

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIE
Facultad de
Ingeniería Eléctrica

Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Redes de transporte – agregación Metro Ethernet, solución de redes de banda ancha all-IP. Solución Cienfuegos.

Autor: Reinier Mesa García.

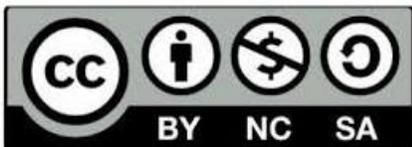
Tutor: Ing. Ramón Fajardo González.

Consultor: Msc. Carlos Rodríguez López.

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, autorizando a que el mismo sea utilizado 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 del Autor

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 Tutor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO.

El verdadero progreso es el que pone la tecnología al alcance de todos.

Henry Ford.

Cualquier tecnología suficientemente avanzada es equivalente a la magia.

Sir Arthur C. Clarke.

DEDICATORIA.

A mis padres, por estar siempre de forma incondicional a mi lado, por apoyarme en cada decisión tomada y por ser el ejemplo a seguir en mi vida.

A mi novia por acompañarme durante toda mi carrera.

A mi querida hermana por haber creído en mí.

AGRADECIMIENTOS.

A mis abuelos y demás miembros de mi familia por su apoyo y cariño.

A los compañeros de trabajo de mis padres por estar siempre en disposición de ayudarme.

A mis amigos por su ayuda y colaboración durante mis años de estudio.

De modo muy especial a mi tutor Ramón Fajardo González por el tiempo dedicado a mi preparación y por compartir sus conocimientos de forma incondicional.

A mis profesores por haber contribuido a mi formación profesional.

A todos los que con su ayuda y aliento contribuyeron a la conclusión de mis años de estudio.

A todos, muchas gracias.

TAREA TÉCNICA.

1. Realización de una revisión bibliográfica que permita conocer los trabajos relacionados con la evolución de las redes de telecomunicaciones. (SDH, DWDM, Metro Ethernet). Ventajas y Desventajas.
2. Realización de un estudio de la evolución y estado actual de la red de transporte en Cienfuegos.
3. Estudio de los antecedentes históricos de la red Metro Ethernet.
4. Estudio del equipamiento utilizado en el diseño de estas Redes.
5. Diseño de la red Metro Ethernet en la provincia de Cienfuegos.
6. Elaboración del Informe final.

RESUMEN.

En el presente trabajo se realiza un estudio de la evolución de las redes de transporte y la tecnología DWDM en el mundo y se detalla su situación actual en la provincia de Cienfuegos. Se caracterizan sus ventajas y desventajas y los servicios que se brindan. Se explica la necesidad de una Red Metro para llevar los diferentes tipos de servicios al usuario final con facilidades de gestión y aprovisionamiento del mismo.

Se diseña una Red Metro Ethernet con equipamiento NOKIA, que garantiza el incremento de capacidades (anchos de banda de transmisión de diferentes tipos de tráfico, TDM, Ethernet e interfaces asociadas a dichos tipos de tráfico) en diferentes nodos de la provincia, dicha red está formada por dos capas: una óptica con tecnología OTN/DWDM que interconecta los nodos de la provincia, con los nodos de las provincias vecinas, permitiendo la implementación de protección de los servicios a través de rutas físicas diferentes y una capa de agregación de alta capacidad con equipos que permiten gran densidad de puertos y el manejo de volúmenes considerables de datos. Con la implementación de la red se mejorarán los servicios brindados y la satisfacción de los clientes finales de la empresa.

Se caracteriza el equipamiento a utilizar, su función dentro de la red diseñada y se muestra gráficamente la tecnología de la red en el territorio. Se justifica el porqué de la selección del proveedor NOKIA.

ÍNDICE.

PENSAMIENTO.	i
DEDICATORIA.	ii
AGRADECIMIENTOS.	iii
TAREA TÉCNICA.	iv
RESUMEN.	v
ÍNDICE.	vi
INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO I. EVOLUCIÓN DE LAS REDES DE TRANSPORTE.	5
1.1. PDH: Jerarquía Digital Plesiócroma.	5
1.2. Redes de Transporte SDH: Jerarquía Digital Síncrona.	7
1.3. Tecnología DWDM: Multiplexación por división en longitudes de onda densas.	8
1.4. Redes Ethernet.	11
1.5. Redes de Transporte Metro Ethernet.	16
1.6. Conclusiones del capítulo.	17
CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA RED ACTUAL DE CIENFUEGOS Y EQUIPOS A UTILIZAR.	18
2.1. Caracterización de la red de transporte de Cienfuegos.	18
2.2. Caracterización de los equipos.	21
2.2.1. 1830 PSS-16.	22
2.2.2. 7210 SAS-R6.	25
2.2.3. 7210 SAS-S 1/10GE 48 port fiber.	30
2.3. Conclusiones del capítulo.	31
CAPÍTULO III. DISEÑO DE LA RED METRO ETHERNET EN CIENFUEGOS.	32
3.1 Solución para la creación de una Red Metro Ethernet.	32
3.1.1 Justificación de la propuesta.	33
3.1.2 Alcance de la propuesta.	34
3.2 Localización geográfica.	35
3.3 Diseño de la red.	36
3.3.1 Diseño de la red óptica.	36
3.3.2 Diseño de la red IP.	41

3.4 Conclusiones del capítulo.	43
CONCLUSIONES.	44
RECOMENDACIONES.	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	46
GLOSARIO.	48
ANEXOS	51

INTRODUCCIÓN.

La necesidad de comunicación entre personas distantes ha sido muy importante desde tiempos remotos. Desde sus inicios la información a transmitir se enviaba a través de mensajeros, que a pie o a caballo recorrían grandes distancias.

Las redes de telecomunicación tratan de crear medios dedicados que ahorren tiempo evitando el desplazamiento físico del mensajero a lo largo de todo el recorrido, proporcionando así una comunicación eficiente.[1]

Las primeras redes de telecomunicación propiamente dichas surgen con la aparición de la telegrafía óptica, que permite sustituir a la mensajería, por cuanto facilitan la transmisión de cualquier tipo de mensaje (vocabulario amplio). A lo largo de los últimos años, diversos factores han propiciado el importante desarrollo tecnológico de todos los equipos y servicios relacionados con las telecomunicaciones: grandes avances técnicos, liberalización del sector, crecimiento de la red Internet, etc. Todos estos factores están convirtiendo nuestra era, en la era de la información y las comunicaciones. Esta revolución de las telecomunicaciones avanzadas, conocida por la Sociedad de la Información, Autopistas de la Información o Aldea Global, descentralizará y flexibilizará la economía, modificará los hábitos de vida de las personas y en definitiva, transformará radicalmente la sociedad.[1]

Metro Ethernet es una tecnología de red que está avanzando con rapidez, llevando Ethernet a las redes públicas. Utiliza conmutadores (switches) Ethernet que leen los encabezados de las tramas y permiten a los proveedores de servicios ofrecer a los usuarios y empresas, servicios convergentes de voz, datos y video, por ejemplo, telefonía IP, flujos de video, generación de imágenes y almacenamiento de datos.

Su diseño proporciona conectividad de banda ancha para redes privadas y servicios de transporte necesarios, tales como Internet de alta velocidad dentro de un área metropolitana. Hoy en día este es un servicio ofrecido por los proveedores de Telecomunicaciones, en nuestro país, La Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA).[2]

Cuba avanza hacia la introducción de las Redes de Próxima Generación (NGN) como parte del programa de desarrollo de ETECSA e Informatización de la Sociedad, y al introducir esta tecnología en Cienfuegos, se podrán satisfacer las demandas fundamentales de conectividad, haciendo un uso eficiente del soporte de transmisión y con una calidad adecuada.

INTRODUCCIÓN

Las Redes SDH potencian el desarrollo e implantación de sistemas de banda ancha de alta calidad y fiabilidad. Su sencilla explotación permite un mantenimiento centralizado y rápido, su diseño potencia una infraestructura muy flexible y uniforme.

Cienfuegos es una provincia con alto crecimiento industrial y es por ello que existen muchos clientes solicitando este tipo de servicio. En la actualidad cuenta con una red SDH consolidada, de la cual se tiene mucha experiencia, ya que los operadores de telecomunicaciones, tienen Redes de este tipo funcionando, con altas jerarquías de altas capacidades, pero que no cubre estas necesidades.

Con esta Red mientras el tráfico de voz crecía de forma lineal o con una pendiente suave, el tráfico de datos, se disparó de forma exponencial. Esto implicó que junto a la Red SDH, se implementara una red paralela para soportar solo datos, en un inicio Redes ATM, pues tenían un buen desempeño para ambas cosas, pero luego se fueron imponiendo las Redes Ethernet puras, conociéndose esto como NG-SDH.

Se hace imprescindible entonces, un cambio en las redes de transporte, garantizando mayor escalabilidad, flexibilidad, confiabilidad y fundamentalmente redes de alta capacidad que soporten la evolución de las redes a través de los años y satisfaga a los clientes de la provincia.

Los fabricantes a su vez, influyeron bastante en estas decisiones ya que empezaron a fabricar y a proporcionar, equipos que cumplieran con estos requerimientos. Ejemplos: switches con interfaces eléctricas, interfaces ópticas multimodo pero eran de corto alcance, unos 100m. Más tarde empezaron a surgir switches con interfaces ópticas monomodo que te permiten alcanzar sobre fibras puras grandes distancias.

En las Redes SDH, los anchos de banda que se les asignan a los clientes son fijos, reservándose físicamente en la trama, es decir, cuando el cliente no está transmitiendo por la red, ese ancho de banda, no puede ser utilizado por otro cliente, lo cual es ineficiente. Esto trae como consecuencia, que se agoten muy rápido las capacidades de la trama SMT-x que están corriendo por el enlace.

En Ethernet, no se reserva ancho de banda, aquí la asignación es dinámica. En cada puerto se establece el control de tráfico, de forma tal que los clientes, no superan la cantidad máxima de tráfico contratada. Esto garantiza gran escalabilidad.

Por eso la necesidad de migrar de SDH a Ethernet. Aunque la primera es más sólida y cuenta con más experiencia, la segunda garantiza los nuevos servicios que trae consigo el Programa de Informatización de la Sociedad Cubana, el cual debe brindar servicios de banda ancha.

INTRODUCCIÓN

De ahí, que la interrogante científica de esta investigación radica en ¿Cómo diseñar la Red de Transporte Metro Ethernet en la provincia de Cienfuegos, de forma que pueda soportar la demanda de los nuevos servicios solicitados?

Con este fin el objetivo general que se persigue consiste en:

Diseñar la Red Metro Ethernet en Cienfuegos para satisfacer la demanda de servicios actuales y futuros, garantizando un uso eficiente de la red.

El campo de acción es la red Metro Ethernet.

Objetivos Específicos.

1. Caracterizar las diferentes redes de Transportes utilizadas en las telecomunicaciones en la actualidad.
2. Caracterizar la red actual en la provincia de Cienfuegos.
3. Describir las principales características y configuraciones de la Red Metro Ethernet, así como del equipamiento a utilizar.
4. Diseñar la Red Metro Ethernet en la provincia.

Tareas Científicas.

Para el cumplimiento de los objetivos definidos en la investigación, se trazan las siguientes tareas científicas:

1. Realización de una revisión bibliográfica que permita conocer los trabajos relacionados con la evolución de las redes de transporte. (SDH, DWDM, Metro Ethernet). Ventajas y Desventajas.
2. Realización de un estudio de la evolución y estado actual de la red de transporte en Cienfuegos.
3. Estudio de los antecedentes históricos de la Red Metro Ethernet.
4. Estudio del equipamiento utilizado en la implementación de estas Redes.
5. Diseño de la Red Metro Ethernet en la provincia de Cienfuegos.
6. Elaboración del Informe Final.

Con este trabajo se logrará diseñar la red de transporte en la provincia, obtener una mejor escalabilidad y flexibilidad de la misma y con ello garantizar el futuro crecimiento de la red, ofrecer una respuesta a la constante demanda de servicio, proporcionando soluciones económicamente factibles, además de alcanzar altos niveles de confiabilidad, vitalidad, y seguridad en la red. Este trabajo puede constituir una base material de estudio.

Como implicaciones prácticas se logrará una mejor eficiencia y calidad en los servicios ofertados, ya que se aumentan las capacidades de ancho de banda en la red de transporte.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo muestra la evolución que han tenido las redes de transporte y su comportamiento en la provincia. Su utilidad e impacto están dados en:

- En el plano social aumenta la efectividad en la prestación de los servicios, es una garantía para ofertar a los clientes servicios de calidad, teniendo por su parte ETECSA una adecuada facilidad en la provisión y la gestión de los servicios.
- El impacto económico en este caso es importante, la nueva tecnología es muy económica, los costos de implementación son inferiores en comparación con las redes tradicionales (SDH), la tecnología puede sustituir redes obsoletas cuyos costos de explotación son elevados.
- Desde el punto de vista tecnológico el diseño de la red metro garantizará la oferta de variados servicios sobre una misma red de acceso Ethernet, la cual juega un papel fundamental, con facilidades de agregación y enrutamiento, que permiten la oferta de los variados servicios que se brindan en las (NGN).

Los resultados de esta investigación poseen una aplicación práctica y teórica de gran trascendencia para todos los especialistas, investigadores y diseñadores de la esfera de telecomunicaciones. Los resultados del mismo se aplican fundamentalmente en la esfera técnica donde se ganará en calidad de los servicios, organización y ahorro de recursos, también en el de capacitación y metodología pues servirá de guía para futuros trabajos que haya que realizar en la modernización y expansión de la red de telecomunicaciones de Cuba.

El trabajo se estructurará en, introducción, 3 capítulos, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

En el primer capítulo se hará un recuento sintetizado de las redes de transporte (SDH, DWMA, Ethernet), donde se describirá su evolución, características fundamentales, ventajas y desventajas.

En el segundo capítulo se realizará una caracterización de la red actual de Cienfuegos y los equipos a utilizar en el nuevo diseño.

En el tercer capítulo se podrá contemplar el diseño de la Red Metro Ethernet.

Las conclusiones del trabajo abordarán los resultados obtenidos de la investigación. La bibliografía se confeccionará con la librería Zotero.

En los anexos se podrá consultar información adicional sobre el equipamiento propuesto.

CAPÍTULO I. EVOLUCIÓN DE LAS REDES DE TRANSPORTE.

En el presente capítulo se hace un análisis de la evolución de las Redes de Transporte desde sus inicios hasta los momentos actuales. De cada tecnología se analizan sus características, ventajas y desventajas. Las Redes de Transporte garantizan la transmisión de voz, datos y videos. Esta evolución ha estado dada fundamentalmente, al acelerado crecimiento del tráfico de datos.

1.1. PDH: Jerarquía Digital Plesiócrona.

La Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH) es un estándar internacional para sistemas de transmisión que permite el trasiego de información en una red de telecomunicaciones. Los sistemas de transmisión PDH tiene cuatro posibles velocidades, 2 Mbps, 8 Mbps, 34 Mbps y 140 Mbps. Las tramas de 2, 8, 34, y 140 Mbps contienen un máximo de 30, 120, 480 y 1920 canales telefónicos, respectivamente.

