

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Carrera

**Instalación del sistema de transmisión SDH
entre las estaciones ferroviarias del tramo
Santander-Bárcena
(Transmission system SDH deployment
between Santander and Bárcena railway
stations)**

Para acceder al Título de

INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN

Autor: Carlos Portilla Santoveña

18 – Julio – 2017

INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

CALIFICACIÓN DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

Realizado por: Carlos Portilla Santoveña

Director del PFC: Eduardo Artal Latorre

Título: “Instalación del sistema de transmisión SDH entre las estaciones ferroviarias del tramo Santander-Bárcena”

Title: “Transmission system SDH deployment between Santander and Bárcena railway stations“

Presentado a examen el día: 18 de Julio de 2017

para acceder al Título de

INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN

Composición del Tribunal:

Presidente (Apellidos, Nombre): Beatriz Aja Abelan

Secretario (Apellidos, Nombre): Eduardo Artal Latorre

Vocal (Apellidos, Nombre): Luis Francisco Diez Fernández

Este Tribunal ha resuelto otorgar la calificación de:

Fdo.: El Presidente

Fdo.: El Secretario

Fdo.: El Vocal

Fdo.: El Director del PFC
(sólo si es distinto del Secretario)

V° B° del Subdirector

Proyecto Fin de Carrera N°
(a asignar por Secretaría)

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto, no se trata únicamente de un trabajo fin de carrera, es un proyecto con que se cierra una etapa de esfuerzo, trabajo, tenacidad, constancia, superación y entrega.

Si he llegado hasta aquí, es porque muchas personas se cruzaron un día en mi camino, y de una forma directa o indirecta, me hicieron mejorar. Es imposible nombrarlas a todas, pero no quiero dejar de darles las gracias.

Agradecer a mi familia el apoyo que me demuestran cada día. No hay nada que haga más fuerte a una persona, que el saber que tienes a tu lado gente que te quiere tanto.

Y un especial agradecimiento a Silvia, quien siempre me motivó a levantarme y continuar luchando cuando me sentía agotado, gracias por brindarme tu amor y darme tu apoyo. Todo esto te lo debo a ti.

INDICE

<u>AGRADECIMIENTOS</u>	<u>3</u>
<u>INDICE</u>	<u>4</u>
<u>ANTECEDENTES</u>	<u>5</u>
<u>OBJETO DE LOS SUMINISTROS Y TRABAJOS.....</u>	<u>5</u>
<u>SOLUCIÓN ADOPTADA.....</u>	<u>6</u>
<u>REDES DE TELECOMUNICACIÓN:.....</u>	<u>7</u>
<u>EVOLUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN.....</u>	<u>10</u>
TECNOLOGÍA PCM.....	10
TECNOLOGÍA PDH	11
TECNOLOGIA SDH.....	14
TECNOLOGIA WDM	19
<u>EMPRESA ADIF.....</u>	<u>21</u>
<u>SITUACIÓN INICIAL</u>	<u>22</u>
<u>SOLUCIÓN ADOPTADA</u>	<u>43</u>
<u>PETICIONES DEL PROYECTO</u>	<u>47</u>
<u>CONCURSO DE SUMINISTRO</u>	<u>49</u>
<u>PRESUPUESTO</u>	<u>54</u>
<u>CONCLUSIONES.....</u>	<u>56</u>
<u>ANEXO I: hiT 7025 Multi-Service Provisioning Platform</u>	<u>57</u>
<u>ANEXO II: Power system Delta</u>	<u>61</u>
<u>ANEXO III: Especificación Técnica 03.366.952.4.....</u>	<u>64</u>
<u>REFERENCIAS.....</u>	<u>100</u>
NORMATIVA TÉCNICA ADIF – TELECOMUNICACIONES:	100
PÁGINAS WEB CONSULTADAS:	100

ANTECEDENTES

Durante los últimos años se ha producido una creciente demanda de servicios de tráfico de datos en todos los sectores, incluido el ferroviario. Esta situación genera nuevas exigencias para los equipos y sistemas de telecomunicaciones, ya sea de ancho de banda o de velocidades del servicio. Si a esto se suma el hecho de que en el tramo Santander-Bárcena se encuentra instalado un sistema de transmisión (sistema digital de 8 Mbps) de tecnología PDH, se puede concluir que se trata de un sistema en “phase out”.

Si ADIF como empresa encargada de suministrar los recursos necesarios en el ámbito ferroviario quiere atender la actual demanda de todos los servicios de explotación ferroviaria, será necesario aumentar la capacidad de sus sistemas, ampliando de esta manera el ancho de banda disponible. Se propone para ello la instalación de un nuevo sistema de transmisión.

Inicialmente se debe realizar un estudio de las diferentes soluciones tecnológicas disponibles en el mercado para mejorar los sistemas actuales. Por otra parte, al disponer de fibra óptica como medio portador para estos sistemas de transmisión, se puede mejorar la calidad de los servicios de voz y datos que actualmente siguen utilizando como medio el cable de cobre.

OBJETO DE LOS SUMINISTROS Y TRABAJOS

El objeto de este proyecto es diseñar y ejecutar técnica y económicamente un sistema de transmisión que permita satisfacer las necesidades actuales y a medio plazo de servicios de comunicaciones en las estaciones comprendidas dentro del tramo ferroviario Santander-Bárcena, acomodando servicios de diversos anchos de banda, tipos de interfaz y topologías.

Las estaciones donde se instalará el equipamiento son:

Santander, Muriedas, Boo, Guarnizo, Renedo, Torrelavega, Los Corrales de Buelna, Las Fraguas y Bárcena.

SOLUCIÓN ADOPTADA

La solución adoptada consiste en instalar equipamiento de tecnología SDH (jerarquía digital síncrona) de segunda jerarquía (STM-4) con un ancho de banda de 622 Mbps, cubriendo las posibles necesidades que puedan surgir en un futuro. Estos equipos utilizarán como medio de transmisión la fibra óptica disponible entre estaciones.

Los equipos SDH a instalar servirán de transporte a los bifurcadores digitales que ofrecen los canales de baja frecuencia para los servicios de explotación ferroviaria, como pueden ser los telemandos, la telefonía de CTC, los bloqueos, los datos de la red IP, etc.

Dada la naturaleza de los sistemas a portar por estos equipos y que un fallo del equipo de telecomunicaciones que da soporte a los distintos sistemas ferroviarios puede dejar sin servicio una línea de ferrocarril completa, afectando a múltiples trenes y cientos de viajeros, se debe aumentar en la medida de lo posible su fiabilidad utilizando sistemas altamente probados que eviten sorpresas durante y después de su implantación.

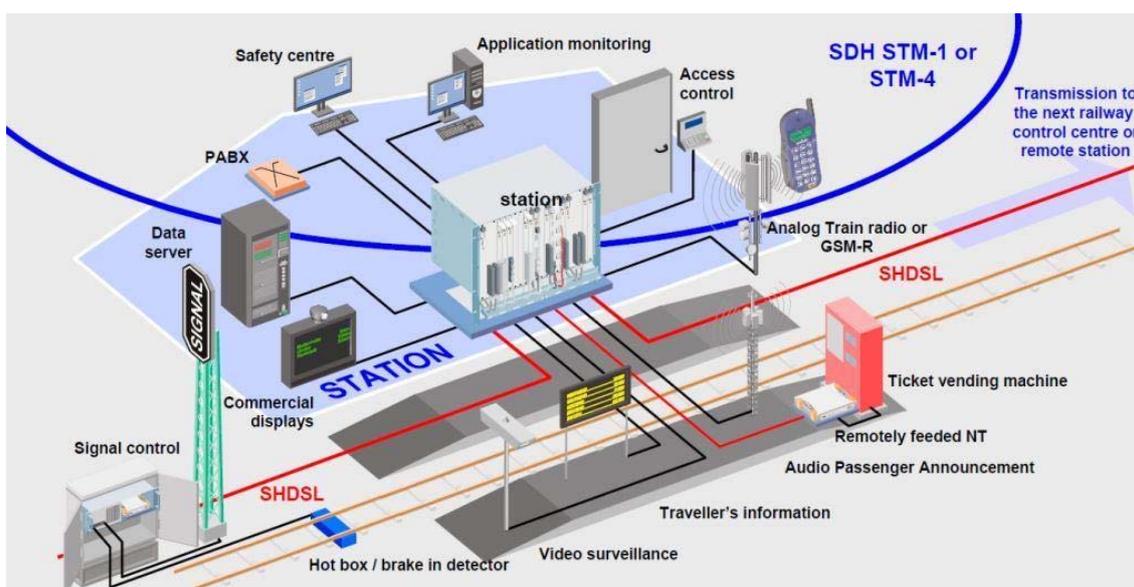


Figura 1. Instalaciones de Telecomunicaciones en una estación.

REDES DE TELECOMUNICACIÓN:

Una *Red* es un conjunto de sistemas autónomos interconectados a través de un medio de transmisión para compartir información y recursos.



Figura 2. Red de Telecomunicaciones.

Una *Red de Telecomunicaciones* consiste en una infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino, y con base en esa infraestructura se ofrecen a los usuarios los diversos servicios de telecomunicaciones.

Para recibir uno de estos servicios el usuario utiliza un *equipo terminal* a través del cual obtiene entrada a la red por medio de un canal de acceso. Cada servicio de Telecomunicaciones tiene distintas características, puede utilizar diferentes redes de transporte, y por tanto, el usuario requiere de distintos equipos terminales (para tener acceso a la red telefónica se necesita un aparato telefónico; para recibir el servicio de telefonía móvil se requiere de teléfonos móviles...).

La comunicación entre dos elementos de una red puede ser a través de diversos *medios físicos* para la transmisión real, cada uno con sus propias características en términos de ancho de banda, retardo, costo y facilidad en la instalación y mantenimiento. Los medios se agrupan en medios guiados, como el cable de cobre y la fibra óptica, y medios no guiados, como la radio y los láseres.

Al hablar de la *transmisión de datos*, un término muy importante a tener en cuenta es el sincronismo, la transmisión que se produce a través de una red de Telecomunicaciones puede ser síncrona o asíncrona.

La transmisión asíncrona tiene lugar cuando el proceso de sincronización entre emisor y receptor se realiza en cada palabra de código transmitido y el receptor no sabe con precisión cuando recibirá un mensaje. Cada carácter a ser transmitido es delimitado por un bit de información denominado de cabecera o de arranque, y uno o dos bits denominados de terminación o de parada. El bit de inicio le indica al dispositivo receptor que sigue un carácter de datos y el bit de término indica que el carácter o paquete ha sido completado.

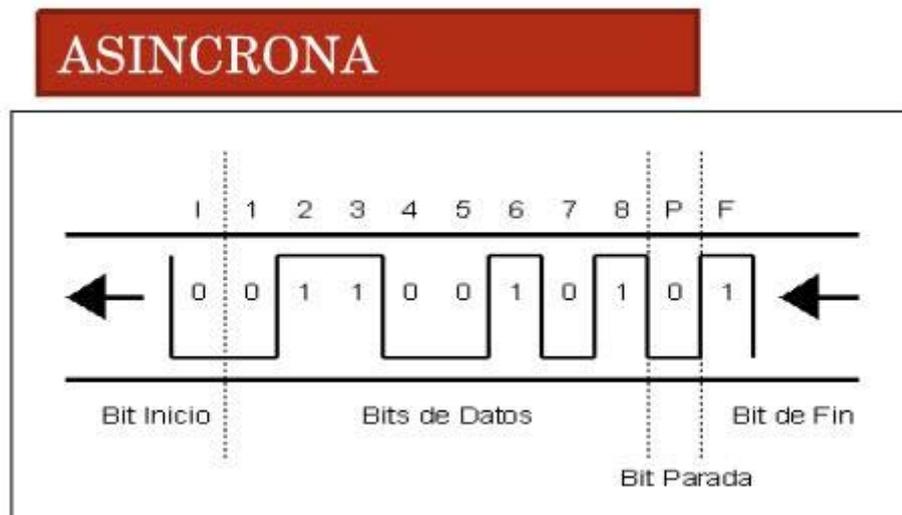


Figura 3. Transmisión asíncrona.

