**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**REDES DE COMUNICACIONES ÓPTICAS**



**TALLER #8**

**INTEGRANTES:**

* Ronaldo Almachi
* Francisco Salazar

**TEMA:** Diseño y simulación de una red SDH

**PERIÓDO:** 2021-A

Contenido

[Equipos multiplexores SDH comerciales 3](#_Toc79174951)

[Multiplexor TN1U STM-1 3](#_Toc79174952)

[Multiplexor STM-1 STM-4 SDH/MSTP, STM-16 multiservicio 4](#_Toc79174953)

[Equipos multiplexores/demultiplexores SDH comerciales 5](#_Toc79174954)

[CWDM Mux-Demux de 8 canales, 1470-1610nm, con Monitor y puerto de expansión, LC/UPC, fibra Dual, baja pérdida de inserción. 5](#_Toc79174955)

[Diseño y simulación de una Red SDH. 7](#_Toc79174956)

[Cálculo del presupuesto de enlace 7](#_Toc79174957)

# Equipos multiplexores SDH comerciales

## Multiplexor TN1U STM-1



Fig. 1. Comunicaciones - Multiplexor TN1U SDH. [1]

El Multiplexor SDH TN1U es un nodo de nivel STM-1 con capacidad integrada de transporte y acceso. Ofreciendo las ventajas propias del SDH – interoperabilidad, supervivencia y monitoreo de la calidad de funcionamiento – extiende estos beneficios hasta la interfaz al usuario mediante sincronización total hasta el nivel básico de 64 kbps, permitiendo simple extracción e inserción de canales para proveer los servicios requeridos en cada nodo de la red. [1]

Características: [1]

* Combina bajo plataforma única las funciones de interfaz óptica del agregado de línea, la multiplexación de canales y tributarias, y las interfaces de servicios al usuario.
* Proporciona un Sistema de Gestión integrado con visibilidad total de la red de nodos, con capacidad de configuración remota, incluyendo hasta el nivel de canal básico (64 kbps), minimizando tiempos y gastos de mantenimiento asociados
* Soporta arquitecturas punto a punto, lineales y anulares de extracción e inserción, y combinaciones con múltiples anillos
* Software y Firmware común soporta todas las configuraciones, simplificando la operación y mantenimiento
* Fácil crecimiento de la red adicionando nuevos servicios y/ó nodos, sin interrupción del tráfico existente
* Interoperable con elementos de redes de tecnología SDH de nivel jerárquico superior

Tabla 1. Especificaciones técnicas del Multiplexor SDH TN1U. [1]

|  |  |
| --- | --- |
| Especificaciones técnicas | Parámetros |
| Interfaz Optica (STM-1) | Conector: FCPC  Tipo de fibra: Monomodo  Longitud de onda: 1300 nm ó 1550 nm  Fuente óptica: díodo Laser  Ganancia de sistema (Monomodo)  @ 1300 nm : 28 dB  @ 1550 nm : 33 dB |
| Capacidad (STM-1) | Velocidad de transmisión: 155.52 Mb/s  Código: NRZ |
| Configuraciones soportadas | Anillos conmutados de trayecto dedicado (DPRing)  Sistemas lineales a 2 fibras  Anillos con derivaciones radiales  Anillos múltiples interconectados sincrónicamente |
| Sistema de Gestión | Basado sobre plataforma Windows, provee total gestión de red TN1U, desde cualquier elemento de red (nodo)  Visibilidad remota completa de cada nodo, con capacidad de monitoreo y configuración  Diagnóstico: motor de alarmas con registro secuencial fecha/hora  Gestión de averías y calidad de desempeño  Permite acceso simultáneo desde dos ó más nodos de la red |
| Canal de servicio orderwire | Canal de voz en banda de 64 kbps, transportado en el encabezado STM-1 |
| Alimentación | 24V, 48V, 130VCC 115V, 230VCA |
| Bajo consumo de energía | 10W equipo común (por nodo) (consumo de tarjetas de aplicación se indica en hoja técnica respectiva) |
| Datos baja velocidad | Interfaz V.24/V.28, RS232, asincrónico, para cuatro señales de 9.6 kb/s, y submúltiplos, dos de 19.2 kb/s ó una de 38.4 kb/s |
| Datos alta velocidad | Interfaces V.11/RS422, V.35, G.703, 56 kb/s ó 64 kb/s sincrónico, asincrónico |
| Datos Nx64 kb/s | Interfaz eléctrica V.35 sincrónico, N=1 a 12 Datos Nx64 kb/s: interfaz óptica para relevadores de protecciones, IEEE C37.94 |
| Interfaz E1 (PDH) | Cuatro circuitos E1 G.703 de 2.048 Mb/s (75Ω ó 120Ω |
| LAN Ethernet | Interfaz Ethernet en 10 Mb/s y 100 Mb/s, tipo "Learning Bridge", norma IEEE 802.3 |
| Interfaz FDM | Transporte de señales analógicas de banda ancha FDM (Frequency Division Multiplex), para un supergrupo de 60 canales (SG 1-10) |

