos. Así pues, los principios de la supervisión (reglas generales, conceptos, verdades fundamentales, dogmas aceptados) constituyen las guías mediante las que el supervisor pasa de una situación a la siguiente.

Tienen una importancia enorme por cuanto gobiernan la acción, es decir, la aplicación u operabilidad de las técnicas de supervisión. Algunos principios más importantes de la supervisión son:

- Consideradas funcionalmente, la dirección y supervisión no pueden separarse ni establecerse aparte una de otra. Son funciones coordinadas, complementarias y mutuamente compartidas en el funcionamiento de cualquier organización.
- La dirección se ocupa de condiciones y operaciones en general; por lo común, la supervisión se ocupa de mejorar un trabajo o labor en particular.
- La supervisión ha de ser sensible a los cambios, ha de estar impregnada de una actitud experimental y debe dedicarse continuamente a la reevaluación de los objetivos y a evaluar materiales, políticas y métodos.
- En situaciones en las que no sean aplicables los métodos de la ciencia, la supervisión deberá emplear los procesos de la lógica en el estudio, el mejoramiento en la evaluación del trabajo, el trabajador y los procesos de trabajo. La supervisión, ya sea mediante métodos científicos o procesos ordenados del pensamiento, deberá derivar y utilizar datos y conclusiones que sean más objetivos, precisos; suficientemente mejor obtenidos y más sistemáticamente organizados y utilizados que los datos y conclusiones de una opinión descontrolada.

- La supervisión debe juzgarse por la economía y la eficacia de los resultados que obtenga.

3.4.1.2. Ventajas de una Supervisión Remota

Las principales ventajas a resaltar de estos sistemas son los siguientes:

- Rápida identificación y ubicación de fallas.
- Detección, localización y seguimiento de degradaciones de la fibra óptica durante las veinticuatro horas del día y en todos los días del año.
- Documentación de la red de fibra óptica.
- Prevención de fallas por medio del mantenimiento preventivo.
- Pruebas centralizadas o remotas.

3.4.2. RFTS (Remote Fiber Test System).

El RFTS es un sistema que permite una supervisión continua de la red física de fibra óptica. Utiliza un OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) que son enviados a lugares específicos RTU (Remote Test Unit) para localizar los eventos.

Emplea conmutadores para optimizar el número de fibras a monitorear por cada OTDR el cual inyecta una serie de pulsos ópticos en la fibra bajo prueba. También extrae, del mismo extremo de la fibra, la luz que se dispersa y se refleja detrás de puntos en los cuales el índice de refracción cambia (Esto es equivalente a la manera que un TDR electrónico mide las reflexiones causadas por los cambios en la impedancia del cable bajo prueba), la intensidad de los pulsos de vuelta se mide y se integra en función de tiempo y se traza en función de longitud de la fibra. Es decir un OTDR es utilizado para estimar la longitud y la atenuación total de la fibra, incluyendo pérdidas del empalme, de los acopladores y conectores así como también ser utilizado para localizar averías, tales como roturas.

3.4.2.1. **Arquitectura del RFTS.**

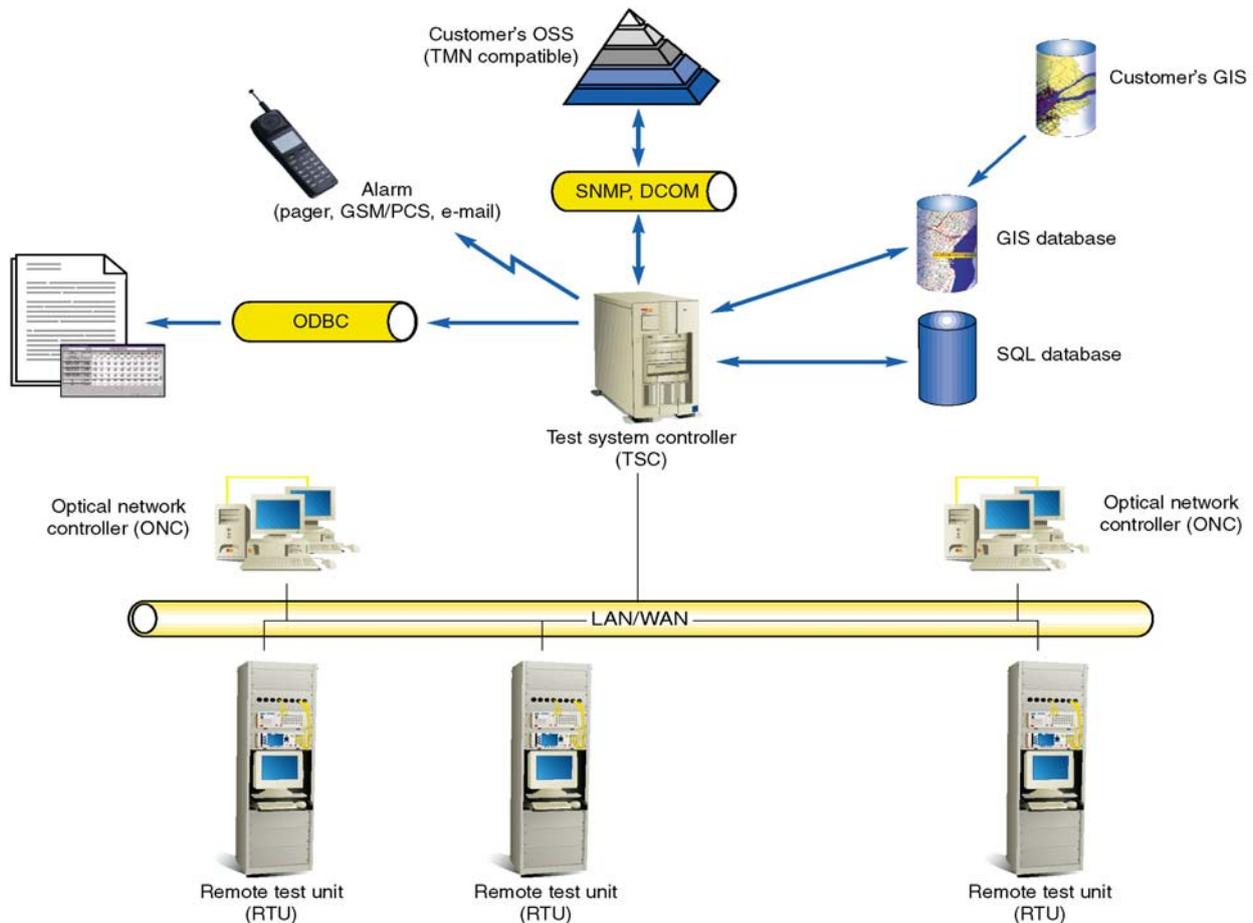


Figura 3.1: Arquitectura de un sistemas de monitoreo remoto

a. Estación Central - TSC Test System Controller (controlador del sistema de pruebas)

Es un servidor base de datos (MS SQL 7.0) el cual nos proporciona curvas de todos los tipos (OTDR, OSA, OLTS, etc.), así como también:

- Estado de alarmas (actuales y archivadas)
- Una documentación completa de la red de fibra óptica.
- Estadísticas.
- Entrevistas.

Además de funcionar como servidor de base de datos también actúa como servidor de comunicación, mapas / base datos GIS (GeoMedia de Intergraph). Envía las alarmas a e-mail y teléfonos celulares, mediante aplicativo LogCaster 3.6 (Supervisa continuamente acontecimientos del sistema y envía automáticamente alarmas ante cualquier evento crítico de la red).

b. Interfaz para el usuario ONC (controlador de red óptica)

El ONC es una estación de trabajo que le permite al cliente conectarse con su servidor y acceder a todos los datos.

Permite una vista rápida y completa del estado de la red lo cual involucra:

- Estado de las RTU, cables, y enlaces ópticos.
- Severidad de alarmas, de ser pertinente.
- Ubicación de las fallas.
- Administración completa.

Utilizada para controlar completamente el RFTS, proceso que involucra lo siguiente:

- Entrar datos y configurar.
- Realizar pruebas por demanda.
- Controlar vía remota los elementos del sistema (RTUs) por aplicativos VNC, SMS, NetMeeting, PcAnywere.
- Visualizar las curvas que generaron alarmas.
- Generar estadísticas, registros de alarmas, etc.

c. RTU Remote Test Units (unidades remotas de pruebas)

Son elementos de redes inteligentes los cuales está desplegados estratégicamente por toda la red de fibra óptica, disponibles aún cuando la red está fuera de servicio.

Soporta hasta 126 fibras por RTU y están divididos en tres partes principales:

- Módulo OTDR.
- Módulo conmutador óptico.
- Controlador.

3.4.2.2. Métodos de supervisión o monitoreo de fibras.

a. Pruebas en fibras oscuras o sin servicio

Este método consiste en probar una ruta de fibra óptica mediante el uso de un par de hilos de fibra que no se encuentran en servicio, de éste modo poder determinar si es que no existe ningún problema en la línea de transmisión.

Se utiliza un par de hilos de fibra óptica que no tiene servicio puesto que el equipo utilizado, que es el OTDR, como señalamos anteriormente trabaja enviando pulsos ópticos en la fibra bajo prueba, lo que llevaría a ocasionar una recepción de datos erróneos si se realizaran las pruebas en una línea en servicio puesto que viajaría la señal transmitida mas la señal de pulso inyectado por el OTDR.

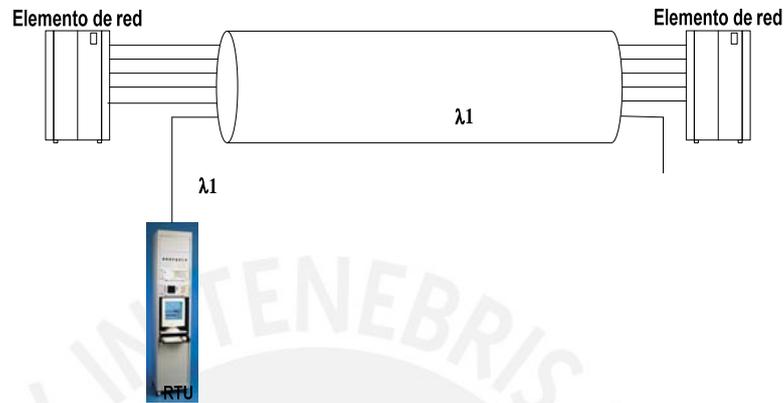


Figura 3.2: Diagrama de prueba en fibra oscura

b. Pruebas en fibras activas o con servicio

Este método consiste en realizar las pruebas de una línea de transmisión en un par de fibras que se encuentran en servicio lo cual conlleva a introducir cierto grado de pérdida. Las pruebas se realizan de forma similar a las pruebas en fibras oscuras, pero para poder realizarla se necesita adicionalmente de los siguientes elementos:

- WDM (Wavelength Division Multiplexing) Multicanalización por División de Longitud de Onda, la cual consiste en combinar varias longitudes de onda dentro de la misma fibra lo que permite el envío simultáneo de diferentes longitudes de onda a través de una sola fibra dentro de la banda espectral que abarca los 1300 y los 1600nm. Reúne diferentes longitudes de onda para formar la señal que se transmitirá. De manera similar a otras formas de multicanalización, WDM requiere que cada longitud de onda sea debidamente espaciada de las demás, con el objeto de evitar la interferencia intercanal.
- Filtros, los cuales están sintonizados a la frecuencia que envía los pulsos el OTDR para poderlos filtrar y de esta manera solo llegue al terminal la información transmitida inicialmente.