La transmisión síncrona es el envío de un grupo de caracteres en un flujo continuo de bits. Antes de iniciar la comunicación se debe establecer una sincronización entre ambos dispositivos (receptor y transmisor). Para lograr la sincronización, dentro de la red se proporciona una señal de reloj que se usa para establecer la velocidad de transmisión de datos e identificar los caracteres apropiados mientras éstos son transmitidos o recibidos. Antes de enviar los datos se envían un grupo de bits de sincronismo y después se termina con otro conjunto de bits de final de bloque.

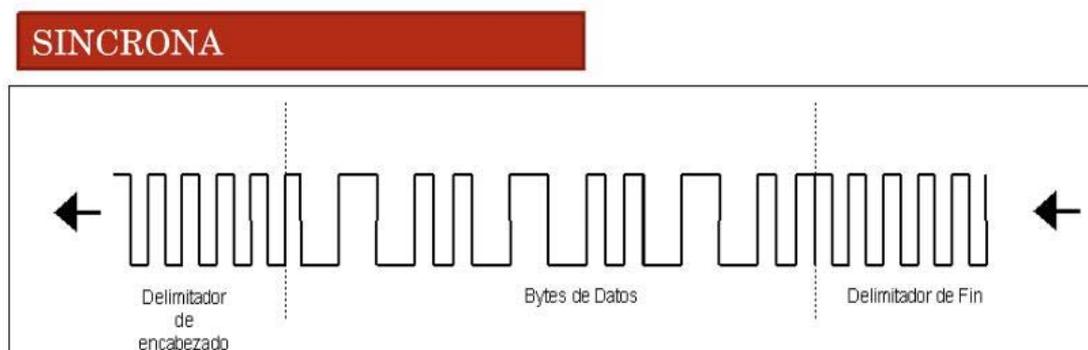


Figura 4. Transmisión síncrona.

En la actualidad se utilizan máquinas muy modernas que pueden transmitir y recibir información en forma de vídeos, imágenes, símbolos, sonidos, etc. La demanda actual de comunicación de datos es de vital importancia en el mundo de las redes de Telecomunicaciones.

EVOLUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN

Desde la introducción de la tecnología **PCM** o **MIC** (Modulación de Pulsos Codificados o Modulación por Impulsos Codificados), las redes de comunicaciones se han ido transformando gradualmente desde la tecnología analógica a la tecnología digital.

TECNOLOGÍA PCM

La modulación por impulsos codificados (MIC o PCM, siglas en inglés de Pulse Code Modulation) es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits (señal digital). Se usa en las transmisiones telefónicas y en otras aplicaciones similares.

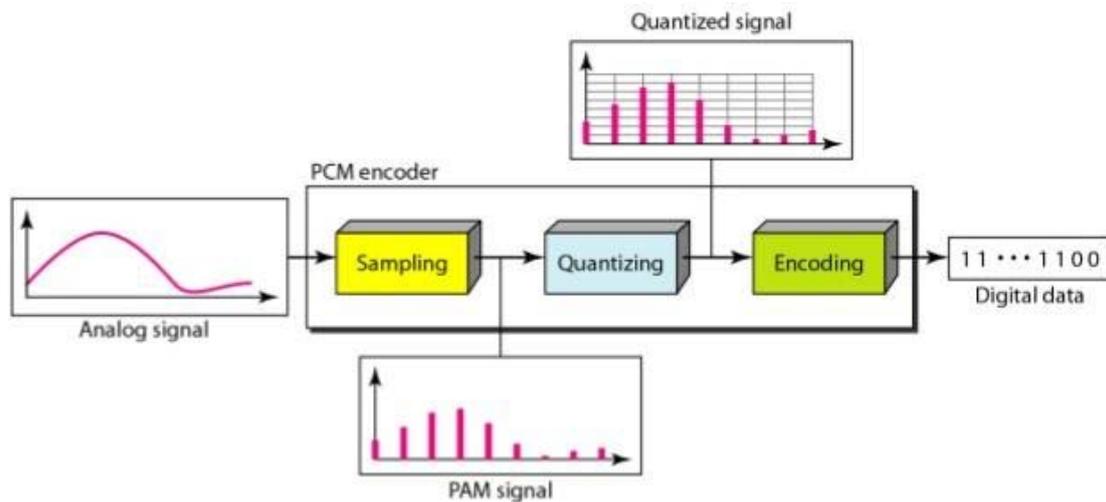


Figura 5. Diagrama de bloques de la modulación PCM

El ancho de banda de un canal telefónico es de aproximadamente 4KHz (de 300 a 3400 Hz para ser más exactos), se extiende desde 0 a 4000 Hz. Conociendo que el ancho de banda de un oído humano es de aproximadamente 20 KHz., a los fines de la transmisión telefónica, 4KHz es suficiente como para transmitir señales comprensibles que permitan reconocer la voz del interlocutor y no ocupar ancho de banda en exceso.

Para convertir esta señal analógica telefónica en un sistema PCM es necesario muestrear la señal, teniendo en cuenta el criterio de Nyquist.

Criterio de Nyquist:

Si la frecuencia más alta contenida en una señal analógica $x_a(t)$ es $F_{\max} = B$ y la señal se muestrea a una tasa $F_s > 2F_{\max} \equiv 2B$, entonces $x_a(t)$ se puede recuperar totalmente a partir de sus muestras.

Siguiendo este criterio, una señal de 4000Hz de ancho de banda se tiene que muestrear a una tasa de 8000 muestras por segundo. Cada muestra cuantificada es representada luego por 8 bits, de manera que hay un total de 256 niveles que se extienden desde los números binarios 00000000 hasta el 11111111. Como son 8000 muestras por segundo y cada muestra es representada por 8 bits, en el lapso de un segundo se transmiten $8 \times 8000 = 64000$ bits. Esto es, un canal PCM de telefonía tiene una velocidad de transmisión de 64 kbits por segundo, lo cual representa una muestra cada 125 μ seg (1 dividido 8000).

Mientras se transmita a la velocidad de 64 Kbits por segundo, se podrá reconstruir la señal original.

Se pueden agrupar varios canales PCM multiplexados para formar lo que se conoce con el nombre de trama. Este es un proceso de multiplexado por división de tiempo (TDM).

El resultado de multiplexar 30 canales en la misma trama con la información necesaria de señalización es la tasa binaria de 2.048 Kbps (2 Mbps ó E1). Ésta es la denominada tasa primaria.

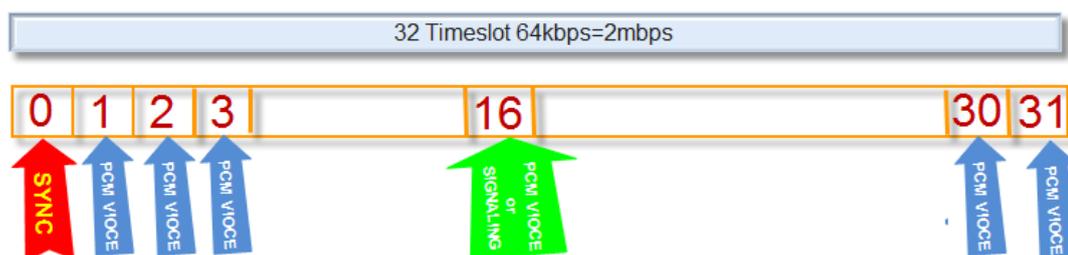


Figura 6. Trama E1.

Cada canal dentro de una trama tiene 8 bits (se llama time slot), como son 32 canales (32 time slots = 30 canales de audio + 1 canal de sincronismo + 1 canal de señalización), resulta $8 \times 32 = 256$ bits por trama E1.

Como deben mantenerse 8000 muestras por segundo pero con 256 bits, resulta $8000 \times 256 = 2048000$ bits por segundo (2 Mbits/s).

En Estados Unidos, Canadá y Japón se utiliza una tasa primaria de 1.544 Kbps (1,5 Mbps ó T1), que resulta de la combinación de 24 canales en vez de 30.

Para poder soportar la demanda de mayores velocidades binarias surgió la jerarquía **PDH** (Jerarquía Digital Plesiócrona):

TECNOLOGÍA PDH

Debido a que los sistemas de modulación PCM no fueron suficientes para transmitir una gran cantidad de información por el mismo medio de transmisión, en los años 60 surgió el primer estándar de transmisión digital, la tecnología

PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy - Jerarquía Digital Plesiócrona), que se desarrolló para su utilización en el ámbito de las telecomunicaciones, en un principio en la telefonía. Ésta permite enviar varios canales telefónicos (u otros datos) sobre un mismo medio, ya sea cable coaxial, radio o microondas, utilizando técnicas de multiplexación por división de tiempo (TDMA = acceso múltiple por división de tiempo) y equipos digitales de transmisión.

Este patrón jerárquico se desarrolló con la intención de reducir costes y aumentar las velocidades de los sistemas de transmisión de datos. Al aumentar la velocidad de transmisión apareció la limitación del ancho de banda del medio de transmisión, lo cual se solucionó con el empleo de terminales ópticas.

Los sistemas PDH procesan flujos digitales provenientes de los sistemas PCM u otros sistemas, combinándolos en un solo flujo digital de mayor velocidad, con la única condición de que los flujos digitales entrantes (tributarios) tengan la misma velocidad nominal entre sí.

La tasa de bit de transmisión mínima o primaria en PDH es la tasa primaria mencionada en la tecnología PCM, que es de 2 Mbps (E1) en Europa y 1,5 Mbps (T1) en USA y Japón. Es posible alcanzar tasas de bit superiores multiplexando dichas señales para las normas europea, norteamericana y japonesa. Las tasas de bit en cada una de las normas no coinciden, y las superiores a 140 Mbps (por ejemplo, los 565 Mbps de la norma europea), son en todas ellas propietarias, es decir, no se han estandarizado, por lo que no hay compatibilidad entre sistemas de diferentes fabricantes.

Los niveles superiores de multiplexación son (en la norma Europea): E2 (8,448 Mbits/s), E3 (34,368 Mbits/s), E4 (139,264 Mbits/s), E5 (564,992 Mbits/s).

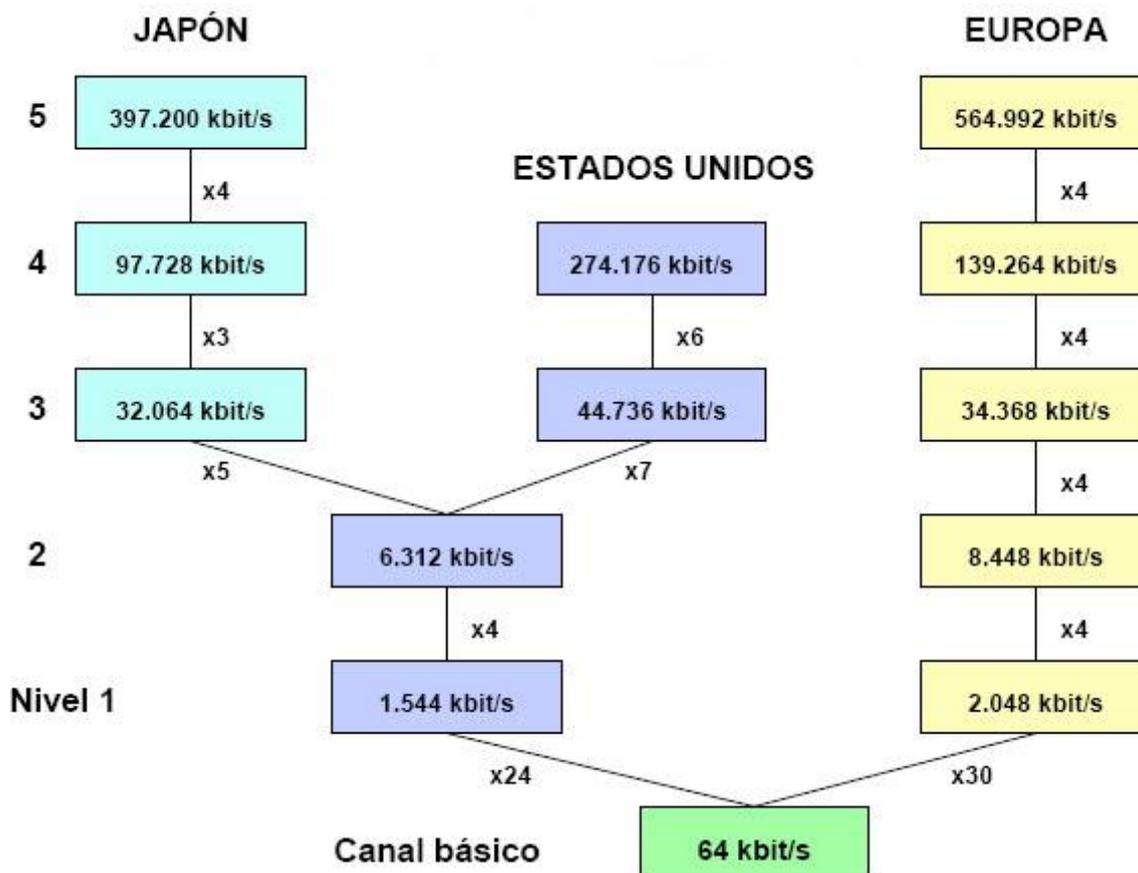


Figura 7. Velocidades de transmisión plesiócronicas en Japón, EEUU y Europa.

