Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Dpto. Telecomunicaciones y Electrónica

Sistema de Gestión para Redes Ópticas Territoriales

Tesis presentada en opción al Título Académico de

Máster en Telemática

Maestría de Telemática

Autor: Ing. Julio César Verdecía Valdivia.

Tutor: Dr.C. Vitalio Alfonso Reguera.

Santa Clara, Cuba

2011

Hago constar que la presente Tesis en Opción al Título Académico de Máster en Telemática fue realizada en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas como parte de la culminación de estudios de Maestría en Telemática, autorizando a que la misma sea utilizada por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

_____

Firma

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

_____ _____

Firma del Autor

Firma del Jefe de Departamento
Donde se defiende el trabajo

_____

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

AGRADECIMIENTOS

Deseo, expresar mis agradecimientos a todas las personas que han colaborado y apoyado mi decisión de culminar esta Maestría en Telemática.

• A mi esposa Yanet que me alentó y asumió mis funciones como padre en mi ausencia.

• Al claustro de profesores que han impartido con tanta profesionalidad y actualidad sus conferencias.

• A los compañeros del Centro Regional de Capacitación de Villa Clara que nos soportaron cuatro años.

• A mis compañeros de grupo con los que formamos una gran familia y contribuyeron al mejor desenvolvimiento en esta maestría.

• Al Dr.C. Vitalio Alfonso Reguera por sus consejos desde el primer día como tutor de este trabajo.

• A la Dra. C. Ileana Moreno Campdesuñer por su cooperación en el transcurso de la Maestría.

DEDICATORIA

A mis padres, ejemplos a seguir.

A mi hijo Julio José, futuro ingeniero.

RESUMEN

Con la creación de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA) en 1994, se inicia un acelerado y amplio despliegue tecnológico que tuvo como principales objetivos la digitalización de las centrales de conmutación y los sistemas de transmisión, en este ultimo aspecto juegan un papel relevante las redes de planta exterior donde se introdujo, en la capa física de transporte la fibra óptica que se extiende por todo el país, enlazando los sitios de telecomunicaciones de las quince provincias y el municipio especial Isla de la Juventud. Sobre la red de fibra óptica transitan servicios de voz, datos y video. Por lo expuesto anteriormente resulta de gran importancia garantizar la vigilancia de los parámetros ópticos de las fibras en servicio y fuera de este durante las veinticuatros horas del día. Esto requiere de sistemas capaces de mantener una supervisión ininterrumpida y que notifiquen cualquier evento anormal que pueda ocurrir en la red de cables de fibra óptica.

En este trabajo se propone un sistema de gestión centralizado para redes de cables ópticos, para ello, después de analizar el comportamiento de estos sistemas en el mundo, se plantea una arquitectura cliente-servidor, económica y segura. Cabe señalar que en ETECSA no se cuenta con un sistema de gestión que realice estas funciones. Con estas técnicas de vigilancia a cables ópticos se logra una disminución importante del tiempo de interrupción, al realizar una localización rápida y exacta de la avería en tiempo real, además de permitir conocer la degradación de los parámetros de la fibra óptica, lo que posibilita desarrollar una política encaminada al mantenimiento preventivo para evitar las averías. Además, se puede ahorrar el gasto de combustible que se emplea en el traslado a los sitios de telecomunicaciones, para realizar las mediciones ópticas, desde los ODF (Optical Distribution Frame) ubicados en algunos casos distantes del centro cabecera.

ABSTRACT

From the beginning of the creation of the Cuban Telecommunication Company SA (ETECSA) in 1994, we have made big progress in the technological and social area, and the basis of all this equipment is the exterior plant, in which we have introduced in the Transport Network, the fiber optic, which extends itself for all over the country, binding the fourteen provinces and the special district of La Isla de la Juventud. All services go over the fiber optics network, voice, data and video. Because of this is important to guaranty the supervision of the optic parameters of fiber optics in and out off service, during 24 hours a day. This requires systems capable of maintains an uninterrupted surveillance that notify any abnormal event that may occurs, in the fiber optics cable network.

In this work we seek to analyze a proposal of administration system and centralized monitored of this Nets of Optic Cables, for it after analyzing the behavior of these systems in the world, we have proposed an architecture Client - Servant, economic, flexibility of the same one. It fits to point out that at the moment in Cuba we don't have supervision systems that you/they carry out these functions. With these monitored systems to optic cables an important decrease of the time of interruption is achieved, when carrying out an exact localization of the mishap in real time, besides allowing to know the degradation of the parameters of the fiber, what allows to develop a politics guided to the preventive maintenance to avoid the mishaps. We can also save a considerable expense of fuel when avoiding the trips to the places of telecommunications, to carry out optic mensurations, from the ODF located in some distant cases of the main center

INDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN 1
CAPITULO 1: SISTEMAS DE SUPERVISION Y GESTION DE REDES OPTICAS. 9
1.1 Características de la gestión de redes 9
1.2 Sistemas de Gestión a Redes de Cables Ópticos 11
1.2.1 Mantenimiento preventivo y correctivo (posterior a la avería) 11
1.2.2 Naturaleza de las averías 12
1.2.3 Pruebas necesarias en la supervisión remota de fibra óptica. 13
1.2.4 Longitud de onda. 16
1.2.5 Arquitectura. 18
1.2.6 Módulo Óptico de Prueba (OTM). 19
1.2.7 Supervisión a fibra activa y fibra inactiva. 19
1.2.8 Modelos para supervisión y pruebas de fibras ópticas. 21
1.2.9 Alarmas 24
1.3 Modalidades Operativas de los ONMS 26
1.4 Algunas experiencias con ONMS en el mundo. 26
1.5 Supervisión a Redes Ópticas Pasivas (PON). 27
1.6 Consideraciones del capitulo. 29
CAPITULO 2: ESTRUCTURA Y ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS DE GESTION A REDES OPTICAS. 30
2.1 Unidad de Prueba Óptica 30
2.2 Arquitecturas del Sistema 33
2.3 Sistema de Información geográfica (GIS o SIG). 35
2.4 Modem GPRS. 38
2.5 Comparación, análisis y selección del ONMS para ETECSA. 38
2.6 Software 45
2.7 Validación de la selección del proveedor por criterio de especialistas 47
2.8 Consideraciones del capitulo. 50

CAPITULO 3: DISEÑO DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA 51
3.1 Características de la red de Fibra Óptica de ETECSA en la DT Camaguey. 51
3.2 Selección del tipo de monitoreo 52
3.3 Ubicación de los elementos del sistema 52
3.4 Criterio de diseño 53
3.5 Validación del criterio de diseño. 54
3.6 Cálculo económico de la propuesta realizada 55
CONCLUSIONES 58
RECOMENDACIONES 59
ANEXOS 66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diagnostico de interrupciones desde 2006-2010. 4
Tabla 2 .Técnica instalada por DT. 5
Tabla 3. Asignación de longitudes de onda de mantenimiento. 16
Tabla 4. Funciones de mantenimiento vs. Longitudes de onda utilizadas 17
Tabla 5. Umbrales de Alarma. 25
Tabla 6. Operadores y perspectivas. 27
Tabla 7. Software de información geográfica mas empleados 36
Tabla 8. Características mecánicas, eléctricas y medio ambientales de la OTU 95000 39
Tabla 9 . Especificaciones de la Unidad.. 39
Tabla 10. Especificaciones del módulo OTDR. 40
Tabla 11. Especificaciones del módulo WDM 41
Tabla 12. Especificaciones del módulo conmutador óptico. 42
Tabla 13. Especificaciones del módulo de comunicación 42
Tabla 14. Modulo OTDR Nicotra. 43
Tabla 15. Módulo Conmutador óptico de Nicotra. 43
Tabla 16. Resumen comparativo entre JDSU y Nicotra & Puregas. 44
Tabla 17. Codificación de los integrantes del equipo 48
Tabla 18 Codificación de los proveedores en análisis 48
Tabla 19 Criterios de los especialistas. 49

Tabla 20 Resultado de la evaluación. 50
Tabla 21. Cálculo de la atenuación de cada trayectoria propuesta a supervisar. 55

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Prueba OTDR. 14
Figura 2 .Comprobación de potencia óptica. 15
Figura 3. Identificación de fibras. 15
Figura 4. Arquitectura básica de un sistema de monitoreo de fibra óptica. 18
Figura 5. Arquitectura de un sistema de monitoreo de fibra óptica con un servidor. 18
Figura 6. Monitoreo en fibra oscura 20
Figura 7. Monitoreo de fibra activa. 21
Figura 8. Sistemas de pruebas de fibras ópticas a distancia en vacío básicas. 21
Figura 9 Monitoreo de una Red con Fibras Activas. 22
Figura 10. Supervisión de un Sistema de Monitoreo 24
Figura 11. Monitoreo de fibra óptica en redes PON. 29
Figura 12.Variantes de arquitecturas a emplear en el sistema 34
Figura 13.Vista del software en la consola GIS. 46
Figura 14. Vista del software en la consola OTDR. 47

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Kms de cable de FO instalados. Y Grafico 2. % De técnica por tipo de instalación. 3

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.Unidad de Prueba Óptica OTU 95000 de JDSU Fuente www.jdsu.com 67

Anexo 2 .Unidad de Prueba Óptica de Nicotra Systemi. Fuente www.nicotra.com 68

Anexo 3. Diagrama Topológico de la Red Óptica de la DT Camagüey 69

Anexo 4. Resumen de sitios de telecomunicaciones con topología……………………..….70

Anexo 5 .Diagrama de implementación del ONMS en la DT Camagüey………..…..……..71

Anexo 6. Características de la OTU 95000……………………………...…………..……….…..72

INTRODUCCIÓN

Para un operador de telecomunicaciones es de vital importancia conocer el comportamiento de las fibras ópticas (FO) durante las 24 horas del día, y así poder tomar las decisiones pertinentes acorde a los resultados que se alcancen.

De acuerdo a lo regulado por ETECSA en el procedimiento vigente desde el año 2010 [1], la medición se realiza a fibras ópticas inactivas u oscuras (sin servicio) con una periodicidad anual, desconociendo los parámetros ópticos de las que ya están activas y que para su medición, con instrumentos manuales, habría que retirarle el servicio con la consecuente afectación al cliente. A esto se le agrega que al ocurrir una avería en un enlace de fibra óptica se procede a:

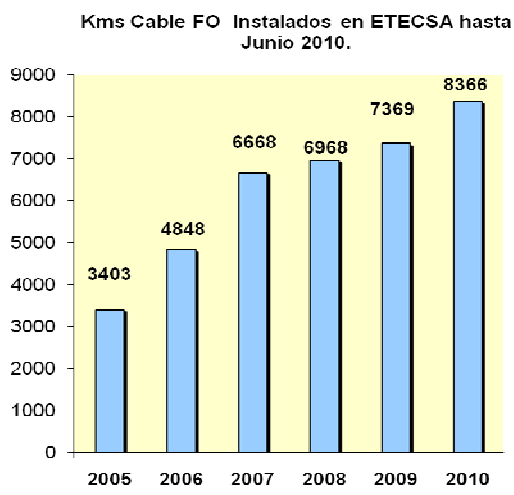
a) Seccionalizar entre el equipo de transmisión y el soporte físico.
b) Localizar el personal y dirigirlo hacia el ODF.
c) Realizar las mediciones con el OTDR (Optical Time Domain Reflectometer).
d) Determinar mediante análisis el punto de ubicación de la avería con ayuda de mapas digitales.
e) Trasladarse hasta el punto de la avería y restablecer el servicio.

En los aspectos a, b, c, y d se pierde el mayor tiempo y se precisa de organización, experiencia y rapidez en los análisis, elementos que se conjugan con la tensión del momento, si la avería afecta el servicio. Por lo general, se trata de localidades que sus centrales de conmutación pierden su enlace con el nivel superior.

A partir del año 1991[2] comienza la instalación de cables de Fibra Óptica en Cuba, las grandes ventajas que brinda este soporte, como son su poco peso, la gran capacidad de transmisión así como su alta velocidad para transmitir información unida a la ausencia de diafonía y lento envejecimiento [3] han motivado que los operadores hayan incrementado su uso de forma vertiginosa. Poseer una red de cables ópticos sin supervisión constituye una vulnerabilidad que puede tener consecuencias de afectación económica y daño a la imagen del operador.

Una de las problemáticas a las que se enfrenta ETECSA es la no existencia de un sistema capaz de velar durante todo el tiempo de servicio las redes ópticas para localizar y notificar cualquier evento anormal, pudiendo provocar averías y de ocurrir estás, la demora en restablecer el servicio a los clientes. El despliegue de las redes de fibra óptica llega hoy hasta los escenarios más inimaginables y sensibles, como océanos, ríos, puentes, tendidos aéreos etc. constituyendo riesgos en su funcionamiento.

Para la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba. SA (ETECSA) el empleo de cables de Fibra Óptica representa el mayor por ciento de los soportes de transmisión hasta ahora utilizados. ETECSA cuenta con cierre de Junio del 2010 [4] con 8366 Km. de cables de FO instalados (Grafico 1). Las instalaciones de FO se ha clasificando en correspondencia al escenario de instalación, por lo que se han catalogado en: Km. cable de FO aérea, Km. de cable de FO enterrada y Km. de cable de FO soterrada. Constituye una inseguridad en la red, las instalaciones de FO aérea por estar expuestas a agentes externos como son: fenómenos meteorológicos, accidentes de transito, vandalismo y otros que pueden ocasionar interrupciones o degradaciones de sus parámetros. En la red soterrada los riesgos son menores que en la red aérea, pero dependen de la presencia de roedores, y personal de intervención que puedan ocasionarle algún daño. Por otra parte la instalación enterrada es la más segura, aunque no esta exenta de riesgos y de hecho se han generado interrupciones, causadas por excavaciones del terreno, ejemplos barrenadoras de postes y zanjeadoras. Se debe señalar que la clasificación de enterrada encierra segmentos de cables que están adosados en puentes, tunelados en cruces de ríos y topeados en cruces de ferrocarril y carreteras. ETECSA en nuestro país posee 2680.26 Km. de cable de FO aérea, 4345.87 Km. enterrada y 1340.31 Km. Soterrada. (Grafico 2).



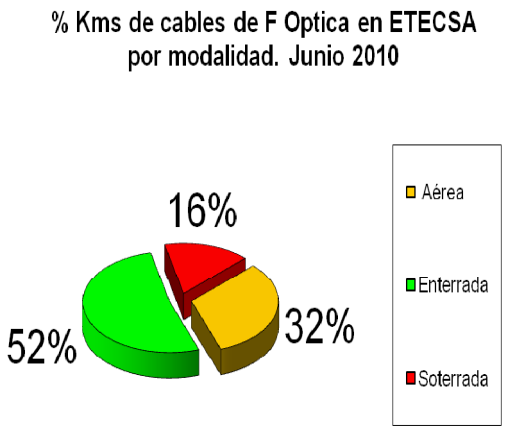


Grafico 1. Kms de cable de FO instalados. Y instalación.

Grafico 2. % De técnica por tipo de

Fuente: Elaboración propia

Desde enero 2006 hasta diciembre 2010 en las redes de FO de ETECSA se han generado 124 averías [5] que implicaron al cable óptico afectando los servicios de telecomunicaciones de ETECSA, las pérdidas por los perjuicios causados son de decenas de miles CUC, estos se elevan, cuando se trata de enlaces nacionales y su restablecimiento toma tiempo. Hasta junio del 2010 ETECSA contaba con 361 sitios de telecomunicaciones enlazados por FO.

Si analizamos las interrupciones ocurridas desde el periodo de enero 2006 hasta diciembre 2010, en las técnicas donde se originaron podemos llegar a la conclusión, de que los Kms de FO aérea son los más propensos a la ocurrencia de averías. La estadística oficial de ETECSA nos generó el siguiente resultado.

Tabla 1. Diagnostico de interrupciones desde 2006-2010.

Fuente: Elaboración propia.

	Interrupciones /Años 2006-2010					Total de Interup	Total Minutos	Aérea	Enterrado	Soterrado
D.T	2006	2007	2008	2009	2010					
PR	23/4 21/12	24/1 18/5 26/8	28/6	12/3 4/4 2/8	8/9 27/12	11	2926	8	2	1
CH	8/2 3/5 /8/11	30/1 19/3	3/3 15/6 8/7 22/12	31/1 6/7 13/8	12/1	13	2340	4	3	6
PH	27/9 30/6	5/6 20/8 14/11	4/5 9/11	14/2	13/5	9	1620	5	1	3
MTZ	27/3	2/5 6/10	12/2 5/6	6/8	17/2	7	2016	4	2	1
VC	18/4 3/7	3/1 6/12	31/1 6/3	14/7 21/12	21/4 31/7	10	2460	8	1	1
CF		4/8	6/9 8/9	14/8	1/7	5	740	3	0	2
SS	24/11	15/3	4/5	21/4 7/8	5/12	6	875	4	1	1
CA	15/6 20/8	21/4 18/6	14/2 14/4 8/9	17/5 6/8	18/2	10	2100	6	2	2
CMG	10/3 22/6 8/11	24/6 7/8	14/1 4/7	21/3 10/5 12/6	3/5 16/8	12	2808	8	2	2
LT	5/6 8/10	21/7 16/8	8/9	24/6 5/10	6/7 16/10	9	885	6	2	1
HO	6/8	11/4 7/8	14/5 21/7 8/9	31/1	23/8	8	1678	6	0	2
GR	8/3 14/6	8/4 31/5	12/3 22/5			6	987	4	1	1
SCU	6/1 26/10	24/5	13/4 22/8 31/12	22/12	8/4 6/3	8	1440	6	1	1
GTM	18/7	16/4 31/10	26/6	11/1	5/8 9/6	7	1260	4	1	2
IJ			28/7	5/9	5/1	3	420	3	0	0
TOTAL	24	27	30	23	20	124	24555	79	19	26

El promedio de interrupciones en estos cinco años estuvo alrededor de las 25 averías, con un tiempo perdido promedio de 3.30 horas por interrupción. La técnica instalada en cada DT (Dirección Territorial) esta relacionada de forma directa con la cantidad de interrupciones que se originaron. Como se muestra en la tabla 1 la mayor cifra de interrupciones se reportaron en las DT que alcanzan mayores Kms /cables instalados.

Tabla 2 .Técnica instalada por DT.

Fuente: Elaboración propia.

Kms/cable instalados Cierre Junio 2010				
D. T	**Aérea**	**Enterrada**	**Soterrada**	**Kms/cable**
Pinar del Rió	471.137	558.424	22.612	1052.173
C. Habana	73.872	12.29	617.911	704.073
P. Habana	411.147	237.227	22.33	670.704
Matanzas	214.559	338.271	67.832	620.662
Villa Clara	272.64	322.3	25.08	620.02
Cienfuegos	118.684	223.356	34.211	376.251
Santi Spiritus	141.5897	188.74	8.2593	338.589
Ciego de Avila	55.9	281.7	42.6	380.2
Camagüey	96.261	569.778	50.549	716.588
L. Tunas	80.88	310.37	23.94	415.19
Holguín	22.55	385.588	44.775	452.913
Granma	335.09	87	19.18	441.27
Santiago de Cuba	101.664	271.457	43.61	416.731
Guantánamo	279.319	396.466	45.218	721.003
I. Juventud	4.97	162.9	12.03	179.9
TOTAL	**2680.263**	**4345.867**	**1080.137**	**8106.267**

El tiempo perdido es uno de los elementos a considerar para demostrar la necesidad de poseer un sistema de gestión a la red óptica. Por experiencia práctica el traslado, medición y análisis desde los ODF, para la localización de la avería ha tomado como promedio 74 minutos. Al contar con un sistema capaz de localizar y notificar al personal de intervención, este tiempo se reduce a menos de dos minutos y la probabilidad de error en la ubicación de la avería es mínima, al tener precisión de localización en ± 1m. Se debe destacar la experiencia de Brasil Telecom que implementó un sistema de gestión a cables ópticos para supervisar 55 000 Kms y el tiempo de localización se redujo de 180 minutos a dos minutos [6] Para los especialistas de los grupos de FO contar con un diagnostico de las mediciones, sin tener que trasladarse a los sitios de telecomunicaciones, que sirva para planificar las acciones preventivas es de un alto valor técnico.