## Multiplexor STM-1 STM-4 SDH/MSTP, STM-16 multiservicio

Multiplexor baudicom multiservicio SDH/MSTPEs de clase portadora, rentable, compacta (solo 3U alta), STM-1/STM-4/STM-16 SDH/MSTP que es diseñado para aplicaciones en metro y redes de acceso para facilitar el transporte eficiente del TDM tradicional y el tráfico de datos emergente para los proveedores de servicios. Es un equipo SDH compacto basado en tarjetas, diseñado principalmente como un nodo de entrada entre la red SDH central y una serie de cajas CPE remotas. [2]



Fig. 2. Multiplexor STM-1 STM-4 SDH/MSTP, STM-16 multiservicio. [2]

Características: [2]

* Admite hasta STM-1/STM-4/STM-16
* SDH/PDH/PCM integrado
* Gran Cruz-Conectar matriz capacidad es de 96\*96 de alto orden VC-4 conexión Cruz o 2016 de 2016 VC-12 o 96\*96 VC-3 nivel la conexión Cruz
* Soporte 1 + 1 MSP, protección SNCP
* Gestión de canal puede ser DCC/E1/VC12
* Modo de cierre compatible: reloj interno/reloj externo/reloj de línea/reloj de seguridad
* Servicio Ethernet compatible con encapsulación GFP, concatenación virtual VC12 y LCAS, VLAN P y VLAN 801.1Q
* E1 BER tester es integrado
* Apoyo a 110 Ethernet sobre 8 \* E1 (EoPDH o EoE) Control Remoto CPEs
* Apoyo a 756 Ethernet sobre 1 \* E1 (EoPDH o EoE) Control Remoto CPEs
* Soporta hasta 110 Ethernet MÁS DE VC-12 CPEs remotos (EoSDH o EoS)

Tabla 2. Especificaciones técnicas del Multiplexor STM-1 STM-4 SDH/MSTP, STM-16 multiservicio. [2]

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ÍNDICE | | | | Parámetro de rendimiento |
| Max | STM-1 | | | 4 agregación + 28 interfaces ópticas tributarias STM-1 |
| STM-4 | | | 4 agregación + 4 interfaces ópticas tributarias STM-4, SFP |
| STM-16 | | | 4 interfaz de agregación STM-16, SFP |
| Conector | | | | SC/PC o FC/PC o SFP |
| Especificación | | | | S-1.1... S1.2... L-1.1... L-1.2... S4.1... S4.2... L4.1... L4.2... S16.1... S16.2... L16.1... L16.2 |
| Interfaz bidireccional de fibra única que puede ser compatible opcionalmente |
| PDH interfaz | | Max E1 | | 336 E1 |
| Max E3/DS3 | | 14 E3/DS3 |
| Ethernet | | Interfaz | | 10/100Base-Tx o 100Base-Tx, cumple con IEEE 802,3 |
| Max FE/FX de interfaz | | 56 Puertos FE (soporte para tarjetas 14 FE01 o FE02) |
| La encapsulación | | Cumplir con ITU-T G.7041 (VCAT... GFP ECV) |
| GE (eléctrico/óptico) | | 14 puertos GE (14 GX01A/GX02A) |
| V.35 | | Max interfaz | | 28 V.35 interfaces (enmarcadas o sin enmarcar) DCE/DTE |
| PCM | | Max interfaz de voz | | 140 FXO/60 FXS/140 4 W/60 teléfono magnético/60 Línea Directa |
| Max interfaz asincrónica | | 224 RS-232/28 RS422/224 V.24/28 V.11 |
| Conectar la capacidad | | Enlace STM-1 | | De alto orden 20 20 VC-4s  Bajo orden 1260 de 1260 VC12s |
| Enlace STM-4 | | De alto orden 32 32 VC-4s  Bajo orden 2016 de 2016 VC-12s |
| Enlace STM-16 | | De alto orden 96 96 VC-4s  Bajo orden 2016 de 2016 VC-12s |
| DE GESTIÓN DE | | Interfaz | | 10/100 Base-T (se puede usar en cascada) |
| Seguir siguiendo interfaz | | | | Enchufe estándar RJ11 |
| Dimensión Física (H/D/W) | | | | 3U: 136, 240, 440 (mm) |
| Poder | | | Suministro de | -48 V DC/~ 110 V AC/~ 220 V AC |
| De redundancia de alimentación de apoyo |
| El consumo de | = 100 W |
| Sistema de refrigeración | Ventilador integrado |
| Medio ambiente | | | Temperatura | 0 ~ 50 |
| La humedad | = 90% (sin condensación) |
| Peso | | | | = 8 kg |