El método de multiplexación en PDH se basa en entrelazado de bit. La red de PDH es plesiócrons (casi síncrona), es decir, no todas las señales multiplexadas proceden de equipos que transmiten a la misma velocidad (debido a variaciones en los tiempos de propagación, falta de sincronización entre las fuentes, etc.), lo que obliga a implantar complicadas y caras técnicas de relleno consistentes en la reserva de una capacidad de transmisión superior a la requerida para eliminar la falta de sincronismo. Para ello se utilizan bits de justificación, de modo que añadiendo o quitando estos bits se pueden igualar las velocidades de las fuentes.

La reducción en el coste de los circuitos integrados y los avances en la transmisión por fibras ópticas condujeron a un explosivo incremento de los enlaces PDH con una relativa eficiencia económica.

Sin embargo, esta tecnología presentaba una serie de limitaciones e inconvenientes que pronto la situaron en un segundo plano. Algunas de las más importantes son las que se detallan a continuación:

- A pesar de incrementarse la malla de los enlaces cada día más, no se estaba conformando propiamente una red, ya que no existía flexibilidad, ni facilidad de control o de administración.
- Imposibilidad de insertar o segregar canales. Por ejemplo, para sacar una señal de 2Mbps de un flujo de 140Mbps se tendrían que instalar todos los multiplexores para bajar la señal de cuarto a primer orden (se deben demultiplexar todos los niveles uno a uno, identificando los bits de relleno hasta el nivel inferior). La baja eficiencia de este proceso suponía el uso de un elevado número de equipos, una baja flexibilidad en la asignación del ancho de banda y una mayor lentitud en el procesamiento de las señales por parte de los equipos.
- Poca información de gestión y de monitorización de calidad que podía transportarse en las tramas. Este hecho dificultaba la supervisión, control y explotación centralizada del sistema.
- La tecnología PDH no podía utilizar ni aprovechar avances tales como los nuevos sistemas de hardware y software.
- Tecnología diseñada básicamente para enlaces punto a punto y no adecuada para su funcionamiento en red.
- Falta de mecanismos eficaces para la protección de secciones de la red.
- Falta de flexibilidad para poder reencaminar el tráfico en caso de fallo.

Con el objetivo de subsanar estos inconvenientes inherentes a los sistemas PDH, en los años 80 apareció la jerarquía **SDH** (Synchronous Digital Hierarchy).

TECNOLOGIA SDH

Todas las carencias presentadas por PDH propiciaron la definición entre 1988 y 1992 de un nuevo estándar mundial para la transmisión digital denominado SDH (Synchronous Digital Hierarchy), JDS (Jerarquía Digital Síncrona) en Europa y SONET (Synchronous Optical Network) en Norte América.

SDH es un estándar para redes de telecomunicaciones de “alta velocidad y alta capacidad”, definido por el Sector de Estandarización de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T) para su uso en todo el mundo y compatible en parte con SONET.

El principal objetivo en la definición de SDH era la adopción de una verdadera norma mundial que posibilitara una compatibilidad máxima entre diferentes suministradores y operadoras. Este estándar especifica velocidades de transmisión, formato de las señales (tramas de 125 microsegundos), estructura de multiplexación, codificación de línea, parámetros ópticos..., así como normas de funcionamiento de los equipos y de gestión de red.

SDH dotará a la red de una mayor flexibilidad, un mejor aprovechamiento del ancho de banda potencial de la fibra óptica y una mayor capacidad de monitorización de la calidad y gestión centralizada.

En resumen, es un sistema de transporte digital realizado para proveer una infraestructura de redes de telecomunicaciones más simple, económica y flexible.

Desde 1988 la ITU-T ha ido modificando las recomendaciones sobre SDH que contienen la forma de armado de tramas: Recomendaciones ITU-T G.707/Y.1322, G.708 y G.709/Y.1331.

Las recomendaciones de la ITU-T definen una tasa de transmisión básica dentro de SDH. El primero de estos valores es 155 Mbps, normalmente conocido como STM-1 (donde STM se interpreta como Modulo de Transporte Síncrono "Synchronous Transport Module"). En la actualidad se encuentran normalizados los valores de: STM-4 (622 Mbps), STM-16 (2,5 Gbps), STM-64 (10 Gbps) y STM-256 (40 Gbps); múltiplos enteros de 155 Mbps en una secuencia de $n \times 4$, y obtenidos mediante el entrelazado de bytes de varias señales STM-1.

SDH trabaja con una estructura o trama básica denominada STM-1, que tiene una duración de 125 microsegundos (se repite 8.000 veces por segundo) y se corresponde con una matriz de 9 filas y 270 columnas cuyos elementos son octetos de 8 bits; por consiguiente, la trama tiene una velocidad binaria de $(9 \times (270 \times 8)) \times 8.000 = 155,520$ Kbps. La transmisión se realiza fila por fila, empezando por el byte en la esquina superior izquierda y terminando en el byte en la esquina inferior derecha.

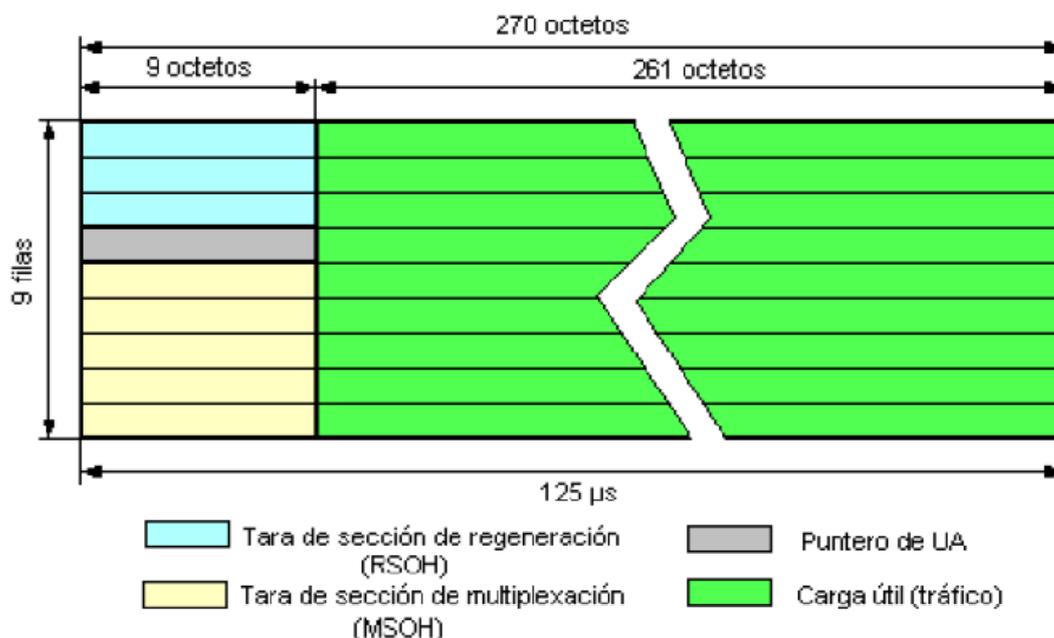


Figura 8. Estructura de la trama STM-1.

Las transmisiones SDH son como tuberías que portan tráfico en forma de paquetes de información. Estos paquetes son señales digitales (denominadas señales de jerarquía inferior o señales tributarias) que pueden ser de aplicaciones de E1, PDH, ATM o IP entre otras. El papel de SDH es gestionar la transmisión eficiente a través de la red óptica (la fibra óptica se utiliza como mero sistema de transmisión, puesto que las funciones de amplificación, encaminamiento, extracción e inserción de señales se realizan en el dominio eléctrico) con mecanismos internos de protección y evitando problemas de sincronización.

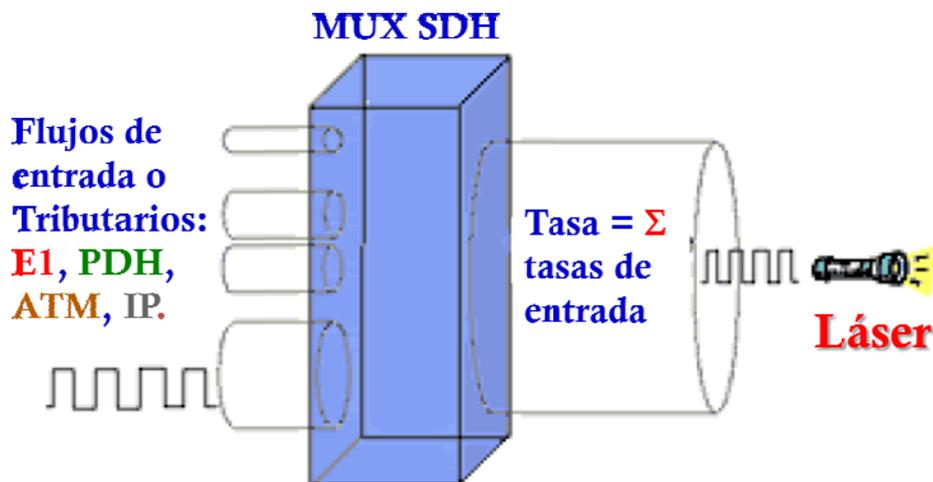


Figura 9. Representación de una transmisión SDH.

Se incluyen varios mecanismos automáticos de protección y recuperación ante posibles fallos del sistema para que un problema en un enlace o en un elemento de la red no provoque el colapso de toda ella.

La flexibilidad en el transporte de diferentes señales digitales permite la provisión de todo tipo de servicios sobre una única red SDH: servicio de telefonía, provisión de redes alquiladas a usuarios privados, creación de redes MAN y WAN, servicio de videoconferencia, distribución de televisión por cable...

Como indican sus siglas, un sistema SDH es síncrono, esto quiere decir que todos los elementos de una red SDH utilizan como referencia solamente un reloj. La señal de reloj puede ser transmitida por un tributario de 2.048 Mbps o por la misma señal SDH para las centrales a sincronizar.

En la señal misma del SDH están incrustados canales de datos que están disponibles en todos los elementos de la red SDH. Estos permiten la operación

y mantenimiento de la red, el control centralizado y ajuste de sus elementos y el uso de sistemas de gestión para los circuitos de protección.

A pesar de las obvias ventajas sobre PDH, SDH tendría pocas probabilidades de ganar aceptación si esto provocara que todo el equipo PDH existente se tomara como obsoleto. Todas las señales Plesiócronas entre 1.5 Mbps y 140 Mbps pueden acomodarse con las formas en las que se pueden combinar para formar una señal STM-1 (en un mismo sistema se pueden llevar señales de los sistemas PDH, como lo son la señal con norma Americana de 1.544Mbps y la señal con norma Europea de 2.048Mbps). Esto hace que sea mucho más fácil extraer o insertar canales de menor velocidad en las señales compuestas SDH de alta velocidad, ya que en la jerarquía SDH todos los canales están perfectamente identificados por medio de una especie de "etiquetas" que hacen posible conocer exactamente la posición de los canales individuales.