La Figura 1 muestra el esquema de multiplexación PDH. Puede observarse que la primera etapa de multiplexación tiene cuatro afluentes o tributarios de 2 Mbps que pasan a formar parte de una trama de 8 Mbps. Luego, cuatro tributarios se convierten en una trama de 34 Mbps, y, por último, cuatro tributarios de 34 Mbps se multiplexan en una trama a 140 Mbps, la máxima velocidad posible en esta jerarquía.[3]

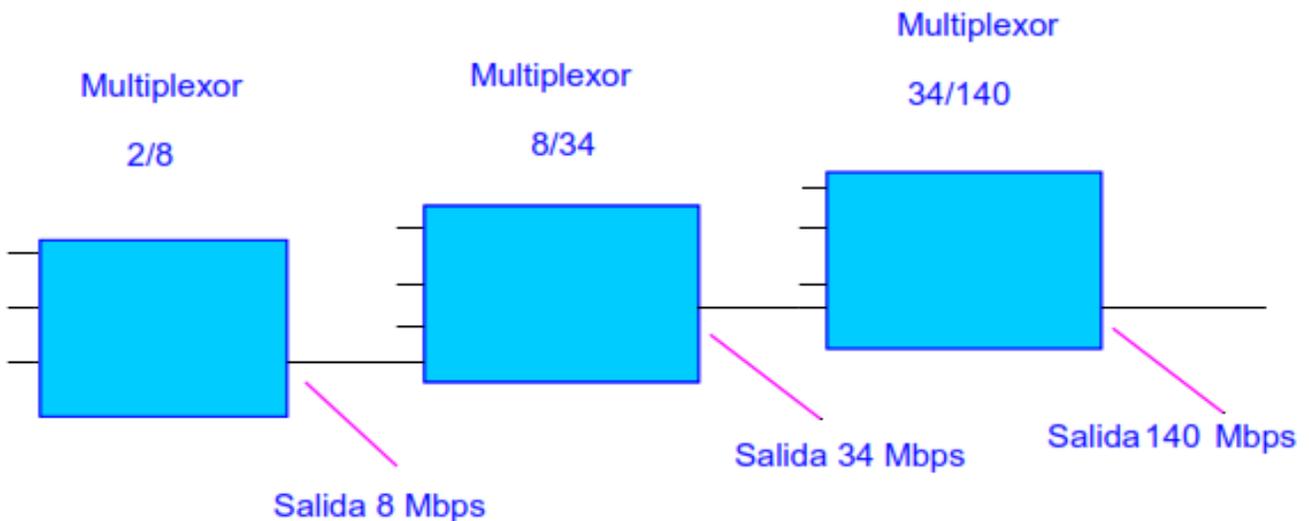


Figura 1: Estructura de multiplexación PDH.

Últimamente, a causa de la gran cantidad de clientes que solicitan servicios en velocidad de 2 Mbps, principalmente por centrales locales privadas, la estructura mostrada en la Figura anterior ha evolucionado y, prácticamente, ha sido eliminado el paso inicial de 2 a 8 Mbps, como puede observarse en la Figura 2.

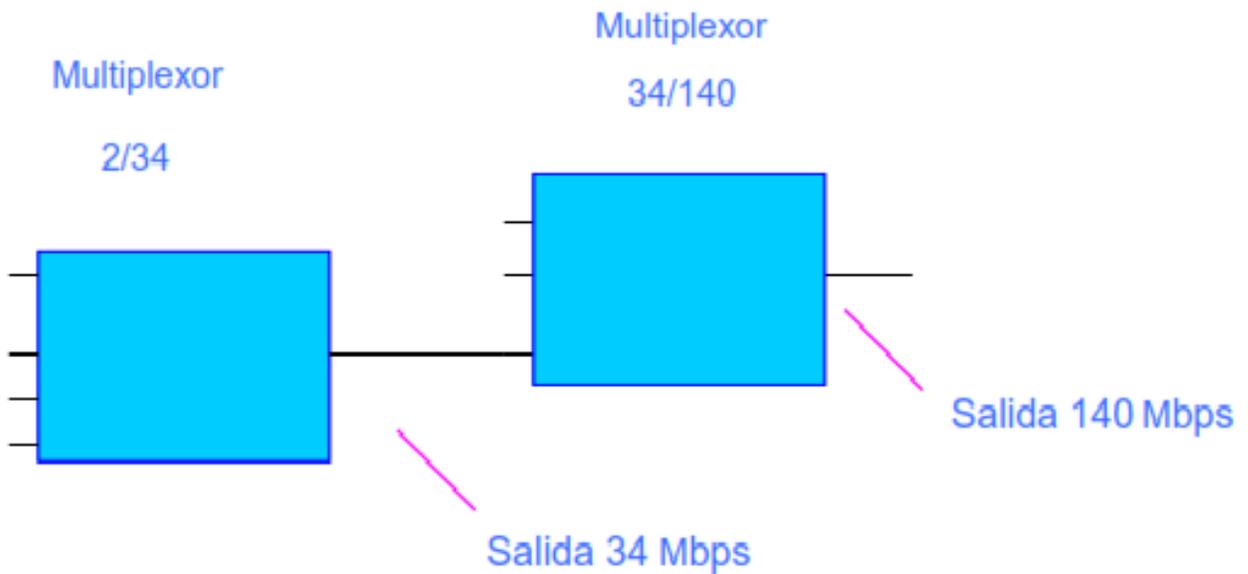


Figura 2: Inclusión de la multiplexación directa 2 a 34 Mbps.[3]

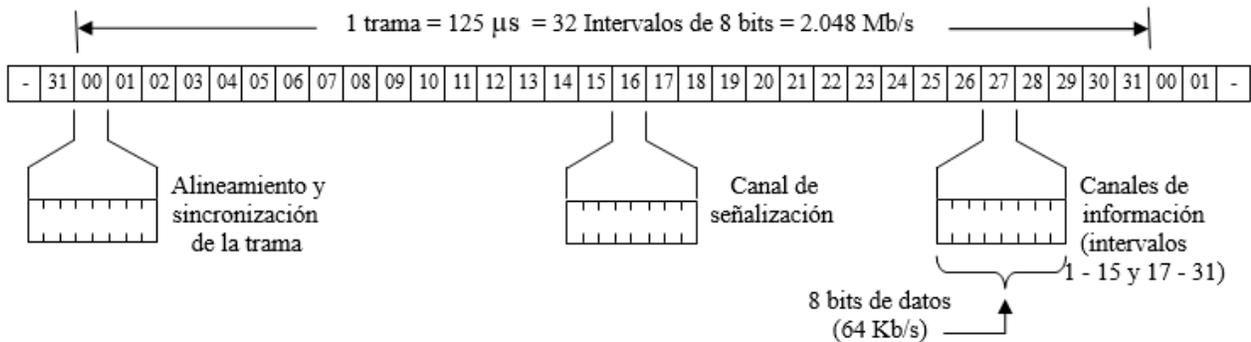


Figura 3: Trama PDH.

La tecnología PDH, permite la transmisión de flujos de datos que, nominalmente, están funcionando a la misma velocidad (bit rate), pero permitiendo una cierta variación alrededor de la velocidad nominal gracias a la forma en la que se construyen las tramas.

Durante los años 80 en que tuvo lugar la digitalización de las grandes redes públicas, los equipos PDH se instalaron masivamente por todo el mundo. No obstante, pronto se encontraron serias limitaciones, las cuales resultaron en el desarrollo de SONET y SDH:[4]

La rigidez de las estructuras plesiócronas de multiplexación hacían necesaria la demultiplexación sucesiva de todas las señales de jerarquía inferior para poder extraer un canal de 64 Kbps. La baja eficiencia de este proceso, suponía baja flexibilidad en la asignación del ancho de banda y una mayor lentitud en el procesamiento de las señales por parte de los equipos.

- La información de gestión que puede transportarse en las tramas PDH es muy reducida, lo cual dificulta la supervisión, control y explotación del sistema.
- La falta de compatibilidad entre los distintos sistemas PDH y la adopción de estándares propietarios por parte de los fabricantes, dificultaba la interconexión entre redes de incluso un mismo operador.
- Los grandes avances del hardware y software, así como la entrada de la fibra óptica como medio de transmisión, no eran aprovechados por los sistemas PDH.[4]

1.2. Redes de Transporte SDH: Jerarquía Digital Síncrona.

Todas las carencias presentadas por PDH propiciaron la definición en 1988 por parte de la ITU de un nuevo estándar mundial para la transmisión digital, denominada SDH (Synchronous Digital Hierarchy). El principal objetivo era la adopción de una verdadera norma mundial. Este estándar especifica velocidades de transmisión, formato de las señales (tramas de 125 microsegundos), estructura de multiplexación, codificación de línea, parámetros ópticos, etc.; así como normas de funcionamiento de los equipos y de gestión de red.

El estándar SDH parte de una señal de 155,520 Mbps denominada módulo de transporte síncrono de primer nivel o STM-1. La compatibilidad con PDH es garantizada mediante distintos contenedores: C-11 para señales de 1,5 Mbps, C-12 para 2 Mbps, C-2 para 6,3 y 8 Mbps, etc.; Los restantes STM-N se obtienen mediante el entrelazado de bytes de varias señales STM-1. En la actualidad se encuentran normalizados los valores de: STM-4 (622,08 Mbps), STM-16 (2.488,32 Mbps) y STM-64 (9.953,28 Mbps). En SONET, que puede considerarse un subconjunto de SDH, se parte de una velocidad de transmisión de 51,840 Mbps.

Dadas las altas velocidades transmitidas, la seguridad es un requisito a tener muy en cuenta en las redes de transporte. Se ha comprobado que se produce un corte anualmente por cada 300 Km de fibra instalados. La solución de protección 1+1 da lugar a los denominados anillos híbridos

autoregenerables, en los cuales el tráfico se encamina simultáneamente por dos caminos, siendo recogido en el nodo destinatario. En caso de la caída de algún equipo intermedio o el corte de una fibra, el nodo destinatario conmutará al otro camino, lo cual es conseguido en menos de 50 ms.[5]

Ventajas e inconvenientes de SDH.

SDH potencia el desarrollo e implantación de sistemas de banda ancha de alta calidad y fiabilidad. Entre sus beneficios se tienen:

- Reducción de coste de los equipos de transmisión. Las razones principales son la posibilidad de integrar las funciones de transmisión, multiplexación e interconexión en un solo equipo; y la alta competencia entre proveedores de equipos debida a la alta estandarización de SDH.
- El acceso directo a las señales de cualquier nivel sin necesidad de demultiplexar en todos los niveles.
- La sencilla explotación debida a la incorporación de información de gestión adicional en las tramas de información de datos lo cual permite el mantenimiento centralizado, rápida y exacta localización de averías, el reencaminamiento automático, la monitorización permanente de la calidad del circuito.
- La amplia gama de anchos de banda de transmisión y la posibilidad de acceder directamente a las señales de cualquier nivel sin necesidad de demultiplexar en todos los niveles inferiores, permiten la creación de una infraestructura de red muy flexible y uniforme.
- La compatibilidad multifabricante a nivel de interfaces de transporte y de explotación, lo cual garantizará la integración de las redes de los distintos operadores.
- La convergencia con ATM e IP, y la capacidad de interfuncionamiento simultáneo con PDH.

Como desventaja de SDH se tienen los menores anchos de banda soportados frente a la DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) o multiplexación por división en longitud de onda.[5]

1.3. Tecnología DWDM: Multiplexación por división en longitudes de onda densas.

Esta tecnología es un método de multiplexación muy similar a la Multiplexación por división de frecuencia que se utiliza en medios de transmisión electromagnéticos. Varias señales portadoras (ópticas) se transmiten por una única fibra óptica utilizando distintas longitudes de onda de un haz láser en cada una de ellas. Cada portadora óptica forma un canal óptico que podrá ser tratado independientemente del resto de canales que comparten el medio (fibra óptica) y contener diferente tipo de tráfico.

De esta manera se puede multiplicar el ancho de banda efectivo de la fibra óptica, así como facilitar comunicaciones bidireccionales. Se trata de una técnica de transmisión muy atractiva para los operadores de telecomunicaciones ya que les permite aumentar su capacidad sin tender más cables ni abrir zanjas.

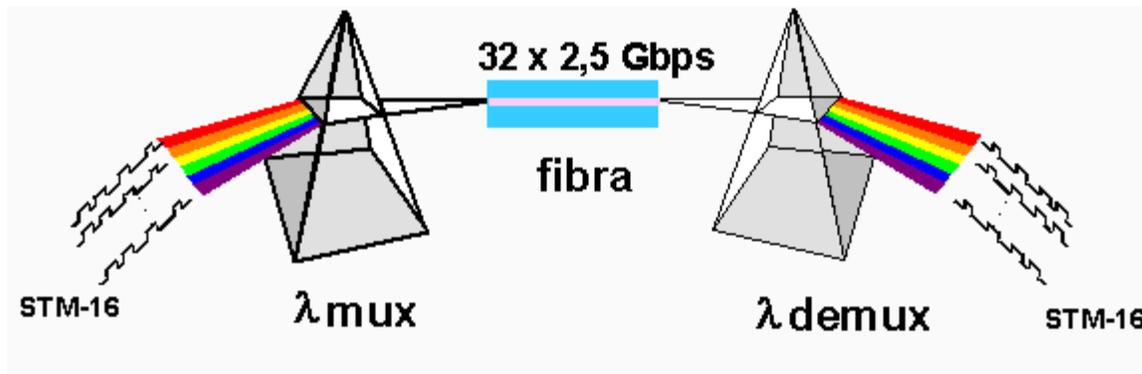


Figura 4: Concepto de DWDM.[6]

La DWDM está diseñada para transmisiones de larga distancia donde las longitudes de onda están compactadas. Los proveedores han descubierto diversas técnicas para comprimir 32, 64 o 128 longitudes de onda en una fibra.

El amplificador de fibra dopada con Erblio es el más utilizado entre los amplificadores de fibra dopada, dada las características intrínsecas que posee el Erblio, posee mínimas pérdidas.[7]

La utilización de amplificadores de fibra dopada con erbio (EDFA) puede funcionar a través de miles de kilómetros. Los enlaces por multiplexaciones densas no están libres de limitaciones.

En primer lugar, se necesitan filtros de alta precisión para separar una longitud de onda específica sin interferir con las vecinas. Los filtros no son baratos. En segundo lugar, los láseres de precisión deben mantener la longitud de onda y el ancho espectral dentro de unos límites muy precisos. Esto casi siempre significa que estos láseres deben operar a una temperatura constante. Los láseres de alta precisión y alta estabilidad son muy costosos, como así también los sistemas de enfriamiento asociados. Las diferentes topologías pueden ser punto a punto, anillos y malla.[8]

La dispersión cromática es un fenómeno que afecta la transmisión por la fibra. Esta se produce porque los rayos de luz que inyectamos en el extremo de un cable, llegan al otro lado en diferentes momentos, recibiendo una señal ligeramente distorsionada. Se mide en ps/nm·km, que indica que un pulso con una anchura espectral de 1 nanómetro se ensanchará 1 picosegundo por cada kilómetro que viaje.

La dispersión cromática provoca un incremento en la duración de los pulsos que transmitimos, es decir, un ensanchamiento, pues algunos colores llegan pronto y otros más tarde. Esto tiene 2 consecuencias:

- una reducción de la frecuencia de transmisión.
- una menor distancia máxima de transmisión.

Pues si la primera es muy alta, o la segunda muy larga, 2 pulsos consecutivos podrían llegar a solaparse, produciendo una interferencia. Por tanto, la dispersión cromática de un cable de fibra óptica es un factor limitante, que determina la cantidad de datos o ancho de banda que se puede transportar sobre una fibra única.

Es curioso saber que este factor no fue un problema en los inicios de la fibra óptica, pues las frecuencias de transmisión no eran lo suficientemente rápidas para generar interferencias. Con el tiempo y el incremento de las velocidades, comenzó a dar problemas, y en la industria se desarrollaron soluciones para evitarlo.

El fenómeno de la dispersión cromática es en realidad la suma de 2 dispersiones: la dispersión del material y la dispersión por guía de onda. Ambos afectan tanto a fibras monomodo como multimodo. Veamos cada uno en detalle:[9]

Dispersión cromática del material.

Es el principal causante de la dispersión cromática y a veces se usa como sinónimo de ella.

Cada sustancia tiene un índice de refracción característico, lo que hace que cada longitud de onda que la atraviesa, lo haga a una determinada velocidad o incluso no lo haga y se “refleje”. Esto hace que los rayos de luz de la fibra óptica “reboten” con mayor o menor ángulo a través de ella, según su “color”.

Relacionando el índice de refracción del material, con las longitudes de onda que lo atraviesan, podemos calcular un coeficiente de dispersión cromática del material, que nos indicará el grado de dispersión que sufre una luz de una determinada longitud de onda al atravesarlo.

Gracias a este valor, se pueden desarrollar compuestos para la fibra óptica que tengan una baja dispersión cromática en las longitudes de onda que más interesen.

Dispersión cromática por guía de onda.

El segundo origen de la dispersión cromática se encuentra en las diferentes velocidades de los pulsos de luz, al viajar más cerca o más lejos del núcleo de la fibra óptica.