Este trabajo tiene como objeto de estudio los sistemas de gestión de redes, que conforman una especialización en las telecomunicaciones. Con el surgimiento de la informática y el desarrollo de la electrónica se han implementado herramientas informáticas capaces de censar y notificar cada proceso. No se concibe una red de telecomunicaciones que no se gestione y supervise, pues esto es la garantía de prestar un servicio con calidad, donde los tiempos perdidos en las averías sean mínimos.

El documento posee como campo de estudio los sistemas de gestión a redes ópticas que constituyen una necesidad para cualquier operador de telecomunicaciones. Las redes de cable ópticos suelen estar expuestas a daños, vandalismo, envejecimientos etc. Las ventajas que posibilitan que desde una PC se controle y notifique los eventos que se suceden en la red óptica los hacen muy rentables.

El trabajo esta encaminado a proponer un Sistema de Gestión para Cables Ópticos que soportan enlaces entre centrales en la red de telecomunicaciones de ETECSA, que contribuya a aumentar la confiabilidad de las redes de fibra óptica.
Para alcanzar este objetivo principal se declaran los siguientes objetivos específicos:

1. Exponer el marco regulatorio y el fundamento teórico de los "Sistemas de Gestión a Redes Ópticas.
2. Fundamentar la necesidad de implementar un sistema de gestión centralizada en ETECSA.
3. Comparar los dos sistemas de gestión de cables ópticos más difundidos en el mundo y seleccionar para ETECSA el más adecuado.
4. Diseñar una topología del sistema de gestión centralizada basada en una variante técnica-económica.

Se ha previsto realizar las tareas siguientes.

1. Elaboración de un diagnóstico para conocer las averías ocurridas desde el año 2006 hasta 2010, causas y tiempo que demoró el restablecimiento del servicio.
2. Recopilación de la estadística vigente en ETECSA, en cuanto a técnica instalada y pronóstico para los dos años venideros.
3. Estudio, comparación y selección del Sistema de Gestión más apropiado para implementar en los enlaces de fibra óptica de ETECSA en Cuba.

4. Confección de la propuesta para la implementación de un Sistema de Gestión de cables de FO.

Con el trabajo se pretende mostrar:

Las características que deberá tener el Sistema de Gestión centralizado a cables de fibra óptica en cuanto a:

1. Implementación del sistema con el esquema organizacional de ETECSA.
2. El estado de la red de fibra óptica en ETECSA en cuanto a supervisión.
3. Los beneficios técnicos que implica la aplicación de un sistema de este tipo.

El trabajo tiene valor práctico, pues se adentra en el análisis y selección de la literatura existente, que permite realizar el estudio correspondiente y sirve para futuros trabajos.

En cuanto a la metodología, inductiva deductiva, en el trabajo se emplearán métodos como la búsqueda de información automatizada, el trabajo con las herramientas necesarias desde el punto de vista de las Telecomunicaciones y la Informática, díganse por ejemplo, "software" a usar y se aplicará el método de revisión bibliográfica.

La estructura del documento está constituida por la introducción, tres capítulos, las conclusiones, recomendaciones, las referencias bibliográficas, un glosario de términos y anexos.

En el primer capítulo se analizará el basamento teórico y regulatorio de los sistemas de gestión a redes de cables ópticas, en el segundo se estudiaran algunos sistemas de gestión que se están empleando en el mundo y se determinará mediante comparación el más idóneo para ETECSA, y en el tercer capítulo se propone un diseño de la topología del sistema, con su valoración económica y se detallan los resultados a obtener con una validación por criterio de especialistas.

Con la implementación de cualquiera de estos sistemas que se analizan es posible reducir considerablemente el tiempo de restablecimiento del servicio en caso de avería en la red de cables de FO, el personal que atiende la FO se direcciona al lugar señalado por el sistema en formato geo-mapificado, recibiendo la alarma de forma automática por mensaje SMS (Short Mensaje Service), paginador o simplemente por llamada telefónica desde el operador de la estación cliente, El grupo de FO no irá al ODF a realizar las mediciones previas para el análisis y la localización de la avería, ganando en tiempo. Además con estos sistemas los

supervisores de los Centros de Supervisión y Gestión Territorial (CSGT), ubicados en los bloques de la gestión de la transmisión seccionaran de forma más rápida y precisa. Con estos sistemas también se pueden realizar diagnósticos para planificación de mantenimientos preventivos.

CAPITULO 1: SISTEMAS DE SUPERVISION Y GESTION DE REDES OPTICAS.

El estudio del estado de la gestión de redes, su necesaria utilización en los sistemas de gestión y supervisión de redes de FO, el comportamiento de esta técnica en sí y su desarrollo actual se hace necesario para lograr el objetivo de este trabajo, de ahí la importancia de este capítulo, donde se aborda esta temática apoyados por la bibliografía existente sobre el tema.

1.1 Características de la gestión de redes

La gestión de redes está determinada como todos los medios que aseguran el eficaz y eficiente desempeño de un sistema [7], adecuando sus recursos a un objetivo. Para lograr este, la administración de redes controla los recursos de red, coordina los servicios, monitoriza los estados de la red y reporta el estado y anomalías.[8]

Los objetivos de la gestión de red son:[9]

Administrar servicios y recursos de red: Control, supervisión, actualización y reporte de estados de la red, configuración de dispositivos y servicio de redes.

Simplificar la complejidad de la gestión de la red: Traducir la información de gestión a un lenguaje fácil de entender por el administrador, por lo que estos sistemas tienen la habilidad de interpretar objetivos de gestión de alto nivel.

*Servicios confiables***:** Proveer a la red de una alta calidad de servicio, minimizar el tiempo "fuera de servicio". Los sistemas de gestión deben detectar y reparar las fallas y errores de la red, además de proteger a la misma de todo ataque a su seguridad.

*Costo***:** Dejar trazabilidad de los recursos de la red y también de los usuarios. El uso de todos los recursos y servicios debe dejar una traza y ser reportado.

La Interconexión de Sistemas Abiertos – Gestión de Sistemas (OSI, del inglés Open Systems Interconnection – System Management), posee un modelo de administración de red bien definido, en función de los diseños de arquitecturas de gestión de redes actuales este modelo separa las funciones de gestión en cinco áreas funcionales [10]:

Gestión de fallas: Comprende la detección, recuperación y documentación de anomalías y fallas de redes.

Gestión de configuración: Se ocupa de guardar y mantener la configuración de la red, actualizar los parámetros de configuración para asegurar la operación eficaz de la misma.

Gestión de contabilidad: Consiste en actividades de recolección de información de contabilidad y su procesamiento para propósitos de cobro y facturación. Estas actividades establecen un límite contable para que un conjunto de costos se combinen con recursos múltiples y se utilicen en un contexto de servicio.

Gestión de desempeño: Garantiza un desempeño confiable y de alta calidad a la red. Esto incluye calidad de servicio, regulando parámetros como el rendimiento, la utilización de recursos, demora, niveles de congestión y pérdida de paquetes.

Administración de Seguridad: Proporciona protección contra los ataques piratas a los recursos de la red, sus servicios y datos. Asegura la privacidad del usuario y controla sus derechos de acceso.

Además de los objetivos de gestión de redes anteriores y las áreas funcionales de OSI, la gestión de red también debe cumplir requisitos adicionales, de manera similar a los modelos de servicio comerciales de hoy: rapidez, diferenciación y personalización de la gestión y flexibilidad

Una gestión de red debe:

Asegurar que los usuarios de una red reciban los servicios de las tecnologías de la información con la calidad que ellos esperan.

Planificar estratégica y tácticamente la operación, el mantenimiento y el mejoramiento de una red y sus servicios.

Ayudar a los ingenieros de la red a manejar la complejidad de la red de datos y asegurar que los datos transitan por la red con máxima eficiencia y transparencia para los usuarios.[11]

1.2 Sistemas de Gestión a Redes de Cables Ópticos

Los Sistemas de Gestión a Redes Ópticas (ONMS, Optical Network Management System), tienen su marco regulatorio en la recomendación UIT-T L.40 aprobada en el año 2001 estableciendo una guía para el diseño de estos sistemas. En este documento aparecen cinco apéndices que constituyen experiencias con estos sistemas en Estados Unidos, Japón, Indonesia, España y una recopilación de operadores europeos [12].

Un sistema de gestión y supervisión para una red de fibra óptica permite un mantenimiento preventivo para la red de tal manera que consigue aumentar la fiabilidad y el desempeño. La idea de un sistema de mantenimiento y monitoreo es que pueda supervisar la calidad de una red de fibra óptica independientemente del equipo de transmisión sin producir interferencia en la señal que se transmite. Estos sistemas de gestión y supervisión se pueden emplear en fibras de reserva (inactivas) o en fibras en servicio (activas).

Un sistema de gestión centralizado presenta tres claras ventajas:

• Reducción de gastos en equipos de prueba portátiles.

• Reducción del tiempo requerido para identificar las averías.

• Se mejora la confiabilidad de la red y se facilita el mantenimiento.

El sistema de gestión centralizado a fibra óptica consiste básicamente en:[12]

1. Pruebas periódicas.
2. Pruebas de degradación de la fibra.
3. Documentación de los datos obtenidos.

Los cuales implican el mantenimiento preventivo.

En cambio el mantenimiento correctivo (posterior a la avería) consta de:

1. La recepción de una alarma o de un informe de avería.
2. Pruebas y reparación o remoción de cables después de que se produzca un fallo.

1.2.1 Mantenimiento preventivo y correctivo (posterior a la avería)

Una red óptica tiene la necesidad de mantener efectiva y eficazmente la fibra óptica instalada. Sin embargo, el concepto para ello difiere del aplicado al mantenimiento de cables metálicos. Esto se debe a que las averías de la fibra óptica pueden ser causadas por deformación residual de la fibra, aumento en la atenuación de la fibra y/o penetración de agua. Si los orígenes de

estas causas pudieran detectarse por adelantado, sería posible ejercer acciones efectivas y evitar las averías.

El mantenimiento preventivo a los cables de fibra óptica ejerce su acción antes de que se produzca una avería de la fibra para asegurar una elevada fiabilidad de la red óptica, y reduce por tanto el número de quejas de los clientes e informes de averías. También permite a los departamentos de mantenimiento planificar los trabajos y reducir los costos de explotación.

El mantenimiento correctivo en un ONMS se manifiesta cuando un cable de fibra óptica está dañado o una fibra óptica está rota, inmediatamente se ejerce una acción en respuesta a una alarma procedente del sistema de gestión. En este caso, la posibilidad del mantenimiento de cables de fibra óptica es reencaminar el tráfico (si fuera posible) a un trayecto alternativo. Hacer la revisión del sistema para encontrar la ubicación de la avería de la fibra y seguidamente se repara el cable, verifica su reparación y se vuelve a su funcionamiento normal.

1.2.2 Naturaleza de las averías

Las averías en la fibra óptica pueden clasificarse en tres tipos: fallo de la fibra, aumento de pérdida de la fibra y anormalidad de los conectores de fibras. El fallo de la fibra puede ser causado por: [13]

1. Deformación de tracción y de flexión en un cable.
2. Deformación de tensión y de torsión en un cierre de cable.
3. Esfuerzo lateral en un conducto de cable aplastado.

El aumento de la pérdida de la fibra puede ser causado por:[14]

1. Aumento de la pérdida de micro flexión debido al esfuerzo axial de la fibra en un cable.
2. Pérdida por macro flexión de la fibra en un cierre de cable.
3. Aumento de la pérdida por absorción de hidrógeno en un cable o en un cierre de cable.

La anormalidad de un conector de fibra puede ser causada por:

1. Esfuerzo de tracción y un cambio en la alineación de la fibra.
2. La deformación residual de la fibra óptica y la pérdida por flexión en el cable y en el cierre inducen la mayoría de las averías en el cable

.

La penetración de agua se cree que acelera la posibilidad de fallo de la fibra y aumenta la pérdida de la fibra. Por tanto, se desean acciones apropiadas en el mantenimiento de cables de fibra óptica antes de que ocurran averías de la fibra por esos dos grandes orígenes.

1.2.3 Pruebas necesarias en la supervisión remota de fibra óptica.

Se requieren ciertos dispositivos para realizar pruebas y el monitoreo en la fibra, los cuales deben utilizar diferentes métodos para poder efectuar las funciones necesarias, las cuales llevarán a un correcto funcionamiento del sistema de gestión y supervisión.
A continuación se describen las pruebas que se deben realizar en un sistema de gestión a cables ópticos.

a) OTDR (Reflectómetria Óptica en el Dominio del Tiempo)

La herramienta de prueba normalizada para la localización de averías es el OTDR.
Un punto de avería causado por un aumento de la pérdida es fácil de localizar utilizando una onda de luz de prueba por una fibra inactiva, como una unidad distante al centro de mantenimiento de cables de fibra óptica.
El análisis de la forma de onda de reflexión permite al centro de mantenimiento comparar la traza de supervisión con la traza de referencia, tal como la traza de instalación inicial. [15]
A continuación se indican las funciones que un OTDR puede realizar de manera directa:

- Detección de pérdidas en la fibra
- Localizar averías en la fibra
- Confirmación de la condición de la fibra
- Distinción de avería entre el equipo de transmisión y la red de fibra

De manera indirecta un OTDR puede utilizarse para:

- Detección de la penetración de agua (mediante sensores)
- Determinar la distribución de tensiones en la fibra.

En la prueba OTDR, se aplica a una línea de comunicación una señal luminosa de prueba procedente del módulo del equipo de prueba a través del TAM -Test Access Module- *(Módulo de Acceso de Prueba*), el cual es un acoplador óptico cuya función es insertar una señal de prueba en la fibra óptica lo que permite determinar el estado de la sección del cable. La fuente luminosa de prueba se bloquea en las instalaciones del cliente mediante un filtro para que no afecte a las comunicaciones de éste.

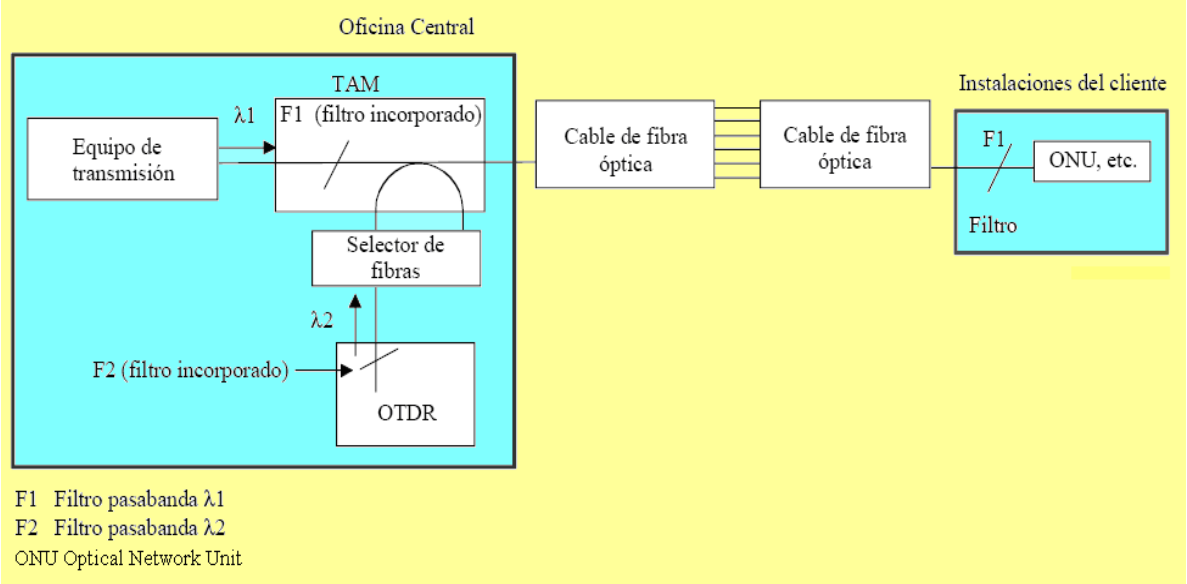


Figura 1. Prueba OTDR.
Fuente: Recomendación UIT-T L 40.

b) Supervisión de potencia de la señal.

Esta prueba permite la detección de un aumento en las pérdidas de potencia de la señal que recorre un circuito óptico. La condición de la red de fibra óptica es supervisada utilizando una o más fibras activas o una o más fibras libres periódicamente. Se utiliza una fuente luminosa y un medidor de potencia óptica para fines de supervisión a fin de detectar automáticamente el aumento de la pérdida de la fibra causado por microflexión, macro flexión o absorción de hidrógeno. En el caso de una o más fibras activas, existe la señal de transmisión así como una señal de supervisión en una fibra monomodo (SM –S*ingle-Mode*) que utiliza componentes de multiplexación por división de longitud de onda (WDM). La longitud de onda de supervisión es diferente de la longitud de onda de transmisión para evitar la interrupción de la transmisión. El TAM divide una señal luminosa de comunicación (1310nm/1550nm) entre el equipo transmisor y una ONU, se mide su potencia óptica para comprobar el estado de la sección interna del cable óptico.

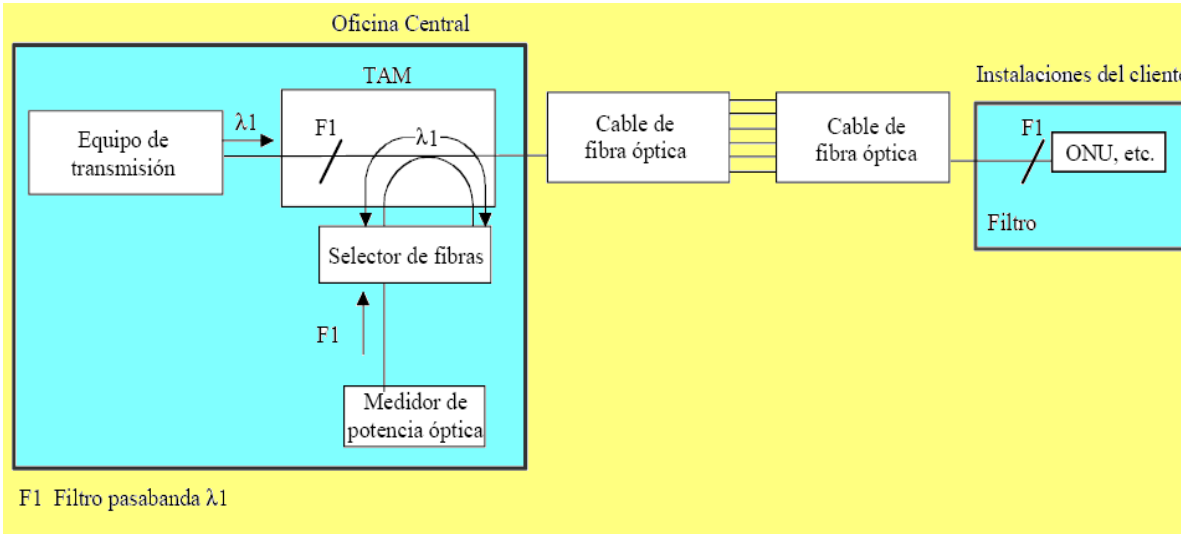


Figura 2 .Comprobación de potencia óptica.
Fuente: Recomendación UIT-T L 40.

c) Detección de la luz de identificación

Mediante esta prueba se puede identificar a cada fibra. La luz de identificación es modulada a 270 Hz, 1 kHz o 2 kHz.

La señal luminosa se aplica a la fibra en servicio a través del módulo de acceso de prueba (TAM) y un identificador de fibras detecta las dispersiones de la señal luminosa.