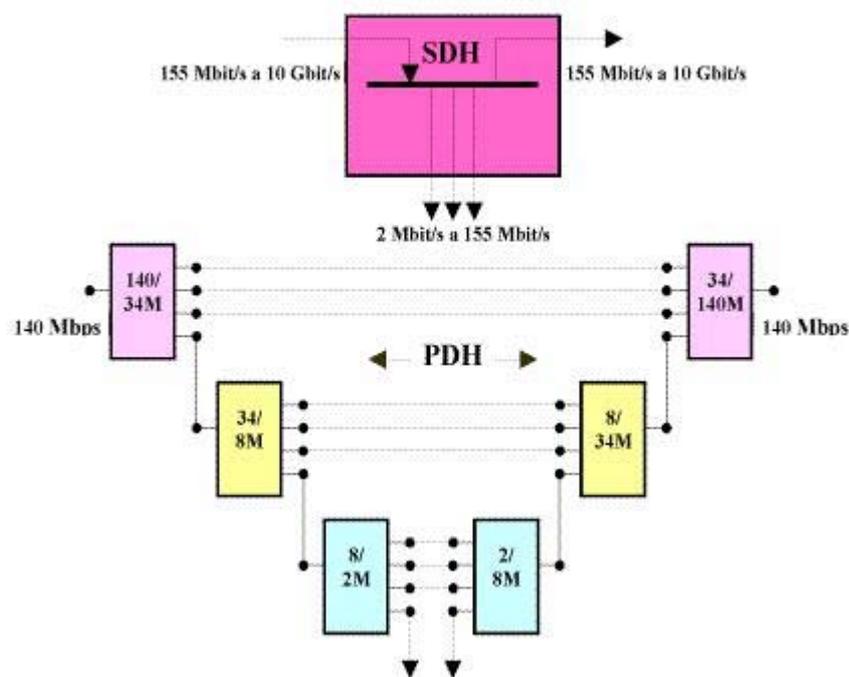


Figura 10. Acceso al tráfico en PDH frente a SDH.

Las redes SDH están construidas básicamente a partir de cuatro tipos distintos de equipos o elementos de red: regeneradores (IR), multiplexores terminales (TM), multiplexores de inserción y extracción (ADM), y distribuidores multiplexores (DXC). Estos equipos pueden soportar una gran variedad de configuraciones en la red, incluso un mismo equipo puede funcionar indistintamente en diversos modos dependiendo de la funcionalidad requerida en el nodo donde se ubica.

La topología de una red SDH vendrá determinada por los requerimientos de flexibilidad y fiabilidad, utilizando frecuentemente topologías en anillo constituidas por ADMs unidos por 2 o 4 fibras ópticas. Los anillos permiten conseguir redes muy flexibles, pueden extraer señales tributarias del tráfico agregado en cualquiera de los nodos que conforman el anillo y si un enlace se pierde hay un camino alternativo por el otro lado del anillo.

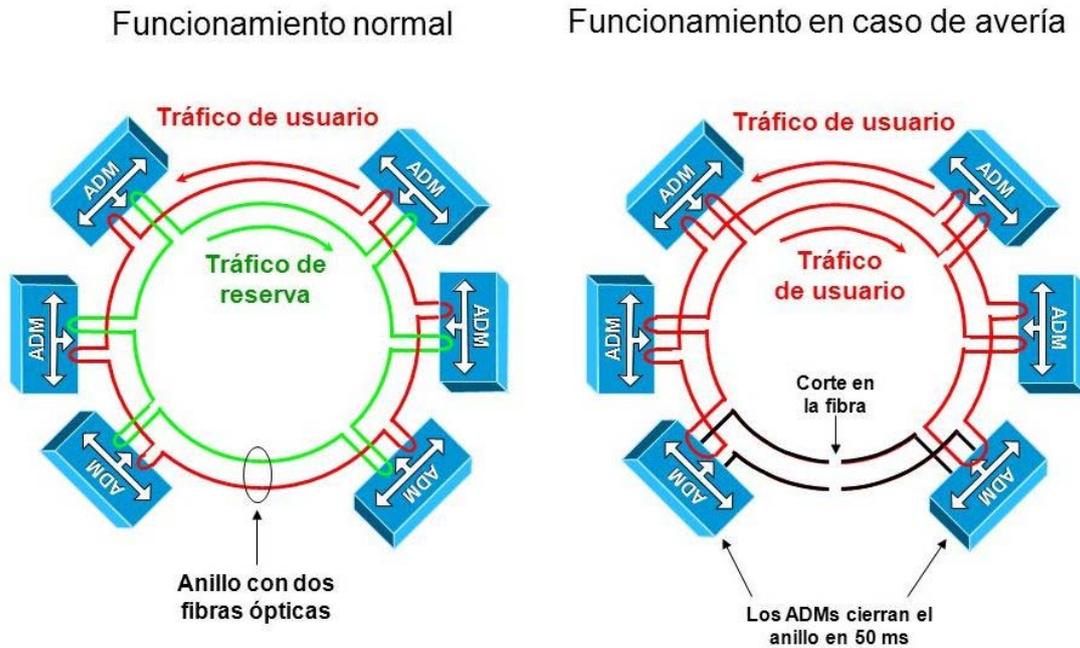


Figura 11. Recuperación de averías en anillos SDH.

Los equipos multiplexores con funciones de inserción y extracción o ADMs (Add and Drop Multiplexers) se encargan de extraer o insertar señales tributarias plesiócronicas o síncronas de cualquiera de las dos señales agregadas STM-N que recibe (una en cada sentido de transmisión), así como de dejar paso a aquellas que se desee.

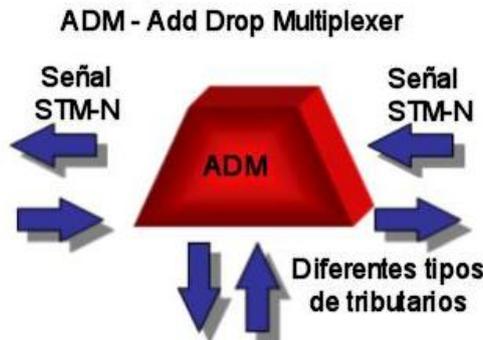


Figura 12. ADM.

En definitiva, SDH es una tecnología más versátil y proporciona soluciones más económicas con gastos en equipamiento menores que la tecnología PDH.

Además, se trata de redes muy confiables y con gran posibilidad de ampliación a futuro.

TECNOLOGIA WDM

WDM (Wavelength Division Multiplexing - multiplexación por división de longitud de onda) es una tecnología de telecomunicaciones que transporta varias señales sobre una única fibra óptica, empleando para cada señal una longitud de onda (portadora) diferente.

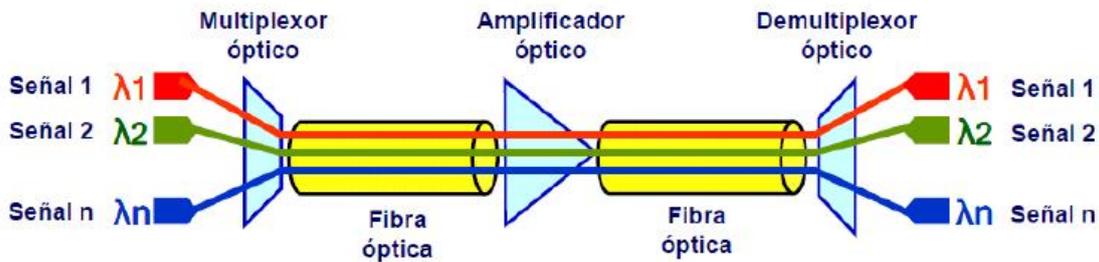


Figura 13.WDM.

Cuando la capacidad de transmisión en un enlace óptico no puede ser cubierta por sistemas basados en TDM, la solución es introducir sistemas WDM de modo que varios equipos basados en TDM puedan compartir una única fibra óptica por sentido de transmisión, es decir, las tecnologías TDM y WDM son complementarias.

WDM puede ser de dos tipos: CWDM y DWDM

Densa (DWDM, 'Dense' WDM): Muchas longitudes de onda (a partir de 16 portadoras o canales) y larga distancia.

Ligera (CWDM 'Coarse' WDM): Pocas longitudes de onda y entornos metropolitanos.

Las DWDM utilizan componentes ópticos más complejos, de mayores distancias de transmisión y más caros que CWDM.

Actualmente se trata de una tecnología que ofrece la posibilidad de transportar hasta 160 canales de 10 Gbps sobre una única fibra óptica. Son típicos valores de 16 o 32 longitudes de onda por fibra, pudiendo llegar hasta las 128 o 256 longitudes por fibra en el caso de los enlaces submarinos.

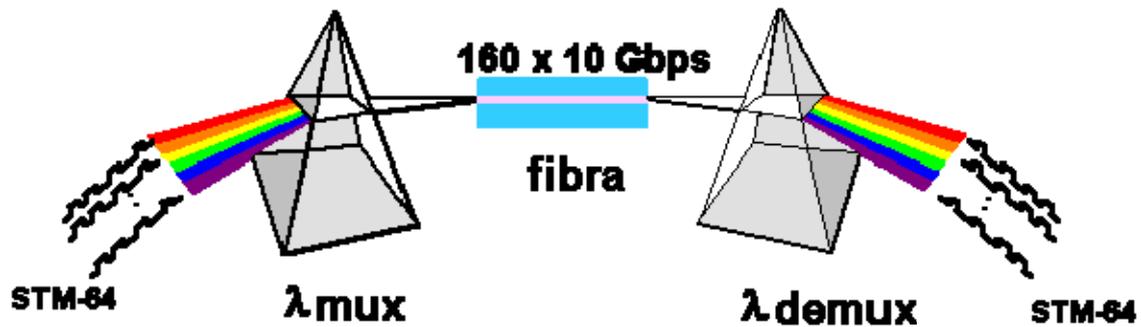


Figura 14. Concepto de multiplexación por división en longitud de onda.

Las redes de transporte evolucionan usando la tecnología WDM (utilizada estrictamente para incrementar la capacidad de la fibra óptica). A partir de las redes ATM y SDH, basadas en la multiplexación en el tiempo, esta nueva tecnología utiliza una red fotónica basada en la multiplexación en frecuencia óptica; realizando no sólo el transporte, sino también la multiplexación, encaminamiento, supervisión y protección en la capa óptica.

Las ventajas de una red totalmente óptica son, entre otras, menor complejidad, mayor transparencia respecto a las señales transportadas y mayor ancho de banda y de distancias de transmisión. Sin embargo, presenta un inconveniente a considerar, los componentes ópticos requeridos (láseres, fibras...) son caros y elevan el coste asociado a esta solución tecnológica.

EMPRESA ADIF

Adif, Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, es una entidad pública empresarial dependiente del Ministerio de Fomento. Adif ejerce un papel principal como dinamizador del sector ferroviario, haciendo del ferrocarril el medio de transporte por excelencia y facilitando el acceso a la infraestructura en condiciones de igualdad.



Figura 15. Logotipo ADIF.

Su objetivo principal es potenciar el transporte ferroviario español mediante el desarrollo y la gestión de un sistema de infraestructuras seguro, eficiente, sostenible desde el punto de vista medioambiental, y con altos estándares de calidad.

El transporte ferroviario, por sus múltiples actividades y su complejidad operativa y de gestión, necesita intercambiar un gran volumen de información. Esto unido a la dispersión de sus diferentes centros de trabajo hace necesario disponer de servicios de telecomunicación diferenciados en telefonía de gestión, de datos y de explotación: telefonía de control de tráfico, telemandos, señalización, megafonía...Estos servicios con sus diferentes sistemas de gestión y control se integran en una red exclusiva de telecomunicaciones.

Adif mantiene una red de fibra óptica de las más importantes de España, con una longitud de 13.575 km. y equipos altamente cualificados cuyas bases operativas se encuentran estratégicamente ubicadas en el territorio para dar servicio a los principales operadores de telefonía del país. Sobre esta red de fibra óptica se está desplegando una red de transmisión digital para dar respuesta a todas las necesidades de telecomunicaciones de Adif e incrementar con ella la fiabilidad en el transporte ferroviario.

SITUACIÓN INICIAL

En Adif se han instalado progresivamente redes digitales de alta capacidad que permiten satisfacer tanto las necesidades de voz como de datos e imágenes para los distintos servicios demandados, y se han desarrollado sistemas con arquitectura en anillo que hacen posible soportar redes IP Multiservicio.