Debido a campos eléctricos y magnéticos, una parte de la luz viaja por el revestimiento, en lugar de estar toda confinada en el núcleo como pudiéramos pensar. Al tener el núcleo y el revestimiento

diferentes índices de refracción, los pulsos viajarán a velocidad diferente en cada parte, originando dispersión cromática:

- Pulsos con menor longitud de onda, más hacia el violeta, viajan cerca del núcleo, mayor refracción.
- Pulsos con mayor longitud de onda, más hacia el rojo, viajan cerca del revestimiento, menor refracción.[9]

Ventajas de DWDM:

- Aumenta altamente la capacidad de un punto a otro de la red de fibra óptica. Esto se debe principalmente a la posibilidad de transmitir varias señales dentro de una sola señal y a las altas tasas de transmisión que soporta.
- Permite transportar cualquier formato de transmisión en cada canal óptico. Así, sin necesidad de utilizar una estructura común para la transmisión de señales, es posible utilizar diferentes longitudes de onda para enviar información síncrona y asíncrona, analógica o digital, a través de la misma fibra.
- Permite utilizar la longitud de onda como una nueva dimensión, además del tiempo y el espacio, en el diseño de redes de comunicación.

Desventajas de DWDM:

- Los componentes ópticos son más caros debido a la necesidad de utilizar filtros ópticos, y láser que soporte una tolerancia a longitudes de onda compactas. Un dispositivo externo de acoplamiento es usado para acoplar la mezcla de las diferentes señales ópticas.
- Tiene menor espacio para una tolerancia con respecto a la dispersión de las longitudes de onda.

1.4. Redes Ethernet.

Ethernet, en sus varias formas, es la tecnología de red de área local (LAN) más ampliamente utilizada. Los objetivos de su diseño incluyen la simplicidad, un bajo coste, la compatibilidad, el poco retardo y la alta velocidad. Ethernet es la tecnología LAN dominante a nivel mundial.

Este tipo de red, tipificada por un control de acceso CSMA/CD (Acceso Múltiple por Percepción de Portadora con Detección de Colisiones (Carrier Sensed Multiple Access with Collision Detection)), fue implementada a inicios de los años 70 en un principio por Xerox, y luego por el grupo conformado por DEC, Intel y Xerox, que produjo la red tipo DIX para impulsar el desarrollo técnico y comercial de la red. Finalmente, el IEEE generó su norma 802.3, que coincide casi completamente con DIX Ethernet. El 21 de diciembre de 1984 ANSI aprueba el estándar IEEE 802.3.



Figura 5: Protocolo Ethernet / 802.3.

El protocolo CSMA/CD incorpora dos mejoras que aumentan el rendimiento en una red: en primer lugar, no se transmite si hay otra estación hablando, y en segundo, si mientras se está transmitiendo detecta que otra estación transmite (es decir, se produce una colisión), la estación se calla, en lugar de seguir transmitiendo inútilmente al final de la trama.[10]

Se produce una «colisión» cuando dos o más estaciones empiezan a transmitir simultáneamente o con una separación en el tiempo de propagación que las separa, por ejemplo, en una red donde el tiempo de ida y vuelta es igual a 5.06 ms se producirá una colisión siempre que dos nodos transmitan con una separación en el tiempo menor de 2.53 ms. Si la separación es mayor que 2.53ms, no se producirá colisión, ya que el segundo detectará el medio ocupado cuando vaya a transmitir; en ese caso esperará a que el primero termine y transmitirá inmediatamente a continuación, respetando el tiempo del hueco entre tramas. Aunque transcurridos t ms ya no puede ocurrir colisión, desde el punto de vista de la estación emisora, la garantía de no colisión sólo se tiene pasado $2t$ ms.

Las figuras 5 y 6 muestran los dos posibles estados de transmisión de datos en Ethernet. Si el medio está ocupado, el intento de transmisión será diferido hasta que este se desocupe, más un retraso de tiempo igual al tiempo Gap. Si el medio esta ocioso, entonces el intento de transmisión puede realizarse inmediatamente (figura 6).

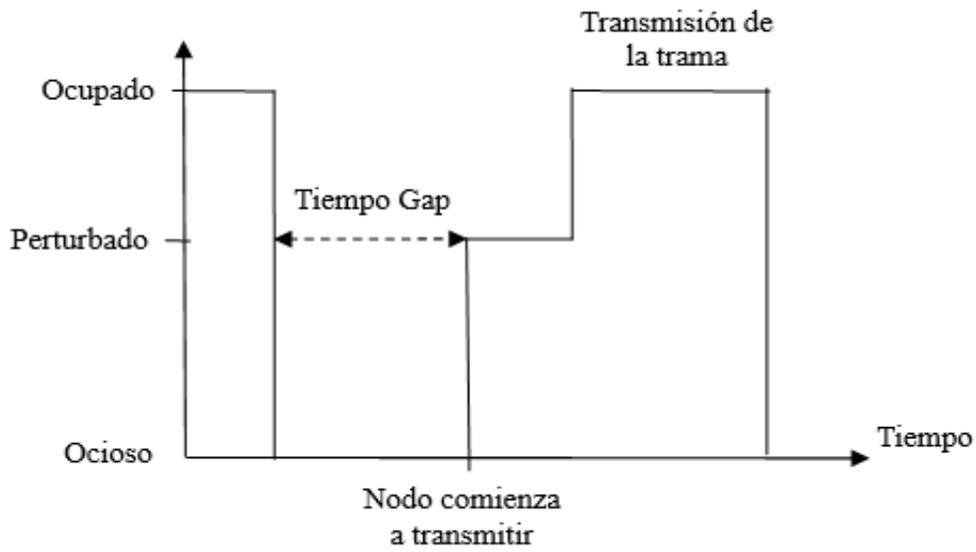


Figura 6: Transmisión exitosa.[10]

Si otros nodos intentan transmitir al mismo tiempo, se produce una colisión. El medio es agolpado durante el tiempo Jam para alertar a todas las estaciones que ha ocurrido un episodio de colisión. Las estaciones que colisionan entran a Backoff para que su reintento de transmisión sea planeado. Note que dos o más tramas pueden colisionar en un mismo episodio (figura 7).

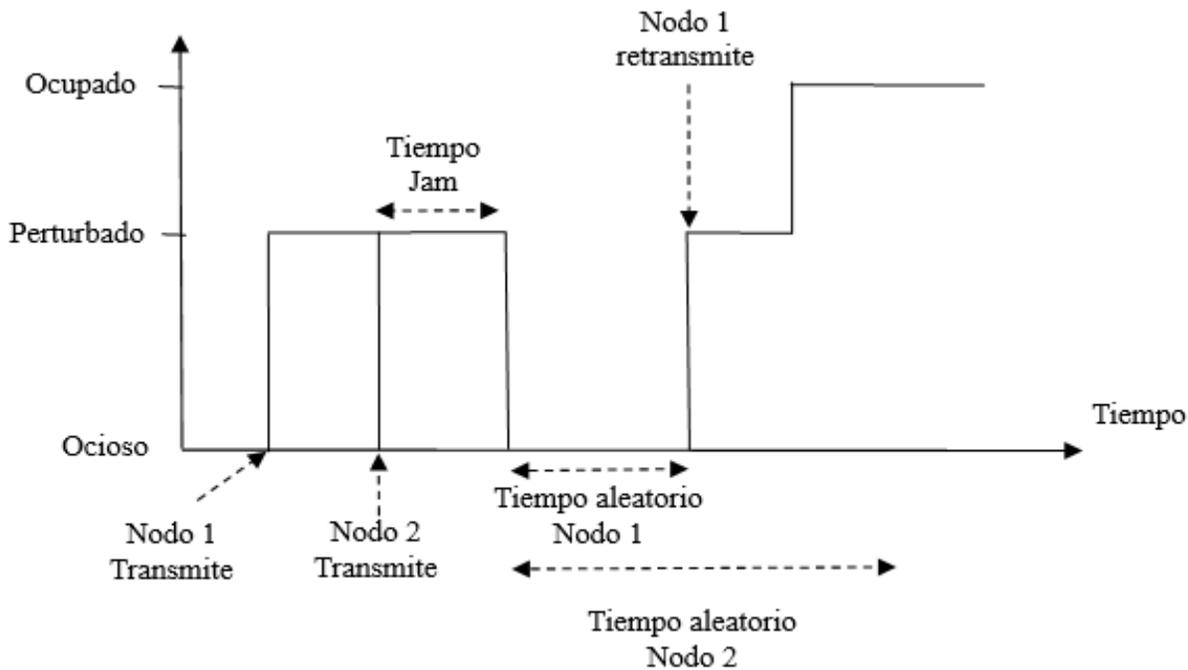


Figura 7: Escenario de colisión. [10]

VLANS.

Una VLAN es una agrupación lógica de dispositivos o usuarios que se pueden agrupar por función, departamento o aplicación, sin importar la ubicación física del segmento.

Entre las funciones de las VLANs se tiene la optimización del ancho de banda, con ello se crean dominios de broadcast más pequeños. Desarrollan niveles de seguridad más alto, ya que no permiten que la información salga del mismo grupo de trabajo. Combinado con ruteo, determinan la mejor ruta hacia un destino. Y por último aíslan las fallas, logrando reducir el impacto de problemas en la red. Un loop o una tormenta de broadcast puede conducir a la falla de toda una red.[11]

Las ventajas que nos pueden aportar las VLANs son entre otras:

- Mayor flexibilidad y mejor gestión de recursos, al facilitar el cambio y movimiento de los dispositivos en la red.
- Facilidad de localización y aislamiento de averías.
- Mejora en cuanto a seguridad, debido a la separación de dispositivos en distintas VLANs.
- Control de tráfico de broadcast.
- Separación de protocolos.

Se pueden implementar atendiendo a diversos criterios como puertos de un switch a los que se conectan los ordenadores, direcciones MAC, etc.

El protocolo IEEE 802.1Q fue un proyecto del grupo de trabajo 802 de IEEE para desarrollar un mecanismo que permita a múltiples redes interconectadas con puentes o switches compartir transparentemente el mismo medio físico sin problemas de interferencia entre las redes que comparten el medio (Trunking). Es también el nombre actual del estándar VLAN y se usa para definir el protocolo de encapsulamiento usado para implementar este mecanismo en redes Ethernet.

Permite identificar a una trama como proveniente de un equipo conectado a una red determinada. Una trama perteneciente a una VLAN sólo se va a distribuir a los equipos que pertenezcan a su misma VLAN, de forma que se separan dominios de broadcast.[12]

El protocolo 802.1Q propone añadir 4 bytes al encabezado Ethernet original en lugar de encapsular la trama original. El valor del campo *EtherType* se cambia a 0x8100 para señalar el cambio en el formato de la trama.

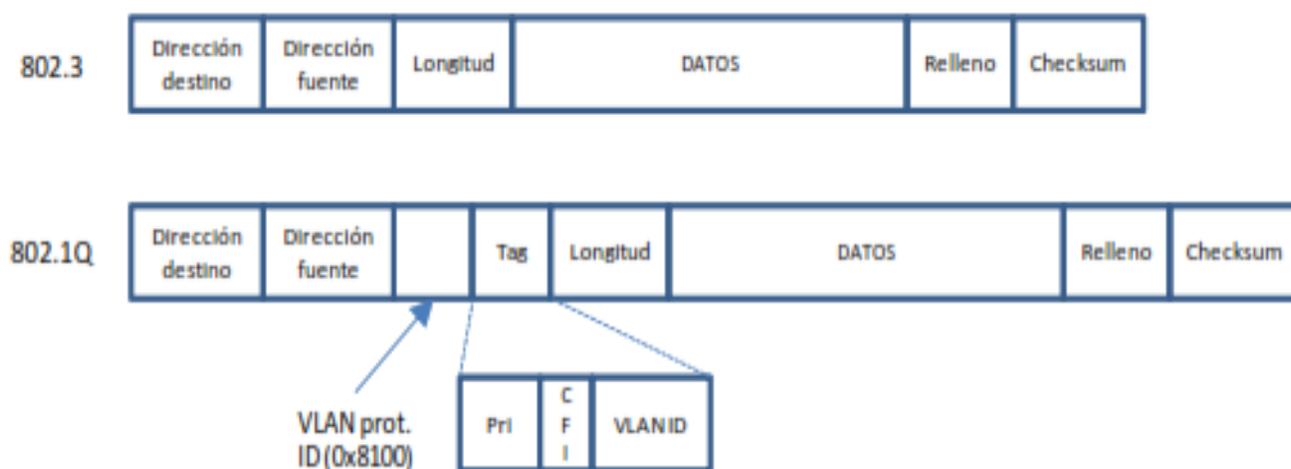


Figura 8: Formato de trama 802.1Q.

Como se puede apreciar en la Figura 8, la VLAN tag se inserta en la trama Ethernet entre el campo “Dirección fuente” y “Longitud”. Los primeros 2 bytes del VLAN tag consisten en el “Tag Type” (tipo de tag) de 802.1Q y siempre está puesto a 0x8100. Los últimos 2 bytes contienen la siguiente información:

- Los primeros 3 bits son el campo User Priority Field que pueden ser usados para asignar un nivel de prioridad.

- El próximo bit es el campo Canonical Format Indicator (CFI) usado para indicar la presencia de un campo Routing Information Field (RIF).
- Los restantes 12 bits son el VLAN Identifier (VID) que identifica de forma única a la VLAN a la cual pertenece la trama Ethernet.[12]

1.5. Redes de Transporte Metro Ethernet.

La red Metro Ethernet es una arquitectura tecnológica destinada a suministrar servicios de conectividad basada en tecnologías Ethernet sobre fibra óptica, con lo cual se elimina la capa ATM/SDH de las redes metropolitanas tradicionales. Estas redes soportan una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos que implican la transmisión en tiempo real, streaming, y flujo de dato continuo, como es el caso del audio y video.[13]

Ethernet es una tecnología ampliamente conocida y rentable. Las interfaces Ethernet que cumplen con los estándares están disponibles para 10/100/1000 Mbps y el estándar para Ethernet de 10 Gbps se ratificó en el IEEE en 2002.

En las redes de área metropolitana (MAN), Ethernet tiene el potencial de aumentar la capacidad de la red de manera rentable y ofrece una amplia gama de ofertas de servicios de manera escalable, simple y flexible. Un MAN basado en Ethernet es generalmente denominado Red Metro Ethernet (MEN). Algunos proveedores de servicios han extendido la tecnología similar a los MEN para la Red de área amplia (WAN) también.[14]

En las redes empresariales, Ethernet actualmente tiene dos aplicaciones de servicio clave que están recibiendo mucha atención y crecimiento: conectividad a Internet pública y conectividad entre sitios corporativos geográficamente separados. Este último servicio amplía la funcionalidad y la accesibilidad de las redes corporativas.

Metro Ethernet es un conjunto de elementos de capa 2 y 3, que se conectan a través de fibra óptica. Las topologías empleadas por Metro Ethernet son Anillo, Estrella, Malla y Súper Malla. La red tiene una distribución jerárquica: básica, distribución y acceso. Proporciona conexiones de 10 Mbps a 10 Gbps. Ethernet opera en dos áreas del modelo OSI, la mitad inferior de la capa de enlace de datos, conocida como subcapa MAC y la capa física.

Ventajas de Metro Ethernet.

- Ofrecen un ancho de banda alto a bajo costo.
- Garantiza una red privada con una conexión sencilla.

- Velocidad de transmisión de 10 Mbps a 10 Gbps.
- Bajos costos para implementar la infraestructura (cable, conectores, tarjetas, etc.).
- Conexión rápida de nuevos terminales.
- Fácil de interconectar con otras redes.

Desventajas de Metro Ethernet.

- La distancia es la mayor limitante de esta tecnología, ya que solo alcanza hasta los 100m, pero combinada con otras tecnologías puede llegar a grandes distancias.
- La fiabilidad, es un punto en contra ya que pueden ocurrir fallos debido al empleo de cables para la transmisión.
- La redundancia, también es afectada en esta tecnología, pero existen mecanismos que se pueden emplear para contrarrestar estos problemas.[14]
- Hay una reducida capacidad de crecimiento, ya que el broadcast puede afectar mientras más equipos existan.
- No es una red segura, ya que se puede dar accesos entre usuarios debido a que emplean el mismo medio.

1.6. Conclusiones del capítulo.

A través de los diferentes epígrafes del capítulo, se ha realizado un recuento de la evolución de las Redes de Transporte, identificando sus ventajas y desventajas.