Estos elementos adicionales son necesarios puesto que se tiene que combinar la señal transmitida desde un punto remoto con la introducida por el OTDR, para

posteriormente, mediante los filtros dejar pasar solo la señal que debe llegar a otro terminal remoto en forma correcta.

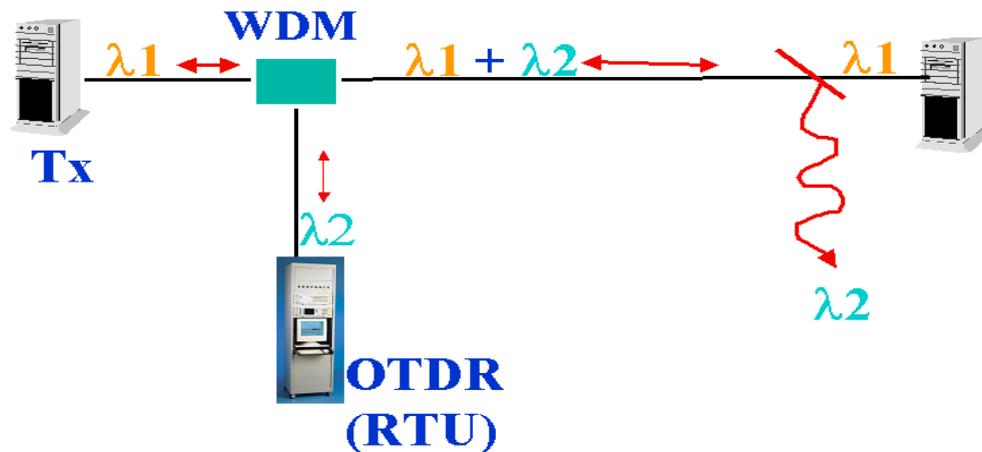


Figura 3.3: Diagrama de prueba en fibra activa

3.4.3. Centro de Monitoreo

El centro de monitoreo es el lugar en el cual se encuentran las personas encargadas de vigilar constantemente las redes de fibra, esta conformado por un mínimo de 4 ingenieros los cuales están rotados en tres turnos de monitoreo para así realizar una eficiente supervisión de la red de fibra óptica, estos turnos corresponden en los siguientes horarios:

- Turno A: Desde las 07:00 hasta las 15:00 horas.
- Turno B: Desde las 15:00 hasta las 23:00 horas.
- Turno C: Desde las 23:00 hasta las 07:00 horas.

Estos turnos son realizados por un solo ingeniero a la vez, es decir en los horarios de día se encontrarán presentes los 3 ingenieros contratados mas un ingeniero de turno, en los turnos en los cuales van mas allá del horario de trabajo, que vendría a ser desde las 08:00 hasta las 17:00 horas, solo quedará a cargo el ingeniero de turno encargado de realizar la supervisión, pero ante cualquier eventualidad en la red estarán disponibles los ingenieros que no están de turno.

En total existen cuatro estaciones de trabajo, es decir cuatro computadoras, las cuales están interconectadas a un servidor central el cual procesa toda la información proporcionada por los RTU's, además de poseer un software especial para realizar el monitoreo de la fibra denominado AW de Exfo.

La interfaz de usuario AW es el software principal del NQMSfiber. Los administradores de sistema, los encargados del mantenimiento de la red y los operadores del NOC lo utilizan para administrar el sistema, configuran disposiciones de prueba, crean las vistas esquemáticas de la red, documentan la red y las rutas ópticas, localizan, ven y manejan alarmas, navegan y analizan resultados de pruebas, y realizan tareas de performance del sistema de operación y mantenimiento.

Cada RTU puede acceder directamente con un web browser. Uno de los dos puertos Ethernet disponibles en el RTU se dedica al acceso local. El web server instalado en el RTU también proporciona el acceso de una posición remota. Los usuarios remotos pueden por lo tanto ver el estado actual de un RTU y a su vez establecer un cronograma de pruebas usando el web browser. Los servidores Web del NQMSfiber son compatibles con navegadores como Internet Explorer de Firefox y Microsoft.

3.4.4. Definiciones Operativas.

a. **Indicadores Cualitativos**

Permiten conocer la calidad, los grados de mejora de ciertas características clave del servicio de telefonía.

- **Satisfacción del Cliente.** Se puede percibir mediante la evaluación de las quejas y/o sugerencias que tengan los usuarios acerca del servicio. Depende de la calidad del servicio brindado y de la capacidad del personal técnico encargado del manejo de la red.
- **Capacidad del Personal de Gestión de Red.** Relativo al personal técnico encargado del monitoreo de las redes de fibra óptica. Su capacidad ayudará a resolver los potenciales problemas que pudiesen presentarse, de una manera rápida y eficiente.
- **Calidad del Servicio de Interconexión.** Medido en función al tiempo de disponibilidad de la red. Estos factores influirán en gran manera en la percepción que los usuarios tengan del servicio que se les ofrece.

b. Indicadores Cuantitativos

Indica numéricamente los logros o degradaciones de ciertas características del servicio de acceso telefónico.

- **Tiempo de disponibilidad de la red.** Es el tiempo de conexión que la empresa proveedora le garantiza al usuario. De esta manera, son tolerables pequeñas caídas en el servicio, de corta duración, causadas por problemas en la red o por mantenimiento en los equipos. El valor está generalmente alrededor del 99%.
- **Tarifas de conexión.** Cantidad mensual que deberán de abonar los clientes por contratar el servicio. Depende de la tasa esperada de retorno proyectada por la empresa, del número de potenciales usuarios interesados en el servicio, y de la competencia con otros proveedores del mismo servicio.
- **Costos en Adquisición y Mantenimiento de Equipos.** Se refiere a los costos que tendrá la empresa para poder ofrecer el servicio así como en personal calificado para su instalación y mantenimiento.

3.5. Características de Algunos Sistemas de Supervisión Remota.

3.5.1. RTU 587 de Controles S.A [19].

Cualidades Básicas:

- Relevar, mantener actualizados, fechar y transmitir a niveles superiores estados y cambios sobre las entradas digitales y analógicas.
- Ejecutar comandos provenientes de niveles superiores.
- Sincronizar tiempos con niveles superiores, GPS o IRIG-B.
- Almacenar información durante períodos de fallo de comunicaciones.
- Verificar su funcionamiento interno, autodiagnóstico tomando acciones en caso de fallo.
- Gestionar las comunicaciones con los niveles superiores.

Cualidades Normales:

- Entradas digitales aisladas simples, dobles, pulsos, contadores, asociadas.

- Salidas digitales con relé intermediario, por pulso, por estados, unitarias o asociadas.
- Medida de potencia, activa, reactiva, energía, frecuencia y armónicas.
- Entradas analógicas para transductores con o sin aislamiento.
- Entradas de medidas directas de corriente y tensión, desde los transformadores de medida.
- Enlace simple o duplicado con el centro de control.
- Puertos básicos: RS232, RS485 y Ethernet.
- Medios de comunicación: línea directa, ethernet, modem, fibra óptica, onda portadora, radio punto a punto o
- multipunto, modem para red celular CDPD y GPRS.

Cualidades Avanzadas:

- Sistema operativo estándar de tiempo real.
- CPU totalmente de estado sólido sin partes móviles.
- Resolución de 1ms en la marca de tiempo de las entradas digitales.
- RTU virtual.
- A cada centro de control se le adjudica un conjunto configurable de las variables de la base de datos interna.
- Multiprotocolo puede comunicarse con cada centro de control un protocolo distinto.
- Consola local o centro de control local.
- Multiprotocolo con diversos equipos esclavos.
- Master de RTU esclavas.
- Gateway o nodo de comunicaciones, actúa como master de equipos esclavos como por ejemplo relés de protección y transfiere sus datos al centro de control.
- Cualidad PLC, el usuario puede incorporar rutinas automáticas para agregar funciones no previstas o específicas.
- Administración y configuración remota vía ethernet y TCP/IP.
- Modularidad de hardware y software.
- Montaje sobre bandejas sencillas y rápidas, permite que el armado inicial o las modificaciones puedan realizarse con insumos electromecánicos comunes y mínimo cableado interno.
- Las entradas y salidas digitales no requieren borneras intermediarias.
- Fuente duplicada.

3.5.2. RTU OTU8000 de JDSU [20].

Cualidades Básicas:

- Almacena reportes de performance de la red.
- Genera reportes de servicio que proporcionan información relevante sobre el desempeño de la red.
- Cada RTU (OTU - 9500) autónoma incluye un conmutador óptico que se conecta a fibras individuales mas uno o dos módulos ópticos (OTDRS, OSA) para mediciones y procesamiento inicial de los datos.
- El corazón del sistema ONMS es el servidor central, con una base de datos Oracle que almacena y gestiona toda la información del sistema.
- Posee estaciones cliente las cuales se conectan al servidor central por una red IP o a través de una red conmutada.
- Las 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.
- El ONMS ofrece varios niveles de seguridad para garantizar la protección de la información contra accesos no garantizados.
- Es ideal para monitorear tanto fibras activas como oscuras, multimodo o monomodo.
- El módulo WDM de las RTUs proporciona todas las facilidades de medida y análisis necesarias para evaluar la calidad de las redes DWDM. Algunas de estas funciones son análisis de espectro óptico, medidas de canales individuales, medición de potencia y longitud de onda.

Cualidades Normales:

- Posee una amplia gama de OTDR's.
- La información de la red de fibra entra directamente e la base de datos del ONMS (Sistema de Monitoreo para Redes de Fibra Óptica) lo que hace mas fácil su disponibilidad para los operadores y los ingenieros responsables para su análisis.
- Comprende una serie de unidades de pruebas ópticas (OTUs 9500), un servidor central y un número de estaciones cliente.
- El sistema ONMS monitores las capas física y óptica de la red a través de las unidades de prueba autónomas (JDSU OTU-9500).