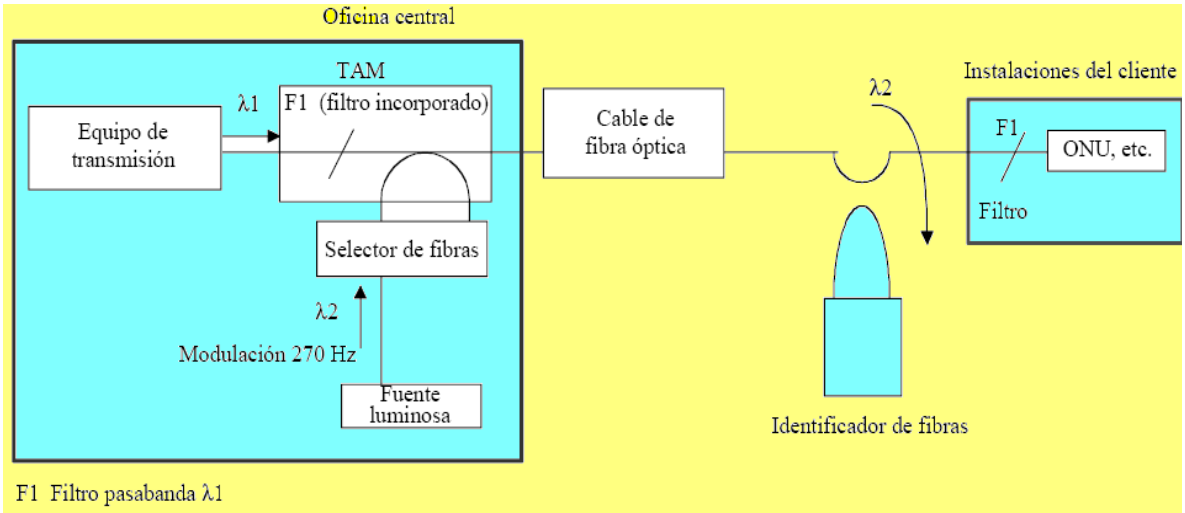


Figura 3. Identificación de fibras.
Fuente: Recomendación UIT-T L 40.

d) Medición de localización de agua

En el caso en que el riesgo de ingreso de agua a la fibra se considere excesivo, se pueden instalar sensores, los cuales tienen un material hidro-absorbente en que se expande y causa una pérdida en la fibra libre debido a macro flexión. Si el sensor identifica de antemano el lugar por donde penetró el agua puede medirse en el momento en que se supervisa la pérdida de la fibra. [16].

1.2.4 Longitud de onda.

Es importante elegir correctamente la longitud de onda a la que se van a realizar el monitoreo ya que de ninguna manera puede interferir con las señales de transmisión de datos. En la tabla 1 se indica como se debe asignar las longitudes de onda de mantenimiento:

Tabla 3. Asignación de longitudes de onda de mantenimiento.

Fuente: Recomendación UIT-T. [17]

	Ventana de 1310 nm	Ventana de 1550 nm	Ventana de 1625 nm [b]	Ventana de 1650 nm [a], [b]
Caso 1	Activa	Vacante o de mantenimiento	Vacante o de mantenimiento	Vacante o de mantenimiento
Caso 2	Vacante o de mantenimiento	Activa	Vacante o de mantenimiento	Vacante o de mantenimiento
Caso 3	Activa	Activa	Vacante o de mantenimiento	Vacante o de mantenimiento
Caso 4	Activa o vacante	Activa	Activa	Vacante o de mantenimiento

a) Cuando no hay luz óptica (en teoría por debajo de −60 dBm) procedente del láser de un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR, *optical time domain time reflectometer*) a cualquier longitud de onda igual o por debajo de la longitud de onda máxima de señal de cliente (véase el caso 4), no es necesario considerar la interferencia con la transmisión.

b) Estas longitudes de onda de OTDR sólo sirven para sistemas con señales de cliente en longitudes de onda inferiores a 1565 nm. Está en estudio la aplicabilidad para señales de cliente en longitudes de onda mayores.

Caso 1: Aplicada normalmente a fibra monomodo, donde el sistema de transmisión utiliza solamente ventana de 1310nm.

Caso 2: Esto se aplica normalmente a fibra de dispersión desplazada. El sistema de transmisión utiliza solamente ventana de 1550 nm.

Caso 3: De la misma manera aplicada normalmente a fibra monomodo. El sistema de transmisión utiliza dos o más longitudes de onda en la ventana de 1310 nm y la ventana de 1550 nm.

Caso 4: En este caso la longitud de onda de transmisión máxima está en estudio pero ha de ser inferior o igual a 1625 nm.

En la siguiente tabla aparecen las longitudes de onda adecuadas para funciones concretas del mantenimiento preventivo: [18].

Tabla 4. Funciones de mantenimiento vs. Longitudes de onda utilizadas

Categoría	Actividad	Funciones	Carácter
Mantenimiento preventivo	Vigilancia	• Detección de un aumento en las pérdidas de la fibra • Detección de un aumento en las pérdidas de potencia de la señal • Detección de la penetración de agua	Longitud de onda de mantenimiento[a)] Longitud de onda de la señal Cualquier longitud de onda en fibras que no cursan señales
	Prueba	• Medición para localizar averías en la fibra • Medición para determinar la distribución de tensiones en la fibra • Medición para localizar la penetración de agua	Cualquier longitud de onda en fibras que no cursan señales Cualquier longitud de onda en fibras que no cursan señales Cualquier longitud de onda en fibras que no cursan señales
	Control	• Identificación de la fibra • Función de transferencia de la fibra	Longitud de onda de mantenimiento[a)] Ninguna
Mantenimiento tras la instalación antes de entrar en servicio o después de una avería	Vigilancia	• Interfaz con el sistema de funcionamiento del trayecto • Interfaz con el sistema de funcionamiento del servicio del cliente	Ninguna Ninguna
	Prueba	• Confirmación de la condición de la fibra • Distinción de avería entre el equipo de transmisión y la red de fibra • Medición para localizar la avería en la fibra	Cualquier longitud de onda Cualquier longitud de onda Cualquier longitud de onda
	Control	• Identificación de la fibra • Función de transferencia de la fibra • Interfaz con la base de datos de la planta exterior • Interfaz con el sistema de correspondencia	Cualquier longitud de onda Ninguna Ninguna Ninguna

1.2.5 Arquitectura.

El sistema de supervisión básico consta al menos de un terminal de funcionamiento y un módulo de prueba óptica OTM -O*ptical Testing Module- (Módulo Óptico de Prueba*):

DB: Data Base (base de datos)

DCN: Data Communication Network (red de comunicación de datos)

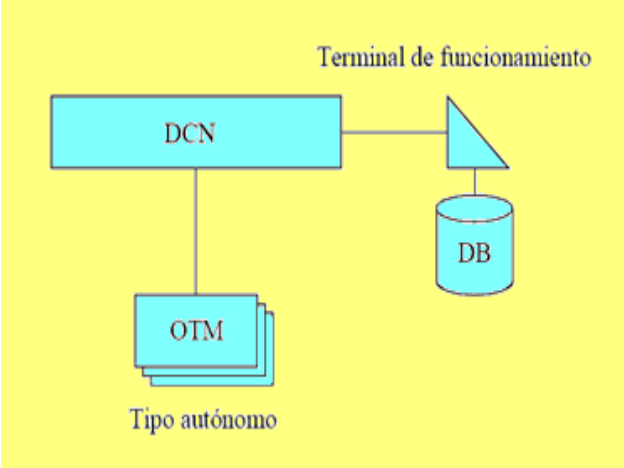


Figura 4. Arquitectura básica de un sistema de monitoreo de fibra óptica.

Fuente: Recomendación UIT-T L 40.

Agregar un servidor puede mejorar el rendimiento manteniendo la planta exterior, los resultados de las pruebas y las interfaces con otros sistemas. El servidor también puede controlar los OTM. [12]

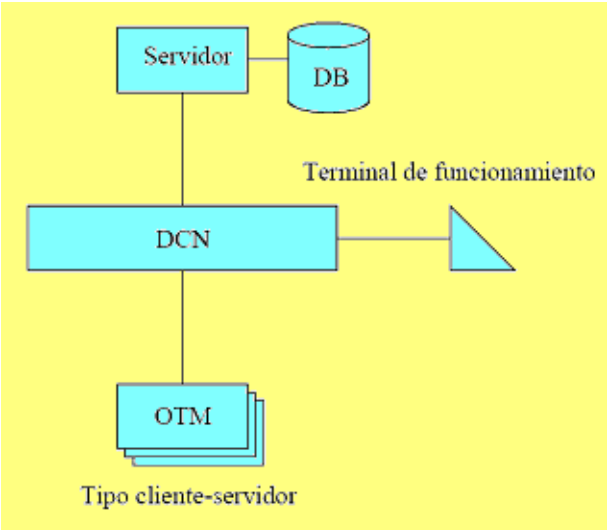


Figura 5. Arquitectura de un sistema de monitoreo de fibra óptica con un servidor.

Fuente: Recomendación UIT-T L 40.

1.2.6 Módulo Óptico de Prueba (OTM).

El módulo óptico de prueba (OTM) consiste en un controlador, OTU, -O*ptical Testing Unit-(Unidad Óptica de Prueba*), selectores de fibra (FS), acopladores ópticos, filtros, sensores de agua y unidades de trayecto.

Características:

1) El controlador regula la OTU, se comunica con el servidor o el terminal de funcionamiento, analiza los resultados de las pruebas y lleva a cabo algunas otras funciones.

2) La OTU se utiliza para efectuar la prueba real. Consta de un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR) y otros instrumentos, fuentes de luz, medidores de potencia y un controlador para todos estos dispositivos.

3) Los selectores de fibra (FS) se instalan en un bastidor de terminación de fibras y/o en un bastidor de OTU. Su función consiste en seleccionar la fibra que va a probarse bajo las instrucciones de la OTU.

4) El acoplador óptico se instala en el bastidor de terminación de fibras. Su función consiste en inyectar y detectar una señal luminosa de prueba en la fibra óptica o detectar una parte de la señal a efectos de supervisión.

5) Se instala un filtro para proteger a los equipos de transmisión que pudieran resultar afectados por la señal luminosa de prueba.

6) Se instala un sensor de agua en los empalmes del cable de fibra óptica para detectar la penetración de agua.

1.2.7 Supervisión a fibra activa y fibra inactiva.

Supervisión a fibra óptica inactiva.

La fibra óptica oscura (sin servicio o inactiva) es aquella que no lleva tráfico, es decir sirve de reserva. La supervisión en este caso no presenta ningún inconveniente ya que una señal inyectada en una fibra sin tráfico no presenta ningún tipo de interferencia en la transmisión de datos. Existen algunas ventajas de hacer una supervisión de este tipo:

a) No se requiere hacer ninguna modificación en el sistema o añadir dispositivos especiales, por lo que el coste no es muy alto.
b) Cualquier longitud de onda puede ser utilizada para realizar las pruebas de monitoreo sobre la fibra.

El fabricante JDSU asegura que con el monitoreo de una sola fibra, más de un 80% de las fallas se pueden detectar en el cable de fibras. Esto debido a que una rotura por lo general ocurre en todo el cable y no solamente en un hilo.[19] El monitoreo de fibra oscura no garantiza que se puedan detectar fallas en fibras aledañas las cuales estén llevando tráfico (fibra activa), mientras más fibras oscuras se supervisen existe mayor probabilidad de detectar un fallo en una fibra activa.

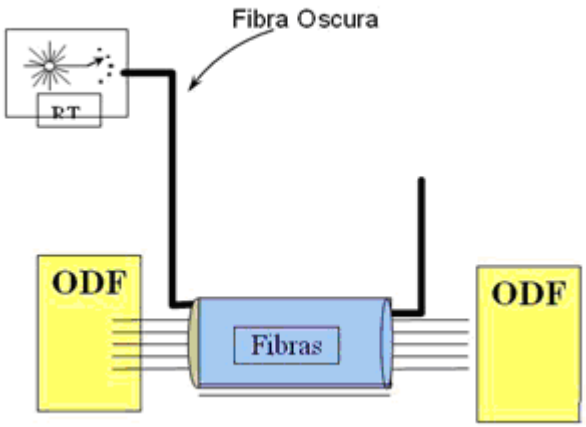


Figura 6. Monitoreo en fibra oscura

Fuente: Recomendación UIT-T L 40.

Supervisión a fibra óptica activa.

Para la supervisión de fibra óptica activa es necesario emplear la técnica WDM, cuando se requiere un 100% de efectividad en el monitoreo de un enlace. Se utiliza otra longitud de onda para este propósito por lo general la longitud de onda de pruebas es mayor a la de transmisión de datos, ya que estas son más sensibles a las irregularidades en la fibra. Los diferentes casos para la asignación de longitudes de onda de prueba están dados en la tabla 1. Para llevar a cabo el monitoreo en fibras con tráfico es necesario adicionar ciertos elementos como por ejemplo un multiplexor de división de longitudes de onda (WDM), de tal manera que se puedan combinar las señales de la transmisión de datos, como las provenientes del OTDR. La colocación de filtros en cada hilo es imprescindible para volver a separar las señales antes multiplexadas. Sin embargo la adición de estos elementos llevan consigo una atenuación de la señal en aproximadamente 3dB.Este tipo de monitoreo es por ende mas costoso que el de fibra oscura, pero brinda la certeza de localizar una falla en un enlace de alta velocidad y alto

tráfico, lo cual resulta interesante y digno de tomarse en cuenta en un sistema de monitoreo de fibra óptica.

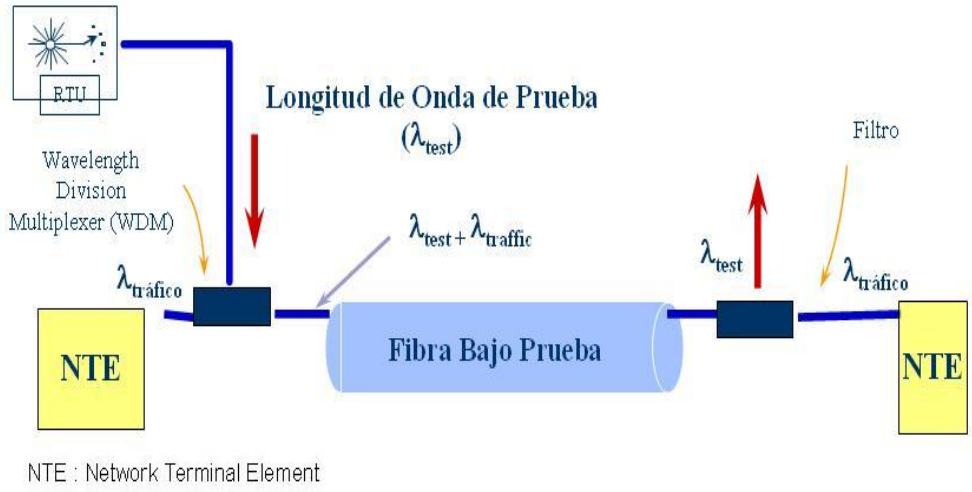


Figura 7. Monitoreo de fibra activa.
Fuente: Recomendación UIT-T L 40.

1.2.8 Modelos para supervisión y pruebas de fibras ópticas.

La mayoría de los proveedores de redes modernas, utilizan un RFTS -R*emote Fibre Test Systems- (Sistema de Prueba de Fibra Remoto*). La variedad de los sistemas RFTS se extiende desde sistemas de fibras ópticas básicos sin tráfico de señal, que se utilizan para identificar y ubicar aproximadamente cortes de fibras, a sistemas más elaborados que pueden supervisar sistemas de trabajo, detectar degradaciones de la red y ubicar con exactitud averías en la fibra.

a) Arquitecturas de la supervisión y pruebas de fibras ópticas a distancia.

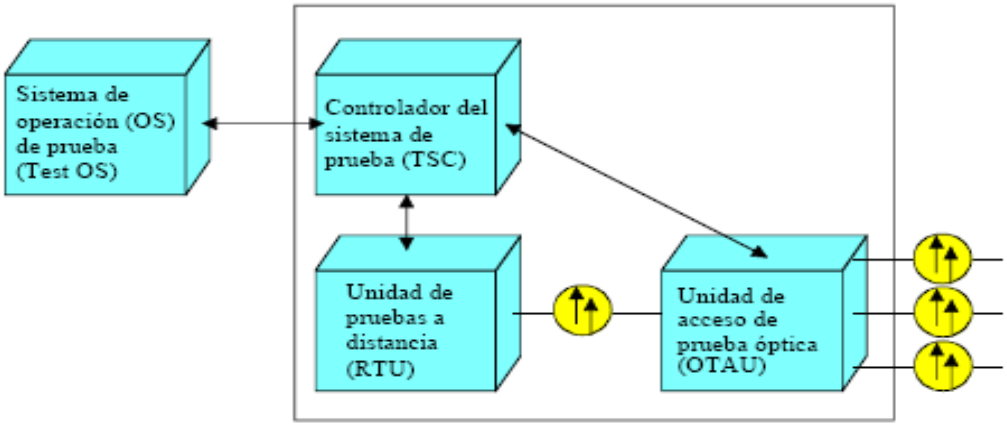


Figura 8. Sistemas de pruebas de fibras ópticas a distancia en vacío básicas.
Fuente: Recomendación UIT-T L 40.

El sistema de prueba de fibras ópticas a distancia (RFTS) básico de una fibra en vacío que se ilustra en la figura 8, está integrado por tres elementos que son:

1. OTAU -Optical Test Access Unit- (*Unidad de Acceso de Prueba Óptica*), que esencialmente es un conmutador óptico controlado a distancia. La dimensión de este conmutador depende de la cantidad de fibras sometidas a prueba. Un tamaño común es de 72 fibras pero se utilizan conmutadores más grandes.

2. RTU -Remote Test Unit- *(Unidad de Prueba Remota*), es decir, un OTDR controlado a distancia que proporciona la señal de prueba y efectúa mediciones de reflectómetria óptica temporal.

3. TSC -T*est System Controller*- (Controlador del Sistema de Pruebas), que selecciona la fibra óptica sometida a prueba y opera la unidad de prueba a distancia. También este contiene una base de datos para las fibras sometidas a prueba que incluyen datos de las trazas del OTDR previo y datos geográficos relacionados de las rutas de fibras ópticas.

Una observación de este sistema es que debido a que un TSC puede controlar múltiples unidades de prueba a distancia. Se puede no detectar una ruptura de cable durante algún tiempo si la cantidad de fibras conectadas al mismo es muy grande y si las fibras de ese cable fueron probadas poco antes que se produzca la ruptura.

b) Sistemas de pruebas para fibras a distancia con supervisión y pruebas de fibras activas.

Es posible monitorear una fibra con tráfico, gracias a la adición de un módulo de multiplexación WDM, este nos permite aplicar una señal de prueba del OTDR, que está fuera de la banda de transmisión. La siguiente figura muestra esta arquitectura:

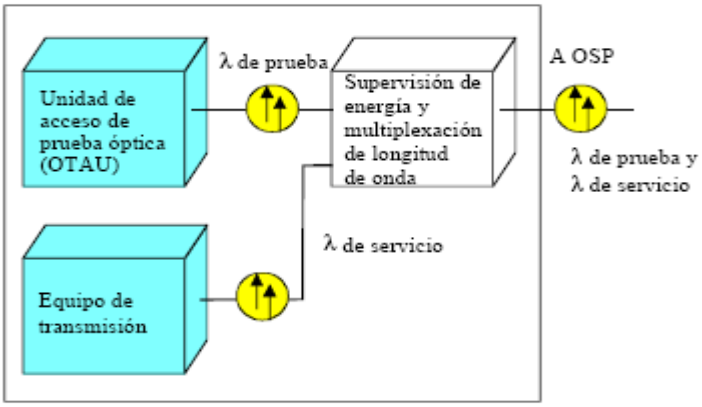


Figura 9 Monitoreo de una Red con Fibras Activas.

Fuente: Recomendación UIT-T L 40.