Se mostró como las tecnologías orientadas a circuitos como SDH, provocan el agotamiento de las capacidades de estas infraestructuras de transporte. La variante de DWDM para multiplicar las capacidades es muy factible pero muy cara actualmente.

Finalmente se identificó que la solución para que los proveedores de servicio puedan asimilar mayor cantidad de tráfico o soportar nuevos servicios es migrar hacia tecnologías orientadas a paquetes que transportan más eficientemente los datos, permitiendo un mejor aprovechamiento del ancho de banda e inclusive ofertando una capacidad total de ancho de banda por encima de la que físicamente posee la red, o sea, tecnología Metro Ethernet.

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA RED ACTUAL DE CIENFUEGOS Y EQUIPOS A UTILIZAR.

Desde la fundación de ETECSA, en 1994, se ha avanzado continuamente en la Dirección Territorial de ETECSA Cienfuegos en cuanto a la cantidad, variedad y calidad de los servicios de telecomunicaciones que se ofrecen en el territorio. Se han triplicado las líneas fijas instaladas, se ha desarrollado la transmisión de datos casi inexistente hace 10 años, los sistemas de transporte, analógicos y en su mayoría sobre cobre, han sido sustituidos por sistemas digitales sobre Fibra Óptica en su gran mayoría o radioenlaces digitales en su defecto[15].

En este capítulo se realizará una caracterización de la red de transporte actual en la provincia, su evolución durante los últimos años, así como la descripción de los equipos a utilizar en el diseño de la red.

2.1. Caracterización de la red de transporte de Cienfuegos.

ETECSA en Cienfuegos partió de una red de transporte basada en enlaces analógicos los cuales estaban soportados mayoritariamente por líneas aéreas de cobre y cables troncales (14 cuadretes), así como por radioenlaces analógicos.

Solo para el año 2001 (julio) es que se instala el primer soporte digital de transporte cuando Cienfuegos se enlaza contra el backbone de microondas mediante un radioenlace PDH de microondas, dicho enlace soportaba 32 E1 contra Santa Clara y otro enlace de 16 E1 entre Cienfuegos y Aguada de Pasajeros. Ya a finales de este propio año se realizan los primeros enlaces por fibra óptica.

A partir del año 2003 se comenzaron a tender redes de fibra óptica por toda la provincia enlazando la gran mayoría de los núcleos poblacionales importantes, proceso que aún hoy continúa desarrollándose. Esto se debe a que a pesar de todas las bondades que brinda la fibra óptica para el transporte de señales digitales, el tendido de la fibra óptica aún es caro y relativamente lento, y fundamentalmente la primera de las razones anteriores junto al surgimiento de nuevas necesidades hacen que aún sea necesario continuar tendiendo cables de fibra óptica en nuestro territorio.

Otra de las necesidades que obliga a continuar tendiendo cables de fibra óptica en el futuro es la seguridad de la red. Aunque directamente no limita el crecimiento de la misma es una carencia

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA RED ACTUAL DE CIENFUEGOS Y EQUIPOS A UTILIZAR

importante que debe ser eliminada en los próximos años, actualmente los anillos territoriales son “virtuales”, no son físicos al estar sobre el mismo cable de fibra óptica.

Actualmente en la provincia hay tendidos 408 km de cable de fibra óptica de diversas modularidades (12FO, 24FO, 48FO, etc.) de ellos 109 km son de fibra óptica aérea y los restantes 299 km son de cables de fibra tanto enterrados como soterrados.

La red de transporte de la provincia de Cienfuegos estaba compuesta mayormente por una red SDH sobre fibra óptica y algunos radioenlaces de microondas punto a punto PDH y ETHERNET. La red SDH provincial estaba integrada por equipos SDH ALCATEL de la familia 16xx y un equipo de nueva generación ALCATEL 1850-TSS100. Hasta el 2015 salvo un pequeño anillo conformado por el TSS100 y dos equipos 1660SM que se encontraban trabajando en el nivel jerárquico STM-4, el resto de los anillos y enlaces de la red de transporte SDH operaban en el nivel jerárquico STM-1, el más bajo de la norma SDH.

La instalación en la red SDH entre 2014 y 2015 de nuevos equipos 1660SM mejorados y equipos 1646SM y SMC permitió migrar al menos los anillos conformados por los nodos principales de la red a niveles jerárquicos STM-4 y STM-16, proceso que ha continuado durante los años subsiguientes en los que varios tramos de anillos STM-1 se migraron a STM-4. Actualmente la red SDH está compuesta por un núcleo de equipos enlazados por anillos SMT-16 y brazos o ramas exteriores en jerarquías STM-4 – STM-1.

Aunque la saturación de la red de transporte SDH hoy no es crítica esta puede volver a aparecer de no tomarse medidas de inmediato. Actualmente prácticamente el 100% de los servicios que se implementan sobre la red de transporte se soportan sobre ETHERNET, dado que SDH no hace un uso óptimo del ancho de banda esto puede provocar que los enlaces SDH se saturen rápidamente entre los nuevos servicios y el incremento de ancho de banda de los servicios existentes.

Las continuas puestas en servicios de nuevos equipos de acceso como DSLAMs, sitios de acceso de voz y datos, radiobases de telefonía móvil, sitios de acceso WIFI así como servicios de conectividad dedicados para clientes, todos ellos requieren conectarse mediante enlaces ETHERNET. Así como el incremento lógico dado las tarifas más favorables a los clientes, del consumo real de los equipos existente, crean un entorno en que la utilización de enlaces ETHERNET y de tráfico cursado sobre los mismos crezcan continuamente, lo que no difiere para nada de lo observado en el resto del mundo.

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA RED ACTUAL DE CIENFUEGOS Y EQUIPOS A UTILIZAR

Hoy las redes de transporte de ETECSA viven la realidad de que tanto el tráfico como los servicios sobre ETHERNET se incrementan exponencialmente mientras los servicios tradicionales TDM la tendencia es a la disminución (y eventualmente su desaparición). Por lo que se impone la implementación de una nueva red de transporte que se adapte a esta nueva realidad, siendo las redes Metro Ethernet las que hoy están siendo implementadas por la mayoría de los operadores de telecomunicaciones a nivel mundial.

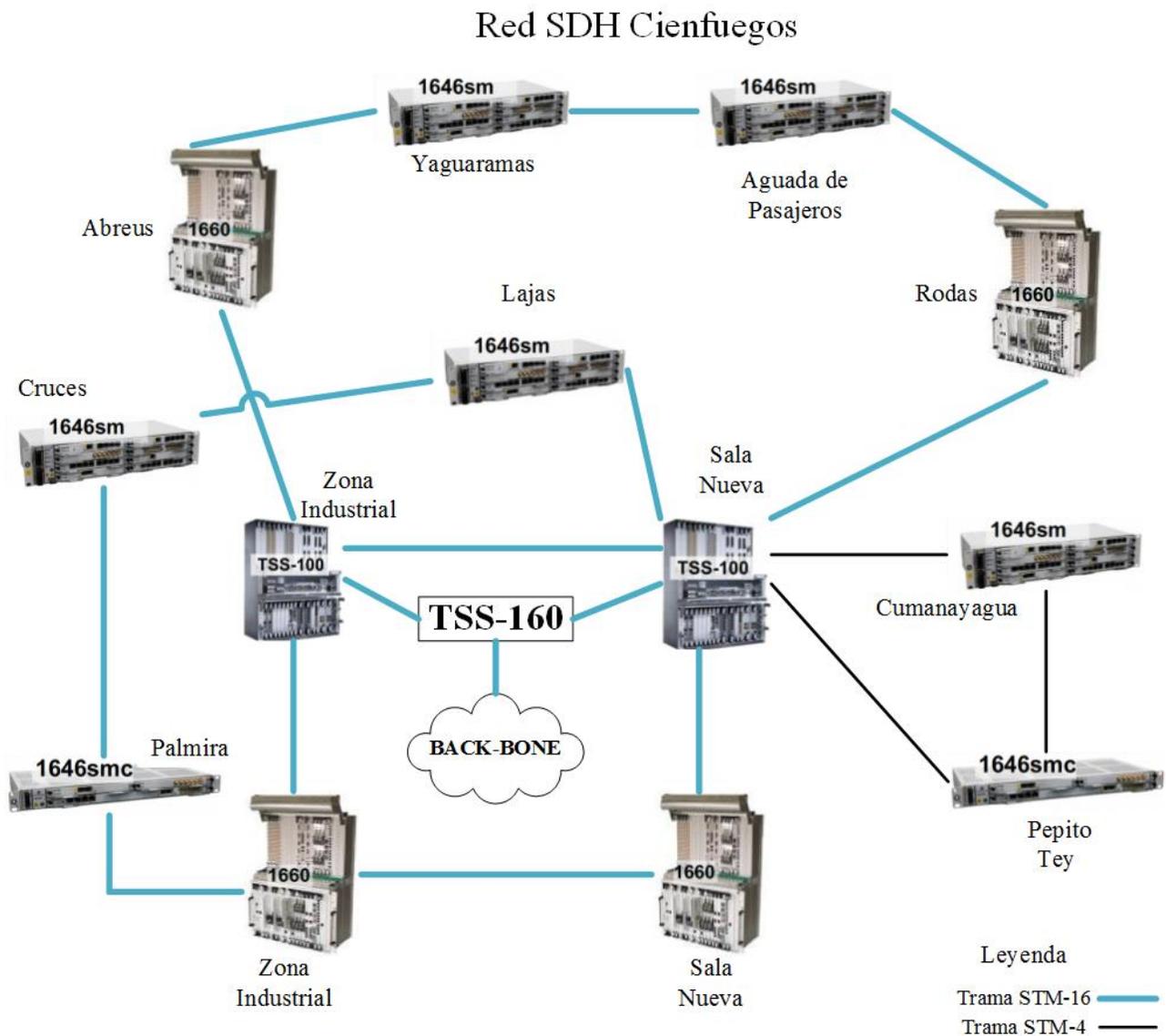


Figura 9: Red SDH de Cienfuegos.

2.2. Caracterización de los equipos.

Los nodos Metro Ethernet son switches de capa 2 o 3 que se interconectan utilizando directamente fibra óptica en topologías de anillo o bus, garantizando calidad, escalabilidad y protección de los servicios.

El modelo básico de los servicios Metro Ethernet, está compuesto por una red "switchheada" ofrecida por el proveedor de servicios, los usuarios acceden a la red mediante los equipos del cliente que se conectan a través de las interfaces de red del usuario a velocidades de 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps o 10Gbps.[13]

Los dispositivos de interconexión tienen dos ámbitos de actuación en las redes telemáticas. En un primer nivel se encuentran los más conocidos, los routers, que se encargan de la interconexión de las redes. En un segundo nivel estarían los switches, que son los encargados de la interconexión de equipos dentro de una misma red, o lo que es lo mismo, son los dispositivos que, junto al cableado, constituyen las redes de área local o LAN.

Un switch o conmutador es un dispositivo de interconexión utilizado para conectar equipos en red formando lo que se conoce como una red de área local (LAN) y cuyas especificaciones técnicas siguen el estándar conocido como Ethernet (o técnicamente IEEE 802.3).

El switch es posiblemente uno de los dispositivos con un nivel de escalabilidad más alto. Existen switches de cuatro puertos con funciones básicas para cubrir pequeñas necesidades de interconexión. Pero también podemos encontrar switches con cientos de puertos y con unas prestaciones y características muy avanzadas.

La función básica de un switch es la de unir o conectar dispositivos en red. Es importante tener claro que un switch no proporciona por si solo conectividad con otras redes, y obviamente, tampoco proporciona conectividad con Internet. Para ello es necesario un router.[16]

A continuación se describen los equipos a utilizar.

2.2.1. 1830 PSS-16.



Figura 10: Nokia 1830 PSS – 16 [17].

Las plataformas 1830 PSS están optimizadas para una variedad de entornos de despliegue de red. Cada plataforma aprovecha el software, el hardware, la administración y el control comunes para admitir operaciones sin problemas.

El 1830 PSS-16 está optimizado para aplicaciones de multiservicio de metro y redes de transporte regional. Es compatible con la escala multiservicio de paquetes a medida que crece la red, lo que permite la entrega eficiente de múltiples servicios al tiempo que reduce el costo total de propiedad (TCO) de la red y prolonga el ciclo de vida de la red.

El NOKIA (anteriormente Alcatel-Lucent) 1830 Photonic Service Switch (PSS) soporta la próxima generación de multiservicios DWDM, el transporte P-OTN multicapa desde el acceso al núcleo.

La plataforma T / ROADM es compatible con una amplia gama de aplicaciones y servicios como Metro y transporte de larga distancia, interconexión de centros de datos, servicios de longitud de onda, Ethernet portadora, backhaul móvil de banda ancha y video multicast. Con las plataformas 1830 PSS que van desde el acceso compacto hasta el núcleo de la Red de Transporte Óptico (OTN) / WDM convergente, los operadores pueden optimizar las redes multiservicio para satisfacer las demandas de tráfico impredecibles.

El 1830 PSS proporciona capacidades de conmutación y fotónica de OTN de terabit. El motor de servicio fotónico 2 (PSE-2) permite 100G de alto rendimiento y un camino evolutivo hacia el transporte de 400G. Aprovechando un control de red inteligente y confiable a través de GMPLS

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA RED ACTUAL DE CIENFUEGOS Y EQUIPOS A UTILIZAR

distribuido y opciones de control centralizadas de SDN, el 1830 PSS simplifica la administración de la red para obtener el máximo rendimiento y eficiencia de múltiples capas.

Beneficios.

- Minimiza el TCO (costo total de propiedad) aprovechando una plataforma versátil adecuada para una amplia gama de aplicaciones de transporte.
- Transporte óptico para cualquier aplicación, tipo de fibra y alcance.
- Características ópticas mejoradas de paquetes: enrutamiento de longitud de onda CDC-F, ODUflex, ODU4, Ethernet portadora, servicios certificados 2.0, alta seguridad de baja latencia, longitudes de onda cifradas.
- Maximiza el retorno de la inversión con las tecnologías integradas de red fotónica, OTN (Red de Transporte Óptico) de paquetes.
- Utiliza formatos avanzados de modulación de longitud de onda para maximizar la utilización de la fibra y evitar el agotamiento prematuro de la fibra.
- Utiliza el enrutamiento de longitud de onda CDC-F de banda ultra ancha integrado y la conmutación OTN para optimizar el escalado de la capacidad de la red.
- Transporte de paquetes integrado para servicios de transporte de Capa 2 eficientes, versátiles y confiables.
- CDC-F ROADM con conmutación OTN en una sola plataforma integrada.[17]

Especificaciones técnicas.

Visión general.

Especificaciones	1830 PSS-16
Capacidad y Rendimiento	3.2 Tb/s
ranuras para tarjetas de interfaz (altura media / completa)	8/16
Dimensiones (Altura /anchura /profundidad)	Versión CD: 354.8 mm / 440 mm / 325 mm Versión CA: 399.25 mm / 440 mm /325 mm

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA RED ACTUAL DE CIENFUEGOS Y EQUIPOS A UTILIZAR

Peso	Versión CD: 10.55 kg Versión CA: 13.10 kg
Paquete de opciones de trama / OTN	trama distribuida
ranuras para tarjetas de controlador	2 protegida
Los módulos de potencia	módulos de potencia redundantes
Alimentación	Versión DC: 48V DC, 110/220V AC con convertidor externo Versión AC: 48V DC, 110/220V AC
Requerimiento de energía	Max. 2400 W (hasta 240 W/ranura) Típico: 1350 W
Temperatura de operación	-5 °C a +55 °C
Humedad	5% a 95% Sin condensación

Tarjetas de interfaz.

Transponder / Muxponder.

Identificador de tarjetas	Descripción de tarjetas	La mitad, altura completa	Notas
12P120	12 x 10G Flexible Transponder/Client	Completo	Full-slot 6 x 10G transponder or 12 x 10G as programmable 10G ports

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA RED ACTUAL DE CIENFUEGOS Y EQUIPOS A UTILIZAR

11DPM8	8 x ANY Card	Completo	<ul style="list-style-type: none"> • 8 x SFP clients: OC-3/-12/STM-1/-4, OC-48/STM-16, 10/100 base T, GE • 2 x XFP lines: OTU2 (CWDM, DWDM, B&W)
--------	--------------	----------	--

2.2.2. 7210 SAS-R6.