- El módulo OTDR de los OTU-9500 soporta todo tipo de redes desde las metropolitanas hasta redes de larga distancia. Las mediciones se comparan con un trazo de referencia y si exceden los límites establecidos por el usuario, el sistema envía automáticamente un mensaje de alerta al personal de mantenimiento.
- Posee una base de datos constantemente actualizada ya que el sistema ONMS utiliza los datos obtenidos en campo, generando automáticamente un esquema detallado de la red.
- El acceso del ONMS se realiza a través de un navegador estándar, por lo que no hace falta algún software ni entrenamiento especial. Permite realizar análisis remotos del OTDR y/o estadísticas DWDM mediante páginas Web fáciles de usar con un formato sencillo y comprensible.

Cualidades Avanzadas:

- Cuenta con una base de datos bastante robusta y precisa que incluye información geográfica para asegurar la localización y reporte de fallas.
- Los niveles de potencia, atenuación, los parámetros de longitud de onda se pueden medir remotamente sin necesidad de que vayan al sitio los ingenieros de campo a validar los servicios.
- Posee un sistema de información geográfica (GIS) para identificar y etiquetar cada una de las fibras, el catálogo GIS incluye información sobre el estado, año de instalación, lista de conductos o postes, detalles de localización de empalmes, de los equipos empleados, vista de punto a punto y longitud.
- El módulo WDM de los OTU-9500 proporciona todas las funciones de medida necesarias para analizar la calidad de redes DWDM con separación de canales hasta de 12.5 GHz, alertando al operador en caso de que la potencia sea baja, algún canal se pierda o de que se produzca una degradación de señal superior a la permitida.
- Los módulos OTDR y WDM del ONMS son compatibles e intercambiables con la familia MTS-5000e de analizadores ópticos de JDSU.

3.5.3. RTU NQMSfiber de EXFO [21].

Cualidades Básicas:

- Detección, localización y seguimiento de degradaciones de la fibra veinticuatro horas al día siete días de la semana.

- Método único de ensayo RFTS (Sistema Remoto de Monitoreo de Fibra) para la gestión de datos de referencia.
- Posee una amplia gama de funciones de gestión del sistema, la interfaz de usuario AW ofrece numerosas funciones como son:
 - Definir las propiedades del usuario
 - Asignar a los usuarios sobre los horarios de servicio para el envío de alertas.
 - Configurar las pruebas y establecer calendarios.
 - Ver y gestionar las alarmas.
 - Buscar los resultados de las pruebas.
 - Crear vistas de la topología de la red y establecer las imágenes de fondo.
 - Localizar los sitios de falla en una ruta óptica, para una rápida localización de averías.
 - Alertar de acuerdo a los parámetros establecidos mediante correo electrónico, SMS, etc.
 - Realizar pruebas sobre demanda utilizando configuraciones predefinidas de prueba.
 - Generar informes automáticamente.
 - Ver estado del sistema y las rutas monitoreadas.

Cualidades Normales:

- Bajo costo de propiedad, gracias a los reducidos costos de mantenimiento y alto nivel de automatización.
- Altamente personalizable para realizar la administración del servidor (SME).
- Operado local y remotamente a través de una interfaz de usuario basada en un Web browser del RTU.
- La interfaz de usuario AW (Administrative Workstation) es la principal aplicación de software del NQMSfiber. Los administradores de sistemas, administradores de mantenimiento de la red y los operadores del NOC lo utilizan para administrar el sistema, realizar configuraciones de prueba, crear vistas esquemáticas de la red, documentar la red y las rutas óptica, localizar, ver y administrar las alarmas, buscar y analizar los resultados de las pruebas, y realizar diversas pruebas de operación del sistema y las diversas tareas de mantenimiento.

- Acceso Web hacia los datos del servidor, el NQMSfiber permite a los clientes a través del navegador Web del AW accesos múltiples simultáneamente que permiten:
 - Obtener el estado de la red óptica desde una perspectiva de calidad de servicio.
 - Ver y gestionar las alarmas actuales e históricas.
 - Realizar pruebas sobre demanda.
- Posee acceso a través de una interfaz de usuario por medio de un navegador Web de cada RTU permitiendo el acceso a la siguiente información:
 - Puerto óptico y de la condición de la red a través de una perspectiva de pruebas realizadas.
 - Hardware y software.
 - Comunicación.
 - Configuración actual de la red.
 - Actuales y previstas actividades de pruebas.
 - Historial de eventos a través un registro de auditoria almacenado.

Cualidades Avanzadas:

- Posee beneficios plug and play como: auto descubrimiento y manejo de datos de referencia para gestión.
- Desde el principio, cada NQMSfiber RTU crea un procedimiento básico de pruebas para cada ruta óptica detectada y selecciona los mejores parámetros de prueba por cada OTDR para cada configuración de prueba. Esto se traduce en Sistema de puesta inmediata tan pronto como se activan los RTUs.
- Proporciona información sobre parámetros de operación y mantenimiento de los equipos a través de una imagen estadística de pérdida de estabilidad en la red óptica, permitiendo de esta forma perfeccionar el sistema de alarmas volviéndolo mas sensible a futuras alarmas en la red.
- Posee cuatro métodos de prueba, permitiendo así a los ingenieros de campo, operadores del NOC, directores del mantenimiento de la red, ingenieros de red, etc. con la flexibilidad de elegir el modo mas apropiado de pruebas de acuerdo a diversas necesidades. Las pruebas pueden ser programadas de acuerdo a un horario específico, sobre demanda o también correr continuamente.
- NQMSfiber monitorea los enlaces de fibra desde diferentes perspectivas:

- Caso de pérdida, el cual se mide para determinar si existe una rotura, degradación de empalme o si es que se encuentra curvada más allá de los límites la fibra.
 - Pérdida de una sección, que puede ser una indicación de problemas ambientales, destaca sobre todo una sección de cable.
 - Pérdida total, lo que ayuda a asegurar que la pérdida de presupuesto por el enlace se mantiene bajo control.
- Reconfiguración programable de parámetros de referencia, NQMSfiber está diseñado para ayudar a minimizar su aporte manual para actualizar o reajustar los parámetros de referencia para cada prueba, ya que puede ser programadas para adquirir nuevos datos de referencia en fechas específicas.
 - La interfaz de usuario del RTU-Web permite a usuarios locales como remotos realizar las siguientes pruebas y verificaciones:
 - Seleccionar un puerto, establecer los parámetros de prueba establecidos al OTDR para adquirir los gráficos y luego ver los resultados en una tabla de eventos.
 - Descargar los gráficos a cualquier lugar accesible a la red o a una computadora personal para su posterior análisis utilizando un visor de aplicación del OTDR de EXFO o utilizando un software denominado FastReporter una vez realizada la transformación de los datos.
 - Realizar medidas y evaluar la calidad óptica del equipo (interruptor, OTDR) y de la conexión con las fibras bajo prueba, mediante la utilización de un cuadro de diálogo.

3.6. Limitaciones del Estudio.

Falta de información necesaria para realizar un análisis completo ya que esta es escasa o en muchos casos confidencial por parte de las empresas que poseen estos sistemas.

El monto de la inversión económica o el coste de los equipos es clasificado, logrando obtener unos costos aproximados de todo un sistema mas no así el costo por cada equipo ya que esta información es manejada en forma directa desde los proveedores hacia los clientes que vendrían a ser las empresas que cuentan con estos sistemas.

Falta de equipos necesarios para realiza una validación del diseño realizado puesto que son de un coste elevado y además que tampoco se cuenta con un software de simulación.

3.7. Importancia del Estudio.

Hoy en día una planta de fibra óptica es uno de los elementos más importantes no solo para las telecomunicaciones sino también para los distintos campos en los cuales se use en forma intensiva. Debido al incremento de tráfico cursado ya sea de voz así como también la transmisión de datos y video que en la actualidad tiene una gran demanda y crecimiento y viendo que estas necesidades son cada vez mas crecientes es que se necesitará de una tecnología que sea parte de un adecuado y eficiente plan de supervisión, pues, estos sistemas aumentan la productividad, facilitan la administración de redes ópticas a través de pruebas remotas y documentación precisa de la red por medio de un mejor monitoreo de red y aprovisionamiento de servicios y finalmente mejoran la satisfacción del cliente buscando la fidelización de éstos.

Estos sistemas de supervisión remota entregan información eficiente de monitoreo para garantizar que la fibra óptica este lista para usarse en el momento que se requiera, así como también información de aquellas fibras que ya están siendo utilizadas, mejorando así la calidad de los servicios, rentabilidad de la inversión, y el óptimo nivel de utilización y aprovechamiento de la red.

CAPÍTULO IV

 DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN REMOTA Y MONITOREO DE LA FIBRA
ÓPTICA
4.1. Elección del 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 inatendidas por personal técnico de manera permanente, se detallan las consideraciones que desde nuestro punto de vista son las que determinan que el RTU **NQMSfiber** de EXFO sea para nuestro caso el elegido:

	RTU 587 de Controles S.A.	RTU OTU8000 de JDSU	RTU NQMSfiber de EXFO
Soporte técnico y capacitación	3	3	4
Cumplimiento de exigencias tecnológicas existentes en el país	5	5	5
Costos de mantenimiento reducidos dados por la cercanía de los representantes de esta marca	3	4	5
Por la confiabilidad que presentan debido al alto nivel de automatización	4	5	5
Por las facilidades de medidas y análisis que brinda para evaluar la calidad de las redes que monitorea	4	4	4
Simplicidad en el funcionamiento para el personal operador tanto en el centro de gestión de banda ancha como para los operadores de campo (técnicos e ingenieros)	3	3	5
TOTAL	22	24	28

Tabla 4.1: Calificación de RTUs por Fabricante

Como podemos observar en el cuadro se asignó una escala de valor que va del "1" al "5" en la cual el número "1" vendría a representar una escala de No Cumple, y el número "5" representaría una escala de Cumple Totalmente.

Es en ese sentido, que asignando las escalas adecuadas a cada fabricante de acuerdo a las características técnicas así como experiencias del autor se llega a una conclusión de que el sistema **NQMSfiber** de EXFO, vendría a ser el sistema idóneo para nuestro diseño ya que obtuvo un mayor puntaje de acuerdo a nuestra escala de calificación.