La base de Infraestructura de Adif en Santander se encuentra dentro del Anillo 2 de la Red Troncal, tal como aparece en la Figura 19, y tiene como función principal la administración de la línea de red convencional Santander-Palencia, integrada en la Jefatura de Mantenimiento de Valladolid.

En el año 2013 en Santander existían 3 enlaces troncales STM-4 con equipos Siemens:

- Santander-Bilbao
- Santander-Arriondas
- Santander-Reinosa

La red troncal entre el año 2015 y principios del 2016 se ha mejorado aumentando su capacidad, para esto se han sustituido los equipos Siemens por equipos Coriant Hit 7065 SMA 4/16 (Modular Add-/Drop-Multiplexer), ampliando los 3 enlaces a STM-16 y consiguiendo un aumento considerable en su capacidad.



Figura 16. Equipo Siemens de Santander (actualmente sustituido).

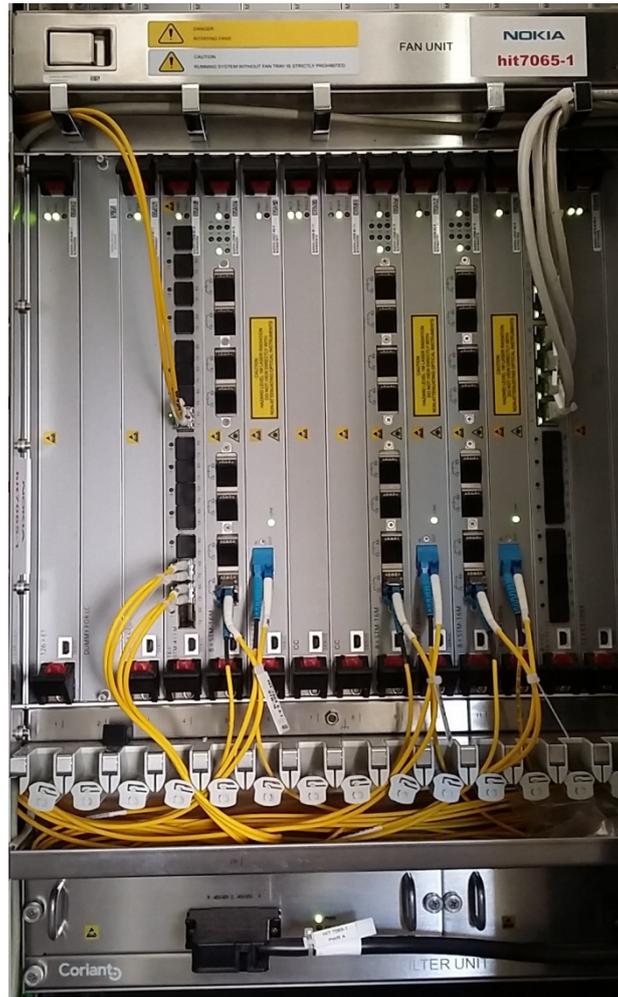


Figura 17. Equipo Hit 7065 Coriant de Santander.

Alcanzando un mayor nivel de detalle a través de la Red de Acceso (ver Figura 20), se observa la existencia de equipos de transmisión STM-1 de Marconi (línea verde fina) en todas las estaciones del tramo Santander-Palencia, a excepción del tramo Santander-Bárcena (línea verde fina discontinua) en el que únicamente se instalaron en los dos extremos para que hicieran de punto de interconexión con el resto de la red y poder cerrar anillos. Se decidió mantener este tramo con los equipos Alcatel existentes por considerarlos suficientes para cubrir con las necesidades existentes. Esta instalación se ha mantenido durante varios años, pero la problemática asociada a la misma (falta de personal conocedor del sistema, recambios, inexistencia de soporte tanto Adif como de la propia casa comercial Alcatel...) ha puesto de manifiesto la necesidad de modernización de este sistema.



Figura 18. Equipo SDH + PDH Nokia Marconi STM-1 (equipos existentes en la línea verde fina de la Figura 20).

RED DE ACCESO. EQUIPAMIENTO EN SERVICIO 10-2013

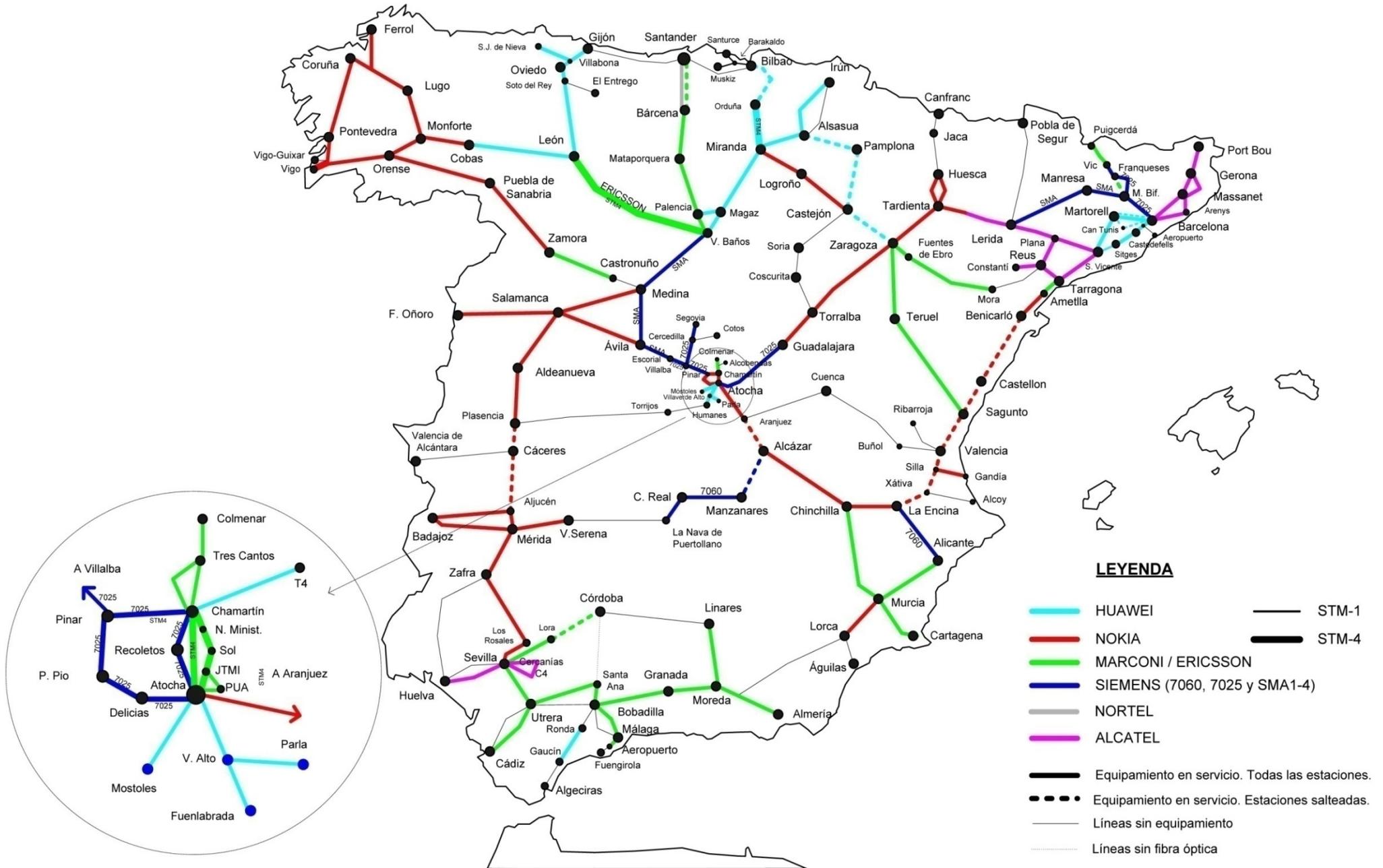


Figura 20. Red de acceso.

Todos los sistemas de transmisión tanto de la red troncal como de la red de acceso se despliegan sobre una red de Fibra Óptica propiedad de ADIF, representada en la Figura 23.

Fijando la atención en el trayecto que interesa para el ámbito del proyecto, actualmente están instalados dos cables de Fibra Óptica:

- Cable de 64 FO entre Santander y Palencia.
- Cable de 12 FO entre Santander y Bárcena.

El primer cable se terminó de tender y entró en funcionamiento en su totalidad a finales del año 2009. Se utiliza para cerrar el anillo de equipos Marconi instalados.

El segundo cable es mucho más antiguo y su estado es bastante deficiente. Actualmente en este cable sólo se mantienen 4 fibras en servicio por estar el resto dañadas en varios puntos y no cumplir con unos valores mínimos en cuanto a calidad de la transmisión.

A lo largo de los años se han ido trasladando los servicios que llevaba este cable, principalmente servicio de operadores, quedando únicamente los propios de Adif.

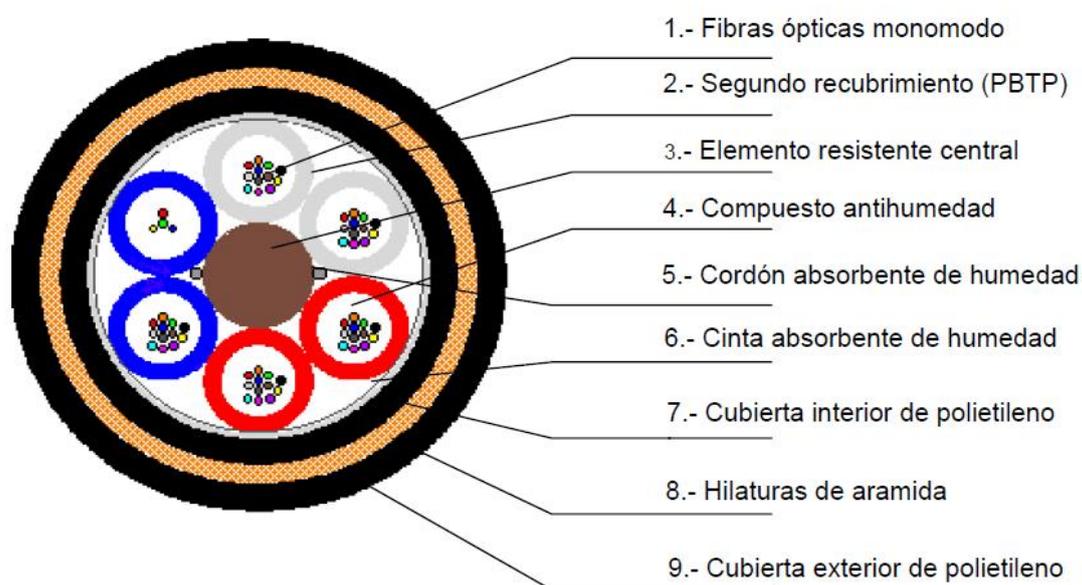


Figura 21. Estructura del cable de fibra óptica monomodo multifibra.

SITUACIÓN INICIAL

CODIGO DE COLORES CABLE DE 64 F.O.

Nº Fibra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Color fibra	Rojo	Verde	Azul	Amarillo	Violeta	Naranja	Marrón	gris	negro	rosa	turquesa	Blanco
color Tubo	Blanco 1º											
Nº Fibra	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Color fibra	Rojo	Verde	Azul	Amarillo	Violeta	Naranja	Marrón	gris	negro	rosa	turquesa	Blanco
color Tubo	Blanco 2º											
Nº Fibra	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Color fibra	Rojo	Verde	Azul	Amarillo	Violeta	Naranja	Marrón	gris	negro	rosa	turquesa	Blanco
color Tubo	Rojo 1º											
Nº Fibra	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Color fibra	Rojo	Verde	Azul	Amarillo	Violeta	Naranja	Marrón	gris	negro	rosa	turquesa	Blanco
color Tubo	Rojo 2º											
Nº Fibra	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Color fibra	Rojo	Verde	Azul	Amarillo	Violeta	Naranja	Marrón	gris	negro	rosa	turquesa	Blanco
color Tubo	Azul 1º											
Nº Fibra	61	62	63	64								
Color fibra	Rojo	Verde	Azul	Amarillo								
color Tubo	Azul 2º	Azul 2º	Azul 2º	Azul 2º								

Figura 22. Código de colores de un cable de 64 F.O. en Adif.