Figura 11: 7210 SAS – R6.[18]

El 7210 SAS-R6, es un dispositivo de agregación de Ethernet habilitado para MPLS que proporciona servicios basados en IP / MPLS de alta densidad y agregación de servicios en ubicaciones de red más pequeñas. Con su alta densidad, está lista para escalar para una futura expansión.

Especificaciones del equipo.

Tipo de Sistema	Chassis con 6 ranuras para módulos de interfaz
Densidad interfaz Sistema	<ul style="list-style-type: none"> - Hasta 60 x 100/1000BASE (SFP) compuertas - Hasta 12 puertos 10GBASE (XFP)
El rendimiento del Sistema	120 Gb/s (medio dúplex) con 20 Gb/s (medio dúplex) por ranura
Módulos Ópticos	<ul style="list-style-type: none"> - XFPs DWDM sintonizables - SFPs de cobre 10/100/1000BASE-TX - DWDM XFPs y CWDM SFPs y XFPs - SFPs y XFPs con capacidades DDM

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA RED ACTUAL DE CIENFUEGOS Y EQUIPOS A UTILIZAR

OMC	Si
PoE	No
MPLS	Si
MPLS-TP	Si
Ethernet (incluyendo QinQ) xSTP y la ITU-T G.8032v2, IEEE 802.3ad [con enlaces activos / en espera])	Si
LAG multi-chasis	Si
VPLS, servicios VLL	Si
IP VPN y servicios de Internet mejorados	Si
QoS	H-QoS avanzado - Clasificación de la entrada de IPv4/IPv6, Criterios MAC y ACLs
OAM	<ul style="list-style-type: none"> • ITU-T Y.1731 • IEEE 802.1ag • IEEE 802.3ah • MPLS OAM • Service mirroring (local/remote [using dot1q, MPLS SDP])
Temporización y sincronización	<ul style="list-style-type: none"> - Reloj del sistema Stratum 3 - Sincronización UIT-T - IEEE 1588v2 (BC y OC)
Rango de operación de temperatura	0°C to 50°C (32°F to 122°F)
Módulos intercambiables en caliente	Fuentes de alimentación, bandeja del ventilador, ventilador filtro, IMMs, módulo SF/CPM
Redundancia en suministro de energía	Suministro de Alimentación redundante integrada

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA RED ACTUAL DE CIENFUEGOS Y EQUIPOS A UTILIZAR

Requerimiento de energía	- Entrada de CD: -36 V CD a -72 V CD; salida: +12 V CD - La alimentación de CA requiere un rectificador externo
Contactos secos (entrada/salida)	4 relés secos opto aislados/2 (Los contactos secos se mejoran de tal manera que no se requiere una fuente de alimentación externa).
Compact flash (externo)	Si
Puerto USB para soporte de almacenamiento	Si
Dimensiones	Altura: 13,3 cm (5,25 pulg.) Ancho: 36.8 cm (14.5 in.) Profundidad: 23,9 cm (9,44 pulg.)

VPLS.

Los servicios de LAN privada virtual (VPLS) son una clase de VPN que admite la conexión de múltiples sitios en un solo dominio con puente a través de una red IP / MPLS administrada. VPLS presenta una interfaz Ethernet para los clientes, lo que simplifica el límite de LAN / WAN para los proveedores de servicios y los clientes, y permite el aprovisionamiento rápido y flexible del servicio, ya que el ancho de banda del servicio no está vinculado a la interfaz física. Todos los servicios en un VPLS parecen estar en la misma LAN, independientemente de la ubicación.

VPLS utiliza enrutadores de borde que pueden aprender, puentear y replicar sobre una base de VPN. Estos enrutadores están conectados por una malla completa de túneles, lo que permite la conectividad de cualquiera a cualquiera.

Las redes VPLS están ganando una enorme popularidad en las redes industriales como una técnica de virtualización de red L2 ideal para interconectar dispositivos de control heredados. VPLS es compatible con L2 Ethernet basada en multipunto a multipunto a través de IP o MPLS (Multiprotocol Label Switching) basado en redes de núcleo / proveedor. Debido a la conectividad de alta velocidad y la

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA RED ACTUAL DE CIENFUEGOS Y EQUIPOS A UTILIZAR

operación de bajo costo, las redes VPLS ahora se usan en muchas aplicaciones empresariales como DCI (interconexión de centros de datos), voz sobre IP (VoIP) y servicios de videoconferencia[19]. Sin embargo, la utilización de redes VPLS en nuevos dominios de aplicaciones exige requisitos adicionales, como seguridad elevada y escalabilidad mejorada [20].[21]

LAG.

La agregación de enlaces permite que los enlaces punto a punto full-dúplex paralelos se utilicen como si fueran un solo enlace, y también admite el uso de múltiples enlaces como una interconexión de carga compartida resistente entre múltiples nodos en dos redes administradas por separado.

La agregación de enlaces permite una o más instancias paralelas de enlaces punto a punto full-dúplex que se agregarán para formar un grupo de agregación de enlaces, de manera que un cliente MAC puede tratar al grupo de agregación de enlaces como si fuera un solo enlace. Además permite una interconexión resistente que usa múltiples enlaces full-dúplex punto a punto entre uno a tres nodos en una red y de uno a tres nodos en otra red administrada por separado, junto con un medio para asegurarse de que las tramas que pertenecen a cualquier servicio dado usen la misma ruta física en ambas direcciones entre las dos redes. Permite un aumento considerable del ancho de banda y una mayor capacidad de recuperación frente a fallos de enlaces, pues si existe algún fallo en el enlace, este no se pierde, se escoge otro camino y la conexión nunca se pierde[22].

MPLS.

En MPLS, la asignación de un paquete particular a una FEC particular es hecho solo una vez, cuando el paquete entra en la red. La FEC que se le asigna al paquete se codifica como un valor corto de longitud fija conocido como una "etiqueta". Cuando un paquete se reenvía a su siguiente salto, la etiqueta es enviada junto con él; es decir, los paquetes están "etiquetados" antes de ser reenviados.

En los saltos posteriores, no hay más análisis de los paquetes encabezado de capa de red. Más bien, la etiqueta se utiliza como un índice en una tabla que especifica el siguiente salto, y una nueva etiqueta.

La vieja etiqueta se reemplaza con la nueva etiqueta, y el paquete se reenvía a su siguiente salto.

En el paradigma de reenvío MPLS, una vez que se asigna un paquete a una FEC, los enrutadores posteriores no realizan más análisis de encabezados; todos los reenvíos son impulsados por las etiquetas.

Algunos enrutadores analizan el encabezado de la capa de red de un paquete no solo para elegir el siguiente salto del paquete, sino también para determinar la "precedencia" o "clase de servicio". MPLS

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA RED ACTUAL DE CIENFUEGOS Y EQUIPOS A UTILIZAR

permite que la prioridad o la clase de servicio sean deducidas total o parcialmente de la etiqueta. En este caso, se puede decir que la etiqueta representa la combinación de una FEC y una precedencia o clase de servicio.

Estas técnicas son aplicables a cualquier protocolo de capa de red.[23]

MPLS-TP.

MPLS-TP es la nueva tecnología para redes de transporte de paquetes.

El Grupo de trabajo de ingeniería de Internet (IETF) y el Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la Internacional Unión de Telecomunicaciones (UIT-T) han emprendido un esfuerzo conjunto para estandarizar un nuevo perfil de transporte para la tecnología de conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS) que está destinado a proporcionar la base para el transporte de paquetes de la red de próxima generación. La idea fundamental de esta actividad es extender MPLS cuando sea necesario con herramientas de Operaciones, Administración y Mantenimiento (OAM) que son ampliamente aplicado en tecnologías de redes de transporte existentes, como SONET / SDH u OTN.

El objetivo de MPLS-TP es proporcionar transporte orientado a la conexión para paquetes y servicios TDM a través de redes ópticas que aprovechan la tecnología MPLS ampliamente desplegada. Clave para este esfuerzo es la definición e implementación de OAM para garantizar las capacidades necesarias para las redes de transporte: operaciones escalables, alta disponibilidad, monitoreo de desempeño y soporte multi-dominio.[24]

QoS.

En el área de telecomunicaciones, QoS se define como el efecto global de las prestaciones de un servicio que determinan el grado de satisfacción de un usuario al utilizar dicho servicio. Desde el punto de vista de la red, la calidad ofrecida es el resultado de las prestaciones ofrecidas por cada una de las partes implicadas (terminales, la red de acceso, la red de transporte y los servicios). La QoS está directamente relacionada con el tamaño de las colas y la congestión de la red, con la velocidad de conmutación y ancho de banda de los enlaces.

La QoS puede ayudar a mejorar el servicio que reciben los usuarios de la red, al mismo tiempo que reduce los costes de ofrecer dichos servicios. Para conseguir QoS en la red, se debe administrar de manera “inteligente” el uso de los recursos de la red, es decir, de forma “controlada” y “eficaz”, para así no desperdiciar ancho de banda y utilizar la mínima cantidad posible de recursos hardware.[25]

La QoS se basa en un conjunto de técnicas y procedimientos utilizados para dar un tratamiento preferente a unas clases de tráfico frente a otras, con el objetivo de cumplir unos requisitos mínimos en parámetros como el retardo o el ancho de banda. Es la habilidad de la red para ofrecer prioridad a unos determinados tipos de tráfico, sobre diferentes tecnologías.

En situación de sobrecarga, la QoS asegura que el tráfico crítico no sea perdido ni retardado.

No todas las aplicaciones tienen la misma tolerancia a los retardos de tráfico y a las variaciones en la red. La presente demanda de las aplicaciones de voz, vídeo y datos, exige una mínima calidad de servicio, lo que nos lleva a una necesaria administración eficiente de los recursos de la red. Esta administración se lleva a cabo asignando distintos valores a los parámetros de QoS que cada aplicación requiere. Los parámetros que constituyen la base de la QoS, son:

- El retardo, también llamado latencia.
- Las variaciones del retardo: jitter.
- El ancho de banda.
- La pérdida de paquetes (o probabilidad de error).
- La disponibilidad, es decir, medir las interrupciones del servicio.[25]

2.2.3. 7210 SAS-S 1/10GE 48 port fiber.



Figura 12: 7210 SAS – S 1/10GE 48 port fiber.[18]

Los 7210 SAS-S son una gama de productos inicialmente pensados para ser satélites de equipos de la familia 7750-SR, ofreciendo una mayor densidad a un mejor precio. Sin embargo, estos switches pueden funcionar en modo stand-alone como equipos IP/MPLS o incluso como equipos solo Ethernet. Dentro de sus principales características se destaca por contar con la siguiente densidad de puertos:[18]

- -4 x 10G SFP+ uplinks.
- 24-48 x 1G puertos de acceso de distintos tipos: Cobre, Cobre con PoE, SFP.

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA RED ACTUAL DE CIENFUEGOS Y EQUIPOS A UTILIZAR

Especificaciones de Hardware

Interfaces	<ul style="list-style-type: none"> • 4 x SFP+ 10GE • 48 x SFP 100/1000 Mb/s
Calendario	Sync-E
PoE/PoE+	Futuro software entregable cuando se utilice en modo satélite (PoE/PoE+ está disponible ahora en modo autónomo).
Dimensiones	<ul style="list-style-type: none"> - Altura: 4.32 cm (1.7 in) - Ancho: 44 cm (17.3 in) - Profundidad: 38,7 cm (15,2 in)
Opciones de Fuentes de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> - Dos alimentaciones. Una alimentación interna fija y una alimentación modular opcional. - Soporta el uso simultáneo de fuentes de alimentación de CA y CC. - Intercambiable en caliente
Requerimientos de energía	<ul style="list-style-type: none"> - Entrada de CA: 100 V a 240 V, 50 Hz a 60 Hz - Entrada de CC: -40 V DC a -72 V DC
Enfriamiento	Fan cooled with front-to-back airflow
Temperatura de funcionamiento	0°C to 40°C (32°F to 104°F)

2.3. Conclusiones del capítulo.

En este capítulo se realizó una caracterización de la red de telecomunicaciones de Cienfuegos y datos de la red de transporte en particular, así como su evolución durante los últimos años. Se describieron además los diferentes equipos a utilizar en el diseño de la Red Metro Ethernet, mostrando la ficha técnica de cada equipo.

CAPÍTULO III. DISEÑO DE LA RED METRO ETHERNET EN CIENFUEGOS.

En este capítulo final se hace la propuesta de diseño de una red de agregación que dará solución a la insuficiente infraestructura tecnológica de las comunicaciones en Cienfuegos, exponiendo la arquitectura de la red de transmisión, topología y tecnología que deben emplearse para enfrentar los nuevos servicios.

3.1 Solución para la creación de una Red Metro Ethernet.

Como parte del proceso inversionista de ETECSA, se tiene previsto la implementación de una nueva red Metro provincial en Cienfuegos con equipamiento Nokia. Esto forma parte de un proceso que se desarrolla a nivel de país donde se planifican e instalan las nuevas redes Metro – Ethernet en todos los territorios.

El objetivo de esta nueva red, es poder garantizar el incremento de capacidades (anchos de banda de transmisión de diferentes tipos de tráfico, TDM, Ethernet e interfaces asociadas a dichos tipos de tráfico) en diferentes nodos de la provincia, dicha red está formada por dos capas: una óptica con tecnología OTN/DWDM que interconecta los nodos de la provincia, con los nodos de las provincias vecinas, permitiendo la implementación de protección de los servicios a través de rutas físicas diferentes y una capa de agregación de alta capacidad con switches, que conforman como tal la Red Metro, que permiten gran densidad de puertos y el manejo de volúmenes considerables de datos.

Estos switch van a trabajar en la capa 2 y 3 del modelo OSI. Desde el punto de vista de la red y el resto de los equipos que interconectan, ellos van a tener la funcionalidad de capa 2 mayoritariamente. Estos protocolos de capa 2, que son los de capa de transporte como Ethernet implementan las funcionalidades de VLAN y LAG.

A su vez sobre estos para asegurar la protección se implementa la capa 3 (capa IP), en ella el protocolo MPLS y sobre este se establecen los túneles VPN sobre los cuales se implementan arquitecturas VPLS. Estas arquitecturas permiten que a través de los túneles y los protocolos de calidad de servicio como el FRR se pueda crear anillos con estructuras de red capa 2; aquí los servicios pueden establecerse entre dos puntos, por diferentes caminos lo cual en una red capa 2 pura no es posible hacer.

En redes de altas prestaciones existen soluciones de STP y RSTP pero estas no ofrecen buenos resultados y por ello se prefiere establecer la solución usando capa 3, montándose sobre esta la red MPLS y sobre ella establecer los túneles.

Esta solución si permite alta disponibilidad y una rápida respuesta con el protocolo FRR ante fallas de la red, con tiempos de convergencia de enrutamiento de los servicios de menos de 50ms, que es lo que se exige para redes de servicio público. Este tiempo está determinado por los servicios de menor latencia que tienen la red, en este caso los servicios de voz y video, ellos necesitan tiempos de respuesta muy rápidos ante falla para que no se degrade la calidad del servicio.

Estos aspectos son fundamentales a la hora de decidir la solución de red a implementar.

3.1.1 Justificación de la propuesta.

Varios fueron los aspectos a tener en cuenta para el diseño de la red a implementar. Uno de los primeros fue la selección del equipamiento. La decisión fue emplear equipamiento NOKIA.

Los operadores de telecomunicaciones requieren utilizar equipamiento que esté certificado, probado y avalado por la experiencia de uso, que exista una referencia clara de la calidad no solo del equipamiento sino de los servicios de pos-venta.

Se requieren proveedores que den soporte a largo plazo, que dispongan de grandes volúmenes de equipos, con las últimas tecnologías en el mercado tanto de software como de hardware y garanticen las actualizaciones de los mismos.

ETECSA opera con 3 proveedores estratégicos, líderes en innovaciones en el campo de las telecomunicaciones, estos son HUAWEI, NOKIA y ERICSON. Cualquiera de estos proveedores cuentan con grandes volúmenes de equipos certificados para trabaja en redes públicas con alta calidad, equipos con certificación carrier-grade. Estos son equipos que cumplen la norma de los 5 nueve, o sea, el 99.999% del año están disponibles, es decir, alrededor de 2 horas al año de fallas, son pocos fabricantes que dan esta certificación.