Las ventajas que se obtienen al utilizar esta arquitectura son las siguientes:

a. La unidad de prueba a distancia sólo necesita ser utilizada para ubicar averías que son detectadas por la pérdida de energía de la señal.
b. La detección de pérdidas de la señal sería esencialmente instantánea; con la detección de la pérdida de energía, los circuitos de supervisión pueden señalar al controlador del sistema de prueba, dirigir la unidad de prueba a distancia y a la unidad de acceso de prueba óptica, efectuar una prueba y localizar la avería.
c. Las fibras activas y las fibras en vacío se pueden probar por lotes o grupos.
d. La supervisión de energía, así como los datos de prueba del OTDR de rutina, se pueden utilizar para efectuar un mantenimiento activo. Puede soportar la detección de la degradación de la calidad de transmisión y observar la calidad de la fibra durante largos periodos de tiempo para la predicción de fallos.

c) Gestor del RFTS.

Este es un software implementado en una PC y su función principal es de controlar el equipo RFTS y almacenar datos en las fibras supervisadas en su sistema, tales como puntos de referencias u otra información geográfica, trazas del OTDR, datos estadísticos, políticas de alarma, y supervisión y datos de prueba.

Cuando se recibe una alarma, el gestor ordena al equipo RFTS (integrado por el controlador del sistema de prueba, unidad de prueba a distancia y unidad de acceso de prueba óptica) efectuar una prueba, el equipo procesa los datos de prueba y envía al sistema de operaciones de supervisión la ubicación de la avería relativa a los datos del punto de referencia útiles para las cuadrillas de reparación. Durante la rotura de un cable, el sistema de operaciones de supervisión recibe una información de alarma del equipo de transmisión, del equipo de conmutación de protección (si se utiliza este equipo) y del gestor del RFTS. Con algoritmos de correlación adecuada en el gestor del RFTS y en el sistema de operaciones de supervisión se escogerán las diversas alarmas y sólo una prevalecerá. En el caso de una rotura de cable la información de la alarma del RFTS con la ubicación necesaria de la avería permitirá despachar al personal de reparaciones.

En la siguiente figura se puede observar este proceso:

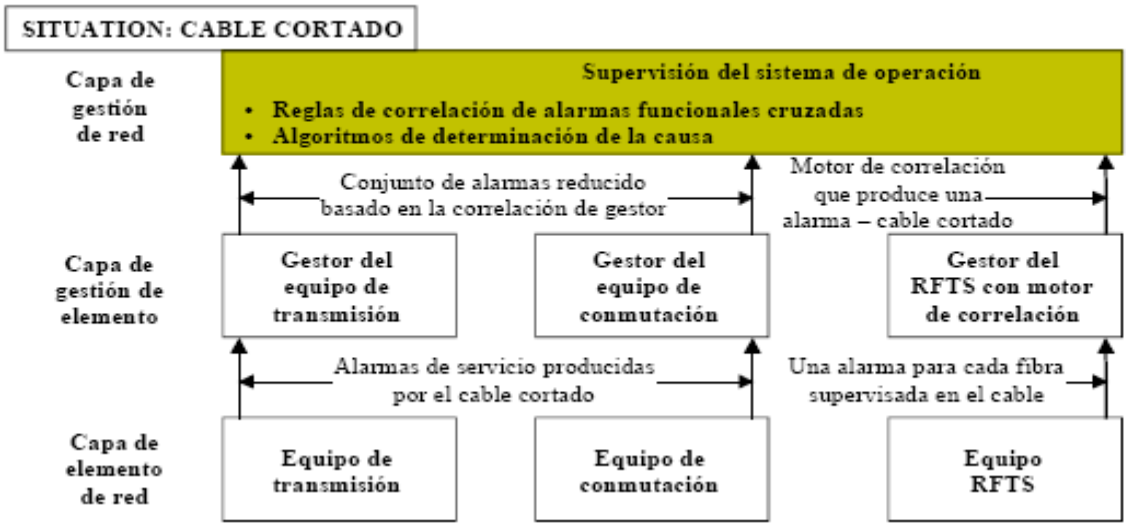


Figura 10. Supervisión de un Sistema de Monitoreo
Fuente: Recomendación UIT-T L 40.

1.2.9 Alarmas

Las alarmas de fibra están prefijadas para detectar cambios en la característica del trayecto de la fibra asociada con pruebas de lotes comparativos o supervisión de energía. El sistema también proporciona información sobre alarmas asociadas con equipos y otras condiciones de fallos ambientales. Se puede tener acceso a toda información de alarma a través de listas de alarmas mantenidas por el gestor del RFTS. Asimismo, se puede programar previamente un sistema de radio-búsqueda para dar aviso en el caso de cuestiones de fibras o equipos.

Niveles de alarma.

Se pueden distinguir dos niveles de criticidad de alarma:

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

Alarma menor. Esta alarma se puede activar cuando la prueba del OTDR en lotes ha detectado que la fibra ha rebasado el valor umbral de la atenuación, coeficiente de atenuación,

factor de reflexión, o se ha descubierto un nuevo evento. Un evento menor también se señala cuando el controlador de potencia detecta una señal por encima o debajo de la gama dinámica o cuando la potencia del láser no es estable. Las alarmas menores se deben tener en cuenta para el mantenimiento preventivo, inicialmente no requiere la investigación en el lugar.

Alarmas del OTDR.

Este sistema permite al usuario configurar alarmas que se activan al rebasar los umbrales fijados en el OTDR para:

a. Pérdida de extremo a extremo.

b. Pérdida de un evento.

c. Reflexión de un evento.

d. Nuevo evento.

e. Modificaciones de un evento de la condición de no reflexión a reflexión.

f. Modificaciones en el coeficiente de atenuación de la fibra.

Los umbrales de alarma por defecto, determinados por la experiencia Estadounidense son mostrados en la tabla 5

Tabla 5. *Umbrales de Alarma.*

Fuente: Recomendación UIT-T L 40.

Pérdida de extremo a extremo	Variación de 3,0 dB
Pérdida de evento	Variación de 0,5 dB
Reflexión de evento	5 dB
Nuevo evento	1,0 dB
Coeficiente de atenuación	0,5 dB/km
No reflexión a reflexión	>1,0 dB

Alarmas de potencia.

Las alarmas de potencia se activan cuando el nivel de energía o la variación en el nivel de energía rebasan un umbral establecido. El umbral por defecto menor típico para el nivel de potencia es de 1,0 dB y el umbral por defecto mayor para el nivel de potencia es de 3,0 dB.

1.3 Modalidades Operativas de los ONMS. [20]

Modalidad en caso de fallo: Las mediciones comienzan automáticamente sólo sobre una fibra o un grupo de fibras específico, cuando se manifiesta una alarma (BER excesivamente alta, apagado del láser, apagado de la portadora, etc.); las mediciones son llevadas a cabo por una adecuada unidad denominada Optical Alarm System Interface (OASI), que está eléctricamente conectada con el equipo de transmisión.

Modalidad mantenimiento: En esta modalidad, un usuario autorizado (Supervisor) predispone el ciclo automático de mediciones de acuerdo a una planificación de tiempos predeterminada. Se pueden predisponer diferentes ciclos de mediciones para cada fibra, según la importancia del enlace.

Modalidad a pedido: En cualquier momento, un usuario autorizado puede siempre realizar una medición manual sobre una o más fibras.

1.4 Algunas experiencias con ONMS en el mundo.

Experiencia en EUA.

El aumento del tráfico ha obligado a los operadores estadounidenses al empleo común de cables de fibra óptica de núcleos grandes, superiores a 100 fibras. Esto precisa de un monitoreo permanente, por lo que pudiera implicar un fallo en un centenar de fibras ópticas.

Excepcionalmente un operador de ese país pierde en un sistema de transmisión la conectividad de sus servicios, producto de un corte de fibra óptica, al poseer configuraciones en anillos por donde se puede reencaminar el tráfico. Esta variante de protección trae como consecuencia que en ocasiones la calidad en la velocidad se deteriore, causando la queja de los clientes. De las tres variantes del ONMS, los estadounidenses han tendido al empleo de la modalidad en caso de fallo para la supervisión a la red de transporte. Significando que no están monitoreando constantemente, sino que aplican la medición cuando se produce la pérdida en un enlace, teniendo la ventaja que el servicio no se afecta, ya que está transitando por vías alternativas.[12]

Experiencia Italiana.

Los operadores Italianos y en gran mayoría los europeos plantean en relación con la supervisión a la red de cables ópticos en la planta exterior, que se deberán tener en cuenta no sólo los operadores de red establecidos sino también los nuevos operadores que pueden tener necesidades y perspectivas diferentes con respecto a la gestión de cables de fibra óptica.

Para tener un esquema de referencia, en la tabla 6 se exponen los tipos de operadores más representativos y sus perspectivas.

Para todas las categorías enumeradas en la tabla el método del mantenimiento preventivo es muy importante especialmente en un mercado cada vez más competitivo, donde la calidad del servicio puede constituir una ventaja comercial.

Tabla 6. Operadores y perspectivas.

Fuente: Recomendación UIT-T L 40.

Operadores	Perspectivas
Operadores de red establecidos	Tarea principal: transporte del tráfico de servicio. Proporcionan operación y mantenimiento de sus propias redes ópticas. Son propietarios de los sistemas de transmisión y de los cables de fibra óptica Su objetivo principal es obtener una mejor calidad de las actividades de mantenimiento con costos reducidos.
Nuevos operadores (por ejemplo, servicios-suministro de gas, agua y energía-ferrocarriles y autopistas)	Principal actividad de telecomunicaciones: aprovisionamiento de servicios (IP, anchura de banda o fibra en vacío). Poseen una infraestructura óptica ya instalada, pero están comenzando con el aprovisionamiento/venta de servicios de telecomunicaciones, incluido el arrendamiento de fibras en vacío. A menudo no tienen una organización de mantenimiento adecuada apta para gestionar completamente la planta exterior y pueden decidir contratar a terceros para efectuar las actividades de mantenimiento. Con relación al arrendamiento de fibras en vacío, se deberá establecer un contrato en el que los parámetros de disponibilidad del portador se incluyen en un acuerdo sobre el nivel físico del servicio.
Compañías de instalación y mantenimiento	Objetivo principal: instalación, puesta en servicio, supervisión y reparación de servicios. Suministran estos servicios a operadores nuevos y establecidos, y garantizan una calidad definida de los servicios de instalación y mantenimiento. El objetivo principal es satisfacer los requisitos de los contratos referentes a parámetros tales como "tiempo necesario para localizar", "tiempo necesario para reparar", que se están haciendo cada vez más rigurosos.

1.5 Supervisión a Redes Ópticas Pasivas (PON).

Todo lo descrito en los epígrafes anteriores se enmarca a fibras ópticas cuya topología es punto a punto correspondiendo generalmente a la disposición para enlaces entre centrales. No obstante se debe señalar, a modo de aclaración, que para redes ópticas pasivas el sistema de gestión a cables ópticos difiere del ya descrito. La topología punto-multipunto en redes pasivas es ideal como tecnología para el acceso por su gran rendimiento y aprovechamiento de

la fibra óptica. Los operadores que ofrecen servicios de banda ancha a través de fibra óptica en el acceso se han visto obligado a realizar el monitoreo sobre fibra activa, ya que solo existe secuencia desde el terminal de línea óptico (OLT en el lado de la central), pasando por el nodo remoto o spliter (divisor óptico), hasta la unidad de red óptica (ONU lado del cliente) en una sola fibra. Varios son los métodos para efectuar este monitoreo, algunos se han implementados y otros están en fase de investigación o prueba, como es el caso de la técnica de asignación de frecuencia brillouin (BOTDR) para cada fibra óptica que parte del spliter. Al lanzar un pulso con la frecuencia del centro desde el BOTDR este pasara por el RN (nodo remoto) o spliter donde se convertirá en subpulsos hacia los ONUs, Ver figura 11. [21]. Un método implementado consiste en la funcionalidad de OTDR integrado al equipo PON y este se basa en la reutilización de las mismas longitudes de onda del servicio para realizar las medidas de reflectómetría tanto desde la OLT como desde la ONT. Para adaptarse a protocolos que requieren una transmisión continua de datos, como por ejemplo en el sentido descendente en redes PON o en enlaces Ethernet punto-a-punto, un enfoque inicial supone la aplicación previa de una modulación sinusoidal de pequeña amplitud al flujo de datos ópticos. Variando la frecuencia de modulación en un rango desde varios kHz hasta 10 MHz y midiendo la potencia óptica reflejada en cada frecuencia, es posible sintetizar la traza de pulsos típica de los equipos OTDR convencionales. Para permitir la realización de una sencilla prueba de conectividad de fibra óptica, se propone incorporar un reflector en el aplique óptico dentro del hogar, de tal manera que refleje una pequeña porción de la potencia óptica recibida en sentido descendente (inferior a -20dB). Esta mínima reflexión, que no contradice los requisitos de planta de fibra para los protocolos actuales PON y que modifica en menos de 1 dB el balance de potencia de los canales de datos, es identificada por medio de la función OTDR integrada en la OLT. Aunque los detalles de las ramificaciones de fibra no puedan identificarse con factores de división mayores de 1:8, las reflexiones procedentes de los diferentes apliques ópticos pueden medirse claramente incluso con factores de división de hasta 1:64, con lo que se permite la validación de la conectividad del enlace extremo-a-extremo. [22]

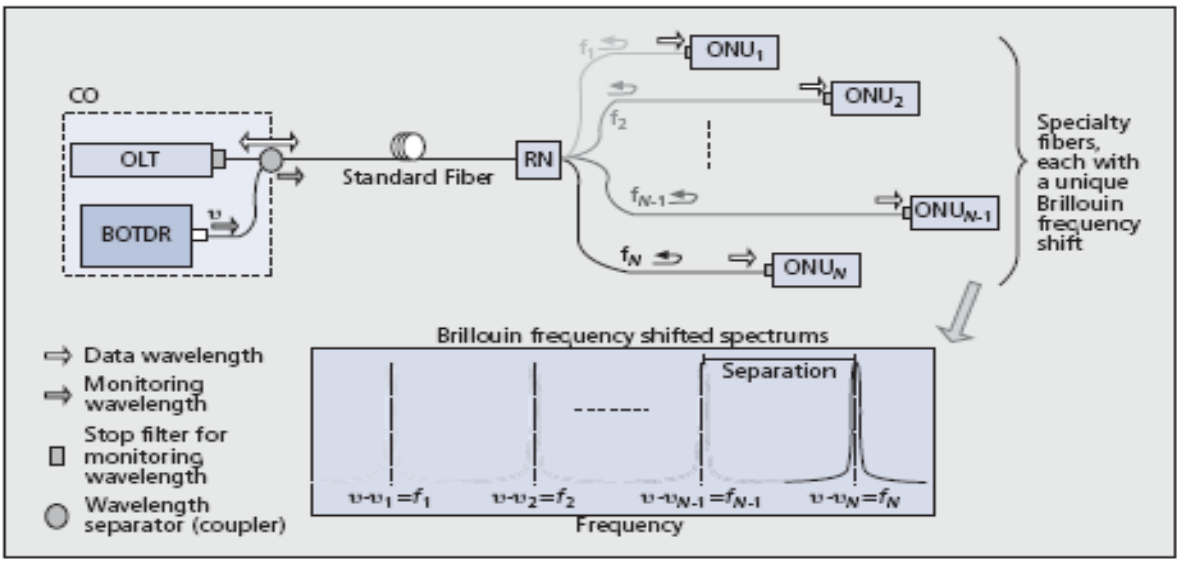


Figura 11. Monitoreo de fibra óptica en redes PON.
Fuente: Revista IEEE febrero 2011

1.6 Consideraciones del capitulo.

Los aspectos tratados en este capitulo conforman una guía teórica para comprender el funcionamiento de los ONMS.

Poco después de la aparición de los ONMS en el mercado la UIT-T recomendó la estandarización basada en experiencias de los primeros países en implementarlo. No obstante pudieran quedar aspectos a considerar para una actualización de la recomendación, como los niveles de atenuación máximo permisibles en conectores de ODF y conmutadores ópticos, así como el soporte de la red de datos en la que se va implementar el sistema, teniendo en cuenta que esa red de datos pudiera afectarse por una avería de la red óptica y quedar el ONMS fuera de servicio. En este capítulo se mostraron las variantes de explotación que tienen los ONMS, no obstante se debe señalar que partiendo de las necesidades y particularidades de cada operador se podrán combinar variantes y acoger elementos que pudieran resultar positivos para un tipo de cliente

CAPITULO 2: ESTRUCTURA Y ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS DE GESTION A REDES OPTICAS.

Un sistema de gestión de redes ópticas está compuesto por la unidad de prueba óptica, siendo este hardware elemento fundamental dentro del sistema. Los proveedores recomiendan arquitecturas de redes centralizadas. Este capítulo mostrara las unidades de pruebas, sus principales parámetros y características así como la arquitectura más difundida de los ONMS.

2.1 Unidad de Prueba Óptica

Las Unidades de Pruebas Ópticas tienen como característica principal estar compuestas por módulos que tendrán funciones independientes aunque se complementaran manteniendo comunicación entre ellos con el fin de lograr una medición al alcance de un supervisor de gestión.

Las Unidades de Prueba Óptica constan de los siguientes módulos.

1. Controlador
2. OTDR
3. Multiplexor óptico (OTAU)
4. Interfaz unidad alarmas (OASI)
5. Módulo de comunicación
6. Alimentador PS
7. Bastidor WDM

Estos módulos se harán indispensables si fuéramos a seleccionar un monitoreo a fibra activa, de lo contrario pudiéramos prescindir de tres de ellos, el multiplexor óptico, la interfaz de alarma y el WDM.

Módulo Controlador de la OTU: Representa el núcleo del sistema de monitoreo, con un microprocesador inteligente que supervisa todas las funciones de la unidad. Se le puede programar para realizar una medición en tiempo real (medición "a pedido") y para la exploración periódica de conjuntos seleccionados de fibras, eligiendo para cada fibra todos los parámetros a medir. La unidad esta diseñada para garantizar un elevado grado de flexibilidad,

expansibilidad y permitir fácil mantenimiento y actualización. El Controlador está equipado con un adaptador de red con estándar IEEE 802.3 para la comunicación con la SCU.[23]

Módulo OTDR: Al enviar luz a través de un enlace de fibra óptica, una parte de dicha luz se refleja de vuelta al transmisor (lo que se conoce como retrodispersión). Al caracterizar un enlace de fibra utilizando un OTDR, es está luz reflejada la que se utiliza para calcular la atenuación del enlace, las características de pérdida y la longitud del tramo de fibra [24]. Los parámetros para la selección de un OTDR pueden ser:

1. Rango Dinámico: Definido como la atenuación máxima que puede medirse por el OTDR. Mientras más alto sea el rango dinámico, mayor será la distancia que puede analizar el OTDR. Disponer de un rango dinámico insuficiente se traduce en una incapacidad para medir la longitud del enlace completo, afectando, en muchos casos, a la precisión de la pérdida de enlace así como a pérdidas de conector de extremo lejano y atenuación. Un buen método empírico es seleccionar un OTDR cuyo rango dinámico sea de 5 a 8 dB mayor que la pérdida máxima que vaya a encontrar.[25]
2. Longitud de onda de trabajo: Es la distancia que recorre la luz emitida por el OTDR a la velocidad de propagación de la fase en el intervalo de tiempo correspondiente a una oscilación completa de la onda.[25]
3. Ancho del pulso: Determina la potencia de la señal reflejada por retrodispersión. Un amplio ancho de pulso amplifica la señal recibida, facilitando la distinción de ésta del ruido de fondo y por tanto, mejorando la relación SNR. Por otro lado, la utilización de un ancho de pulso más amplio que la distancia que separa dos eventos conduce a que la detección de eventos y las mediciones sean imprecisas. Además, si el ancho de pulso aumenta, la zona muerta de atenuación aumenta a su vez, limitando la capacidad de detección de otros eventos tras un evento inicial. [25]
4. Zona muerta de eventos y atenuación: Distancia mínima requerida entre dos eventos o atenuaciones para poder distinguirlos en la traza del OTDR**.**

Resolución de muestreo: Se define como la distancia mínima entre dos puntos de muestreo consecutivos adquiridos por el instrumento. Este parámetro es fundamental, ya que define la precisión de distancia última y la capacidad de localización de fallos del OTDR. [13].