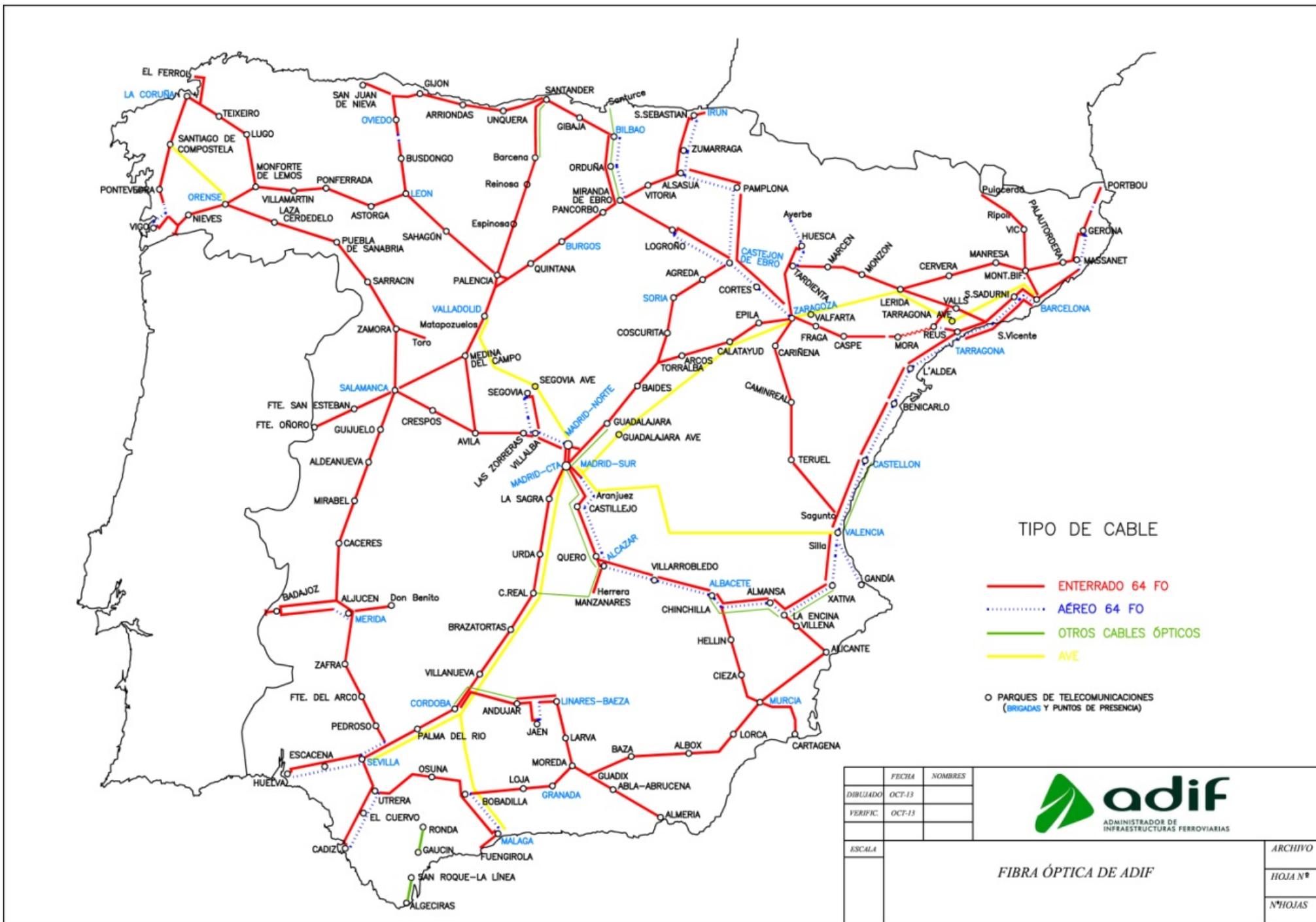


Figura 23. Red de fibra óptica.

Este proyecto estudia la sustitución del actual sistema de transmisión que data del año 1995 entre las estaciones de Santander y Bárcena.

El sistema de transmisión actual en este tramo utiliza como medio de transmisión el cable de 12 FO mencionado anteriormente, dos fibras para la ruta local o principal (una fibra por cada dirección de transmisión) y otras dos fibras para la ruta troncal o alternativa.

Los equipos instalados son:

1515 MX del fabricante Alcatel Standard Eléctrica, S.A.

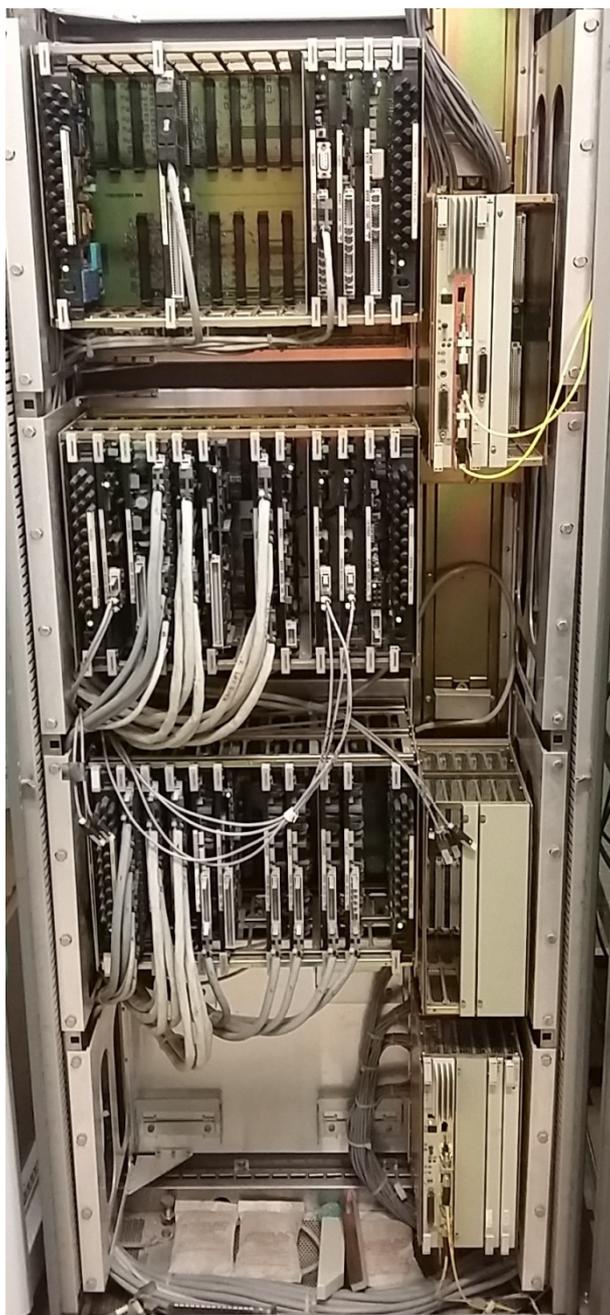


Figura 24. Equipo 1515 MX de Alcatel de Santander.

El multiplexor flexible 1515 MX de Alcatel es un elemento de red programable con funciones de conexiones cruzadas (“cross-connect”) digitales, que es capaz de manejar una combinación flexible de señales tributarias junto a su información de señalización. Existe disponibilidad de una gran variedad de tributarios, lo que permite que el sistema pueda conectarse con diferentes tipos de abonados analógicos y digitales.

Según define ETSI (Instituto Europeo de Normalizaciones de Telecomunicaciones) “un multiplexor flexible es un dispositivo que suministra multiplexación y demultiplexación de una variedad de servicios de usuario; además, proporciona capacidades mejoradas de gestión”.

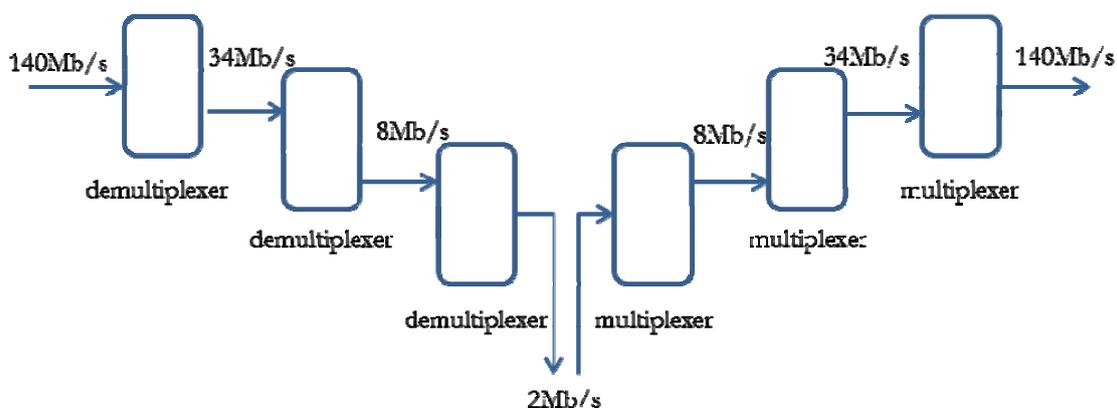


Figura 25. Demultiplexación y multiplexación de una señal.

Las señales de interfaz de abonado (tributarios) se multiplexan en una o más señales agregadas, que son flujos de bits digitales de 2.048 Kbit/s (2 Mbit/s), de acuerdo con la recomendación G.703 del CCITT, y que forman la interfaz del sistema con la red de transmisión.

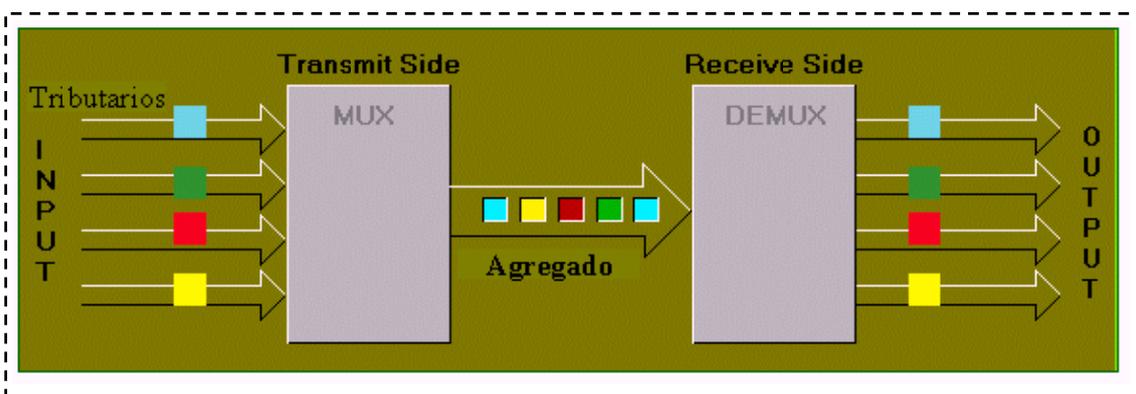


Figura 26. Ejemplo de Multiplexación digital.

Tributario: También conocido como canal. Cada uno de los flujos de datos que va a ser multiplexado, puede ser tráfico de diferentes orígenes e incluso de diferentes tasas de bits.

Agregado: Flujo único de datos que agrupa a todos los canales multiplexados.

El control del 1515 MX se ejercita mediante un paquete de gestión de red de Alcatel (NECTAS), que aunque sofisticado en el momento de su instalación, actualmente presenta problemas de compatibilidad con los sistemas operativos más modernos y únicamente funciona en un terminal obsoleto. El acceso al equipo se realiza a través de un interfaz F (V.24/V.28) que permite un control local utilizando un ECT (terminal local) (Figura 27).