# Equipos multiplexores/demultiplexores SDH comerciales

## CWDM Mux-Demux de 8 canales, 1470-1610nm, con Monitor y puerto de expansión, LC/UPC, fibra Dual, baja pérdida de inserción.



Fig. 3. CWDM Mux-Demux de 8 canales.

GEZHI DWDM Passive Mux + Demux Duplex 8 canales con puerto gris 1310nm para transmisión de datos bidireccional a través de dos fibras. Los canales DWDM: C21, C22, C23, C24, C25, C26, C27 y 1310 / Banda WWDM: 1260-1360 nm para transceptores “grises” de 1310 nm. es totalmente neutral en cuanto a velocidad de datos o protocolo de línea: se puede utilizar con transceptores de colores que admitan aplicaciones como Ethernet 1G / 10G, SDH / SONET y Canal de fibra 8/4/2 / 1G. Es fácil de instalar, no requiere configuración ni mantenimiento.

El multiplexor de fibra dual DWDM, basado en la tecnología TFF (filtro de película delgada), permite organizar 8 flujos de datos de multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM) paralelos independientes de protocolo ITU-T G.694.1 sobre doble SMF. El equipo de canal dúplex DWDM de 8 canales se fabrica como un montaje en bastidor 1U de 19 ".

Características

* Protocolo y velocidad de datos neutrales
* Fácil instalación y expansión
* 8 flujos de datos CWDM sobre SMF doble
* Totalmente pasivo: sin fuente de alimentación ni refrigeración
* Aplicaciones
* Redes de largo recorrido
* Enrutamiento de longitud de onda
* Añadir / soltar canal
* Enlaces de fibra óptica CATV
* Sistemas densos de WDM

Tabla 3. Especificaciones técnicas del CWDM Mux-Demux de 8 canales.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Parámetro | Unidad | Mux + Demux pasivo DWDM |
| Numero de canal | -- | 8 canales |
| Operación longitud de onda | nm | C21 ~ C28 |
| Longitud de onda central del canal | nm | Cuadrícula ITU-T @DWDM |
| Banda de paso del canal | nm | 0,8 (100 Ghz) |
| Pérdida de inserción @PB | dB | <2,8 |
| Aislamiento @ canal adyacente | dB | > 30 |
| Aislamiento en canal no adyacente | dB | > 40 |
| Aislamiento @ canal reflectante | dB | > 15 |
| Ondulación de la banda de paso | dB | <0,5 |
| Pérdida dependiente de la polarización | dB | <0,15 |
| Dispersión del modo de polarización | ps | <0,1 |
| Pérdida de directividad y retorno | dB | Directividad:> 50 Pérdida de retorno:> 45 |
| Manejo de poder | mW | <500 |
| Conector | -- | LC / UPC |
| Tipo de fibra | -- | SMF-28e o personalizado |
| Temperatura de funcionamiento | ℃ | -20 ~ +70 |
| Temperatura de almacenamiento | ℃ | -40 ~ +85 |
| Paquete | mm | Montaje en rack estándar de 19 "1U |

# Diseño y simulación de una Red SDH.

Se tienen las siguientes instrucciones a realizar para el diseño y simulación de la Red SDH:

* Variar la capacidad del sistema y su alcance, el resto de los parámetros son de libre configuración
* Realizar el cálculo del presupuesto de enlace
* Realizar el análisis del diagrama de ojo, BER y OSNR para determinar la calidad del enlace.
* Variar los parámetros para obtener un máximo desempeño del sistema

## Cálculo del presupuesto de enlace

Para el criterio de las pérdidas por empalmes se toma en cuenta un rollo de 2km comercial, por ello se coloca el criterio de las pérdidas por los dos tramos de fibra.