En cuanto a las redes de transporte ETECSA opera exclusivamente con dos proveedores, HUAWEI y NOKIA, eso implica que a nivel de país las provincias están subdivididas en redes de transporte con equipamiento de ambos proveedores.

La provincia de Cienfuegos como buena parte del occidente del país cuenta con redes de transporte soportadas por equipamiento NOKIA, antiguamente ALCATEL.

Estas redes, como se mostrará en los esquemas posteriores, no va a ser exclusiva de un territorio, sino que se interconectan las redes de varios de ellos, en Cienfuegos, con las provincias vecinas de Villa Clara y Matanzas.

Para la empresa fue muy provechoso tener toda una región con redes de transporte provinciales de un mismo proveedor. Esto le permitió diseñar, aprovechando las altas potencialidades de la familia de equipos 1830 PSS, redes ópticas DWDM regionales y no territoriales, lo cual repercutió en menores gastos y mejor diseño de la red desde el punto de vista de protección.

Al ser la misma tecnología se evitan los problemas de incompatibilidad entre los equipos. Se facilita la topología en anillo, que permiten hacer protecciones reales de los servicios para casos de fallas de los equipos, roturas de la fibra óptica, accidentes, es decir, mejor resiliencia, que no es más que la resistencia ante problemas de fallas.

En el caso de la provincia de Cienfuegos todo el equipamiento instalado anteriormente fue comprado a ALCATEL, la cual fue absorbida por NOKIA desde 2015, por tanto, sigue representando la familia de equipos ALCATEL ante el mundo.

NOKIA es uno de los mayores proveedores de equipamiento de telecomunicaciones en el mundo, la empresa posee acuerdos de servicios pos-garantía, es capaz de proveer los volúmenes de equipos necesarios y su equipamiento cumple con los requerimientos de la nueva red que se quiere implementar.

3.1.2 Alcance de la propuesta.

La formulación de esta propuesta tiene como fin implementar los nodos de agregación necesarios en la provincia, justo en los lugares donde se concentra el mayor tráfico y hacia donde convergen la mayoría de los enlaces existentes y los futuros enlaces que se planifiquen.

Estos puntos de agregación se llevaran a un nivel central, o núcleo de la red y a partir de allí se llevarán al BACK-BONE IP buscando el lugar donde se brindan estos servicios.

Con este diseño se incrementa el ancho de banda, se logra flexibilidad para el futuro crecimiento de la red y se alcanza elevados niveles de confiabilidad, vitalidad y seguridad de la red.

Además para lograr un uso óptimo de las fibras ópticas, dado que es el elemento más caro y más difícil de cambiar o incrementar dentro de la red, se implementará una red óptica formada por los equipos 1830 PSS, que permitirá optimizar el uso de la fibra a través de la tecnología DWDM.

Esto permite implementar la red IP sobre las fibras ópticas existentes, se logra un cierre físico de los anillos de esta red IP, pero además en caso de que los tramos de fibras estén saturados, se podrá pasar parte de los enlaces SDH existentes a ser clientes también de esta red óptica.

Además al tener la red óptica trabajando y operativa con múltiples longitudes de ondas (los equipos utilizados tienen 44 lambdas), da la posibilidad de tener lambdas adicionales, para llegado el momento de aumentar la capacidad de la red solamente se tiene que habilitar un nuevo canal óptico y no es necesario instalar equipamiento nuevo.

3.2 Localización geográfica.

La provincia de Cienfuegos comprende 8 municipios, donde todos serán beneficiados con esta implementación. En cada lugar se utilizaron los centros de telecomunicaciones existen para aprovechar la infraestructura en ellos creada.

En los municipios de Cumanayagua, Palmira, Cruces, Lajas, Rodas, Abreus y Aguada de Pasajeros y la localidad de Yaguaramas se instalarán los equipos tanto ópticos como IP en un nodo principal ubicado en las cabeceras municipales. En la cabecera provincial, o sea, en el municipio de Cienfuegos se instalarán estos equipos en los dos nodos principales como se muestra en la figura 13.

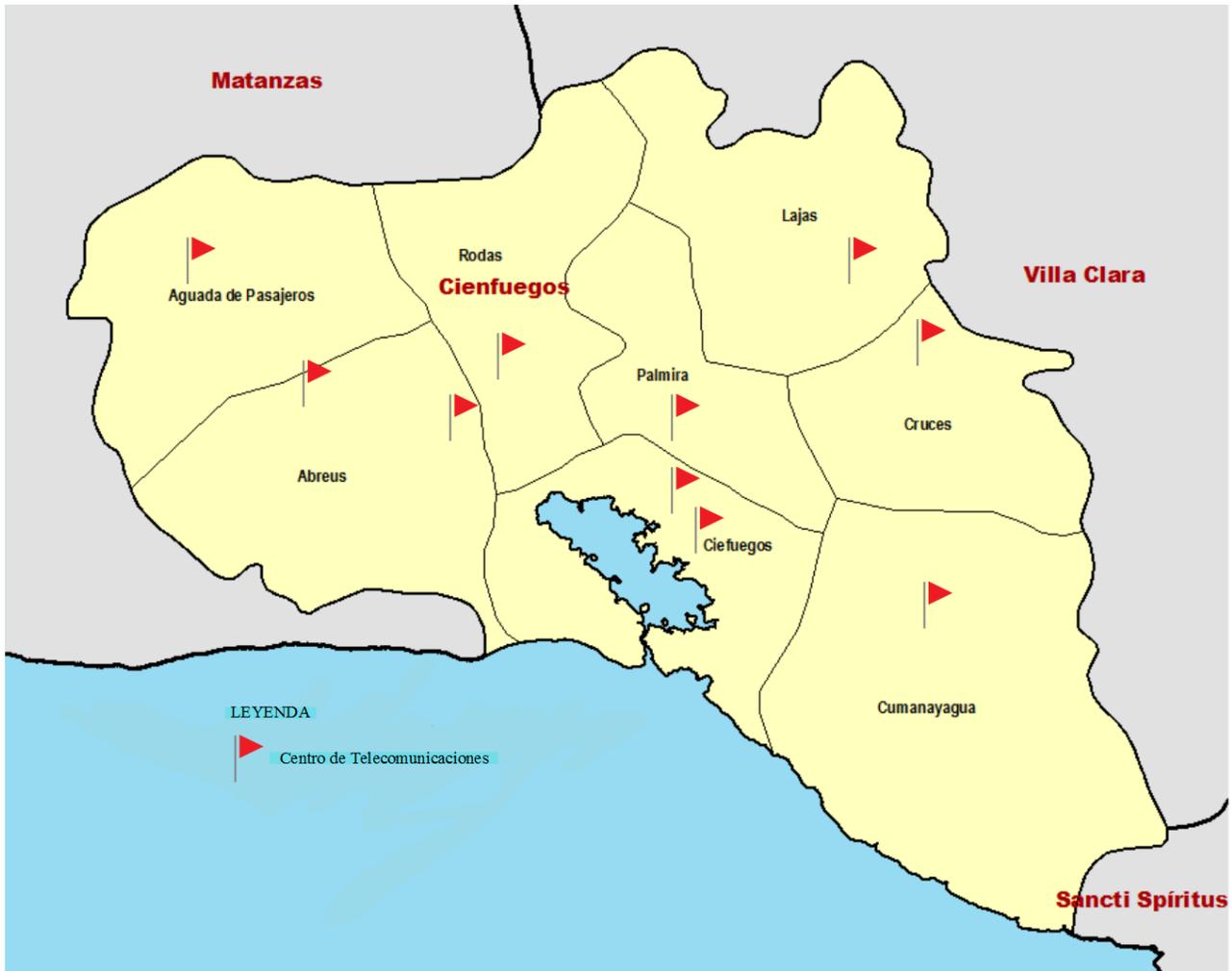


Figura 13: Localización geográfica.

3.3 Diseño de la red.

En este epígrafe detallaremos el diseño de la red tanto óptico como la red IP. Se describirán los principales equipos utilizados con sus funcionalidades principales.

3.3.1 Diseño de la red óptica.

Fueron utilizados los mismos nodos fundamentales de la red SDH existentes en la provincia, en los cuales converge la mayor cantidad de tráfico. La mayoría de los equipos van a tener una sola tarjeta 12P120. Estas son tarjetas que tienen 12 puertos, normalmente 6 puertos entrantes y 6 puertos salientes. En este diseño se utilizarán 4 puertos; un puerto entrante y uno saliente en una dirección y lo mismo en otra dirección, de forma tal que se logra enlazar el equipo IP hacia dos direcciones. Si existiese la

necesidad de aumentar la cantidad de enlaces del equipo IP que se tiene en el nodo, lo único que se tendría que hacer es habilitar la lambda por todos los equipos y en estas tarjetas 12P120 habilitar las dos interfaces en ambos sentidos, de entrada y de salida, o sea, configurar la nueva longitud de onda en los equipos.

La entrada, que es lo que se conecta con el equipo local, es un SFP que puede ser, por ejemplo, 1310 nm a 10 Gbps, que es la velocidad y el otro es la salida hacia la red DWDM que es SFP coloreado, quiere esto decir que transmite a una longitud de onda precisa de las longitudes de onda del sistema, en el caso de los SFP que se instalarán en las 12P120 además son tuneables (o sintonizables) lo que quiere decir que además desde el software de control se puede modificar la longitud de onda de trabajo de este módulo pudiendo realizarse reacomodos de la estructura óptica del sistema sin necesidad de comprar nuevos módulos permitiendo cambiar la longitud de onda específica del canal que se asigna para ese servicio. Añadiendo módulos SFP en ambas direcciones se pueden incrementar nuevas lambdas y con ello se incremente la capacidad de la red solo contratando nuevos módulos. Los costos de esto es una fracción mínima respecto a todo el equipamiento utilizado.

Topología de red DWDM

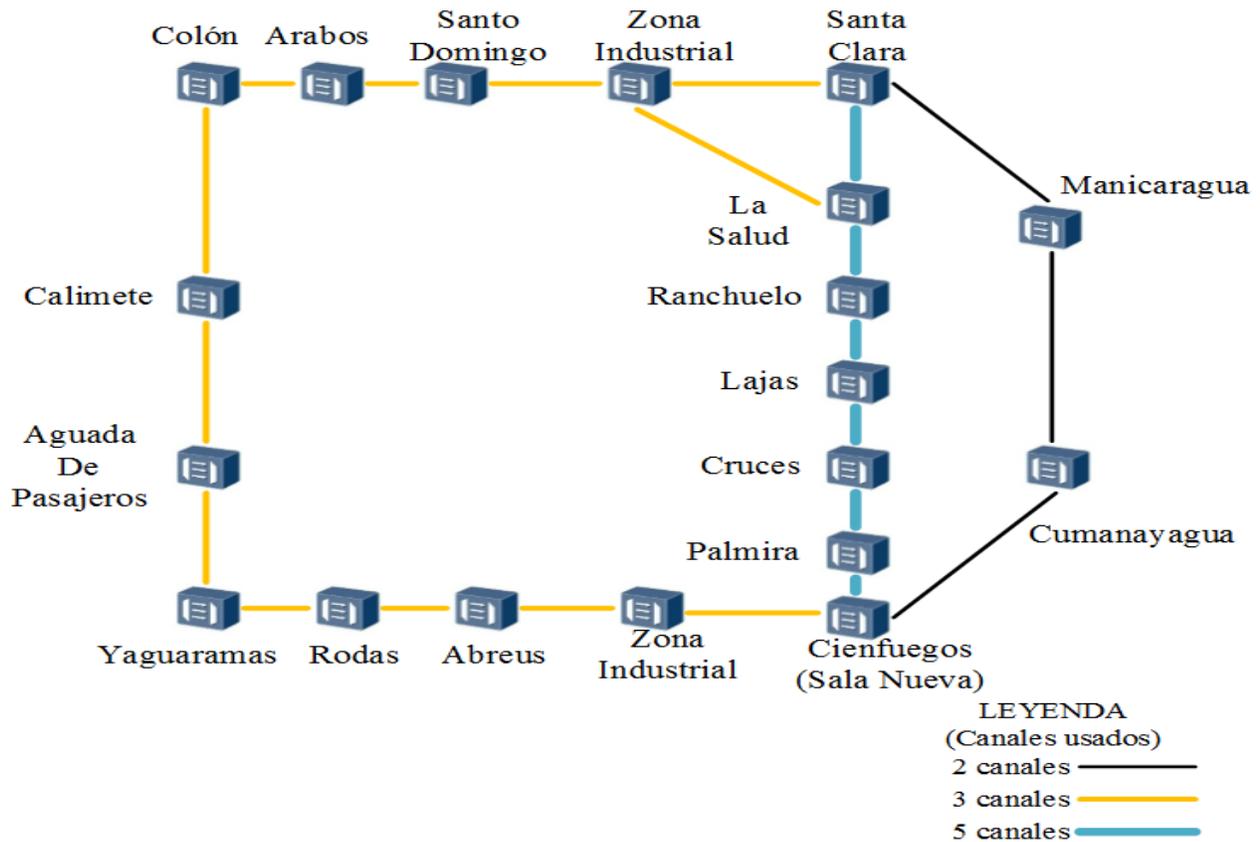


Figura 14: Topología de red DWDM.

Los equipos PSS, tienen toda la cantidad de posibilidad de tarjetas de interfaces que están recogidas en los anexos.

En el caso de la topología del equipamiento seleccionado y ya comprado para trabajar, se tiene la siguiente configuración:

- Dos tarjetas de fuentes.
- Dos tarjetas de control.
- Tres tarjetas IROADM, específicamente para el nodo de Cienfuegos, por ser el único que tiene tres direcciones ópticas.
- Dos 11DPM8
- Dos 12P120

Estas dos últimas son utilizadas para lograr separar funcionalmente los dos anillos, quedando instalada una tarjeta 11DPM8 y una 12P120 para el anillo oriental y lo mismo para el occidental.

En el resto de los nodos, la configuración es más sencilla porque solo tienen dos direcciones ópticas. Por tanto, solo contarán con dos tarjetas IROADM, y como van a pertenecer a un anillo u otro, solamente tendrán una 11DPM8 y una 12P120.

Unidad iROADM

Mediante la unidad iROADM, el 1830 PSS soporta una arquitectura óptica ROADM Metro, con capacidad de hasta cuatro vías, para señales 10G, 100G y 200G.

La unidad iROADM es una tarjeta que integra los amplificadores de línea de transmisión (*booster*) y recepción (preamplificador) y un WSS 1x4, etc. Está fundamentalmente destinado a entornos provinciales y regionales, representando una arquitectura ROADM muy eficiente en coste, poco espacio ocupado en planta y bajo consumo. Soporta redes con enlaces multivano, distancias típicas de 200Km a 500Km, y capacidades de hasta 88 canales, con mezcla de lambdas de 10G, 100G y 200G. El iROADMv emplea un amplificador de ganancia variable en la entrada, y un amplificador de ganancia fija en la salida. El amplificador de entrada tiene también la posibilidad de equipar DCM.

Tarjeta 11DPM8

La tarjeta 11DPM8 permite la agregación de hasta 8 servicios de baja velocidad sobre dos señales OTU2. Dispone de una matriz de ODUk, mediante la cual proporciona la funcionalidad ADM transparente. Esta funcionalidad consiste en la capacidad de multiplexar/demultiplexar señales de cliente de forma transparente y flexible sobre las dos señales de línea; además permite el paso transparente de los servicios entre líneas Este y Oeste, mediante conexiones a nivel de LO-ODU.

La función ADM OTN de la tarjeta 11DPM8 permite insertar/extraer señales de y hacia cualquier puerto cliente o dejar en paso entre puertos de línea, con granularidad ODU0/ODU1/ODUflex.

Estas conexiones OTN, de protocolo OTN, permiten la agregación de diversos servicios sobre una lambda de la Red DWDM, surge para eso, para aprovechar la capacidad instalada en una longitud de onda. Esto permite ir sumando clientes sobre una longitud de onda, conocido como cross-conexión.