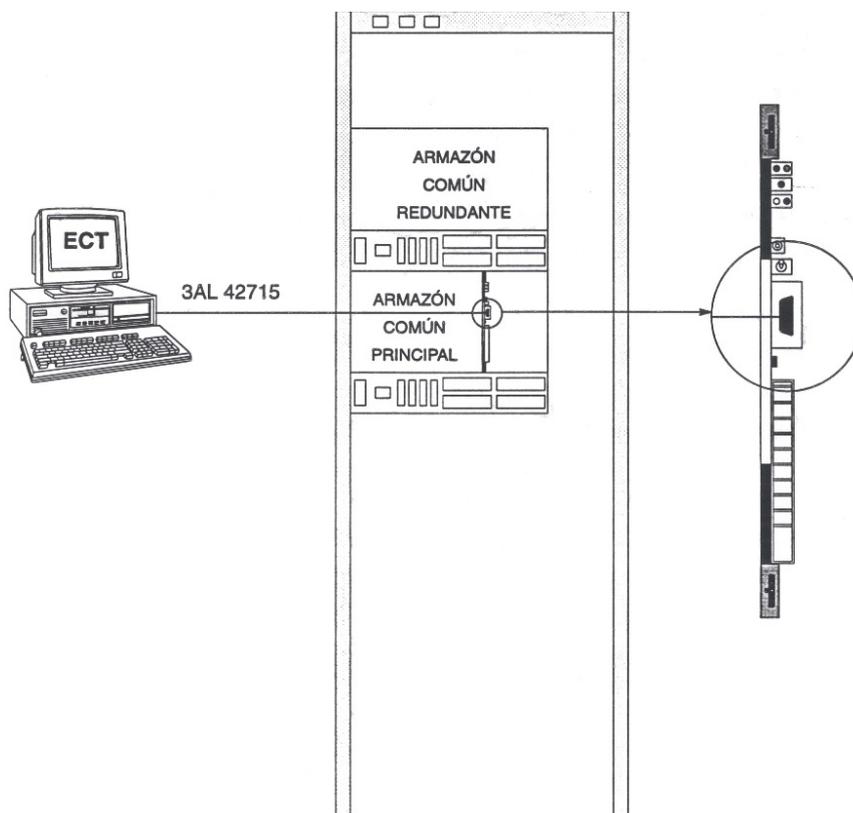


Figura 27. ECT conectado al interfaz F de la unidad NMQ.

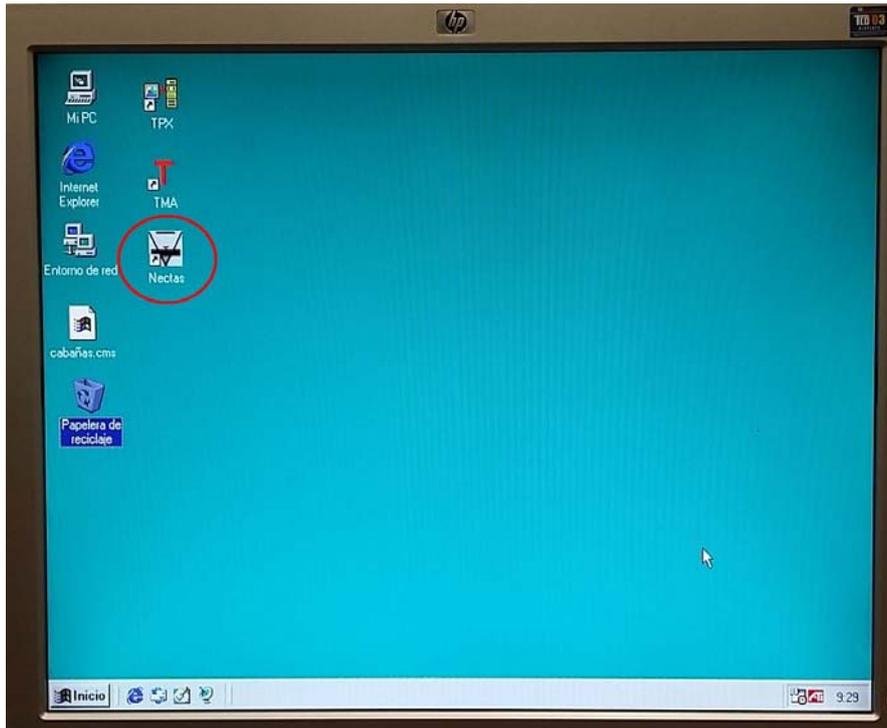


Figura 28. ECT con sistema NECTAS de Santander.

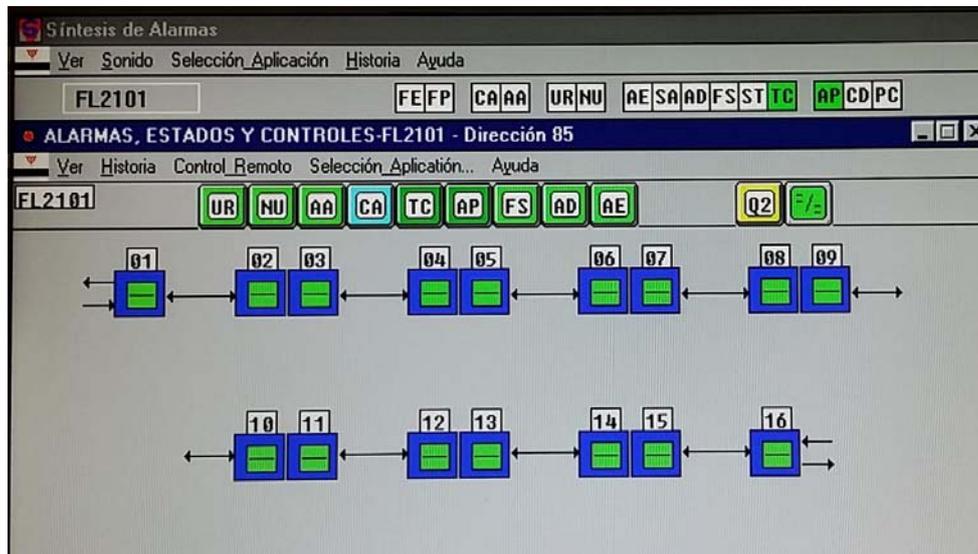


Figura 29. Esquema de equipos 1515 MX de la línea Santander-Bárcena en el sistema NECTAS.

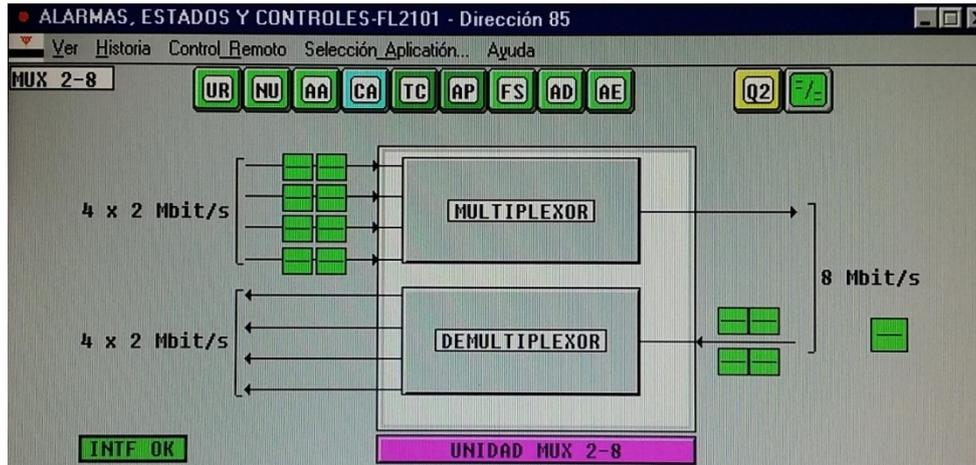


Figura 30. Detalle de equipo 1515 MX en sistema NECTAS.

El 1515 MX suministra conexiones cruzadas tanto unidireccionales como bidireccionales sobre la base de 64 kbit/s, es decir, las conexiones cruzadas pueden realizarse a $n \times 64$ kbit/s (donde $n = 1$ a 30). Si fuese necesario podría utilizarse una conexión cruzada con base en 8 kbit/s en aquellos casos con menores exigencias de ancho de banda.

El sistema consta de diferentes placas de circuito impreso, todas de tipo enchufable y que colocadas en armazones pueden fijarse fácilmente en los soportes del armario del modulo de instalación.

La unidad de procesador de control COP es el controlador maestro del multiplexor flexible (controla el funcionamiento del sistema) y suministra tres funciones:

- Gestión de configuración
- Gestión de fallos
- Gestión de funcionamiento

La gestión de configuración comprende procedimientos que permiten, mediante comandos de un operador, establecer o alterar la configuración del multiplexor flexible, y añadir, quitar o reemplazar unidades sin interrupción del tráfico. Esta función también permite ver y modificar el estado y las características del sistema.

Las funciones de gestión de fallos y de funcionamiento son responsables de recoger, filtrar e informar sobre las alarmas, y permiten localizar un fallo, de manera que se obtiene una indicación de la unidad que falla y que tiene que ser reemplazada. Además, supervisa el funcionamiento de los enlaces de 2 Mbit/s.

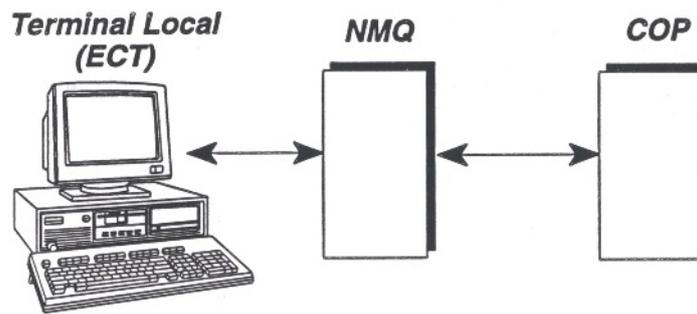


Figura 31. Conexiones para la supervisión del multiplexor flexible (unión ECT-COP).

El equipo se diseñó de acuerdo con las tecnologías más avanzadas de la época, utilizando circuitos integrados y prestando especial atención a la fiabilidad y al mantenimiento. Se tenía un equipo compacto, con gran flexibilidad y capaz de realizar ampliaciones, modificaciones y cambios de posición de forma sencilla. Sin embargo, la evolución de los equipos de transmisión desde el momento de su diseño hasta nuestros días ha generado la imposibilidad de seguir trabajando con esta tecnología.

El sistema se alimenta mediante un rectificador-cargador UPELEC SAE UPRL de 48Vcc/8A con baterías OLDHAM SPACE - 4 x 12RG24 instalado en cada una de las estaciones.



Figura 32. Sistema rectificador UPELEC.

La parte óptica de la transmisión se realiza a través del sistema de línea (TFD-101E/102E/3), cuya función principal es transmitir señales plesiócronicas de 2 u 8 Mbit/s, dependiendo de la programación efectuada sobre la unidad de línea. En este caso se trabaja con señales de 8 Mbit/s.

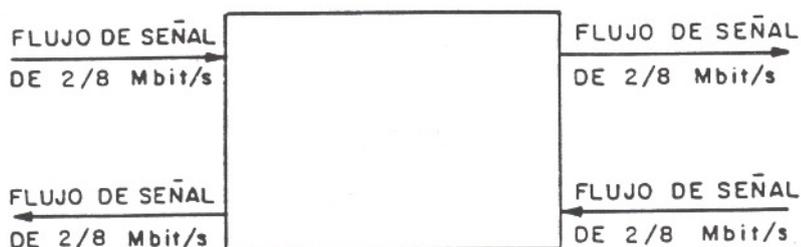


Figura 33. Flujo de señales en un sistema TFD-101E/102E/3.

Este equipo está especialmente indicado en rutas con elevado nivel de ruido electromagnético como son las redes ferroviarias.

La unión entre los distintos equipos se realiza por medio de la unidad de Equipo Terminal de Línea Óptica (ETLO) MUT-3530-662DE (Figura 34).



Figura 34. ETLO 8 Mb de Santander.

Las características principales de estos equipos son:

- Laser de baja potencia.
- Fibra Monomodo y longitud de onda 1310nm.
- Incorporación de canales de datos de usuario, circuito de órdenes de frecuencia vocal y supervisión de la línea óptica.
- Sin redundancia óptica 1+1 (no tiene duplicidad de emisores y receptores ópticos).
- Interfaz de tráfico con código HDB3.
- Alimentación descentralizada.