Módulo Multiplexor óptico (OTAU): Este módulo posee un conmutador óptico para conectar la salida OTDR con las fibras monitoreadas. En su configuración estándar el número de puertas varía entre 4 y 25. Para conseguir la capacidad requerida se pueden usar varios OTAU conectados en cascada, de manera que en principio se puede obtener una capacidad ilimitada de conexión. Los módulos OTAU están disponibles en dos versiones básicas:

5. OTAU/E: Controlado eléctricamente: Para esta opción la selección de vista se hace mediante mandos eléctricos provenientes del controlador de la RTU o desde el OTAU precedente conectado en cascada. Los módulos OTAU están provistos de puertas de control eléctrico de entrada y salida para la conexión de más unidades en cascada.
6. OTAU/O: Controlado de forma óptica: En este caso la selección de puerta se hace en base a mandos ópticos detectados en la misma puerta óptica de entrada del multiplexor. Un circuito optó electrónico identifica el mando recibido y dirige consiguientemente la conmutación de la fibra. Esta última característica permite instalar conmutadores remotos en la red y distribuir la señal de monitoreo a toda la red óptica que ha de ser monitoreada. El control de estos módulos OTAU, realizado en "modo óptico" y sin necesidad de módems ni otros dispositivos de comunicación de red, confiere grandes ventajas en materia de velocidad, fiabilidad y por último, en las características globales del sistema.

Módulo de Interfaz de alarmas (OASI).

Se utiliza esta unidad para recolectar las alarmas provenientes de los paneles del equipo de transmisión, con el objeto de dar comienzo al monitoreo de una fibra cuando se detecta una condición anómala. Como ejemplos de alarmas que se pueden monitorear podemos citar: nivel BER, alimentación del equipo de transmisión, apagado de portadora, apagado láser, etc.[23]

Módulo de comunicación: Es el encargado de establecer a través de la red de datos (DCN) la conexión entre el servidor, unidad de prueba y PC del usuario. Este enlace puede ser conmutado o por red TC/IP.

Módulo de alimentador (PS): A pesar que todos los módulos son imprescindibles en la supervisión de la fibra óptica, la fuente de energía sin dudas reviste vital importancia por ser el modulo que provee a todo el sistema. La generalidad de los proveedores diseñan este modulo con variantes en la alimentación de entrada ya sea de corriente directa (CD) o

corriente alterna (AC). Aunque lo más recomendable es la alimentación en CD, teniendo en cuenta que por regla esa alimentación es propietaria del operador de telecomunicaciones en cada inmueble y se garantiza su fiabilidad.

Módulo WDM (Wave División Multiplexer): Este módulo se emplea cuando se necesita supervisar fibras ópticas en servicio y su función básica es la de multiplexar la longitud de onda OTDR con la longitud de servicio. Se acompaña de filtros elimina bandas para separar las longitudes de onda en el extremo opuesto. Con este módulo se garantiza funciones de medida de las redes DWDM, algunas de estas funciones son análisis de espectro óptico, medidas de canales individuales, medición de potencia y longitud de onda.

2.2 Arquitecturas del Sistema. Varias podrían ser las arquitecturas a emplear, cada una de ellas con sus ventajas y desventajas. Pudiéramos definirlas en tres grupos centralizadas, no centralizadas e hibridas.[26]

Una configuración del sistema de tipo centralizada se basa en poseer un servidor en un punto de la red, que será encuestado desde estaciones clientes. El servidor es el núcleo del sistema de supervisión, se encarga de almacenar y gestionar toda la información, de tal manera que los datos obtenidos mediante las OTUs se almacenan en una base de datos y se combinan con los registros de ruta y la información geográfica para precisar la localización de fallas. Lo cual nos brinda información precisa acerca de la localización de fallas. Toda esta información es de vital importancia para realizar por ejemplo informes y llevar estadísticas del estado de la red óptica. Esta unidad central nos muestra de manera gráfica el estado de la red así como también todas las rutas y trazado de la fibra óptica que esta siendo monitorizada.

En general este elemento permite realizar las siguientes tareas o funciones:

1. Control y supervisión del funcionamiento del sistema
2. Control y supervisión de cada OTU.
3. Acceso a cada OTU
4. Gestión de usuarios
5. Gestión de eventos
6. Medidas remotas bajo demanda
7. Referencia topográfica
8. Generación de informes

9. Historial sobre eventos

Las estaciones cliente. Este elemento permite a los usuarios que se conecten al servidor central por una red IP o a través de una red conmutada, facilitando a los centros de ingeniería y gestión el acceso a todos los datos del sistema.

La estación de cliente estándar posee los siguientes elementos o funciones: [27]

1. Gestión de eventos administrativos.
2. Gestión de fallos.
3. Gestión de alarmas
4. Gestión de alarmas avanzadas incluyendo la notificación mediante SMS.
5. Herramientas de presentación de calidad de servicio.

Las mayores ventajas se exhiben en la variante centralizada al garantizar acceder a la base de datos desde varias estaciones clientes, esta modalidad implementada con la red de datos vía TCP/IP garantiza seguridad y poder de almacenamiento de información. No resulta eficiente una configuración de tipo directa entre una Pc y una OTU. Otra modalidad que pudiera ser tomada en cuenta seria la hibrida, consistente en poder sumar a las variantes anteriores una comunicación con una estación móvil (laptop) mediante un puerto RS-232. En la figura 12 se muestran los tipos de arquitecturas posible a realizar con el sistema.

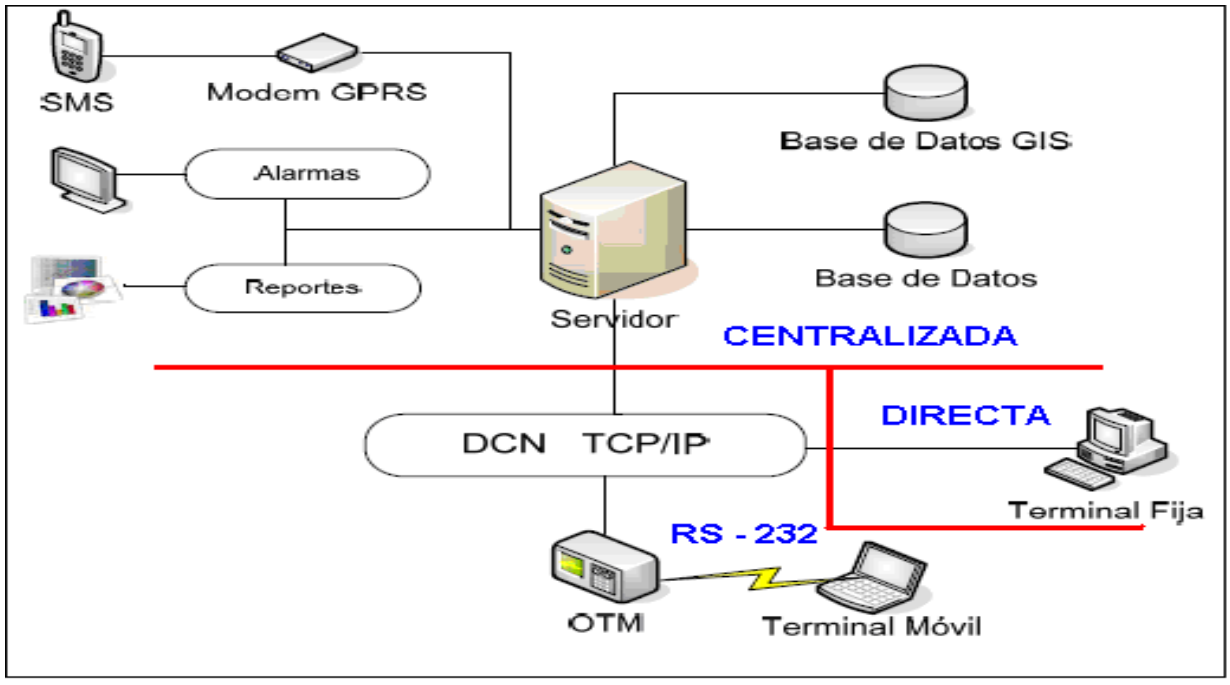


Figura 12.Variantes de arquitecturas a emplear en el sistema Fuente: Elaboración propia

2.3 Sistema de Información geográfica (GIS o SIG).

Los ONMS poseen una interfaz grafica denominada Sistema de Información Geográfica.

Un Sistema de Información Geográfica es una integración organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer una necesidad concreta de información.

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

Tipo de Información.

En un sistema SIG, la información puede ser almacenada en formato raster o vectorial. El modelo de SIG raster o de retícula se centra en las propiedades del espacio más que en la precisión de la localización. Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un único valor. Cuanto mayor sean las dimensiones de las celdas (resolución) menor es la precisión o detalle en la representación del espacio geográfico. En el caso del modelo de SIG vectorial, el interés de las representaciones se centra en la precisión de localización de los elementos sobre el espacio y donde los fenómenos a representar son discretos, es decir, de límites definidos. Para modelar digitalmente las entidades del mundo real se utilizan tres objetos espaciales: el punto, la línea y el polígono. Los SIG vectoriales son los más populares en el mercado. No obstante, los SIG raster son muy utilizados en estudios que requieran la generación de capas continuas, necesarias en fenómenos no discretos; también en estudios medioambientales donde no se requiere una excesiva precisión espacial

(contaminación atmosférica, distribución de temperaturas, localización de especies marinas, análisis geológicos, etc.).[28]

Funciones de un SIG.

Un Sistema de Información Geográfica esta diseñado para resolver lo siguiente:

1. **Localización**: Preguntar por las características de un lugar específico.
2. **Condición**: El cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.
3. **Tendencia**: Comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.
4. **Rutas**: Cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.
5. **Pautas**: Detección de pautas espaciales.
6. **Modelos**: Generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

Existen muchas alternativas de programas que ayudan a gestionar la información de las bases de datos SIG, a continuación se muestran los programas más utilizados:

Tabla 7. Software de información geográfica mas empleados

Fuente: www.sig.biz/

Software SIG	Windows	Mac OS X	GNU/Linux	BSD	Unix	Entorno Web	Licencia de software
ArcGIS	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Software no libre
Autodesk Map	Sí	No	No	No	No	Sí	Software no libre
Caris	Sí	No	No	No	No	Sí	Software no libre
CartaLinx	Sí	No	No	No	No	No	Software no libre
Geomedia	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Software no libre
GeoPista	Java	Java	Java	Java	Java	Sí	Libre: GPL
GeoServer	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Java	Libre: GPL
GRASS	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Mediante pyWPS	Libre: GPL
gvSIG	Java	Java	Java	Java	Java	No	Libre: GPL

IDRISI	Sí	No	No	No	No	No	Software no libre
ILWIS	Sí	No	No	No	No	No	Libre: GPL
Generic Mapping Tools	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Libre: GPL
JUMP	Java	Java	Java	Java	Java	No	Libre: GPL
Kosmo	Java	Java	Java	Java	Java	En desarrollo	Libre: GPL
LocalGIS	Java	Java	Java	Java	Java	Sí	Libre: GPL
Manifold	Sí	No	No	No	No	Sí	Software no libre
MapGuide Open Source	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	LAMP/ WAMP	Libre: LGPL
MapInfo	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí	Software no libre
MapServer	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	LAMP/ WAMP	Libre: BSD
Maptitude	Sí	No	No	No	No	Sí	Software no libre
MapWindow GIS	Sí (ActiveX)	No	No	No	No	No	Libre: MPL
MicroStation Geographics	Sí	Abandonado	No	No	Abandonado	Sí	Software no libre
Quantum GIS	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Libre: GPL
SAGA GIS	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Libre: GPL
Smallworld	Sí	?	Sí	?	Sí	Sí	Software no libre
SavGIS	Sí	No	No	N0	No	Integración con Google Maps	Software no libre: Freeware
SEXTANTE-gvSIG	Java	Java	Java	Java	Java	No	Libre: GPL
SPRING	Sí	No	Sí	No	Solaris	No	Software no libre: Freeware
TatukGIS	Sí	No	No	No	No	?	Software no libre
TNTMips	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Software no libre
TransCAD	Sí	No	No	No	No	Sí	Software no libre
uDIG	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Libre: LGPL

2.4 Modem GPRS.

Uno de los servicios de los ONMS es la comunicación del servidor con la red móvil, utilizando la red GSM de una operadora de telefonía móvil celular con el objetivo de enviar alarmas al personal calificado a cualquier hora vía SMS.[19]

El equipo seleccionado para esta función deberá poseer requerimientos mínimos que le permitan un desempeño aceptable acorde al servicio que va proporcionar.

Requerimientos que debe tener el modem GPRS.

a) Funcionamiento basado en las normas de banda múltiple GSM/ GPRS Clase 10.
b) Autónomo, que proporcione comunicación inalámbrica de datos, fax, voz.
c) Opciones de interfaz incluyendo RS-232, USB, Bluetooth y Ethernet así como capacidades como GPS

2.5 Comparación, análisis y selección del ONMS para ETECSA.

Existen en el mercado varios proveedores de ONMS, cada uno de ellos con particularidades y prestaciones que relacionadas con los precios y las demandas de los clientes van creando tendencias en el empleo de los sistemas. JDSU y Nicotra Sistemi son dos de los más difundidos, otros como CPqD, Lancier y Natelco van ganando espacio aunque sin llegar a los niveles de ventas de los dos primeros

Establecer comparaciones entre fabricantes siempre es un compromiso ineludible entre lo técnico y lo económico. En este trabajo partiremos desde una propuesta tecnológica y calcularíamos su valor económico, teniendo en cuenta que la aceptación o no de la propuesta corresponde a niveles ejecutivos de la empresa.

La comparación entre JDSU y Nicotra Sistemi la desarrollaremos en cuanto a hardware y software.

OTU JDSU.

Tomaremos a la unidad de prueba 95000 como el hardware a comparar, por ser el de última aparición en el mercado por este fabricante.[29]

Tabla 8. Características mecánicas, eléctricas y medio ambientales de la OTU 95000

Fuente: www.*jdsu.com*

RTU 95000 Características Generales	
Características	**Especificaciones**
Mecánicas	
Alto	4U (8U cuando hay más de 24 puertos)
Ancho	19", 23" o ETSI
Profundidad	240 mm
Fuente de Alimentación	
Entrada CD	-38 a -72 V
Entrada CA	90-264 V, 47-63 Hz
Ambientales	
Operación	0 °C a 50 °C
Almacenamiento	-20 °C a 60 °C
Humedad	95 % sin condensación
EMI/ESD	CE Flexible

Como característica destacar esta el rango de voltaje de alimentación en AC y DC.

Tabla 9 . Especificaciones de la Unidad. Fuente www.jdsu.com.

Especificaciones Técnicas de la Unidad Básica	
Características	
Unidad de Distancia	**Km., miles de pie, millas**
Índice de rango	1,30000 a 1,70000 en 0,0001 pasos
Medición de distancia	Cursor automático
Rango de trayectoria	De 2,6 m hasta un rango máximo(380 Km. para los módulos HD y VHD
Resolución de pantalla	1 cm.
Resolución de Cursor	hasta 1 cm.
Resolución del muestreo	hasta 4 cm.
Exactitud	+/- 1m +/- muestra de resolución +/-10-5 x distancia
Medicion de la atenuación	**Automático, manual**

Atenuación de la trayectoria	Desde 1,25 db hasta 55 dB
Resolución en pantalla	0,001 dB
Resolución del cursor	de 0,001 dB
Exactitud	+/- 0,05dB +/-0,05dB/dB
Umbral	0,01 a 5,99 dB en 0,01dB paso
Mediciones de pérdidas ópticas/Reflectancias	**Automático o manual**
Resolución en pantalla	0,01 dB
Umbral	-11 a -99dB en 1 dB paso
Capacidad de Almacenamiento	**Formato compatible**
Memoria interna	400 trazas en memoria interna
Disco Duro	1 GB

De estas especificaciones llaman la atención la precisión en la distancia de la medición y la capacidad de almacenamiento capaz de registrar hasta 400 trazas en su memoria interna.

Tabla 10. Especificaciones del módulo OTDR.

Fuente www.*jdsu.com*

Especificaciones Técnicas del Modulo OTDR (Típicas a 25 °C)		
Características	**Especificaciones**	
	MM	SM
Longitud de Onda Central (Clase 1 CFR)	850/1300 +- 20nm	1625 nm +- 10nm
Ancho del Pulso	3ns a 200ns	10ns a 20 µs
Rango de máxima distancia	80 Km.	380 Km.
PMS Rango Dinámico	25 dB/23dB	39dB
Zona muerta de evento	1.5 m	4 m
Zona muerta de atenuación	5 m	25 m

Para este grupo de especificaciones del OTDR debemos de subrayar la máxima distancia del enlace a supervisar, el rango dinámico y la zona muerta de atenuación.

Tabla 11. Especificaciones del módulo WDM

Fuente www.*jdsu.com*

Especificaciones del Módulo WDN	
Características	**Especificaciones**
Parámetros de la Longitud de Onda	
Rango	1525 a 1570 nm
Resolución	1 pm
Exactitud	+/- 35 pm (+/- 20pm típico)
Mínimo espaciamiento entre canales	0.05 nm (12.5Ghz)
Parámetros de Niveles de Energía	
Rango	-70 a + 20dBm
Resolución	0.01 dB
Exactitud	+/- 0.5 dB (-30dBm, 1550nm)
Linealidad	+/- 0.1dB(-40 a + 10dBm)
OSNR (0.1 nm de ancho de banda)	33/29 (0.8/0.4 nm)
Polarización	+/- 0. dB
ORL	>35 dB
Tiempo de barrido	1s (tiempo real)

En estas especificaciones lo más destacado es el espaciado entre canales, las perdidas por retorno y el tiempo de barrido.

Tabla 12. Especificaciones del módulo conmutador óptico.

Fuente w*ww.jdsu.com*

Especificaciones del Módulo Conmutador Óptico	
Características	**Especificaciones**
No de Puertos	2,4,12,24 o 32
Pérdidas de Inserción	0.6 dB
Reflexión por retorno	-60 dB (Monomodo)
	-20 dB (Multimodo)
Repetibilidad	+/- 0.01 dB
Rango de Longitud de Onda	850, 1310, 1550 y 1625 nm

En este modulo lo más representativo a tener en cuenta son las perdidas por inserción.

Otras características se encuentran en la interfase de alarma, la cual tiene entre sus principales especificaciones contar con 12 entradas de alarmas, también en el modulo de comunicación aparecen las características siguientes:

Tabla 13. Especificaciones del módulo de comunicación

Fuente w*ww.jdsu.com*

Módulo de Comunicación de Datos	
Físicas (Estándar)	Ethernet, RS 232C
Físicas (Opcional)	Interfaz WAN (ISDN, PSTN , etc)
Protocolo	TCP/IP, ppp

El otro proveedor que más están implementando los operadores es Nicotra Systemi del cual se muestran características.

OTU Nicotra Sistemi.

Tabla 14. Modulo OTDR Nicotra.

Fuente: Elaboración propia.

Nicotra Sistemi & Canadian Puregas		
Módulo OTDR	***SM***	***MM***
Longitud de onda:	1310 nm, 1550 nm, 1625 nm, 1650 nm	850 nm,1300 nm
Rango dinámico	Hasta 45 db	
Ancho del impulso	10 a 20 µs	
Max longitud	0-200 Km	
Precisión de distancia	± (1m+ 5´ 10exp(-5) ´ dist. + espaciado de la muestra)	
Indice de refracción	1.4000, 1.6000 por pasos de 0.00001	
Zona muerta de sucesos	≤ 5 m	
Zona muerta de atenuación	≤ 20 m	
Clase del láser	Clas I (21 CFR 1040)	

Como aspecto a destacar el rango dinámico, la precisión en la medición y las zonas muertas de atenuación y sucesos.