Esta tarjeta se va a utilizar para agregar señales de bajo orden (STM-1, STM-4, STM-16, GE) provenientes de los sistemas SDH u otro equipo que necesite este tipo de señal.

Además las tarjetas 11DPM8, permiten la inserción/extracción de señales STM-N sobre una misma longitud de onda del nuevo sistema.

Estas tarjetas vendrán equipadas con módulos STM-4 y STM-16, para cortar sobre ellas las interfaces de estos tipos correspondientes a la red SDH que se requieran migrar hacia la red DWDM.

Enlaces SDH sobre red OTN (Lambda DWDM) Cienfuegos

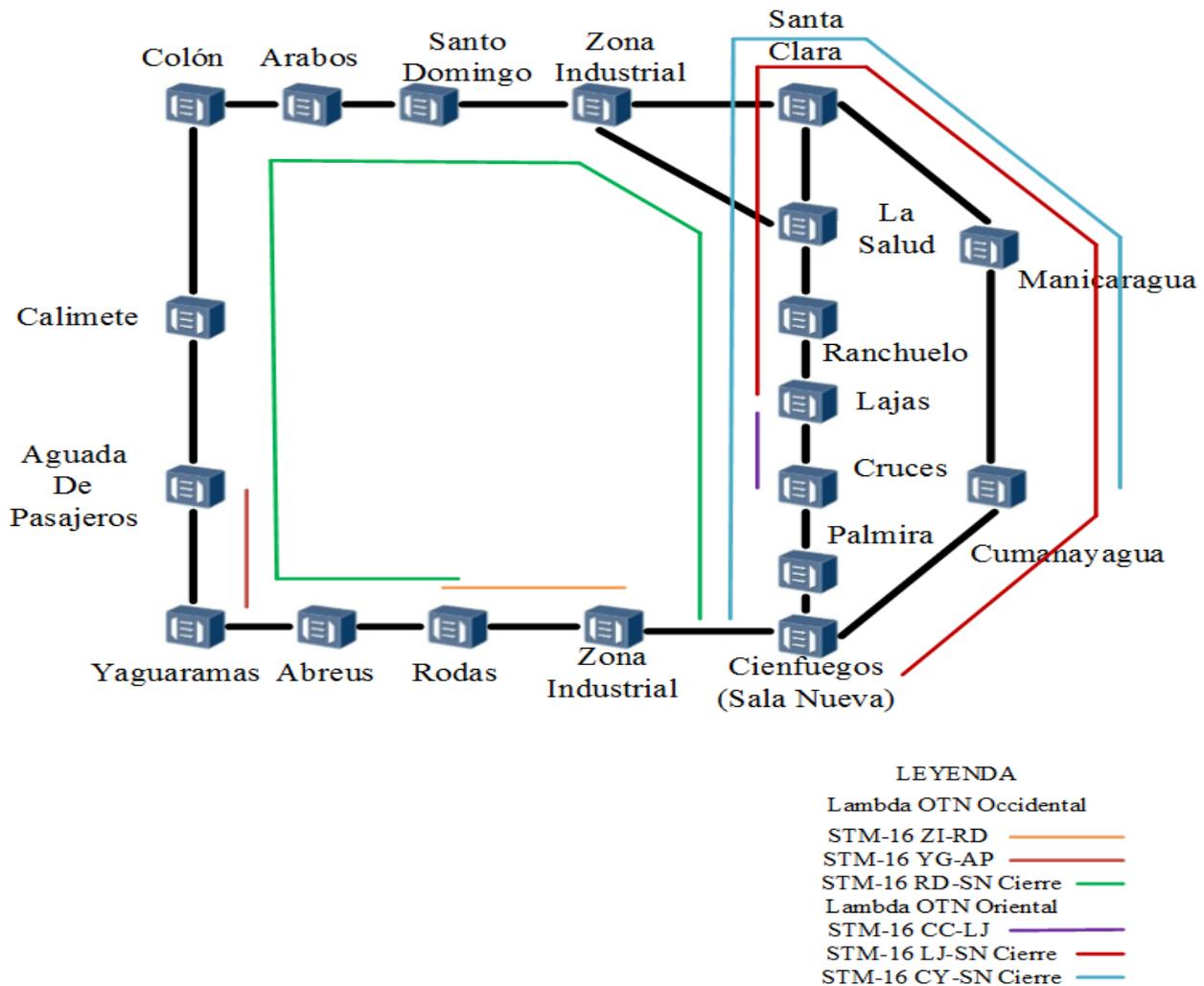


Figura 15: Enlaces SDH sobre red OTN (Lambda DWDM). Cienfuegos.

Tarjeta 12P120.

La tarjeta 12P120 dispone de 6 interfaces de línea OTU2 para operar como séxtuple Transpondedor o triple Regenerador. Posee 6 puertos SFP+ para señales de cliente hasta 10G.

En la línea son 6 puertos XFP que manejan señales OTU2/OTU2e, además incluye 6 puertos SFP eVOA para el ajuste de potencia de las señales de línea. En el sentido de la transmisión el procesador OTN mapea las señales de cliente 10G en señales OTU/OTU2e y en la recepción demapea las señales OTU2/OTU2e en señales de 10G que se entregan a los puertos de cliente.

Esta tarjeta se utilizará para la agregación de los equipos de alta capacidad.

3.3.2 Diseño de la red IP.

Para el caso de la red IP, dado que son sitios que están dentro de la propia ciudad, cuentan con conexiones de fibra suficientes entre todos estos nodos. Se añaden dos nuevos nodos, Buena Vista y La Salud, en los cuales no es necesario implementar equipamiento óptico, ya que son distancias cortas, los cables de fibras entre ellos cuentan con capacidad suficiente para absorber nuevos enlaces de 10 GB.

Estos dos nodos sirven para agregar tráfico de regiones completas de la ciudad y que no tengan que venir hacia el nodo principal saturando los enlaces de fibra.

Las instalaciones utilizadas contaban con la infraestructura requerida, con el soporte energético suficiente y con fibra entrando y saliendo.

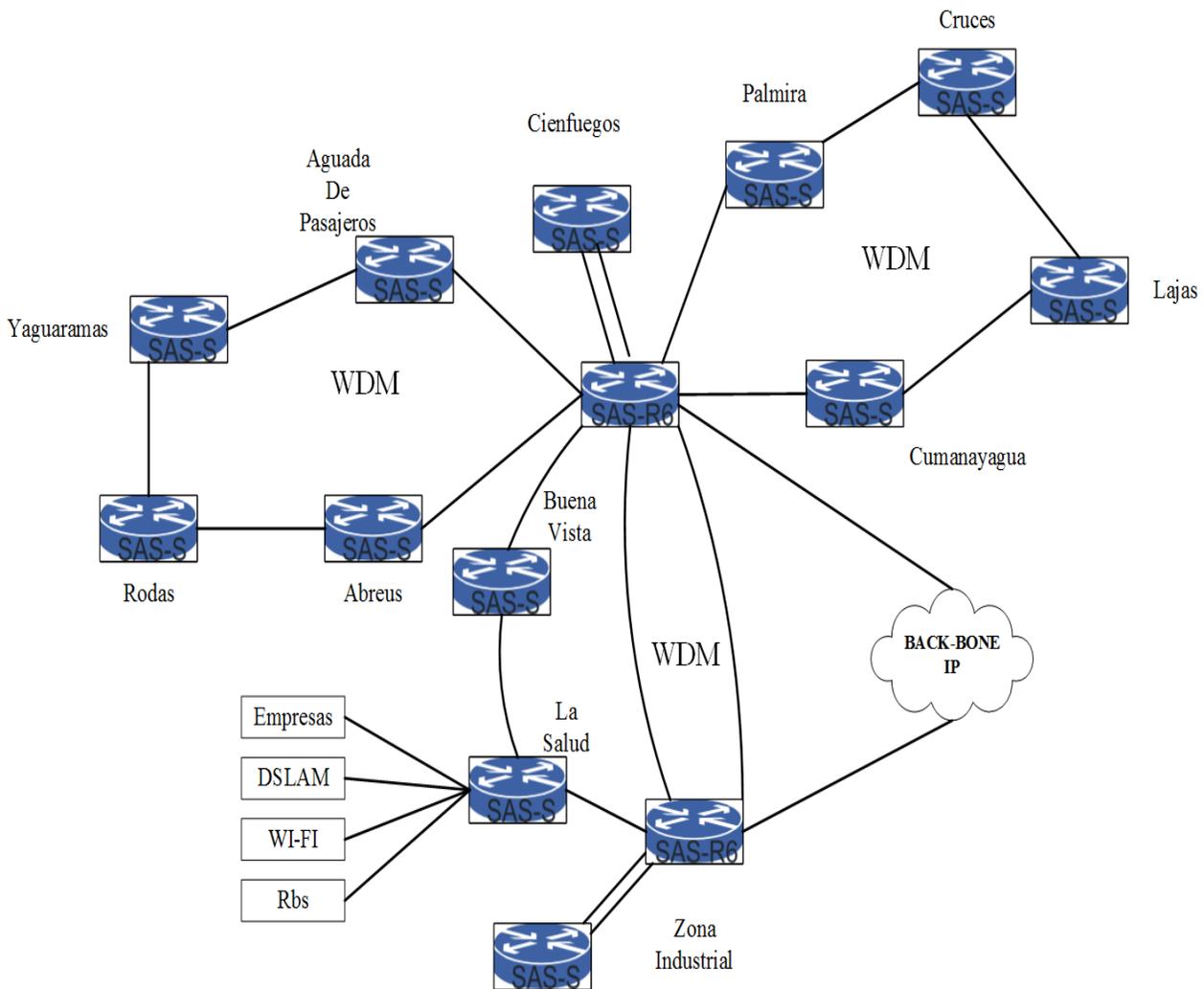


Figura 16: Red IP SAS.

En la medida en que el tráfico crezca y los cables de fibras empiecen a quedarse saturados se planificará insertar el equipo DWDM y con ello descongestionar el medio físico que es lo más caro y más complejo a la hora del trabajo se vaya requiriendo.

En la figura 16 queda reflejado la topología de la Red IP en la provincia de Cienfuegos, donde la misma cuenta con dos anillos lógicos, un primer anillo formado por Aguada de Pasajeros, Yaguaramas, Rodas, Abreu y Zona Industrial equipados con LSW tipo 7210 SAS-S y un segundo anillo formado por Lajas, Cruces, Palmira, Cumanayagua y CT-Cienfuegos equipados igualmente con equipos LSW tipo 7210 SAS-S, destacando que en la cabecera municipal CT-Cienfuegos y Zona Industrial se equipó además con LSW del modelo 7210 SAS-R6.

Los equipos 7210 SAS-R6 vendrán equipados con tarjeta controladora (1+1), redundancia de energía, así como las tarjetas con puertos de servicios, ubicando 2 tarjetas del tipo (IMM - 7210 SAS-R-b 4SFP+) en Zona Industrial, que sumarían 8 puertos de 10 GB, con 6 puertos a 10 GB ocupados y 3 tarjetas del tipo (IMM - 7210 SAS-R-b 4SFP+) en CT-Cienfuegos, que conformarían 12 puertos de 10 GB, con 10 puertos a 10 GB ocupados, por tanto quedan puertos disponibles, de reserva y además queda espacio para ampliaciones, ya que estos equipos tienen 6 slots y solamente se tienen 3 slots ocupados en CT-Cienfuegos y 2 en Zona Industrial, en el caso de estos que son el núcleo de la Red.

Los que no son el núcleo de la Red, que son los equipos de acceso como tal, los agregadores de la red, los 7210 SAS-S, tienen 48 puertos de 1 GB para todo lo que sea cliente y 4 puertos a 10 GB para los anillos y enlaces para conformar los anillos.

En estos switches primeramente se configuran sobre la capa 2, el protocolo Ethernet con sus funcionalidades VLANs y LAGs, en caso que sea necesario implementar. Con las LAGs se garantiza que los enlaces punto a punto paralelos se utilicen como si fuera un único enlace, lo cual permite un aumento considerable del ancho de banda. Las VLANs por su parte se encargarán de optimizarlos y desarrollar niveles de seguridad más altos y aislar las fallas.

Posteriormente en la capa 3 se implementa TCP-IP, configurándose entonces el protocolo de enrutamiento IS-IS, que es el protocolo que usa ETECSA en todas sus redes.

A continuación se monta la red MPLS y sobre ella se implementan los túneles VPN, sobre esta base se establecen los servicios de VPLS, los cuales admiten la conexión de múltiples sitios en un solo dominio con puente a través de una red IP/MPLS administrada.

3.4 Conclusiones del capítulo.

En este capítulo se describió en sus epígrafes la justificación de la propuesta, porque fue seleccionado el proveedor Nokia, se mostraron los lugares geográficos donde se instalarán los nodos fundamentales, finalizando con el diseño de la red.

En concreto, la idea básica es aprovechar la infraestructura de la red SDH en una buena parte del territorio, para instalar los equipos de nueva generación.

Con esta solución se puede enfrentar el crecimiento previsto de los nuevos servicios.

CONCLUSIONES.

Los procesos inversionistas desarrollados por la empresa desde 1996 han permitido contar con redes de transporte SDH con un mayor o menor grado de prestaciones, al menos en todas las cabeceras municipales.

Los procesos inversionistas por los que está atravesando la sociedad cubana, requieren la preparación de las redes de transporte para que puedan cubrir las demandas de los nuevos servicios solicitados, por tanto:

1. En este trabajo se desarrolló un estudio de las diferentes tecnologías y las tendencias de las redes de transporte, caracterizando su arquitectura, ventajas y desventajas, y los servicios que se brindan.
2. Se caracterizó la red actual de Cienfuegos, así como los equipos a utilizar en el diseño de la propuesta de red.
3. Se elaboró el diseño de la nueva red Metro Ethernet, considerando arquitectura, tecnología y disponibilidad de los recursos en la red de transporte actual.
4. La solución Metro Ethernet que se diseñó alcanza una alta disponibilidad al adoptar equipos altamente confiables, tecnologías de alta disponibilidad, diseño de red redundante y mecanismos de protección del servicio de extremo a extremo. Este diseño tiene una alta capacidad de recuperación y escalabilidad.
5. Al concluir este trabajo se ha demostrado que los diseños de Redes Metro Ethernet ocupan un espacio importante en los escenarios de redes de área metropolitana (MAN) y que por tanto es posible y necesario la migración escalonada.

RECOMENDACIONES.