Potencia de transmisión:

Atenuación total:

Ganancia del amplificador:

Sensibilidad del receptor:

Tabla 4. Costo de los equipos y mano de obra para la realización del sistema FSO. [3] [4] [5] [6]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Equipos | Unidad | Precio $ | Total por producto |
| Rollo De Fibra Optica Drop 2km Sm 2 Hilos Plana G.657a2 Lszh | 10 | 300 | 3000 |
| FiberCablesDirect - Cable de conexión de fibra LC LC OS2 | AnyAngle Duplex 9/125 Single mode Jumper Amarillo | 14 | 24.25 | 339.5 |
| 10dBm CATV 1550nm transmisor óptico modulación directa, 10dBm láser transmisor | 4 | 600 | 2400 |
| CWDM Mux-Demux de 8 canales, 1470-1610nm, con Monitor y puerto de expansión, LC/UPC, fibra Dual, baja pérdida de inserción | 2 | 1000 | 2000 |
| Receptor óptico Huawei EG8141A5 | 4 | 100 | 400 |
| F-EDFA-18 Erbium Doped Fiber Amplifier +18 dBm de Salida | 1 | 1500 | 1500 |
| ***Total*** |  |  | ***9639.5*** |

## Simulación realizada en OptiSystem

A picture containing text, indoor, several

Description automatically generated

Fig. 4 Esquema del enlace SDH propuesto

Diagram

Description automatically generated

Fig. 5 Transmisor del enlace SDH

Diagram

Description automatically generated

Fig. 6 Receptor del enlace SDH

A picture containing calendar

Description automatically generated

Fig. 7 Fibra óptica usada en la implementación

Diagram, schematic

Description automatically generated

Fig. 8 Multiplexación, demultiplexación y la etapa WDM Add and Drop

**Resultados de la simulación**

El valor más optimo alcanzado fue para un STM-16, es decir a una velocidad de 2.5Gbps