4.2. Sistema NQMSfiber (EXFO).

Consiste en un Sistema de Monitoreo Automático de enlaces de Fibra Óptica, el cual supervisa en forma centralizada, mediante un Controlador del Sistema (TSC), a las Unidades Remotas de Prueba (RTU), ubicadas en diferentes lugares de manera estratégica en la zona metropolitana de Lima. Estas RTU's monitorean principalmente la Red de Fibra Óptica, el cual es el medio de comunicación principal, de los diferentes Servicios de Telecomunicaciones (telefonía básica y celular Nacional e Internacional, RDSI, datos (Digired), Televisión por Cable (CATV), etc.). El Sistema verifica la continuidad del enlace monitoreado, características de atenuación, pérdidas y reflexiones de la fibra óptica.

4.3. Ubicación de cada RTU en la Red de Fibra Óptica de Lima Metropolitana.

Una vez realizada la elección de un sistema idóneo para la supervisión remota de la fibra óptica, es ahora necesario determinar los puntos estratégicos en los cuales estarán ubicados cada RTU y de esta manera obtener una supervisión eficiente y a la vez aminorar los costos eligiendo el número adecuado de RTUs a ser ubicados.

Como se sabe, de acuerdo al sistema elegido, el rango de alcance de cada reflectómetro (OTDR) es de aproximadamente 150 Km. Es así que para realizar una medición y supervisión eficiente de Lima Metropolitana se colocaran 3 RTUs situados en los distritos de Lince, Carabayllo y Lurin.

La razón del por qué la elección de estos distritos es que de acuerdo a información leída se pudo notar que son 3 puntos en los cuales geográficamente se puede cubrir con solo 3 RTUs todo Lima Metropolitana en forma eficiente llegando a poder realizar una buena supervisión de la fibra tendida a lo largo de todo Lima Metropolitana.

Como podemos observar en el siguiente gráfico cada RTU se encontrara ubicado como se señala en el mapa con los recuadros de color verde, de estos 3 distritos el mas importante será el RTU ubicado en el distrito de Lince puesto que con este RTU se realizara la supervisión de las fibras que vayan con dirección a los distritos de San Isidro, Callao y

Cercado de Lima distritos en los cuales se encuentran la mayor concentración de empresas y entidades privadas como también estatales las cuales cursan una gran cantidad de información de suma importancia como son:

- El Centro Empresarial en San Isidro.
- La Torre Roja y la Torre Azul en San Isidro.
- El Centro Cívico en el Cercado de Lima.
- El aeropuerto Jorge Chávez en el Callao, entre otros.

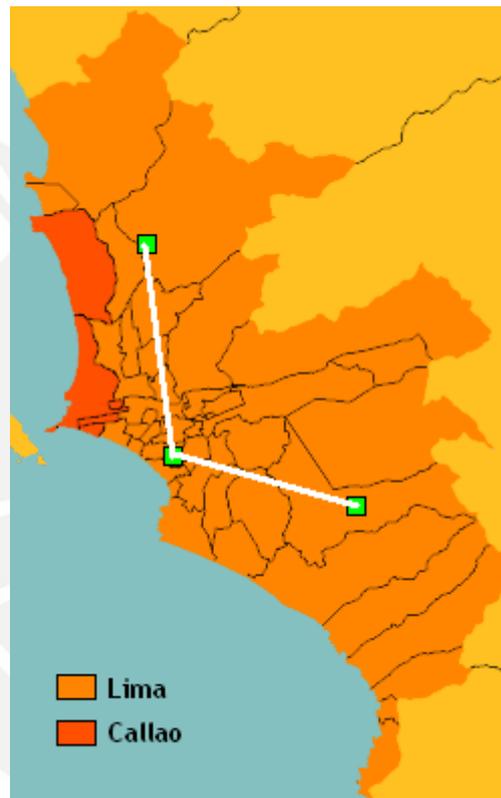


Figura 4.1: Ubicación Geográfica de equipos del RTU

4.4. Diagramas y Equipos utilizados en la Supervisión Remota:

Para realizar el diseño de un sistema de supervisión remota se debe tener en cuenta los siguientes equipos:

- RTU (Remote Test Unit) para 24 o 12 pares de fibra óptica.
- OTDR (Optical Time Domain Reflectometer).
- Switch óptico.
- Tarjeta Ethernet de 10 Mb
- Puerto serial (Uno con 9 y la otra con 3 puertos ópticos).

- 3 Lots de PC.
- ODF (Optical Distribution Frame).
- Modem.
- Cable RJ-11.
- Rack de montaje.

La disposición física de los equipos la podemos observar en el siguiente gráfico:

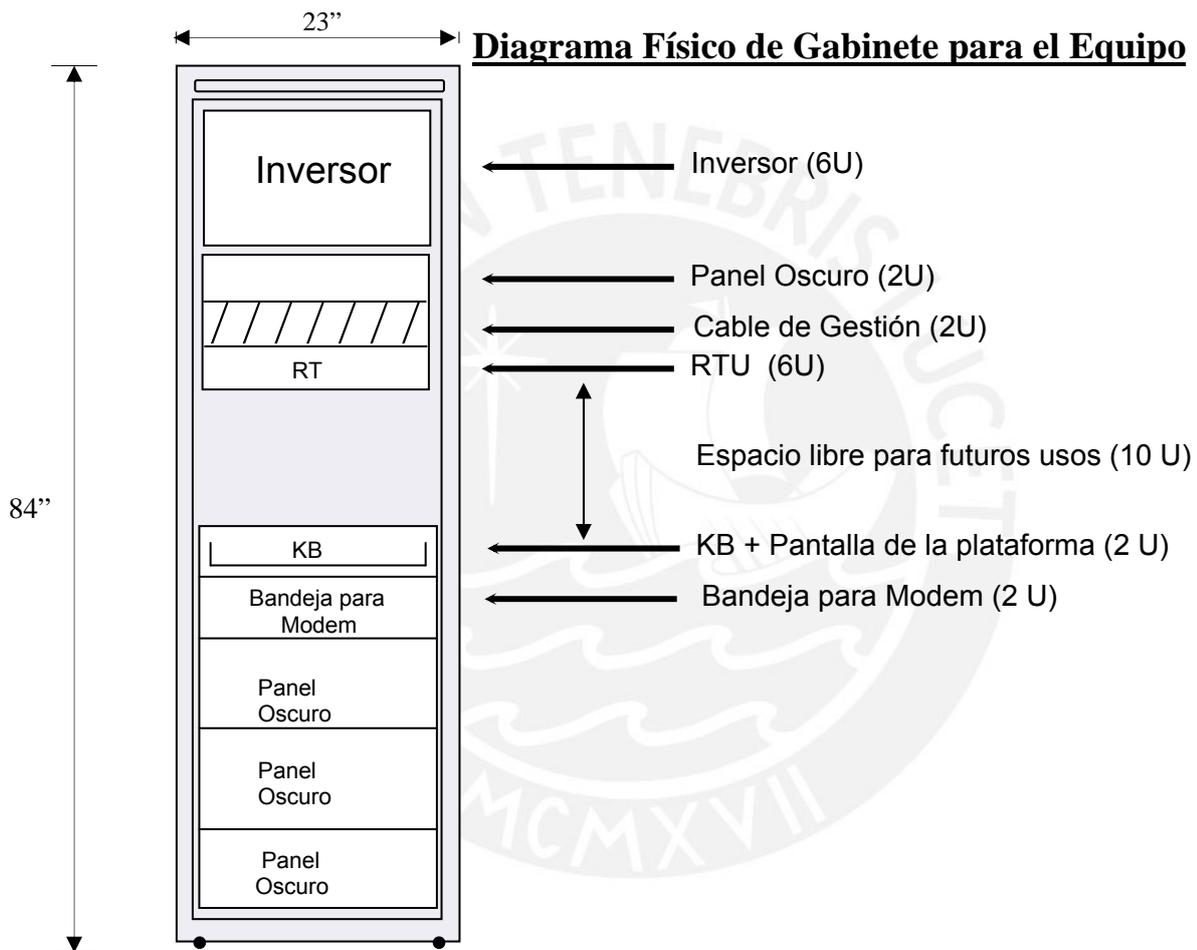


Figura 4.2: Disposición física de equipos del RTU

En el siguiente diagrama podremos notar las conexiones físicas para una configuración de equipo cuando se tenga que monitorear o supervisar fibras oscuras o sin servicio:

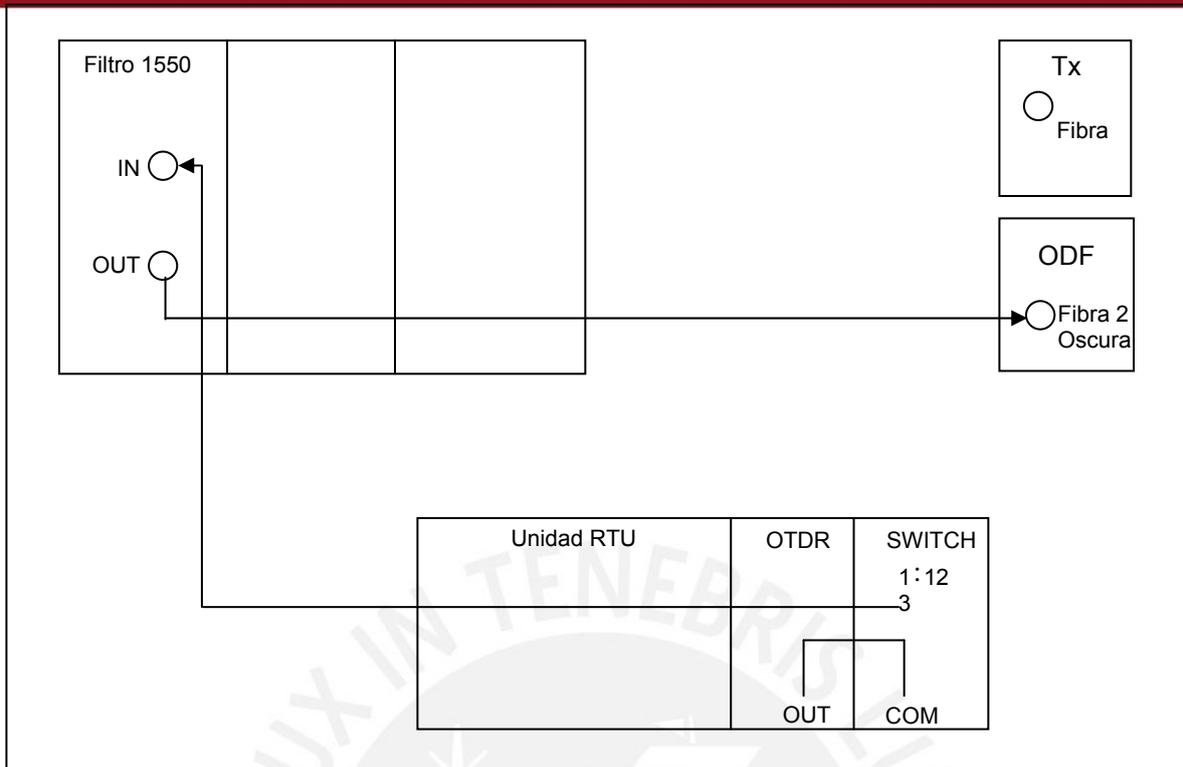


Figura 4.3: Disposición de equipos RTU sin Filtro

Como se puede notar la supervisión se realiza en un sola fibra del total de pares que pueda existir en un cable ya sea de 8 hasta 128 pares de fibras, esto es siempre y cuando existan fibras oscuras, en el caso que todos los pares de fibra estén cruzando tráfico, el esquema de conexiones sería utilizando un filtro y un combinador WDM (Wavelength Division Multiplexing) de la siguiente forma:

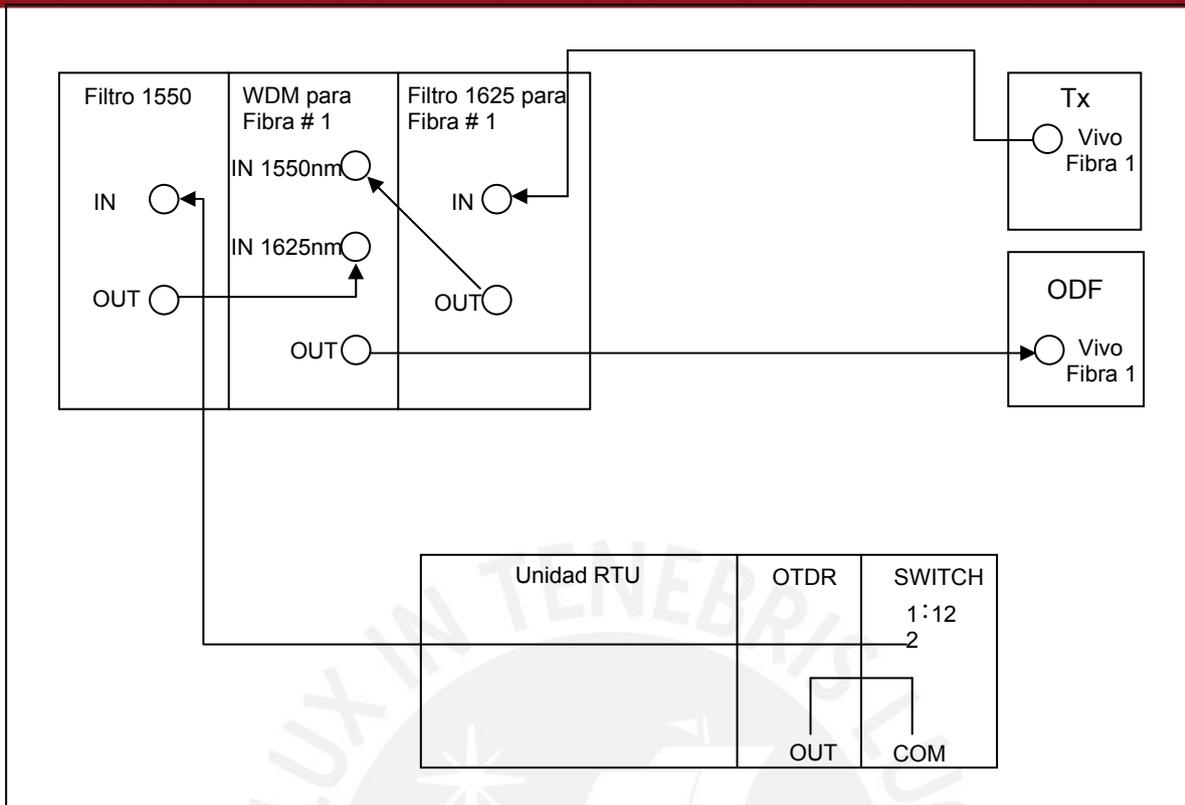


Figura 4.4: Disposición de equipos RTU con Filtro

El número en cada fibra indica qué fibra del total de existentes en un cable está siendo usada para realizar la supervisión remota; para nuestro caso, efectuar la supervisión en un área metropolitana el esquema de conexión sería el siguiente:

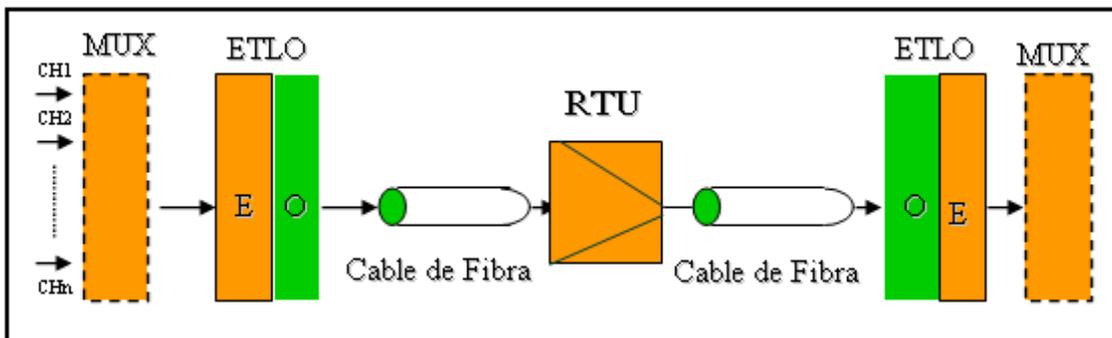


Figura 4.5: Conexión con equipos de transmisión

- MUX: Equipo Multiplexor
- ETLO: Equipo Terminal de Línea Óptico
- E: Electrónico
- O: Óptico

El rango de alcance de un OTDR es por lo general de 150 Km., esto quiere decir que se tendrían que colocar en forma estratégica de acuerdo al recorrido de cada cable de fibra óptica el numero de RTU's necesarios para de esta manera obtener un adecuado sistema de supervisión remota.

Cuando existe alguna falla en la fibra ésta se presenta como una especie de elevación en su respuesta como vemos a continuación:

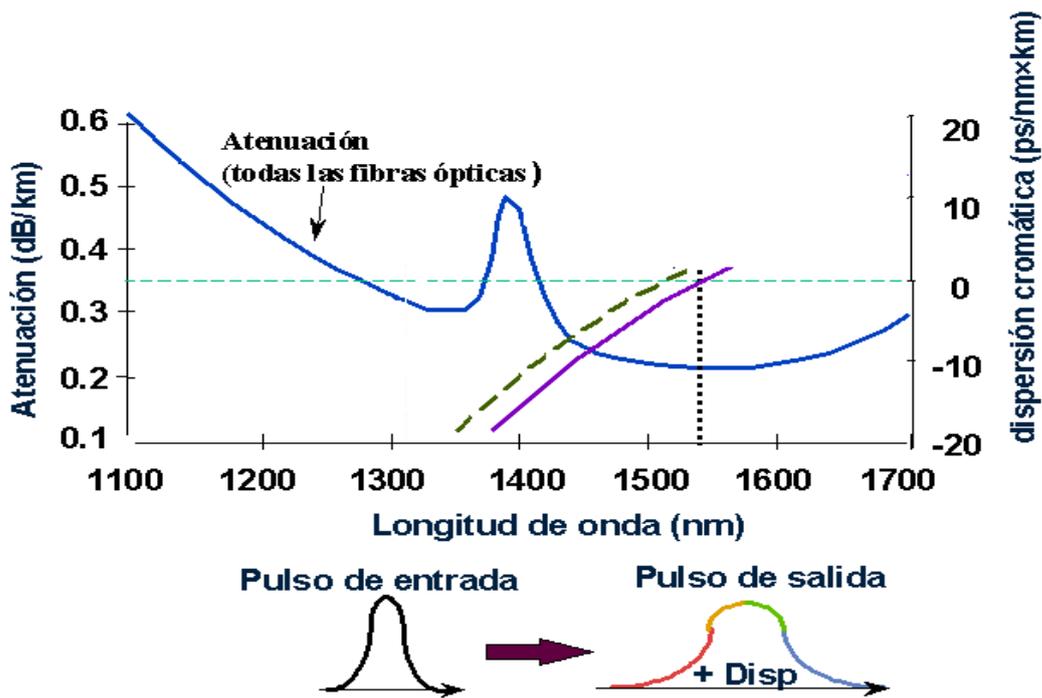


Figura 4.6: Falla en la fibra por atenuación de señal

Los análisis de las diferentes gráficas que se muestran en las pantallas tanto de la Estación Central como en las de los OTDR's que contienen los RTU's, facilitan al personal técnico que operan los sistemas, a determinar de que tipo de fallas o incidencias puedan estar presentando las fibras monitoreadas y de ese modo se pueden adoptar las acciones correctivas y/o preventivas que garanticen la confiabilidad y operatividad de la red para los distintos servicios que cursa.

4.5. Estación Cliente de un Sistema de Monitoreo.

Está constituido por cuatro PCs ya que con esta configuración se facilita a los centros de ingeniería y de 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 (las características mínimas requeridas son: procesador Pentium III, RAM 256 MB, Hard Disk > 4 GB), dedicada exclusivamente para aplicativo del Sistema, una impresora láser conectada en red para la impresión de cualquier documento de importancia, el servidor central el cual será el encargado de procesar y almacenar toda la información generada y así como de un Switch Cisco con 8 puertos GBE y 12 puertos 10/100 Base-T autosensing.

La función principal de la Estación Cliente es la administración propia del Sistema, donde se realiza la configuración de sus diferentes elementos remotos de monitoreo. Asimismo, realiza la gestión de alarmas, asignación de usuarios, control y medición remota de los elementos monitoreados, entre otros.

Existen tres niveles de acceso de usuario para una Estación Cliente: administrador, director y operador. El administrador tiene todas las facultades para la administración del Sistema y gestión de seguridad del mismo. El director tiene algunas facilidades de administración de acuerdo a la zona asignada o a la cantidad de elementos del sistema que tiene responsabilidad. El operador solo tiene funciones de visualización de alarmas, esquemáticos, y algunos accesos para la observación de los parámetros y configuraciones de los elementos de monitoreo remoto del Sistema.