1. Continuar la introducción de las nuevas tecnologías así como el proceso de evolución de las redes de transporte, necesario ya por la congestión que posee los actuales nodos, de acuerdo con el desarrollo económico-social que rige la estructura administrativa del país.
2. Capacitar al personal competente en estas nuevas tendencias tecnológicas.
3. Comenzar lo antes posible la implementación de la Red Metro Ethernet propuesta en la provincia de Cienfuegos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] R. Estepa, “Evolución histórica de las telecomunicaciones,” *Notas ARSS Recuperado Httptrajano Us Es RafaARSSapuntestema1 Pdf*, 2004.
- [2] R. Vargas and A. Gerardo, “Propuesta de red metro Ethernet T-MPLS para los nuevos servicios,” Thesis, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones, 2011.
- [3] L. D. Meléndez Venegas, “Estudio de integración de redes DWDM con las redes Metro Ethernet,” 2013.
- [4] A. G. Garza Álvarez, “Análisis comparativos de jerarquía digital síncrona con respecto a jerarquía digital plesiócrona,” 2003.
- [5] Ramón Jesús Millán Tejedor, “La tecnología de transporte SDH,” *Window NT2000 Actual N° 16 Prensa Téc. SA*, 1999.
- [6] Ramón Jesús Millán Tejedor, “Dense Wavelength Division Multiplexing,” *Windows NT/2000 Actual n° 12, Prensa Técnica S.A.*, 1999.
- [7] F. Saavedra, D. Leonelli, and Á. Lamas, “PROPAGACIÓN DE PULSOS ÓPTICOS A TRAVÉS DE AMPLIFICADORES DE FIBRA DOPADA CON ERBIO (EDFA),” *Rev. Fac. Ing.-Univ. Tarapacá*, vol. 13, no. 3, pp. 82–88, 2005.
- [8] P. Bustamante and J. Santos, “Mantenimiento de una red DWDM,” *Univ. Nac. Ing.*, 2006.
- [9] J. L. Martínez, “PRORED | ¿Qué es la dispersión cromática de la fibra óptica?,” *PRORED*, 09-Nov-2018.
- [10] J. M. Díaz, K. P. Sánchez, and S. P. Valencia, “Ethernet: Su origen, funcionamiento y rendimiento,” *Ing. Desarro.*, no. 9, pp. 22–34, 2001.
- [11] “Diseño de Redes LAN Tecnologías de conmutación. Derman Zepeda Vega. - PDF,” May 2019.
- [12] Juan Vicente Capella Hernández, “Características y configuración básica de VLANs,” *Univ. Politécnica Valencia Dep. Informática Sist. Comput.*, 2015.
- [13] “Modelo de gestión de calidad que garantice el QoS en las redes que intervienen en el transporte de IPTV,” Thesis, Universidad Católica Andrés Bello, 2007.
- [14] Mark Whalley, Dinesh Mohan, “Metro Ethernet Networks - A Technical Overview,” *Metro Ethernet Forum*, 2003 2002.
- [15] M. C. Hernández, “Propuesta de evolución de la Red de Telecomunicaciones Territorial de Cienfuegos,” Thesis, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones, 2013.
- [16] M. Gonzales, “El switch: cómo funciona y sus principales características | Redes Telemáticas,” 09-May-2019.
- [17] NOKIA, “Nokia 1830 PSS-4, PSS-8, PSS-16 and PSS-32 Platforms.” 2018.
- [18] NOKIA, “Nokia 7210 Service Access Switch-S-series satellites.” 2018.
- [19] H. Ye, Z. Song, and Q. Sun, “Device Performance Analysis of Cloud Computing Data Center Two-Layer Interconnection Model Based on MPLS/IP Core Backbone Network,” in *2014 IEEE International Conference on Data Mining Workshop*, 2014, pp. 236–242.
- [20] M. Lasserre, F. Balus, T. Morin, N. Bitar, and Y. Rekhter, “Framework for data center (DC) network virtualization,” 2014.
- [21] M. Liyanage, M. Ylianttila, and A. Gurtov, “Secure Hierarchical VPLS Architecture for Provider Provisioned Networks,” *IEEE Access*, vol. 3, pp. 967–984, 2015.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [22] Interworking Task Group of IEEE 802.1, “IEEE P802.1AX-REVTM/D4.54~Draft Standard for Local and Metropolitan Area Networks.,” Oct. 2014.
- [23] E. Rosen, A. Viswanathan, and R. Callon, “Multiprotocol Label Switching Architecture. (RFC 3031),” Jan. 2001.
- [24] D. Beller and R. Sperber, “MPLS-TP–The new technology for packet transport networks,” presented at the 2. DFN-Forum Kommunikationstechnologien, 2009.
- [25] G. Pardo and S. María, “Implementación de mecanismos de calidad de servicio con equipos Nortel,” Sep. 2009.

GLOSARIO.

ANSI: American National Standards Institute, Instituto Nacional Estadounidense de Estándares.

ATM: Asynchronous Transfer Mode, Modo de Transferencia Asíncrono.

CDC-F: Colorless, Directionless, Contentionless – FlexGrid, independiente del color, independiente de la dirección, sin contención y con una rejilla flexible.

CSMA/CD: Carrier Sensed Multiple Access with Collision Detection, Acceso Múltiple por Percepción de Portadora con Detección de Colisiones.

DCI: Data Center Interconnection, Interconexión de Centros de Datos.

DEC: Digital Equipment Corporation.

DSLAM: Digital Subscriber Line Access Multiplexer, Multiplexor Acceso Lazo Abonado Digital.

DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing, Multiplexación por división en longitudes de onda densas.

E1: 2,048 Mbps interface ITU-T G.703, Interfaces 2,048 Mbps ITU-T G.703

EDFA: Erbium-Doped Fiber Amplifier, Amplificador Dopado con Erbio.

ETECSA: Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A.

ETHERNET: Es un estándar de redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CD ("Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones"), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones. El nombre viene del concepto físico de ether. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

FEC: Forwarding Equivalence Classes, Clases de equivalencia de reenvío.

FRR: Fast Reroute. Reencaminamiento rápido.

GMPLS: Generalized Multi-Protocol Label Switching, MPLS Generalizado.

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

IETF: Internet Engineering Task Force, Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet.

INTEL: Intel Corporation.

IP: Internet Protocol, Protocolo de Internet.

ITU: International Telecommunication Union, Unión Internacional de Telecomunicaciones.

GLOSARIO

- JITTER:** Jitter, Variabilidad del retardo entre bits.
- LAG:** Link Aggregation Group, Grupo de agregación de enlace
- LAN:** Local Area Network, Red de Área Local.
- MAC:** Media Access Control, Control de Acceso al Medio.
- MAN:** Metropolitan Area Network, Red de Área Metropolitana.
- MEN:** Metro Ethernet Network, Red Metro Ethernet.
- MPLS:** Multi-Protocol Label Switching, Multiprotocolo de Conmutación Basado en Etiquetas.
- MPLS-TP:** Multiprotocol Label Switching Transport Profile, Perfil de Transporte Multiprotocolo por Conmutación por Etiquetas.
- NGN:** Next Generation Network, Redes de Nueva Generación.
- NG-SDH:** Next Generation-Synchronous Digital Hierarchy, Nueva Generación de Jerarquía Digital Sincrónica.
- OAM:** Operations, Administration and Maintenance. Operaciones, Administración y Mantenimiento.
- OTN:** Optical Transport Network, Red de Transporte Óptico.
- PDH:** Plesicronus Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Plesiócrona.
- QoS:** Quality of Service, Calidad de Servicio.
- ROADM:** Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer, Multiplexor Óptico Reconfigurable de Inserción-Extracción.
- SDH:** Synchronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Sincrónica.
- SFP:** Small Form-Factor Pluggable, Tipo de Conector de Fibra Óptica.
- SMT-x:** Synchronous Transport Module, Módulo de Transporte Síncrono, nivel – x.
- SONET:** Synchronous Optical Network, Red Óptica Síncrona.
- STM:** Synchronous Transport Module, Módulo de Transporte Síncrono.
- SWITCH:** Switch, Conmutador.
- TCO:** Total Cost of Ownership, Costo Total de Propiedad.
- TDM:** Time Division Multiplexing, Multiplexación por División de Tiempo.
- TSS:** Transport Service Switch, Conmutador de Transporte de Servicio.
- UIT-T:** ITU Telecommunication Standardization Sector,
- VLAN:** Virtual Lan, Red de Área Local.
- VLL:** Virtual Leased Line, Línea Arrendada Virtual.
- VPLS:** Virtual Private LAN Services, Servicios de LAN Privada Virtual.

GLOSARIO

VPN: Virtual Private Network, Red Virtual Privada.

WAN: Wide Area Network, Red de Área Amplia .

WDM: Wavelength Division Multiplexing, Multiplexación por División de Longitudes de Onda.

XEROX: Xerox Corporation.

ANEXOS**NOKIA 1830 PSS-16.****Technical specifications**

Overview

Specifications	1830 PSS-16
Capacity and Performance	3.2 Tb/s
Interface card slots (full/half height)	8/16
Dimensions (Height/Width/Depth)	DC version: 354.8 mm (13.9 in)/ 440 mm (17.3 in)/ 325 mm (12.7 in) AC version: 399.25 mm (15.64 in)/ 440 mm (17.3 in)/ 325 mm (12.7 in)
Weight	DC version: 10.55 kg (23.25 lb) AC version: 13.10 kg (28.87 lb)
Packet/OTN fabric Options	Distributed fabric
Controller card slots	2 protected
Network timing	SyncE (ITU-T G.8261/ G.8262/G.8264/G.781), IEEE 1588v2
Power modules	Redundant power modules
Power options	DC version: 48V DC, 110/220V AC

ANEXOS

	with external converter AC version: 48V DC, 110/220V AC
Power Requirements	Max. 2400 W (up to 240 W/slot) Typical: 1350 W
Operating Temperatura	-5 °C to +55 °C (23 °F to 131 °F)
Humidity	5% to 95% non-condensing
Multi-shelf Management	Up to 24 1830 PSS shelves per single NE, 120 shelves per cluster

Interface cards

Transponder/Muxponder

Card Id	Card Description	Half, full height	Notes
D5X500, D5X500Q, D5X500L, D5X500 Subsea	500G Muxponder	2 full slots	Configurable 100G – 500G DWDM line with up to 5 x 100G clients <ul style="list-style-type: none"> • CFP4 and QSFP28 (D5X500Q) client options • C & L (D5X500L) band options • Subsea option (D5X500 Subsea)
12P120	12 x 10G Flexible Transponder/Client	Full	Full-slot 6 x 10G transponder or 12 x 10G as programmable 10G ports
1UD200	1 x 100G/200G Line	Full	Configurable 100G/200G line rate with distributed

ANEXOS

			packet/OTN connectivity
20P200	20 x 10G Multiservice Client	Full	High-density multiservice clients with distributed packet/OTN fabric
S13X100R, S13X100E	100G Universal: transponder, muxponder, uplink, ADM	Full	10G, 40G, and 100G clients: 100 GE/OTU4, 40GE/OTU3, 10GE, OTU2, OC-192/STM-64, CFP4, QSFP28/QSFP+, SFP+ • Low latency, 100G wire speed encryption (AES-256) (S13X100E)
11DPM12	11G Dual Port Multi-rate Transponder	Full	• 2 x 10G XFP lines: OTU2 (CWDM, DWDM, B&W) • 12 x SFP clients: FE, GE, FC100/200/400, OC3/STM1 OC12/STM4 OC48/STM16, OTU1, SD-SDI, HD-SDI
11DPM8	8 x ANY Card	Full	• 8 x SFP clients: OC-3/-12/STM-1/-4, OC-48/STM-16, 10/100 base T, GE • 2 x XFP lines: OTU2 (CWDM, DWDM, B&W)
11QPA4B	4 x Any 10G Transponder	Full	• 4 x pluggable DWDM XFPs or CWDM XFPs • 10GE, OC-192/STM-64 (SONET/SDH), OTU2/OTM-0.2 [G.709] • FC800, FC1200 (ANSI INCITS 364-2003)

ANEXOS

			<ul style="list-style-type: none"> • 5G DDR IB
11QPA4B	4 x 10G Transponder	Half	<ul style="list-style-type: none"> • 4 x 10G SFP+ (OTU2/2e) network ports • 4 x 10G SFP+ 10GE client ports
S2AD200, S2AD200R, S2AD200H	200G Muxponder	Half	<ul style="list-style-type: none"> • 1 x 100G QPSK/200G 16QAM line • 2 x QSFP28 clients for 100GE, OTU4 • Regional “R” and long Haul “H” variants

Packet

Card Id	Card Description	Half, full height	Notes
11OPE8	8 x 10G Carrier Ethernet Switching Muxponder	Full	SR OS-enabled for fully managed, end-to-end packet solutions across Nokia Optical and IP/MPLS portfolios
11QCE12X	4 x 10G WDM, 12/22 x GE/FE Client Carrier Ethernet Switching Muxponder	Full	<ul style="list-style-type: none"> • SR OS-enabled for fully managed, end-to-end packet solutions across Nokia Optical and IP/MPLS portfolios • Extended temperature operation
11QPE24	4 x 10G WDM, 24 x GE/FE Client Carrier Ethernet Switching	2 full slots	SR OS-enabled for fully managed, end-to-end packet solutions across Nokia Optical and IP/MPLS portfolios

ANEXOS

	Muxponder		<ul style="list-style-type: none"> Extended temperature operation
11DPE12A	11G Dual-Port GE Mux Transponder	Full	12 pluggable client FE/GE interface and 2 CWDM/ DWDM XFPs support OTU2e and 10GE LAN
1CE100, 12CE120, 12CE121	Carrier Ethernet Switch Cards <ul style="list-style-type: none"> 1 x 100GE (1CE100) 12 x 10GE, ODU2/2e/1e (12CE120) 12 x 10GE (12CE121) 	Full	<ul style="list-style-type: none"> Up to 480 Gb/s switching capacity over a mix of Ethernet and/or OTN interfaces SR OS-enabled for fully managed, end-to-end packet solutions across Nokia Optical and IP/MPLS portfolios

Data center interconnect

Card Id	Card Description	Half, full height	Notes
11QPEN4	4 x 10G Encrypted Transponder	Full	<ul style="list-style-type: none"> 4 x XFP tunable line, 4 x XFP clients AES-256 encryption per line/client

Amplifiers

Card Id	Card Description	Half, full height	Notes
RA2P-96	Long Haul – 2 Pump Raman, no mid-stage access	Full	LH Coherent Raman 10 dB for SSMF; 14 dB for LEAF; 16 dB for TWRS
AAR-8A	Amplifier Array –	Full	CDC-F and fixed grid

ANEXOS

	8 Amps		
AA2DONWB	40ch Bi-directional amplifier	Half	<ul style="list-style-type: none"> • BA: 18dB fixed Gain, 13~23dB adjustable, +16dBm Max. • PA: 18dB fixed Gain, 13~23dB adjustable, +16dBm Max.
ASWG	Switched Gain EDFA Amplifier	Full	Selectable gain control for optimized network performance: 7 dB - 22 dB, 13 dB - 29 dB

Wavelength routing

Card Id	Card Description	Half, full height	Notes
WR20-TFM	1 x 20 Twin Flex WSS, with MPO connectors	2 full slots	Enables 20-degree node configurations. Standard 50 GHz wavelength spacing and Flexgrid with MPO connector
MCS8-16	Multicast switch 8-degree & 16 port	Full	CDC-F add/drop of 100G clients Supports up to 8 optical degrees Multicast switch supporting 8-degrees and 16 ports
MSH-FSM	Mesh fiber shuffle for 8-degrees	2U passive Module	Enables CDC-F architecture with one centralized fibering shelf Supports up to 8 optical degrees Connects the WR20-TFM and AAR-8 ^a

ANEXOS

OTDR	Optical Time Domain Reflectometry	Full	Detects fiber cut and localization to within 10 m of the failure Enables automatic Raman amplifier turn-up via integrated “wizard”
MONOTDR	OTDR Monitoring	Half	Enables OTDR monitoring on DWDM lines that don't have amplifiers with OTDR filters and angled polished connectors (APCs)
IROADMF	Integrated iROADM Short Span	Full	Single degree for 2D to 4D ROADMs Short-span FGOAM ingress amplifier, suitable for spans of up to ~50 km
iROADMV	Integrated iROADM Long Span	Full	Single degree for 2D to 4D ROADMs Long-span VGOAM ingress amplifier, suitable for spans of up to 100 km
WR8-88AF	8-degrees, 88 channels, FlexGrid	2 full slots	<ul style="list-style-type: none"> • Supports up to 8 degrees. • Integrated WaveTracker for automatic power adjustment & optical monitoring
WR20-TF	Twin 1x20 WSS Flexgrid	2 full slots	Enabling 20-degree node configurations; standard 50 GHz wavelength spacing and Flexgrid support
WTOCM-F	Flexgrid OCM card	Half	OCM solution for Flexgrid support. Supports both standard fixed grid & Flexgrid Monitors input signals

ANEXOS

			on all 4 ports via separate optical taps
iROADM9R	1x9 Integrated ROADM Card	Full	<ul style="list-style-type: none"> • Integrated ROADM, 1x9 WSS • Supports an optical degree per card, including the amplifier and WSS • Supports terminal, classic mux/demux ROADM and C-F ROADM architectures
iROADM20	1x20 integrated ROADM card	Full	<ul style="list-style-type: none"> • Integrated ROADM, 1x20 WSS • Supports an optical degree per card, including amplifier and WSS • Ideal for CDC-F applications • 96 channel capable • Integrated test signal

Other

Card Id	Card Description	Half, full height	Notes
MVAC	Multiple Variable Attenuation Card (8 ports)	Half	Inserts Wavelength Tracker OAM on alien optics Transmission
OPSA	Optical Protection Switch Card	Half	Provides 1+1 OCh, OMSP or OLP protection over DWDM lines
OPSB	Optical Protection Switch Card	Half	Provides 1+1 protection with shelf diversity
OPS-Flex	Optical Protection Switch Card	Half	Provides 1+1 protection for C-F and CDC-F configurations