Chart

Description automatically generated

Fig. 9 Secuencia de datos original del transmisor 4

Chart

Description automatically generated

Fig. 10 Señal recuperada 4 en la mitad del enlace

Chart

Description automatically generated

Fig. 11 Diagrama de ojo de la señal 4

Graphical user interface, chart

Description automatically generated

Fig. 12 Secuencia de bits del transmisor 1

Chart

Description automatically generated

Fig. 13 Secuencia de bits recuperada para el transmisor 1

Chart

Description automatically generated

Fig. 14 Diagrama de ojo de la señal 1

Chart

Description automatically generated

Fig. 15 Espectro óptico de la señal transmitida

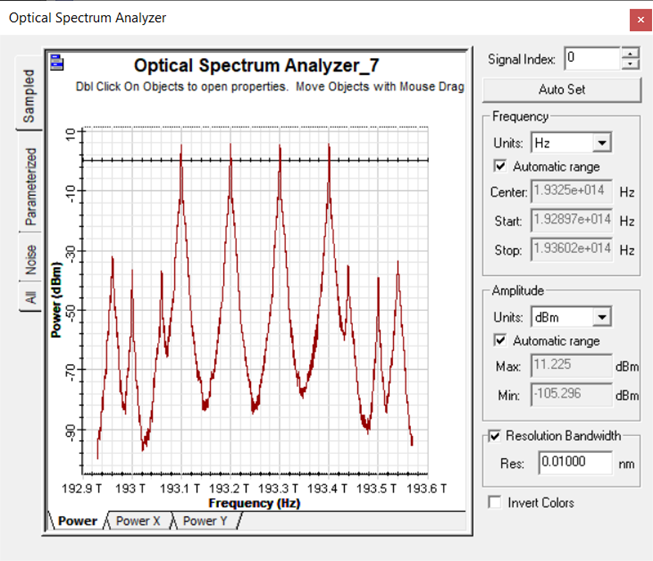


Fig. 16 Espectro óptico de la señal recuperada

Table

Description automatically generated

Fig. 17 OSNR de la señal recuperada

**Resultados para un STM-4, velocidad de 622Mbps**

Graphical user interface

Description automatically generated

Fig. 18 Secuencia de datos original y la señal recuperada del transmisor 1

Chart

Description automatically generated

Fig. 19 Diagrama de ojo de la señal 1

Graphical user interface, chart

Description automatically generated

Fig. 20 Espectro óptico de la señal recuperada

Table

Description automatically generated

Fig. 21 OSNR de señal recuperada

**Resultados para un STM-64, velocidad de 10Gbps**

Graphical user interface

Description automatically generated

Fig. 22 Secuencia de datos original y recuperada de la señal 1

Chart

Description automatically generated

Fig. 23 Diagrama de ojo para la señal 1

Chart, bar chart

Description automatically generated

Fig. 24 Espectro óptico de la señal recuperada

Table

Description automatically generated

Fig. 25 OSNR de la señal recuperada

## **Conclusiones**

* El enlace SDH realizado trabaja bien a una tasa de transmisión de 2.5 Gbps y no a 10 Gbps, esto se debe a las configuraciones realizadas en transmisión que se adaptan de manera adecuada, también de los tramos de fibra por lo cual se debe hacer un análisis para conseguir optimizar de mejor manera el sistema para que trabaje a las velocidades que trabaja de manera estándar SDH.
* Se toma en cuenta en cuenta los elemento y sus pérdidas generando un margen de 23 dBm, lo cual es muy bueno y se esperar de manera general que el margen sea menor. Se buscan los equipos que se adapten de manera adecuada a las configuraciones realizadas con lo cual se podrían implementar en el enlace, obteniendo sin contar mano de obra un total de casi $10000 lo cual es bueno ya que multiplexa cuatro señales.
* Para el sistema SDH propuesto el velocidad más óptima conseguida fue para un SMT-16, puesto que no se tiene ningún error aparente, esto se lo puede corroborar con el diagrama de ojo que es casi perfecto, además que el BER nos da un valor de 0, por lo que la transmisión de datos es ideal libre de errores, por otro lado si aumentamos la velocidad hasta un STM-16 se tiene algunos errores considerables a pesar de los resultados no son malos no se encuentran dentro de los estándares sugeridos para considerarse un buen enlace.
* El WDM Add and Drop nos ayuda substraer una longitud de onda específica, la cual en un ambiente práctico puede ser de mucha utilidad, esta no afecta a la señal multiplexada a pesar de que añade cierto ruido es casi despreciable.

## Referencias

[1] «TN1U STM-1,» [En línea]. Available: https://www.gegridsolutions.com/products/brochures/tn1u-sp.pdf.

[2] «Multiplexor STM-1 STM-4 SDH/MSTP, STM-16 multiservicio,» [En línea]. Available: https://spanish.alibaba.com/product-detail/multi-service-stm-1-stm-4-stm-16-sdh-mstp-multiplexer-60315025443.html.

[3] «10dBm CATV 1550nm transmisor óptico modulación directa, 10dBm láser transmisor,» [En línea]. Available: https://es.aliexpress.com/item/2034300976.html.

[4] «18 dBm Amplificador Óptico EDFA,» [En línea]. Available: https://thorbroadcast.com/es/producto/18-dbm-amplificador-optico-edfa.html.

[5] «FiberCablesDirect - Cable de conexión de fibra LC LC OS2 | AnyAngle Duplex 9/125 Single mode Jumper Amarillo,» [En línea]. Available: https://www.amazon.com/FiberCablesDirect-conexi%C3%B3n-AnyAngle-Duplex-Amarillo/dp/B07L534XBF/ref=sr\_1\_2\_sspa?dchild=1&keywords=LC%2BFiber%2BConnector&qid=1628302102&sr=8-2-spons&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhbGlmaWVyPUExUjlHQVA2OERBQVhOJmVuY3J5cHRlZElkPUEwNDQwOTQ.

[6] «Rollo De Fibra Optica Drop 2km Sm 2 Hilos Plana G.657a2 Lszh,» [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-432239118-rollo-de-fibra-optica-drop-2km-sm-2-hilos-plana-g657a2-lszh-\_JM#position=6&search\_layout=stack&type=item&tracking\_id=16b24e83-e2ca-4cff-b4b0-4bf260db178c.