Tabla 15. Módulo Conmutador óptico de Nicotra.

Fuente: Elaboración propia

Nicotra Sistemi & Canadian Puregas	
Módulo Conmutador Optico	
Repetibilidad	≤ ± 0.01 dB
Pérdida de inserción (exluidos conectores)	≤ 1 dB
Reflexión (excluidos conectores)	< - 50 dB
Sensitividad de polarización	≤ 0.05 dB
Velocidad de conmutación (puertas adyacentes)	25 ms
Tipo de conector	SC/SPC (estándar)
Método de conmutación	Por medio de microlentes de colimación
Número de puertas	4 ó 25 puertas por módulo (versión estándar, hasta 100 puertas disponibles a pedido

La velocidad de conmutación, las pérdidas de inserción y el número de puertas es lo más representativo en este módulo de Nicotra.

Múltiples son los parámetros que cada fabricante de estos sistemas aportan, sin embargo solo existen un grupo de ellos con coincidencia para poder realizar una comparación equitativa en cuanto a la unidad de prueba óptica, resultando la tabla 16.

Comparación JDSU Vs Nicotra & Puregas

Para poder determinar cual de estos proveedores seria el más adecuado para implementar un sistema de gestión a cables ópticos se debe partir de establecer una comparación de los parámetros que ambos muestran. Para ello se confeccionó la tabla comparativa 16.

Tabla 16. Resumen comparativo entre JDSU y Nicotra & Puregas.
Fuente: Elaboración propia.

Los parametros seleccionados son para supervision de fibra óptica monomodo		
Módulo OTDR	***JDSU***	***Nicotra & Puregas***
Rango dinámico	Hasta 39 Db	Hasta 45 Db
Ancho del pulso	10 ns a 20 µs	10 µs
Max longitud	hasta 380 km	hasta 200 km
Precisión de distancia	± 1m ± sampling resolution ± 1.10^{-5} x distance (excluding group index uncertainties)	± (1m+ 5´ 10exp(-5) ´ dist. + espaciado de la muestra)
Zona muerta de sucesos		≤ 5 m
Zona muerta de atenuación	≤ 25 m	≤ 20 m
Clase del láser	Clas I	Clas I
Módulo Conmutador Optico	***JDSU***	***Nicotra & Puregas***
Repetibilidad	± 0,01dB	≤ ± 0.01 dB
Pérdida de inserción (exluidos conectores)	0,6 dB	≤ 1dB
Reflexión (excluidos conectores)	< -60 dB	< -50 dB
Velocidad de conmutación (puertas adyacentes)	20 ms	25 ms
Tipo de conector		SC/SPC (estándar)
Número de puertas	2,4,12,24 o 32	entre 4 y 25
Módulo WDM	***JDSU***	***Nicotra & Puregas***
Perdidas por retorno	> 35 dB	> 40 dB
Módulo OASI	***JDSU***	***Nicotra & Puregas***
Puertas de entradas de alarmas	12	32
Módulo de Alimentación	***JDSU***	***Nicotra & Puregas***
DC	-38 V a 72 V	48 V
AC	90 a 264 V, 47-63 hz	220 V

No obstante que Nicotra & Puregas aventaja a JDSU en cuanto a la cantidad de puertas para las entradas de alarmas, zona muerta de atenuación y rango dinámico se puede expresar que solo alcanza a superarlo en dos parámetros, pues el rango dinámico, aunque superior a JDSU, tiene que poseer relación directa a la máxima longitud de distancia que el OTDR puede medir, y en este caso no se expresa así. Con hasta 39 dB, menor a los 45 dB de Nicotra & Puregas, JDSU logra alcanzar mayor distancia para la medición.

Por lo demostrado en la tabla 16 la Unidad de Prueba Óptica de JDSU se muestra superior a Nicotra & Puregas.

2.6 Software

Partiendo que cada Unidad de Prueba Óptica es operada por su software, y ya determinada la selección de la Unidad de Prueba Óptica de JDSU como superior a la de Nicotra & Puregas, analizaremos como esta estructurado y que puede proporcionar este software.

Arquitectura Abierta

La arquitectura abierta del sistema ONMS y el empleo de protocolos estándares como SNMP y CORBA garantizan la transmisión de los datos de alarmas y documentación de cables a cualquier otro sistema, por ejemplo, es muy sencillo integrar información del ONMS con paquetes de información gráfica (GIS) (figura 12), con sistemas de soporte de operaciones (OSS) y con sistemas Workflow. [19]

Manejo Web

El acceso del ONMS se realiza a través de un navegador estándar, por lo que no hace falta algún software ni entrenamiento especial. La gestión de las rutinas y contratos de mantenimiento es sencilla, presentando la información necesaria en el momento justo en un formato claro y comprensible. Los distintos códigos y contraseñas presentadas por el usuario garantizan la seguridad del sistema, asignando los privilegios necesarios en el servidor, por ejemplo, es posible asignar privilegios de sólo lectura a los clientes de proveedores de fibra oscura para que comprueben el estado de la red en cualquier momento.

Documentación detallada de la red

El ONMS administra y documenta la red, usando un sistema de información geográfica GIS para identificar y etiquetar cada una de las fibras. El catálogo GIS incluye información como 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. Una herramienta innovadora de dibujo hace fácil la construcción de esquemas sencillos y dibujos de la red de fibra usando los íconos “arrastrar y soltar” de los componentes del sistema Las rutas de los cables y de planta externa pueden ser accesados por medio de coordenadas geográficas para futura localización de fallas.

Seguridad del Sistema

El ONMS ofrece varios niveles de seguridad para garantizar la protección de la información contra accesos no autorizados. El administrador del sistema puede gestionar toda la seguridad del mismo a través de una base de datos centralizada, lo que simplifica su administración y reduce la posibilidad de errores que podrían dar lugar a "agujeros" de seguridad. Diversos mecanismos avanzados de hardware del servidor y mecanismos de la base de datos en Oracle, como respaldos automáticos y discos en espejo se encargan de conservar la integridad de la información. [30].

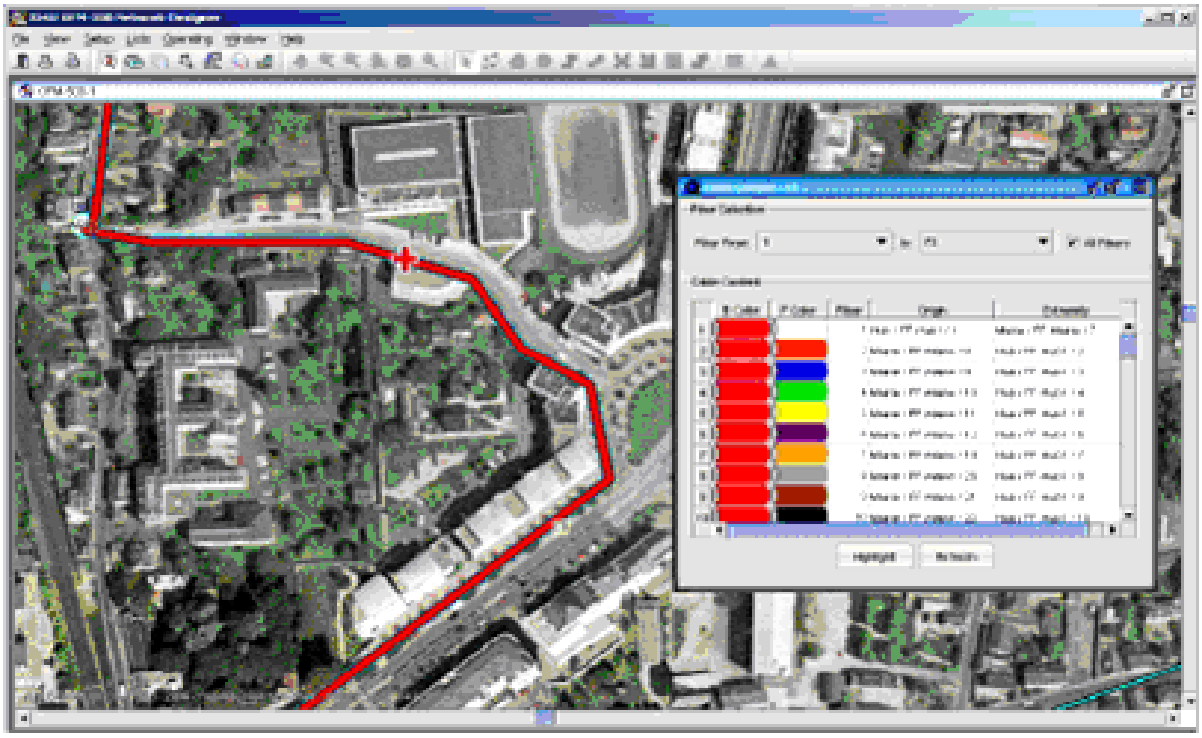


Figura 13.Vista del software en la consola GIS.

Fuente: www.jdsu.com

Figura 14. Vista del software en la consola OTDR.

Fuente: www.jdsu.com

2.7 Validación de la selección del proveedor por criterio de especialistas

Una vez mostrado los parámetros fundamentales de cada proveedor y realizada la comparación, por la que se seleccionó al proveedor más adecuado. Se examinará la opinión crítica de especialista para poder constatar si fue correcta la selección del proveedor. Para esto se empleó el método de evaluación por criterio de especialistas.

Para este tipo de evaluación se conformó un grupo de miembros pertenecientes a la empresa y que laboran en áreas relacionadas con el sistema propuesto. El trabajo fundamental de este grupo estuvo centrado en un principio, en la confirmación o no del proveedor de los Sistemas de Gestión de Redes Ópticas (ONMS) para emplear en ETECSA.

La conformación del grupo de especialistas se determinó con una entrevista a siete técnicos, a los cuales se le realizó un diagnostico que incluyó años de experiencias en labores afines a la supervisión de redes y la fibra óptica, desempeño profesional, evaluaciones recibidas en el ejercicio de su trabajo, capacitaciones recibidas relacionadas con mediciones en fibras ópticas, además debían poseer dominio de los parámetros a evaluar.

Se emplea un sistema de codificación que vincula los miembros del equipo con su área de experiencia y nombre, de la misma manera se procede con los dos proveedores a analizar. Ver Tabla 17.

Tabla 17. Codificación de los integrantes del equipo
Fuente: Elaboración propia

Código	Área de Experiencia
Esp_1	Gestión y Supervisión de redes
Esp_2	Intervención de redes ópticas
Esp_3	Mediciones de fibra óptica
Esp_4	Proyectista en redes de planta exterior de fibra óptica
Esp_5	Ejecutor en obras de planta exterior en FO
Esp_6	Soporte e Infraestructura de aplicaciones de Tecnologías de la Información
Esp_7	Seguridad informática

Tabla 18 Codificación de los proveedores en análisis
Fuente: Elaboración propia

Código	Proveedor
P1	JDSU
P2	Nicotra Systemi

A continuación se aplica una matriz de criterio que permitirá desde un enfoque objetivo evaluar las posibilidades reales de adquirir el sistema de gestión del proveedor electo. Se aplica una escala de 1 a 5 siendo este último el valor más factible para cada evaluación.

La matriz de criterio es un método aplicable a distintos campos, dentro y fuera de la ingeniería, para la toma de decisiones racionales, entre distintas alternativas aparentemente posibles. Mejora la objetividad del proceso de selección por ser estructurado, de metodología sistemática, repetible y con resultados en números. Consiste en la ponderación (numérica) del grado de cumplimiento que cada aspecto evaluado alcanza, respecto a cada uno de los proveedores, por lo que se procura proyectar, para luego integrar estas ponderaciones en una única calificación global (puntuación) del proveedor.

La comparación de las calificaciones globales es un criterio racional para la selección, evidentemente se elige el proveedor de mejor puntaje.

En la tabla, cada especialista debe de evaluar según los criterios relacionados

A continuación se explican brevemente los aspectos que el grupo de especialistas deberá evaluar de cada proveedor.

Flexibilidad: Permite la adaptación del sistema a supervisar otras redes en cuanto a: topologías, conectores y ODF.

Escalabilidad: Es la propiedad deseable de un sistema, que indica su habilidad para extender el margen de operaciones sin perder calidad, o bien para estar preparado para hacerse más grande sin perder calidad en los servicios ofrecidos

Protección de los datos: Abarca herramientas y políticas de seguridad que puede contener mecanismos automáticos, los cuales aseguran la integridad de la información, como mediciones trazas etc.

Tiempo de respuesta: Se refiere al tiempo que demora en ofrecer un reporte de alarma, luego de haberse originado en el terreno.

Gestor de Base de datos: Se refiere al software que realiza las operaciones de contener, calcular y realizar informes.

Distancia del enlace a supervisar: Es la longitud de la ruta que se puede supervisar.

Atenuación máxima a medir: Es la capacidad de poder medir la mayor atenuación que pudiera originarse.

Por lo que los aspectos evaluados con sus respectivas puntuaciones se muestran en la tabla.

Tabla 19 Criterios de los especialistas.
Fuente: Elaboración propia

Criterios	Especialistas													
	Esp 1		Esp 2		Esp 3		Esp 4		Esp 5		Esp 6		Esp 7	
	JDSU	NICO	JDSU	NICO	JDSU	NICO	JDSU	NICO	JDSU	NICO	JDSU	NICO	JDSU	NICO
Flexibilidad	5	4	4	3	5	4	5	4	4	5	5	4	5	4
Escalabilidad	5	4	5	4	5	4	5	4	4	3	5	4	5	3
Proteccion de los datos	5	4	4	5	5	3	5	4	5	4	5	4	5	4
Tiempo de respuesta	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Gestor de BD	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Distancia del enlace a supervisar	5	3	5	3	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
Atenuacion maxima a medir	4	5	4	5	4	5	5	4	4	5	5	4	5	4
Total	34	30	32	29	34	30	35	30	32	31	35	30	35	29
Promedio	4,86	4,29	4,57	4,14	4,86	4,29	5,00	4,29	4,57	4,43	5,00	4,29	5,00	4,14

Tabla 20 Resultado de la evaluación.

Fuente: Elaboración propia

Proveedor	Criterios							
	Esp 1	Esp 2	Esp 3	Esp 4	Esp 5	Esp 6	Esp 7	Promedio
JDSU	4,86	4,57	4,86	5	4,57	5	5	4,837
Nicotra Systemi	4,29	4,34	4,29	4,29	4,43	4,29	4,14	4,296

Esta tabla muestra JDSU como la elección del proveedor del sistema más idóneo para implementar en ETECSA.

2.8 Consideraciones del capitulo.

Este capítulo constituye el punto de partida para el diseño de la implementación del sistema que se propondrá. Hemos seleccionado el ONMS de JDSU que demostró superioridad tecnológica y fue validado por el criterio de especialistas. Por experiencia práctica siempre transcurre un periodo de tiempo entre la realización de una propuesta, la contratación y la implementación y cuando estas fases se prolongan en el tiempo el mercado, cada vez más competitivo, va superando en prestaciones y calidad lo ya establecido. En las telecomunicaciones esta superación del producto suele ser vertiginosa por lo que aquí propuesto obedece a una situación del momento actual.

CAPITULO 3: DISEÑO DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA

Este capítulo esta dedicado al diseño de la arquitectura del ONMS. Partiendo de un diagrama topológico de la red óptica de ETECSA en la provincia de Camagüey (anexo 3), por lo sensible de los datos que contienen los diagramas topológicos de redes ópticas, se considera información clasificada, no permitiéndose realizar el diseño para el resto del país. No obstante, el análisis para las redes ópticas del resto de las provincias será bajo el mismo criterio de diseño que el empleado en la provincia de Camagüey, el diagrama ha sido ajustado a los objetivos que persigue este trabajo, manteniendo las centrales telefónicas del territorio y excluyendo sitios de interés para la defensa del país. En este capítulo se establecerán las ubicaciones de los componentes del sistema de supervisión, las características de los hardware que emplearemos así como la valoración económica de la implementación.

3.1 Características de la red de Fibra Óptica de ETECSA en la DT Camaguey.

En resumen se puede indicar que la Red de Fibra Óptica de ETECSA en esta DT presenta las siguientes características.

Topología.- En la red se maneja una topología mixta, como se puede apreciar en el anexo 3 donde se muestran centrales enlazadas con fibras punto a punto y otras que están formando parte de una configuración en anillo, en lo posible se trata de dar redundancia utilizando diferentes trayectos para conseguir la mayor fiabilidad posible. En nodos más alejados, en los que la configuración en anillo resulta muy costosa, se utiliza una configuración radial (desde el nodo lejano hacia el anillo). Ver anexo 4 Resumen de sitios de telecomunicaciones con topología.

Cables de Fibra.- Se utiliza fibra óptica monomodo que trabaja en la ventana de los 1550nm. El anillo principal (core) esta conectado mediante fibra bajo la recomendación UIT-T G.652, al igual que los enlaces. El número de fibras que se utilizan para cada enlace esta en función de la cantidad de datos que se deben transportar.

El número de fibras tendidas en la red por enlace están comprendidas entre 8 hilos como mínimo y 36 hilos como máximo. Ver anexo 3.

Canalización.- En la provincia de Camaguey existe un 86% de su fibra óptica por canalizaciones subterráneas lo que brinda una mayor seguridad y evita altos costos de mantenimiento posteriores, ya que las canalizaciones son instaladas de acuerdo con las recomendaciones que rigen en los organismos de control para el diseño y la construcción de la planta externa subterránea.

Crecimiento.- Desde el año 2008, cuando se incomunicaron seis localidades del sur y este de la provincia provocado por el paso de los huracanes Ike y Paloma se ha incrementado este soporte, aparejado a la puesta en explotación del anillo norte hizo que de 31 sitios y 335 Km de cables de fibra óptica que existían en ese año con fibra óptica al cerrar junio del 2011se alcance la cifra de 42 sitios (Tabla 17) y 716.5 Km de cables de fibra óptica, todo esto para satisfacer la creciente demanda de servicios de telecomunicaciones.

Servicios que Presta.- En la actualidad se tiene la capacidad de entregar servicios de: telefonía, datos y televisión, con excelente calidad y fiabilidad, siendo la única empresa de telecomunicaciones prestando esos servicios en Cuba.

3.2 Selección del tipo de monitoreo

Teniendo en cuenta que el 98% de las averías registradas desde el año 2006 dañaron a todas las fibras del cable podemos acogernos a monitorear una fibra por cada cable óptico garantizando una localización exacta, prescindiremos del modulo interfaz de alarmas ya que al existir los Centros de Supervisión y Gestión Territorial (CSGT) los equipos de transmisión están supervisados y con situar la estación cliente con el mismo supervisor nos ahorraría este módulo y garantizaríamos compartimiento en las funciones de supervisión.

La fibra óptica a supervisar con el ONMS deberá ser sin servicio como primer aspecto a tener en cuenta, aunque en cables donde todos los hilos estén en servicio no quedara opción a tomar que no sea la supervisión a fibra activa.

3.3 Ubicación de los elementos del sistema

Ubicación de la OTU

Uno de los aspectos que requiere de un análisis pormenorizado de la disposición de la red a la que vamos a supervisar es la ubicación de Unidad de Prueba Óptica. Rara vez vamos a

encontrar un punto de donde partan todos los enlaces sin excepción. Es por ello que la elección del lugar mas adecuado será el sitio donde exista la mayor convergencia de enlaces de transporte. Es por ello que la ubicación de la OTU deberá ser en los Centros de Mantenencia de Transmisión, mas comúnmente llamado CMT provinciales. Para el caso de la DT Camagüey el CMT provincial radica en la central telefónica Avellaneda

Ubicación del Servidor y Cliente Terminal

La ubicación del servidor y terminales no es un factor que requiere un análisis previo, ya que su ubicación depende más de la infraestructura, que de la topología. En ETECSA se cuenta con una red de área local exclusiva para la conexión de terminales que interactúan con los diferentes elementos de la red de telecomunicaciones nombrada GESNET, Esta red seria el soporte del sistema y se ubicarían servidores en Ciudad de la Habana y Santa Clara, este ultimo como espejo del primero. Las estaciones clientes se situaran en las unidades de supervisión de la transmisión de los Centros de Supervisión Gestión y Territorial de cada Dirección Territorial.