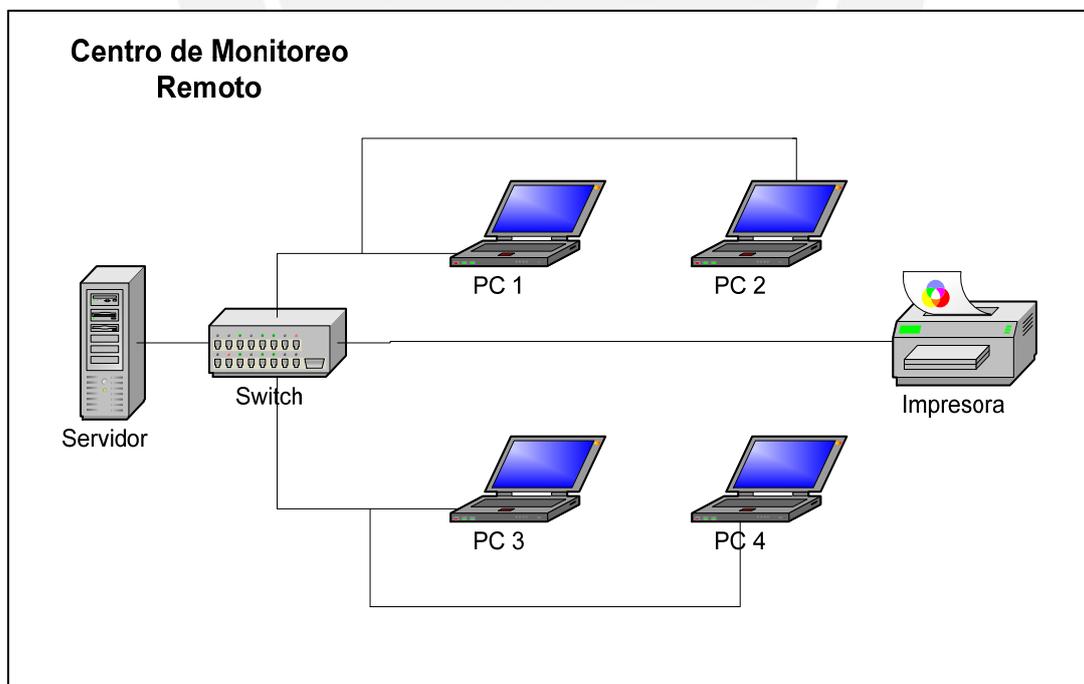


Figura 4.7: Centro de monitoreo remoto

4.6. Reporte de Alarmas.

Es el reporte generado por los Sistemas de Monitoreo de Fibra Óptica, el cual puede tener los siguientes niveles de magnitud:

- Alarma Menor: Cuando los niveles o umbrales detectados por los Sistemas sobrepasan los niveles mínimos considerados (errores de configuración entre otros, umbrales mínimos configurados).
- Alarma Mayor: Cuando los niveles o umbrales detectados por los Sistemas sobrepasan los niveles intermedios considerados (fallo de niveles de referencia, incomunicaciones parciales de elementos de los Sistemas, entre otros).
- Alarma Crítica: Cuando los niveles o umbrales detectados por los Sistemas sobrepasan los niveles máximos considerados (fallo total de comunicación con los elementos de los Sistemas, rotura o corte de los medios de comunicación fibra, fallos de los elementos de los Sistemas, entre otros).

Se define que las Alarmas Menores y Mayores corresponden a una Incidencia, y una Alarma Crítica corresponde a una Avería en la Red Fibra Óptica.

4.7. Características del sistema.

4.7.1. Detección rápida y localización precisa de los fallos.

En caso de un problema en la red, la RTU envía un mensaje de alarma al servidor central, indicando la fecha, hora, distancia y naturaleza del fallo. Aparece en pantalla una ventana de alarma y se genera un aviso acústico para alertar al usuario. Con un simple clic del ratón, el usuario puede ver la traza y un esquema del cable, en el que aparece realizado el evento de alarma.

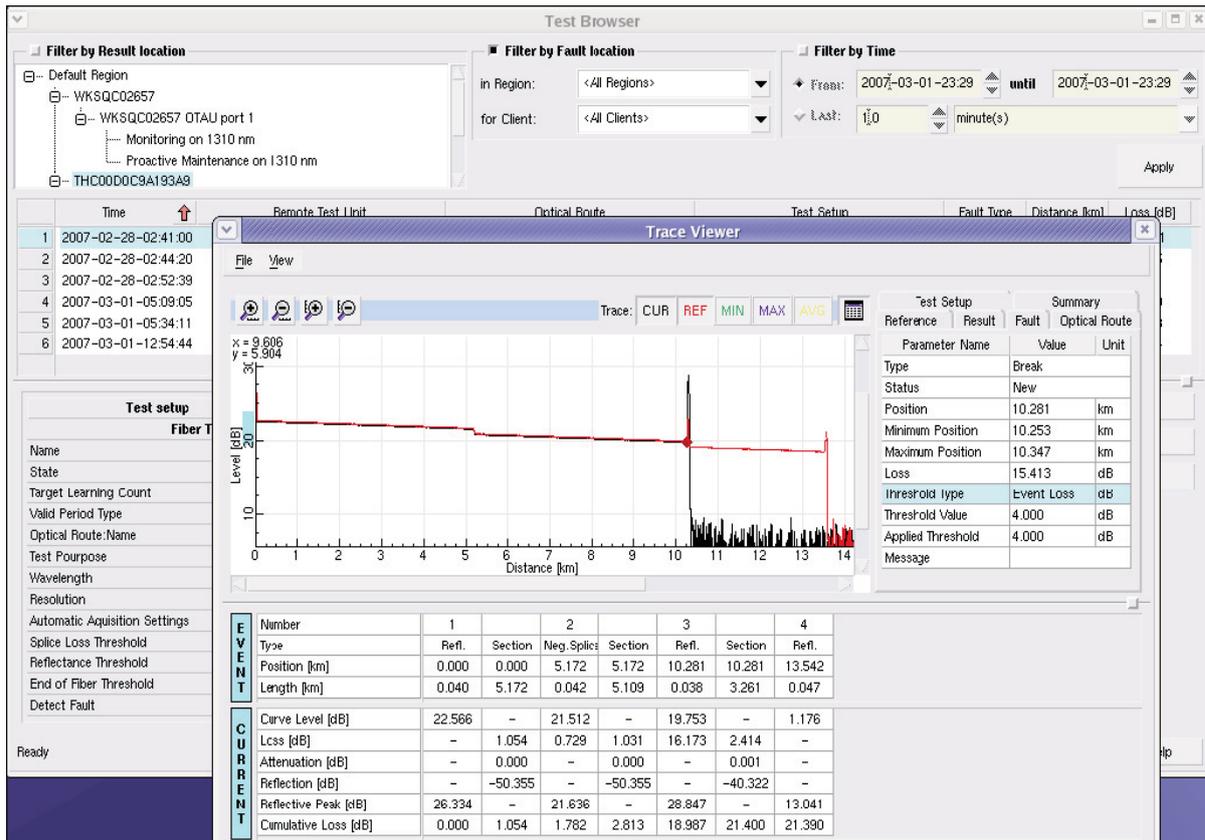


Figura 4.8: Software utilizado para realizar la supervisión remota

4.7.2. Mantenimiento preventivo.

Este sistema de supervisión puede programarse para realizar ciclos periódicos de mantenimiento de la red. En ese modo de funcionamiento, las RTU revisan a fondo los enlaces buscando signos de degradación o envejecimiento de los componentes. Esa información es útil para generar informes del estado de la red.

4.7.3. Extensa documentación.

Nuestro Sistema gestiona y documenta la red, empleando un sistema de información geográfica para identificar y etiquetar todas las fibras y cables. El catálogo incluye la situación, año de instalación, lista de posibles conductos, detalles de los empalmes, estado, detalles de los equipos empleados, vista de extremo a extremo, longitud, etc. La herramienta de dibujo facilita la creación de esquemas de la red con funciones gráficas tipo “arrastrar y soltar”. Es posible especificar la disposición del cableado mediante coordenadas geográficas para facilitar la localización de las averías.

4.7.4. Completos análisis a través de la web.

El Sistema ofrece la posibilidad de efectuar análisis desde cualquier estación empleando un navegador estándar. Permite realizar análisis remotos de la traza y/o estadísticas DWDM mediante páginas web fáciles de usar, con un formato sencillo y comprensible.

4.7.5. Plan de trabajo y gestión de alarmas.

Cuando el Sistema detecta un fallo, el servidor central registra el evento y envía al supervisor de mantenimiento un mensaje de alarma y los detalles del problema. El plan de trabajo del Sistema es útil para planificar los turnos y los horarios del personal de mantenimiento.

El plan de trabajo almacena el horario laboral de cada individuo y tiene en cuenta la disponibilidad y las vacaciones del personal. También guarda información de contacto para cada ingeniero y selecciona la mejor forma de contacto para cada individuo (mensajes cortos, fax, buscapersonas o correo electrónico).