3.4 Criterio de diseño

Si tomamos en cuenta el diagrama topológico (anexo 3) podemos definir las trayectorias de la longitud de onda del OTDR. El empleo de los conmutadores ópticos posibilita dirigir a hacia determinado destino la señal del OTDR al entrar al conmutador, mediante mandos electrónicos u ópticos se podrá orientar el haz proveniente del laser. De esta forma nos quedan las siguientes trayectorias.

1. Avellaneda-URA Agramonte-La Pata-Najasa-La Jagua-Haití-Candido González-Vivienda Sociales-Santa Cruz del Sur, Según tabla 17 (2-38-15-17-14-11-5-42-32). Se dispone empleo de conmutador óptico en URA Agramonte.
2. Avellaneda-URA Finlay-Altagracia-Minas-Redención-Senado-Sola, Según tabla 17 (2-39-1-20-28-34-37). Se dispone empleo de conmutador óptico en Sola.
3. Sola-Lugareño-Nuevitas-Micro-San Miguel-Santa Lucia-Camalote. Según tabla 17 (37-18-21-19-31-33-4).
4. Sola-Imias-Brasil-Esmeralda. Según tabla 17 (37-12-3-8).
5. URA Agramonte-La Vallita-Florida. Según tabla 17 (38-16-9). Se dispone empleo de conmutador óptico en Florida.

6. Florida-Céspedes-Republica. Según tabla 17 (9-7-29-GP).
7. Florida-San Antonio-Ramírez Esquivel. Según tabla 17 (9-30-27).
8. Avellaneda-Garrido 1-Garrido 2-Versalles-URA Mella-Jimaguayu-Siboney-Sibanicu-Cascorro-Guaimaro. Según tabla 17 (2-23-24-26-40-13-36-35-6-10).
9. URA Agramonte-Caridad de Méndez-Finlay-Mella. Según tabla 17 (38-22-39-40).

Resumiendo para la implementación del sistema de gestión a la red óptica de la DT Camagüey emplearemos.

1. Una unidad de pruebas ópticas de 4 puertos de salidas
2. Tres conmutadores ópticos, dos (en Sola y Florida) de una entrada con dos salidas y el otro (en Agramonte) de una entrada con tres salidas.

Ver anexo 5

3.5 Validación del criterio de diseño.

Para la validación del criterio de diseño se deberá calcular la atenuación óptica de cada trayectoria, teniendo que resultar menor al rango dinámico del OTDR, para que esté sea capaz de medir la atenuación real. También la distancia máxima permisible de la medición del OTDR no puede ser superada por la distancia de la trayectoria. El OTDR JDSU propuesto tiene como rango dinámico 40 dB y 380 Km. de distancia máxima a medir.

La atenuación óptica máxima del enlace esta determinada por:

$$Ae_{Calc} = (\alpha * L_{opt}) + (N_{empt} * \alpha_{empt}) + (N_{ctor} * \alpha_{ctor}) + (N_{ph} * \alpha_{ph}) + (N_{pt} * \alpha_{pt})$$

Donde:

α : Coeficiente de atenuación del cable de fibra óptica, para cables que cumplen la Rec. UIT-T G652

L_{opt}: Longitud óptica de la trayectoria a supervisar.

N_{empt}: Cantidad de empalmes que tiene la trayectoria a supervisar.

α_{empt} : Coeficiente de atenuación de los empalmes en la trayectoria.

$N_{ctor:}$ Cantidad de conectores en la trayectoria a supervisar.

α_{ctor} : Coeficiente de atenuación de los conectores de la trayectoria a supervisar.

$N_{ph:}$ Cantidad de empalmes en cables antiinflamables de terminación en central.

α_{ph} : Coeficiente de atenuación en cables antiinflamables de terminación en central.

$N_{pt:}$ Cantidad de empalmes con pigtail.

α_{pt}: Coeficiente de atenuación en empalmes con pigtail.

Tabla 21. Cálculo de la atenuación de cada trayectoria propuesta a supervisar.
Fuente: Elaboración propia

No	Trayectoria	α a 1625 nm	L_{opt}	N_{empt}	α_{empt}	N_{ctor}	α_{ctor}	N_{ph}	α_{ph}	N_{pt}	α_{pt}	Aecalc
1	2-38-25-15-17-14-11-5-42-32	0,199	118,00	30,00	0,10	0,50	22,00	2,00	0,10	0	0	37,68
2	2-39-1-20-28-34-37-18-21-19-31-33-4	0,199	114,00	34,00	0,10	0,50	26,00	2,00	0,10	0	0	39,29
3	2-39-1-20-28-34-37-12-3-8	0,199	117,00	34,00	0,10	0,50	20,00	0,00	0,10	0	0	36,68
4	2-38-16-9-7-29	0,199	68,00	21,00	0,10	0,50	14,00	0,00	0,10	0	0	22,63
5	2-38-16-9-30-27	0,199	110,00	34,00	0,10	0,50	12,00	0,00	0,10	0	0	31,29
6	2-23-24-26-40-13-36-35-6-10	0,199	121,00	36,00	0,10	0,50	20,00	0,00	0,10	0	0	37,68
7	2-38-22-39-40	0,199	26,00	10,00	0,10	0,50	10,00	0,00	0,10	0	0	11,17

3.6 Cálculo económico de la propuesta realizada.

El cálculo económico de la propuesta esta basado en tres vertientes fundamentales.

A. Cálculo del hardware conformado por la unidad de prueba óptica (OTU), conmutadores ópticos, servidores y estaciones clientes.
B. Cálculo de los software conformado por los programas y licencias con que deberán operar servidores, equipos y estaciones clientes.
C. Cálculo de la implementación compuesto por las horas que personal especializado dedicara a la puesta en marcha del sistema y que incluye configuraciones e instalación de equipos.

Cálculo del hardware

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO USD	TOTAL USD
SERVIDOR	2	1718,73	3437,46
ESTACION CLIENTE	1	750	750
MODEM GPRS	1	195	195
CONMUTADORES OPTICOS	3	1241,5	3724,5
OTU RTU95000	1	10000	10000
		TOTAL	18106,96

En el anexo 6 se muestran las características técnicas de los elementos relacionados en la tabla anterior.

Cálculo del software

SOFTWARE			
DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO USD	TOTAL USD
Software de Servidor Web	2	2835	5670
Software de estación cliente	1	2020	2020
Software Documentación	1	1028	1028
		TOTAL	8718

Cálculo de la implementación.

La implementación de esta propuesta puede ser desarrollada por dos especialista en un plazo de cuatro meses teniendo en cuenta el traslado a los ODF para la ejecutar las tareas de instalación y configuración.

IMPLEMENTACION			
DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO USD	TOTAL USD
SALARIO	2	6066	12132
INSUMOS	1	450	450
CAPACITACION	1	2000	2000
		TOTAL	14582

El valor económico de la propuesta del sistema de supervisión a redes ópticas para la DT de Camagüey conteniendo los servidores del sistema centralizado asciende a **41 406 USD**

El costo de esta propuesta estuvo basado en la variante más económica, partiendo de la intención de supervisar fibras inactivas o sin servicios. Aunque el diagrama puede ser fácilmente adaptado a supervisar una trayectoria activa, con solo adquirir multiplexores y filtros ópticos pasa bajos, capaces de bloquear las longitudes de onda de la supervisión y dejar pasar las longitudes de onda de la transmisión.

CONCLUSIONES

Reducir los tiempos de las averías en las redes de cables de fibra óptica sin dudas contribuye a elevar la disponibilidad de la red, a mejorar los ingresos al permitir en un tiempo menor cursar tráfico de información y mejorar la prestación de servicio.

Luego de analizar los resultados obtenidos en el presente trabajo se arriba a las siguientes conclusiones:

1. El Sistema de Gestión a Redes Ópticas propuesto en este trabajo logra una disminución importante del tiempo de la avería, reduciendo los costos del perjuicio a los clientes con una mayor estabilidad de la red, una localización exacta en los cables ópticos y permite desarrollar una política encaminada al mantenimiento preventivo en evitación de averías.
2. La propuesta basada en la tecnología de JDSU, conjuntamente con la arquitectura propuesta constituye la mejor solución técnico-económica si tenemos en cuenta que la supervisión a una sola fibra óptica en un cable nos reporta un el comportamiento del 98 % de las fibras ópticas del cable. La propuesta deja la posibilidad para un futuro con mayores posibilidades económicas poder monitorear fibras activas, ofreciendo compatibilidad con el equipamiento propuesto.
3. La documentación que se propone en este trabajo puede ser aprovechada como una fuente bibliográfica para la capacitación del personal de Supervisión, que labora en los Centros de Supervisión y Gestion Territorial, así como para los grupos de intervención fibra óptica.

RECOMENDACIONES

En este trabajo se tomó como red óptica para el estudio de implementación a la DT Camagüey, con la cual se estableció el criterio de diseño que se propone para el resto de las DTs para lo cual se recomienda.

1. Realizar un levantamiento de las fibras activas con mayor cantidad de servicios para su valoración económica como una segunda etapa de monitorización.
2. Revisar la cartografía de las trayectorias, con vistas a cargar las BD actualizadas y no tener que realizar actualizaciones una vez subida al servidor.

Referencias Bibliografícas

1. *ETECSA, Procedimiento Técnico para el Mantenimiento Preventivo y Correctivo en redes de Fibra Óptica, VPOR, Editor. 2010. p. 22. Disponible en: www.portal.vpor.etecsa.cu/documentos, Último acceso: 5/4/2011.*
2. *Salomón, O.P, Cuba: 125 años de telefonía, E. Política. 2009, La Habana. p.252.*
3. *Belleza, E., Diseño de Planta Externa, ed AHCIET. Vol. III. 2006, Madrid. p.366.*
4. *ETECSA. Sistema de Soporte Informático. Disponible en: http://soporte.vpor.etecsa.cu:8000/, Último acceso: 3/3/2011.*
5. *ETECSA. Ticket de Falla de la Red. 2011; Disponible en: http://ticket.vpor.etecsa.cu/ticket/site/, Último acceso: 7/4/2011.*
6. *CPqD. Sistema permite a Brasil Telecom detectar cualquier rotura en sus cables de fibra óptica. 2011; Disponible en: www.cpqd.com.br/es/noticias-y-eventos/noticias/, Último acceso: 12/4/2011.*
7. *CISCO. What Is Network Management? 2001, Disponible en: www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/nmbasics.htm, Último acceso: 7/4/2011.*
8. *Hegering H, S.A., y B Neumair, Integrated Management of Network Systems. 2001.p.6*
9. *UIT-T, Recomendación M 3010 Red de gestión de las telecomunicaciones, in M 3010, p.6, Editor. 2000, Disponible en: www.itu.in, Último acceso: 21/4/2011.*
10. *UIT-T, Recomendación M 3010 Red de gestión de las telecomunicaciones, in M 3010, p.15, Editor. 2000, Disponible en: www.itu.in, Último acceso: 21/4/2011.*
11. *Reguera, Dr .V.A .Conferencia Gestión de Redes de Computadoras. Enero 2011. Santa Clara, Cuba.*
12. *UIT-T, C.d.E, Recomendación L.40. Sistema de soporte de mantenimiento, supervisión y pruebas de la planta exterior de fibra óptica., UIT-T, Editor. 2000. p. 7-39.Disponible en: www. itu.in, Último acceso: 20/5/2011.*
13. *Rivero, J.B, Propiedades Físicas de las fibras ópticas., in Tono. 2006, ETECSA. p. 46-50. Disponible en: www.cict.etecsa.cu, Último acceso: 16/4/2011.*

14. *Rivero, J.B., Instalación terrestre de un cable de fibra óptica, in Tono. 2007. p. 67. Disponible en: www.cict.etecsa.cu, Último acceso: 16/4/2011.*
15. *Harrop, Simard ,Selección del OTDR adecuado,2005,EXFO Disponible en: www.exfo.com, Último acceso: 16/4/2011.*
16. *Stresemann, G. Humidity threatens Optic Fiber. 2010 Disponible en: www.lancier-monitoring.de , Último acceso: 16/4/2011.*
17. *UIT-T, C.d.E., Recomendación L.41.Longitud de onda de mantenimiento en fibras que transportan señales, Editor. 2001, Disponible en: www.itu.in Último acceso: 21/4/2011.*
18. *UIT-T, C.d.E., Recomendación L.25 Mantenimiento de redes de cables de fibra óptica, Editor. 1997 Disponible en: www.itu.in, Último acceso: 21/4/2011.*
19. *JDSU, Optical Network Management System, J.U. Corporation, Editor. 2011, p. 4. California. Disponible en: www.jdsu.com/de-de/Test-and-Measurement/Products/a-z-product-list, Último acceso: 18/4/2011.*
20. *Corporation, J.U. Sistema de monitoreo a redes ópticas. 2009, California EUA; Disponible en: www.jdsu.com, Último acceso: 18/4/2011.*
21. *Rad, M.M., Passive Optical Network Monitoring: Challenges and Requirements, in IEEE Communications. Febrero 2011, IEEE. p. 545. Disponible en: www.ieeexplore.ieee.org , Último acceso: 21/9/2011.*
22. *Acedo, J.L.M., Monitorización eficiente de enlaces de fibra óptica en redes FTTU/FTTB sin interrupción del servicio. Alcatel-Lucent, 2009. Disponible en: www.alcatel-lucent.com, Último acceso: 15/6/2011.*
23. *Canadianpuregas. OCN-MS Sistema de monitoreo de redes de cable óptico 2007, Disponible en: www.canadianpuregas.com, Último acceso: 15/4/2011*
24. *Barnard, C.H.J. (2005) Optimización de Parámetros de medición OTDR. Disponible en: www.exfo.com, Último acceso: 19/6/2011.*
25. *Aguilar, F.A.F., Adecuación de una red de fibra óptica SDH para soportar la nueva generación SDH., in Facultad de Ingeniería. 2008, Universidad de San Carlos de Guatemala, Disponible en: www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0208_EO.pdf Último acceso: 19/6/2011.*

26. *Carbajal, C.M., Estudio de la exactitud y precisión para localización de perturbaciones basadas en el método análisis por transmisión - reflexión (MATR). 2006, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada México.: Baja California, Ensenada. Disponible en: www.smf.mx/CNF-2006/Programa/memorias_ind.pdf, Último acceso: 19/6/2011.*
27. *Corporation, J.U., Optical Network Management System 24/7 Fiber Monitoring. 2007. Disponible en: www.jdsu.com/de-de/Test-and-Measurement/Products/a-z-product-list/Seiten/otu-8000.asp, Último acceso: 20/6/2011.*
28. *ONG. SIG - Home SIG Global. 2010, Disponible en: www.sig.biz/, Último acceso: 25/6/2011.*
29. *Acterna (2008) JDSU RTU 95000. Disponible en: www.acterna.com, Último acceso: 1/2/2011.*
30. *Guerrero, J. P. O. X. S., Estudio técnico sobre la implementación de un sistema de monitoreo centralizado para la red de fibra óptica de ETAPA, in Facultad de Ingeniería. 2008, Universidad Politécnica Salesiana: Cuenca, Colombia. p. 249-278. Disponible en: http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/168, Último acceso: 21/6/2011.*
31. *Acterna (2008) Sistema de Monitoreo para Redes de Fibra Óptica. 4-8, Disponible en: www.acterna.com, Último acceso: 1/2/2011.*

GLOSARIO DE TERMINOS

A

AM Amplitud Modulada

API Interfaz para el Programador de Aplicaciones (Application Program Interface)

C

CMIP Protocolo Común de Información de Gestión (Common Management Information Protocol)

CUC Peso Cubano Convertible

D

DCN Red de Comunicación de Datos (Data Communication Network)

DWDM Múltiplexación por división de longitudes de ondas densas

E

ETECSA Empresa de Telecomunicaciones de Cuba

F

FM Frecuencia Modulada

FO Fibra Óptica (Fiber Optic)

FUT Fibras bajo prueba (Fiber test)

G

GIS Sistema de información geográfica (Geografic information systemt)

GUI Interfaz Gráfica de Usuario (Graphical User Interface).

K

KMs Kilometros

L

LAN Red de Area Local (Local Area Network)

M

MIB Base de Información de Gestión (Management Information Base).

N

NE Elemento de Red (Network Element)

O

ODF Distribuidor de fibra óptica (fiber optic distribution)

ONMS Sistemas de Gestión a redes ópticas (Optical Network Management Systems)

OS Sistema de operaciones (Operations System)

OSI Interconexión de Sistemas Abiertos (Open Systems Interconnection)

OTDR Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (Optical Time Domain Reflectometer)

OTU Unidad de prueba óptica (Unit optic test)

P

PON Redes Ópticas Pasivas (Passive Optical Network)

PSTN Red telefónica de servicio publico (Network Telephone Public)

Q

QA QoS Calidad de servicio (Quality service)

R

RN Nodo Remoto (Remote Node)

RTFS Sistema de prueba de fibra remota (Remote Test Fiber System)

RTUs Unidades de prueba remota

S

SCU Unidad Servidor Central

SMI Estructura de Información de Gestión (Structure of Management Information)

SMS Servicio Mensajes Cortos (Short Message Service)

SNMP Estándar de Gestión de Red Simple (SNMP, del inglés Network Management Protocol)

T

TCP/IP Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

TMN Gestión de Red de Telecomunicaciones (Telecomunicación Management Network)

U

UIT-T Unión Internacional de Telecomunicaciones Sector de las Telecomunicaciones

W

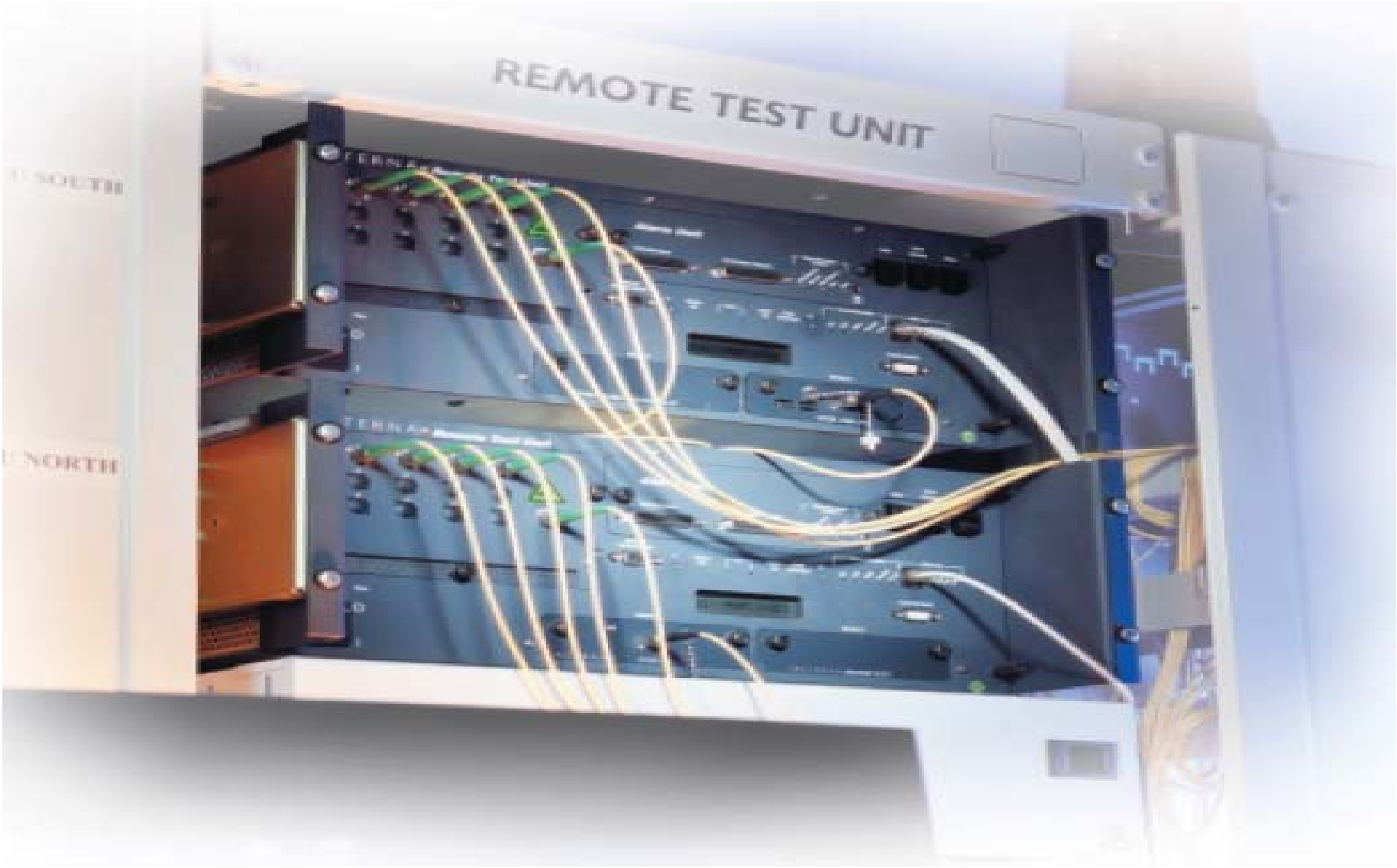
WAN Red de Area Amplia (Wide Area Network)

WDM Multiplexacion por división de longitudes de ondas (Wave División Multiplexer)

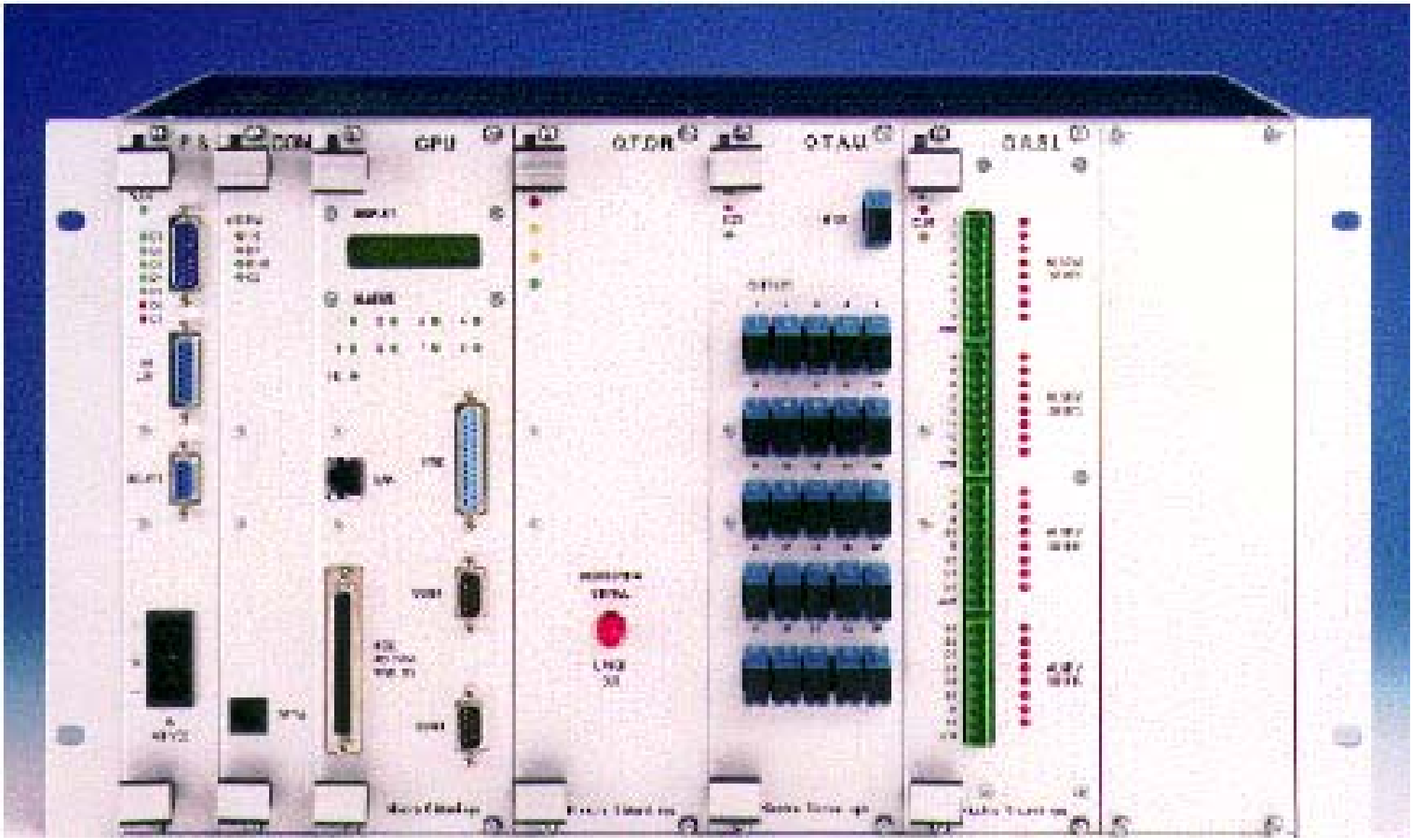
WS Estación de Trabajo (Workstation)

ANEXOS

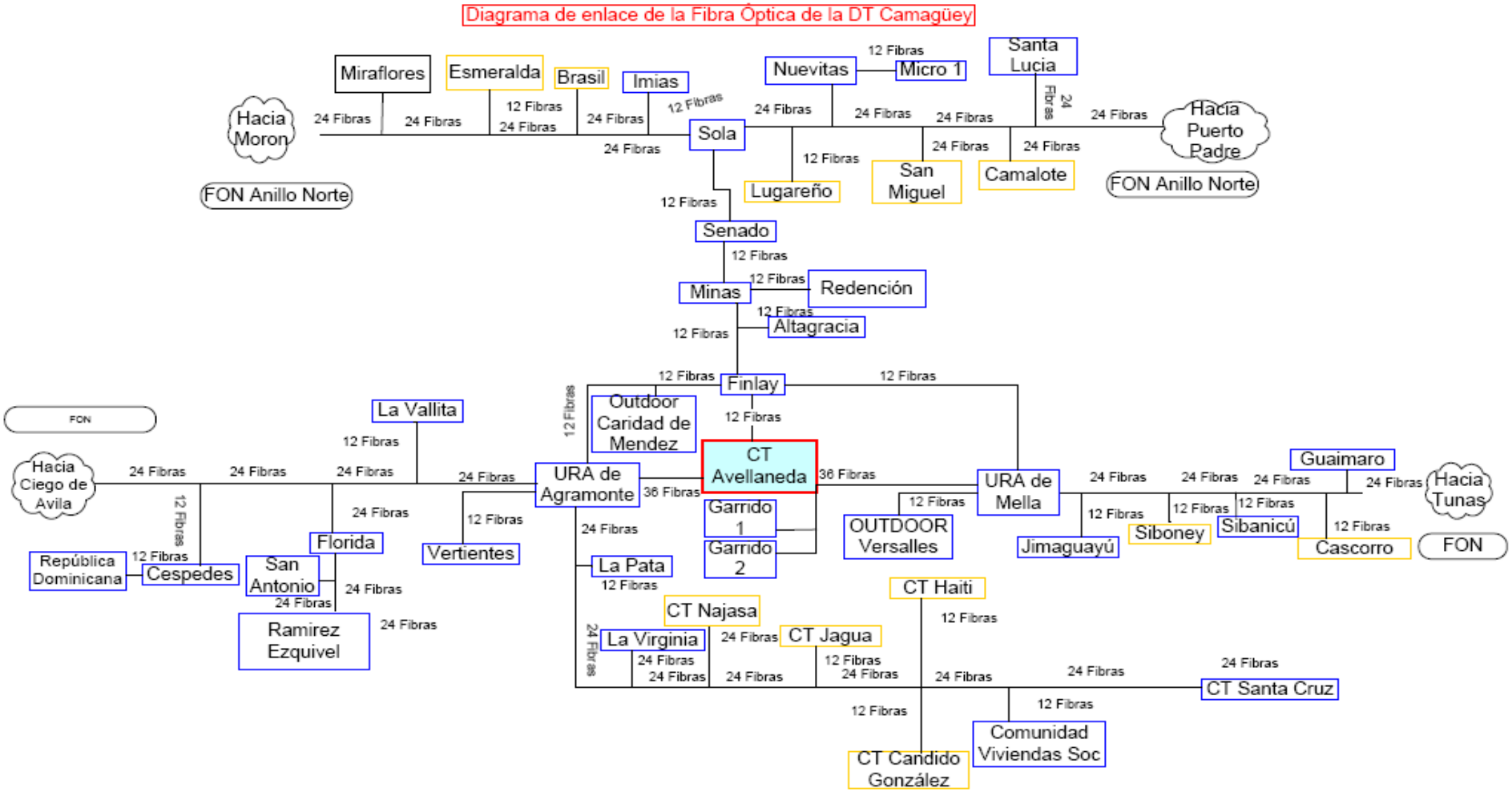
Anexo 1.Unidad de Prueba Óptica OTU 95000 de JDSU Fuente www.jdsu.com



Anexo 2 .Unidad de Prueba Óptica de Nicotra Systemi. Fuente www.nicotra.com



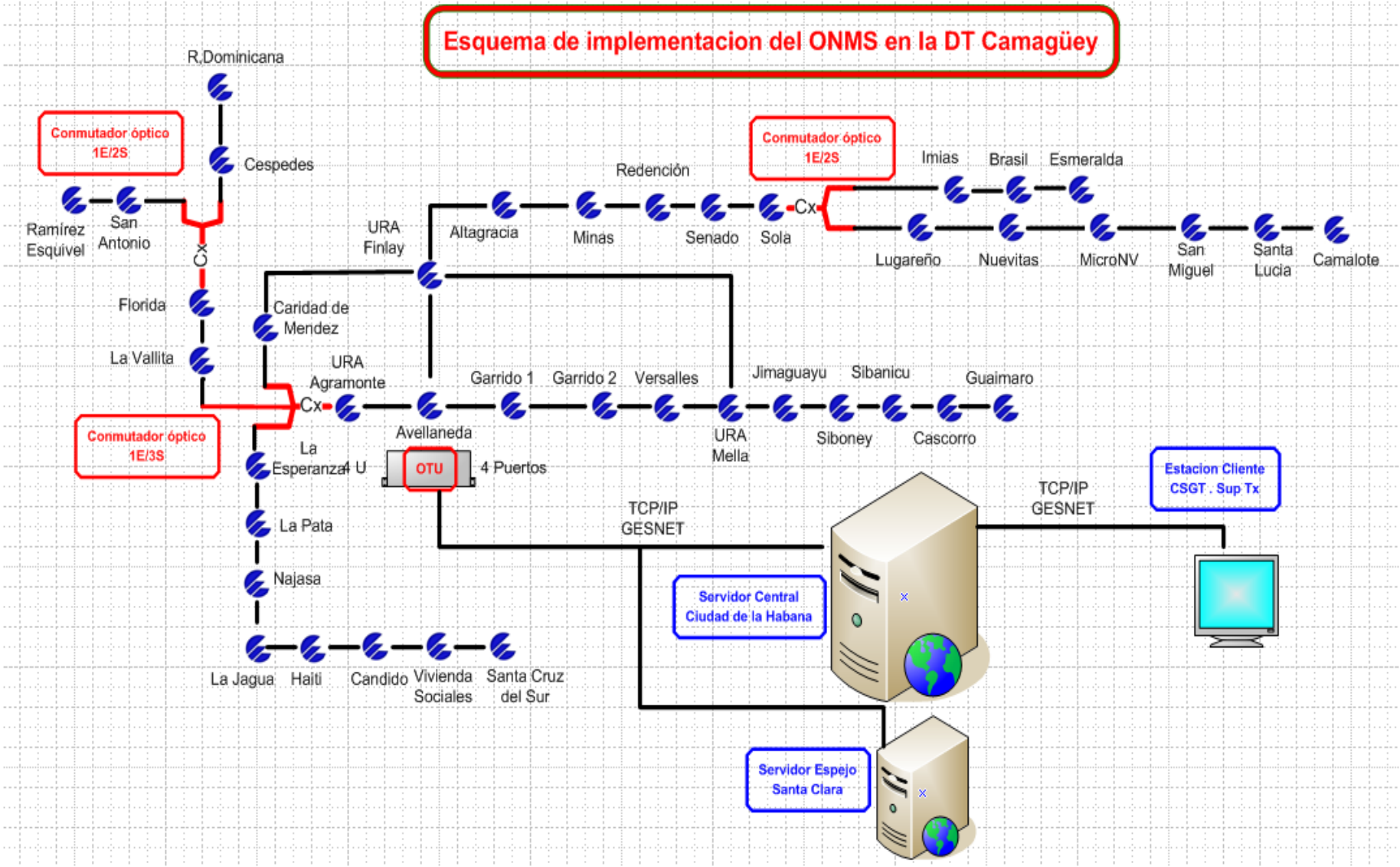
Anexo 3. Diagrama Topológico de la Red Óptica de la DT Camagüey Fuente Elaboración propia



Anexo 4 Resumen de sitios de telecomunicaciones con topología. Fuente Elaboración propia

No	Central Telefónica	Conectada en anillo	Conectada Punto a Punto	No	Central Telefónica	Conectada en anillo	Conectada Punto a Punto
1	Altagracia	X		22	Outdoor Caridad de Méndez	X	
2	Avellaneda	X		23	Outdoor Garrido 1		X
3	Brasil		X	24	Outdoor Garrido 2		X
4	Camalote	X		25	Outdoor La Esperanza		X
5	Candido González		X	26	Outdoor Versalles	X	
6	Cascorro	X		27	Ramírez Esquivel		X
7	Céspedes		X	28	Redención		X
8	Esmeralda	X		29	Republica Dominicana		X
9	Florida	X		30	San Antonio		X
10	Guaimaro	X		31	San Miguel	X	
11	Haití		X	32	Santa Cruz del Sur		X
12	Imias		X	33	Santa Lucia		X
13	Jimaguayu		X	34	Senado	X	
14	La Jagua		X	35	Sibanicu	X	
15	La Pata		X	36	Siboney		X
16	La Vallita	X		37	Sola	X	
17	Najasa		X	38	URA Agramonte	X	
18	Lugareño	X		39	URA Finlay	X	
19	Micro-Nuevitas		X	40	URA Mella	X	
20	Minas	X		41	Vertientes		X
21	Nuevitas	X		42	Vivienda Sociales		X
		11	11			9	12

Anexo 5 .Diagrama de implementación del ONMS en la DT Camagüey Fuente Elaboración propia



Anexo 6. Características de la OTU 95000 Fuente Elaboración propia

	RTU
ALTURA	4U
ANCHO	48cm(19")
ALIMENTACIÓN	220VAC
CONMUTADOR ÓPTICO INSTALADO	4
MÓDULO OTDR	5036HD (1310/1550/1625nm,42/40/40dB)
TARJETA DE RED	INTEGRATDA 10/100 BASE TRJ45
MODEM	SI, INTERNA
MEMORIA INTERNA	CAPACIDAD DE ALMACENAR HASTA 400 TRAZAS REFLECTOMÉTCAS

Unidad Remota de Medida (1625nm, HD 40dB, 4 puertas, PSTN)		
OTU95000	OTU Mainframe, 220 Vac	1
5036HD	Módulo ORDR 1310-1550-1625 nm HD (42/40/40 dB)	1
OTAU1x4	Switch Óptico 1x4 puertos SC/APC	1
95PSTN/BAC	Modem PSTN para comunicación de backup con servidor ONMS	1
RTU/Licencia	Licencia para funcionar con servidor ONMS	1
	Patchcords 10m con conectores SC/APC-FC/PC	16
SC250RMI1U	APC Smart-UPS SC 250VA 230V 1U	1
	Base de Alimentación de 8 enchufes sin interruptor	1

Características Del Servidor. Fuente Elaboración propia

Tipo de procesador	ML150 G3: Dual-Core Intel Xeon 5120 (1.86 GHz, 4 MB L2 cache, 1066 MHz FSB)
Número de procesadores:	1 procesador
Memoria caché interna:	2 x 4 MB de caché de nivel 2
Memoria RAM:	1 GB (2 x 512 MB) de memoria de serie
Memoria máxima:	8 GB
Tipo de memoria:	DIMMs PC2-5300 con memoria intermedia completa (DDR2-667)
Ranuras de memoria:	4 ranuras DIMM
Unidad de disco duro interna:	2 DISCO HP 160GB 1.5G SATA 7.2K 3.5" HDD Hot Plug
Velocidad de la unidad de disco duro:	7.200 rpm
Controlador de disco duro:	Controlador HP SATA RAID integrado
Unidad de disco flexible:	Ninguna enviada de serie; Disquetera USB de 1,44 MB opcional disponible
Compartimentos para unidades internas:	6 SATA de conexión en caliente de 1 pulgada
Unidades ópticas:	Unidad combinada CD-RW/DVD-ROM
Tipo de chasis:	Torre 5U
Chipset:	Chipset Intel® 5000V
Interfaz de red:	Adaptador de servidor HP NC7781 Gigabit integrado 10/100/1000 WOL (Wake on LAN)
Puertos de E/S externos:	Paralelo: 0; Serie: 1; Dispositivo de puntero (ratón, PS2): 1;
	Gráficos: 1; Teclado (PS2): 1; Puertos USB 2.0: 7 (3 posteriores, 2 frontales y 2 internos);
	USB dedicado: 1 (disponible para conectividad de cinta USB);
	Red RJ-45 (Ethernet): 1 (10/100/100 Gbits/s);
Ranuras de expansión:	Seis ranuras de expansión:
	Tres (3) PCI-X (64 bits/100 MHz)
	2 PCI-Express (x4\x8)
	1 PCI (32 bits/33 MHz).
Tipo de fuente de alimentación:	Una fuente de alimentación de 650 W, sin conexión en caliente, no redundante
Requisitos de alimentación:	100 a 120 Vca/200 a 240 Vca, 50 a 60 Hz
Sistemas operativos compatibles:	Microsoft® Small Business Server 2003 (32 y 64 bits); Microsoft® Windows® 2003 Server,
	Standard Edition (32 y 64 bits); Microsoft® Windows® 2003 Server, Web Edition;
	Microsoft® Windows® 2003 Server, Enterprise Edition; Microsoft® Windows® 2000 Server;
	SCO OpenServer Legend 6.0; SCO Unixware 7.1.4; Red Hat Enterprise Linux;
	SUSE Linux Enterprise Server
Peso:	31,3 kg
Cumplimiento de estándares del mercado:	Compatible con ACPI V1.0b; compatible con PCI 2.2; Compatible con PXE;
	Compatible con WOL; Certificaciones del logotipo Microsoft®
Gestión de seguridad:	Contraseña de encendido; Contraseña de configuración; Control de arranque desde disquetera
Facilidad de mantenimiento	Apertura de chasis y acceso a componentes
Monitor:	HP L1706 17" TFT Flat Panel Monitor – Analog only

Características de la estación cliente. Fuente Elaboración propia

PROCESADOR	Intel Pentium V 3.0 Ghz
DISCO	120 GB 5400RPM
MEMORIA	1 GB DDR2 a 533MHz
CONECTIVIDAD	Modem de 56K de alta velocidad, tarjeta de red 10/100
PUERTOS	4 puertos USB 2.0,VGA, S-Video, RJ-11, RJ-45
DRIVE ÓPTICO	Super Multi DVD-RW 8x con soporte de doble capa
VIDEO	Tarjeta 256Mb
MONITOR	17" CRT
SOFTWARE	WIN XP