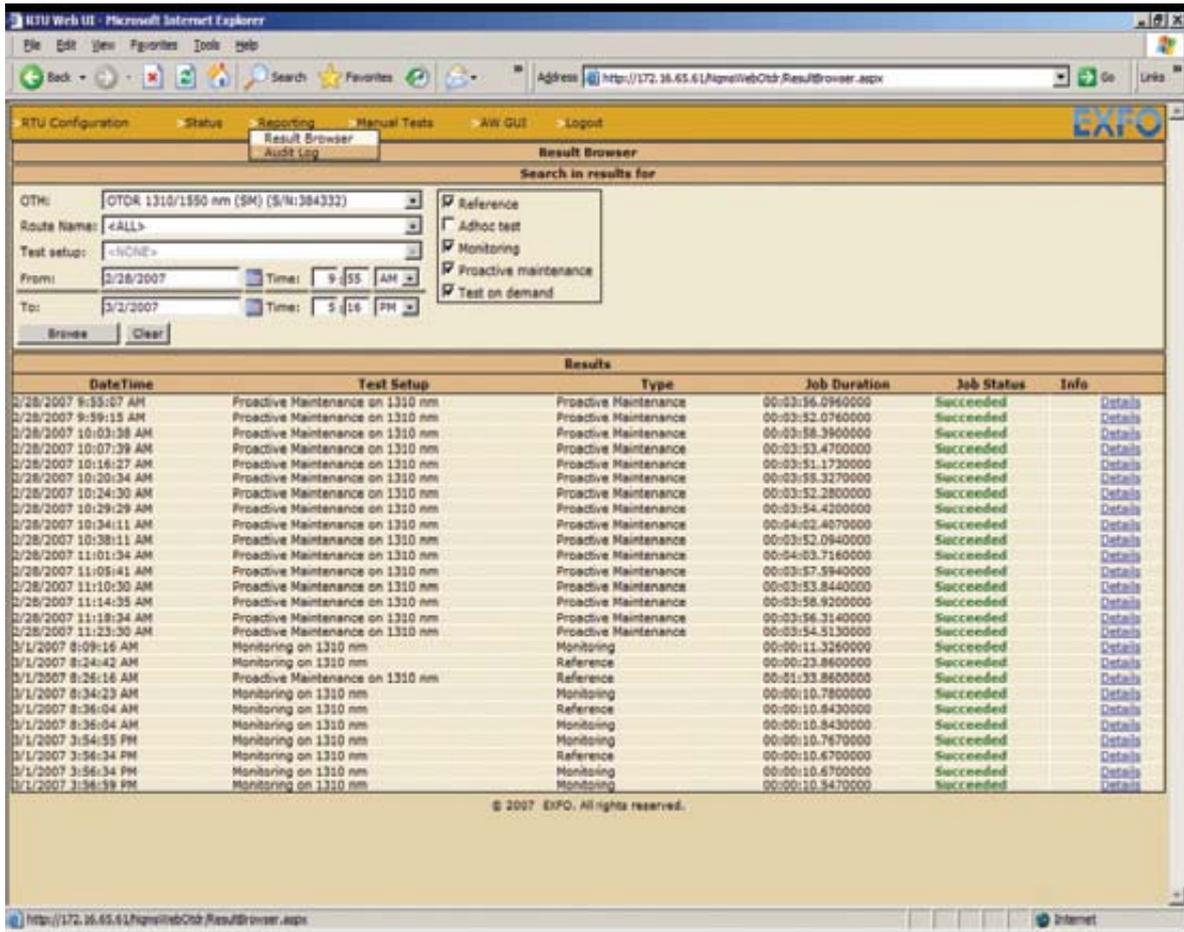


Figura 4.9: Ventanas de navegación para acceder a las alarmas de cada RTU

4.7.6. Provisionamiento de servicios y prestaciones de la red DWDM.

El mantenimiento y provisionamiento de redes DWDM requiere conocer a fondo el espectro óptico. Sobre todo se necesita saber la potencia y longitud de onda de cada canal en determinados puntos críticos del enlace óptico, tales como terminales, amplificadores ópticos, nodos add/drop, este sistema es capaz de medir las prestaciones de la red en tiempo real, permitiendo al usuario identificar inmediatamente las degradaciones o fallo. Esa posibilidad lo convierte en un sistema idóneo para comprobar las características de instalaciones nuevas, validar la configuración de la red o monitorizar los cambios de prestaciones en función del tiempo.

4.7.7. Flexible – Diseñado para crecer al mismo tiempo que la red.

Sea cual sea el tamaño de la red, desde pequeñas instalaciones centralizadas hasta grandes redes, el sistema modular puede crecer y adaptarse a sus necesidades de medida. Por ejemplo, una configuración mínima instalada inicialmente para un mantenimiento a pequeña escala puede ampliarse de forma sencilla y económica añadiendo nuevas unidades RTU y conmutadores ópticos, también es posible configurar el sistema desde el principio como sistema multiusuario para la gestión de redes de gran tamaño.

4.7.8. Efectivo – Monitorización de fibras activas y fibras oscuras.

El Sistema será capaz de monitorizar tanto fibras oscuras como fibras activas multimodo o monomodo. Para monitorizar las redes activas sin interrumpir el servicio, se utiliza una longitud de onda diferente a la empleada en la transmisión de datos.

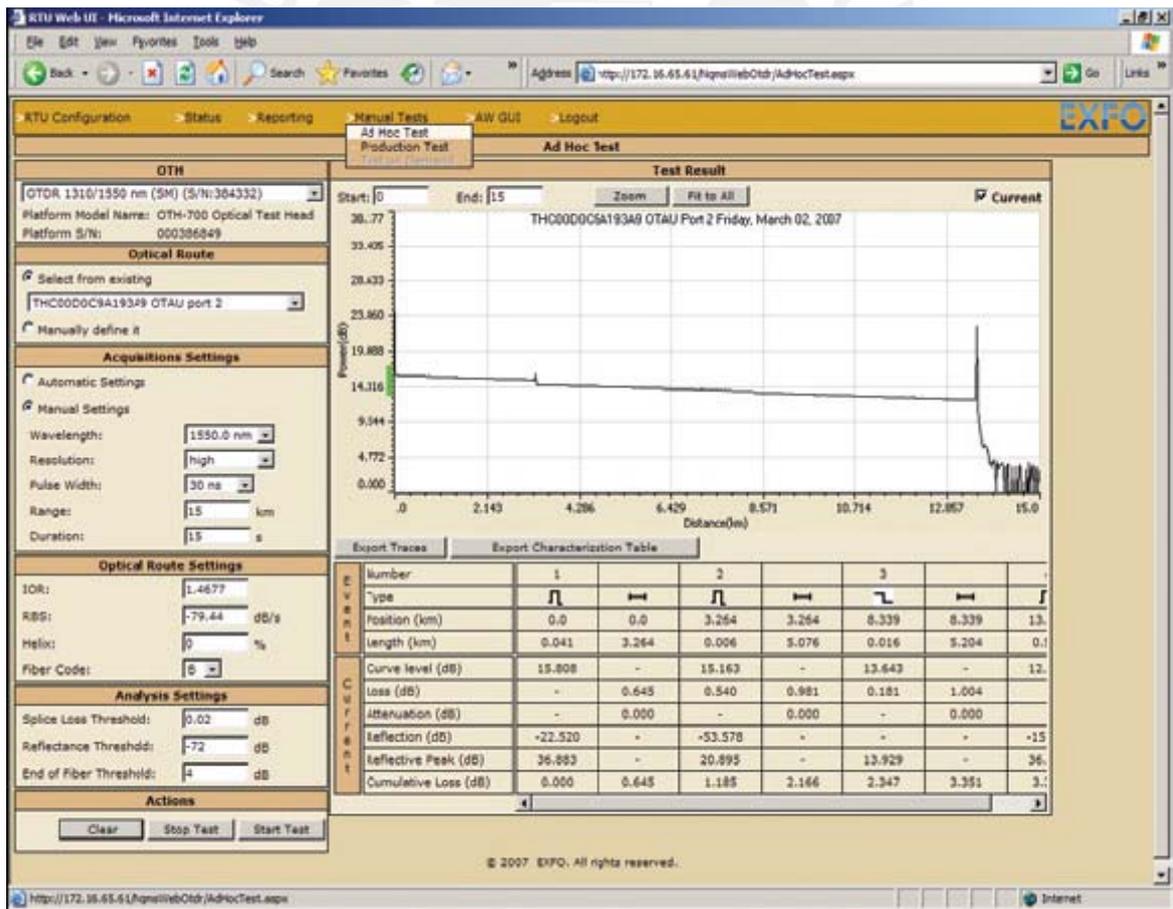


Figura 4.10: Ventanas de monitoreo de fibras por cada RTU

4.7.9. Seguro – Seguridad del sistema.

El Sistema dispone de varios niveles de seguridad para garantizar la protección de los datos frente a accesos no autorizados. El administrador gestiona la seguridad desde una única base de datos. Este tipo de gestión centralizada simplifica la administración del sistema y reduce la posibilidad de errores que podrían dar lugar a “agujeros” de seguridad. Diversos mecanismos avanzados del hardware del servidor y la base de datos Oracle (copias de seguridad automáticas, etc) se encargan de preservar la integridad de los datos.

4.8. Costos de la Implementación.

Dado que el nivel de investigación del presente trabajo tiene un carácter evaluativo, explicativo y descriptivo, las cifras que se muestran en los cuadros a continuación son costos aproximados de los productos, basados en costos reales proporcionados a una determinada empresa, se entiende que los costos no son los mismos puesto que a las grandes empresas que poseen estos sistemas se les proporcionan descuentos y precios especiales debido a la gran cantidad de equipos que compran.

- **REMOTE TEST UNIT (RTU) Hardware**

Item	Cant.	Descripción	P. Unit. US\$	P. Total US\$
1	3	RTU Remote Test Unit-Mainframe para 24 o 12 fibras para rack de 19"	18,200.00	54,200.00
		TOTAL		54,200.00

- **Fuente de Poder del RTU**

Item	Cant.	Descripción	P. Unit. US\$	P. Total US\$
2	2	RFTS-Fuente de Poder-03-19; 48V DC a 110 VAC Inversor e/w Kit de Montaje de 19"	1,100.00	2,200.00
		TOTAL		2,200.00

- **RTU OTDRs**

Item	Cant.	Descripción	P. Unit. US\$	P. Total US\$
3	3	RFTS-IQ-7434B-ER2-89; Modulación de OTDR 1550/1625 mn (40/39 dB)	25,230.00	75,690.00
		TOTAL		75,690.00

• RTU SWITCH OPTICO

Item	Cant.	Descripción	P. Unit. US\$	P. Total US\$
4	2	RFTS-IQ-9124B-70 Switch 24 Puertos (5 módulos)	13,270.00	26,540.00
5	2	RFTS-IQ-9112B-70 Switch 12 Puertos (2 módulos)	8,325.00	16,650.00
TOTAL				43,190.00

• Lista de Equipamiento para el Gabinete del RTU

Item	Cant.	Descripción	P. Unit. US\$	P. Total US\$
6	3	Gabinete RFTS 20X20X84	25,230.00	75,690.00
TOTAL				75,690.00

• ACOPLADORES WDM

Item	Cant.	Descripción	P. Unit. US\$	P. Total US\$
12	12	Plataforma de montaje para WDM de 19" y componentes para los filtros	368.00	4,416.00
13	12	Tres puertos 1310-1550/1625 nm acopladores WDM (insertados en la plataforma)	1,178.00	14,136.00
14	12	Filtro pasabanda (insertado en la plataforma) 1310/1550 nm Paso, 1625 nm filtro de bloqueo	791.00	9,492.00
15	12	Filtro pasabanda (insertado en la plataforma) 1310/1550 nm Bloqueo, 1625 nm filtro de bloqueo	745.00	8,940.00
TOTAL				36,984.00

• MANO DE OBRA

Item	Cant.	Descripción	P. Unit. US\$	P. Total US\$
16		Instalación, configuración y soporte técnico	6,200.00	6,200.00
TOTAL				6,200.00

Item	Cant.	Descripción	P. Unit. US\$	P. Total US\$
COSTO TOTAL				294,154.00

CONCLUSIONES

1. Evaluación económica y social.

- a) Para la implementación de un sistema de monitoreo o supervisión remota es necesario una inversión económica relativamente alta debido al costo de los equipos, sin embargo los beneficios obtenidos son mayores: por un lado disminuye la cantidad de personal necesario cuando la supervisión es realizada en forma programada o eventual, por otro lado al estar siempre informado del estado de la red por los reportes que nos entregará el sistema, los costos por cortes se minimizan ya que para ello se establecerían acciones preventivas para evitarlos. Por último como en toda inversión para mejorar la calidad, los costos de implementación son derivados a los costos por tráfico de la información que cursan los clientes a través de la planta.
- b) La capacitación del personal a cargo de la sala de monitoreo es muy importante, puesto que serán ellos los encargados de interpretar las distintas alarmas que pueda generarse en la red y así determinar qué acción se tomará para resolver eficientemente en caso de una falla grave, leve o incidencia

2. Tecnológicas.

- a) El RFTS es un sistema a nivel físico (nivel 1 del modelo OSI), a diferencia de los sistemas de transmisión, que solo detectan pérdida o atenuación óptica. El RFTS proporciona datos de distancias de eventos y características de la fibra.
- b) El RFTS puede ser aplicado a las redes PON (Passive Optical Network) o arquitectura FTTH, donde el sistema puede monitorear este tipo de redes desde una estación central y visualizar los eventos para cada cliente de la red.

- c) El sistema presentado posee una gran adaptabilidad a la implementación de nuevas tecnologías puesto que el fabricante proporciona un soporte adecuado y compatibilidad entre sus diversas tecnologías.

- d) A pesar de contar con redes ópticas con respaldo a nivel físico (anillos ópticos), siempre será necesario localizar en forma eficiente y rápida, la ubicación de la avería en el cable F.O, debido que generalmente, los respaldos son parciales, no necesariamente se cubre a un 100% el tráfico de un enlace óptico.



RECOMENDACIONES

Previo análisis y evaluación del sistema propuesto, se determina la viabilidad de implantada en alguna empresa servidora de telecomunicaciones; para lo cual se debe tener presente las siguientes acciones o tareas:

1. Al momento de efectuar cualquier empalme en los cables de fibra óptica es necesario que estos estén limpios, en caso contrario es necesario limpiarlos antes de introducirlos en la máquina empalmadora para así lograr un empalme con el mínimo grado de pérdidas.
2. 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.
3. 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.
4. Al momento de manipular los cables de fibra óptica es necesario que éstos no sean doblados en forma excesiva puesto que podría ocasionar un rompimiento de la fibra interna, lo cual no podría ser notado a simple vista.
5. Cuando sea necesario realizar algún empalme se recomienda seguir con los procedimientos señalados en el anexo 2 y 3 y así obtener un menor grado de atenuación en la fibra.
6. 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.

7. Para obtener una reducción de costos con entidades privadas en el mantenimiento periódico de todas las instalaciones y equipos, es necesario capacitar al personal técnico en estas funciones y poder ser realizado por personal de la misma empresa.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] **ALCATEL**. Manual de Redes Coaxiales. 1era Edición, 1996.
- [2] **ALFARO, Fernando**. Diseño de Planta Externa. 1995.
- [3] **BIGELOW, Stephan J.** Understanding Telephone Electronics. Third Edition. SAMS Publishing. USA, 1995.
- [4] **FREEMAN, Royer L.** Telecommunication Transmisión Handbook. Third Edition. Jhon Wiley & Sons, Inc. USA, 1994.
- [5] **HERMIDA BARRAL, Carlos**. Planificación Económica en Telecomunicaciones: Guía para Directivos. Colección Gestión, 1990.
- [6] **HUIDOBRO, Jose – CONESA, Rafael**. Sistemas de Telefonía. Paraninfo, 2000.
- [7] **INICTEL**. Redes de Telecomunicaciones y Centrales Telefónicas Digitales.
- [8] **INOSE, Hiroshi**. Introducción a los Sistemas de Comunicaciones Integrados Digitales. Colección Técnica AHCJET-ICI. España, 1987.
- [9] **KUSTRA, Ruben O. y Osvaldo O. TUJSNAIDER**. Principios de Comunicaciones Digitales Vol. 1 y 2. Colección Técnica AHCJET-ICI. España, 1988.
- [10] **PADILLA G., I.,I. PEREZ G., C. MEROÑO F., L., M. RODRIGUEZ H. y A. ASOREY B.** Sistemas de Conmutación Digital. Colección Técnica AHCJET-ICI. España, 1986.
- [11] Performance Technologies, "SS7 Tutorial", 2003.
www.pf.com/tutoriales/SS7/

- [12] **RAMNATH A. LAKSHMI – RATAN.** The Lucent Technologies Softswitch – Realizing the Promise of Convergence. Bell Labs Technical Journal. April – June, 1999, pg 176 – 17
- [13] **VEGA P., B.** Sistemas de Señalización en Redes Telefónicas. Colección Técnica AHCJET-ICI. España, 1985.
- [14] Material de electrónica.
www.uazuay.edu.ec/estudios/electronica/material.ppt
- [15] Manual Redes de comunicación gratis online.
www.solomanuales.org/manual_redes_de_comunicacion-manual13317365.htm
- [16] **ZEITHAML Valiera A y BITNER Mary Jo, (2002).** Marketing de servicios: un enfoque de integración del cliente a la empresa. 2da Edición.
- [17] **OSIPTEL** - Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones
<http://www.osiptel.gob.pe/>
- [18] Ing. Antonio Urteaga Trauco
aurteagat@tp.com.pe
- [19] **CONTROLES S.A.**
http://www.controles.com/espanol/Telecontrol/pdf/RTU/RTU587%20R1_2%20esp.pdf
- [20] **JDSU S.A.**
http://www.jdsu.com/test_and_measurement/technical_resources/product_documents/datasheet/otu8000_ds_fop_tm_ae.pdf
- [21] **EXFO S.A.**
<http://documents.exfo.com/specsheets/NQMSfiber-ang.pdf>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

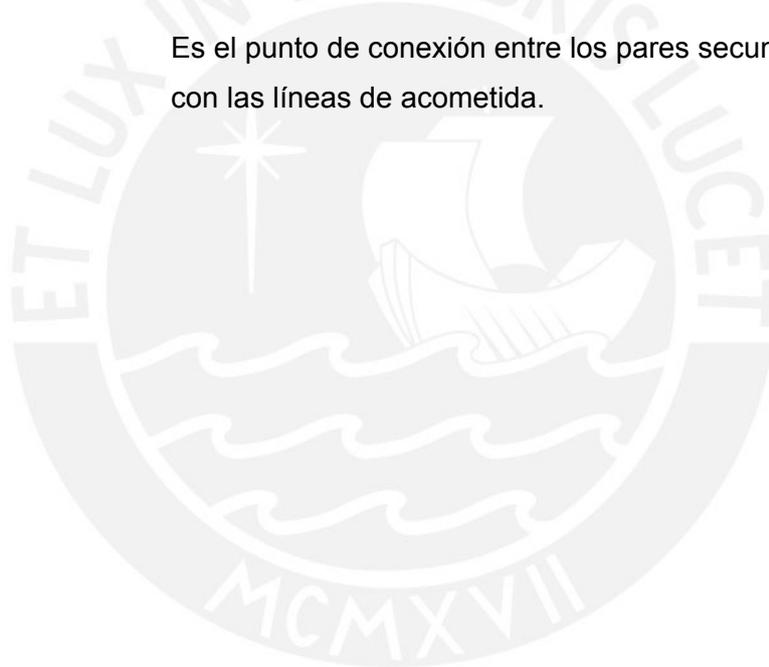
- **Cable Alimentador:** Todo cable que sale del repartidor principal y atiende a una determinada zona dentro del área de influencia de la central, a su vez se distribuye en los cables de distribución.
- **Cable de Derivación:** Cualquier cable de capacidad menor o igual al cable alimentador, conectado al mismo y con sentido de penetración diferente a la red alimentadora.
- **Cámara:** Construcción subterránea destinada a alojar empalmes y facilitar la instalación de cables, unidas por tramos de canalización.
- **Canalización:** Conjunto de ductos instalados en el subsuelo, para facilitar el tendido, retiro, protección y mantenimiento de los cables.
- **Central Cabecera:** Centro de conmutación al que están conectadas las Unidades Remotas, y a través del cual se establecen los enlaces entre centrales.
- **Empalme:** Unión de dos cables o más para dar continuidad a los circuitos de abonados y de enlace.
- **Par:** Conjunto de dos conductores de un cable telefónico.
- **Puente:** Par de conductores utilizados en el repartidor principal, armario y entre terminales de edificios como medio de conexión.
- **Ramal Alimentador:** Cable alimentador, y/o su complemento, que toma un sentido de penetración diferente a la ruta principal, a fin de atender los laterales distantes de la misma.
- **Red de Distribución:** Conjunto de cables unidos a un cable alimentador o armario, que sirven para la distribución del mismo en su área de atención.

- **Red Directa:** Conjunto de cables dimensionados para atender la demanda a largo plazo y donde los pares de abonado, conectados al terminal, son terminados directamente en el repartidor principal. La distribución en este tipo de red es rígida.

- **Red Flexible:** Conjunto de cables donde los pares de abonado, conectados al terminal, son terminados en el armario de distribución, el cual a su vez se conecta directamente al repartidor principal.

- **Relevo:** Proceso usado en una red de cables para proveer facilidades adicionales transfiriendo parte o la totalidad de la carga de un cable o ruta saturada, a otra que admita esta carga.

- **Terminal:** Es el punto de conexión entre los pares secundarios o directos, con las líneas de acometida.



ABREVIACIONES

- **ADSL:** Línea de Abonado Digital Asimétrica.
- **ATM:** Modo de Transferencia Asíncrona.
- **AW:** Estación de Trabajo Administrativa.
- **CATV:** Televisión por Cable.
- **CDP:** Cajas de Distribución Principal.
- **FO:** Fibra Óptica.
- **MDF:** Distribuidor o Repartidor General.
- **NOC:** Centro de Operaciones de Red.
- **ODF:** Distribuidor de Fibra Óptica.
- **ONC:** Controlador Óptico de la Red.
- **ONMS:** Sistema de Gestión de la Red Óptica.
- **OSS:** Sistemas de Orden Superior.
- **OTDR:** Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo.
- **PON:** Red Óptica Pasiva.
- **RFTS:** Sistema de Monitoreo Remoto de Fibra.
- **RTB:** Red Telefónica Conmutada.
- **RTU:** Unidad Remota de Pruebas.
- **TIC:** Tecnologías de la Información y la Comunicación.

- **TSC:** Controlador del Sistema de Pruebas.
- **TUP:** Telefonía Pública.
- **SDH:** Jerarquía Digital Síncrona.
- **SONET:** Red Óptica Síncrona.
- **VDSL:** Línea de Abonado Digital de muy Alta Tasa de Transferencia.
- **WDM:** Multicanalización por División de Longitud de Onda.