Se incorpora además un interfaz Q2 que va asociado a una unidad de la red, en el caso que nos ocupa, Santander, ejerciendo desde este punto la supervisión remota. De esta manera se puede conocer la estación y equipo en fallo y si la alarma es urgente o no.

Esta supervisión no está protegida contra cortes de fibra, es decir, no hay ruta alternativa, aunque en este caso si se podrá conocer el tramo cortado a través de la alarma de la ETLO conectada al mismo.

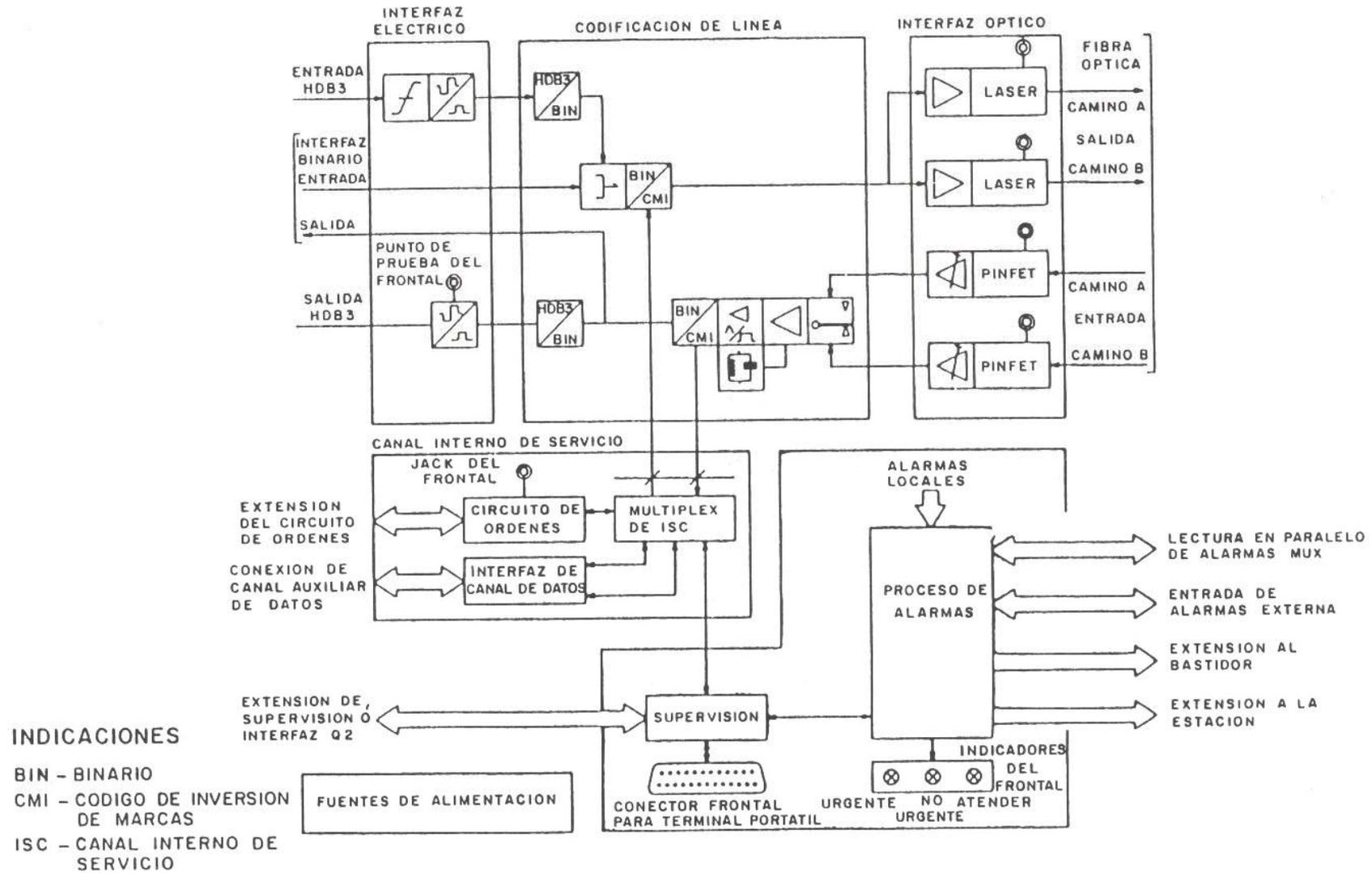


Figura 35. Diagrama de bloques de un ETLO.

En resumen, la topología y el diagrama de red del sistema completo actual en el tramo Santander - Bárcena es el siguiente:

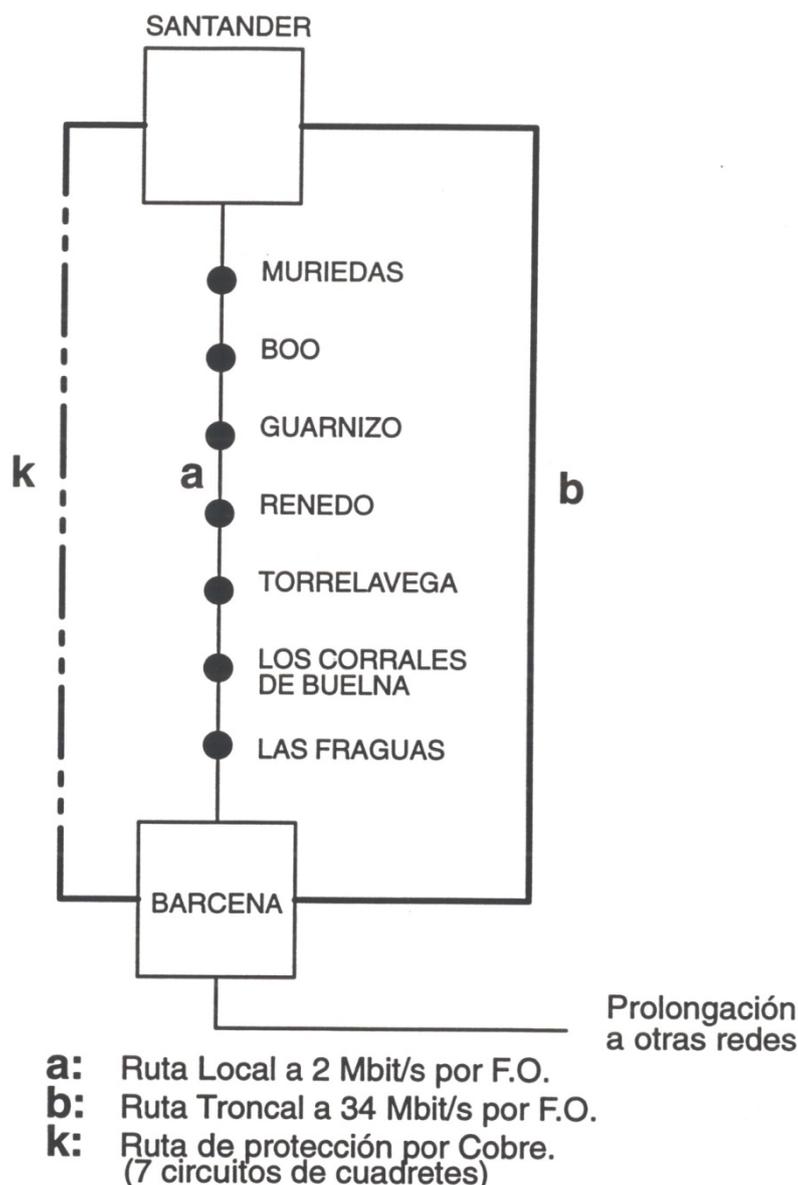
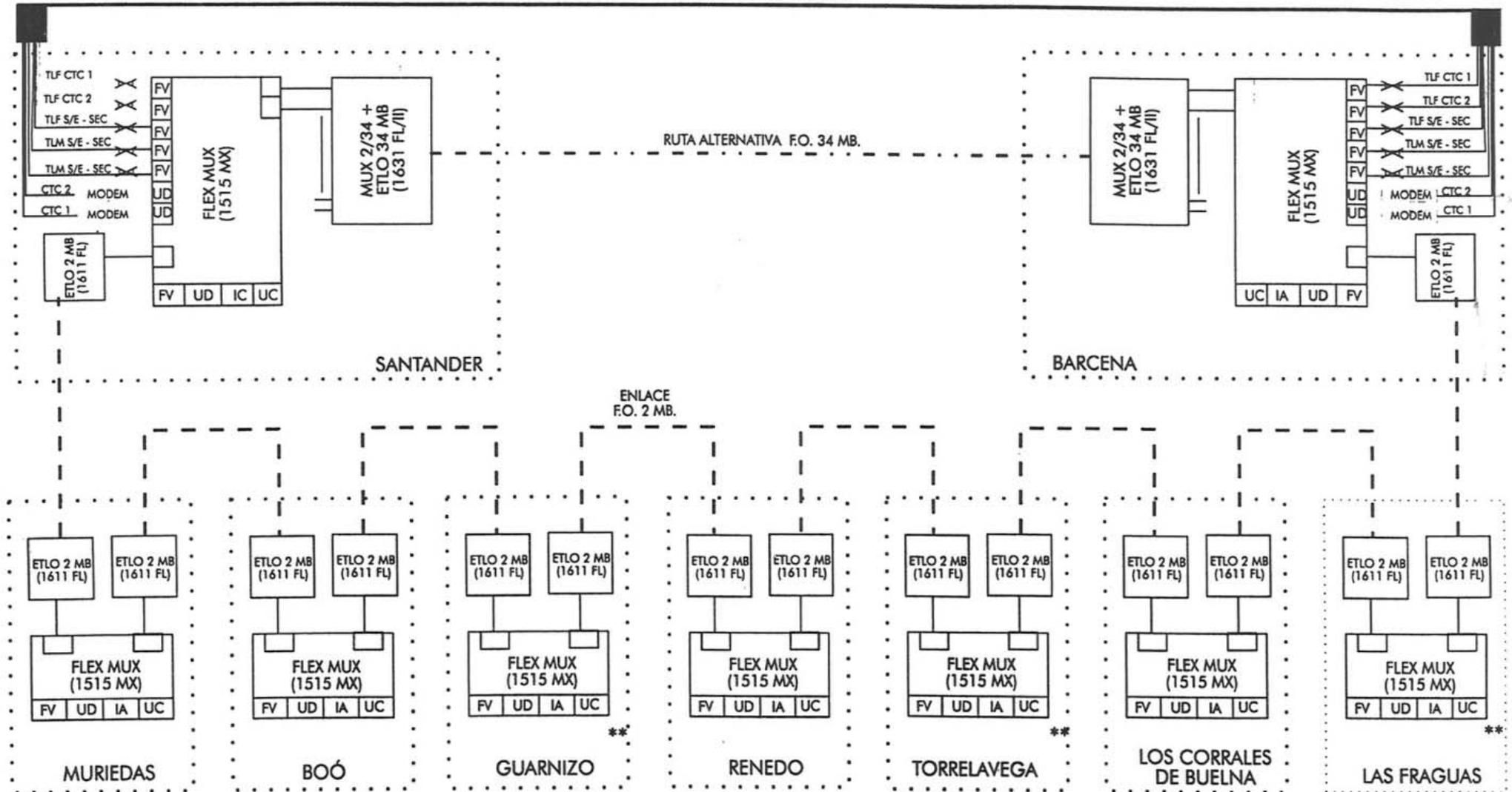


Figura 36. Topología de la Red Santander - Bárcena.

Con el fin de dar seguridad a la red en caso de fallos de transporte, se ha establecido una ruta troncal como alternativa a la ruta local. Está constituida por fibras ópticas que enlazan directamente Santander con Bárcena sin segregaciones intermedias.

Además de la protección digital prioritaria por la ruta de 34Mbit/s, existe un segundo nivel paralelo de protección por cuadros de cobre entre las estaciones de Santander y Bárcena.

RUTA ALTERNATIVA CABLE.



- ** Estación con Telemando Remoto de S/E.
- UD Unidad datos a baja velocidad (RAC)
- UC Unidad adaptacion Omnibus (Ring/Down)
- FV Unidad Frecuencia vocal (1&E/1&M)
- IA SPCM lado abonado
- IC SPCM lado central
- X Repetidor FV

DIAGRAMA GENERAL DE RED

Figura 37. Diagrama general de red.

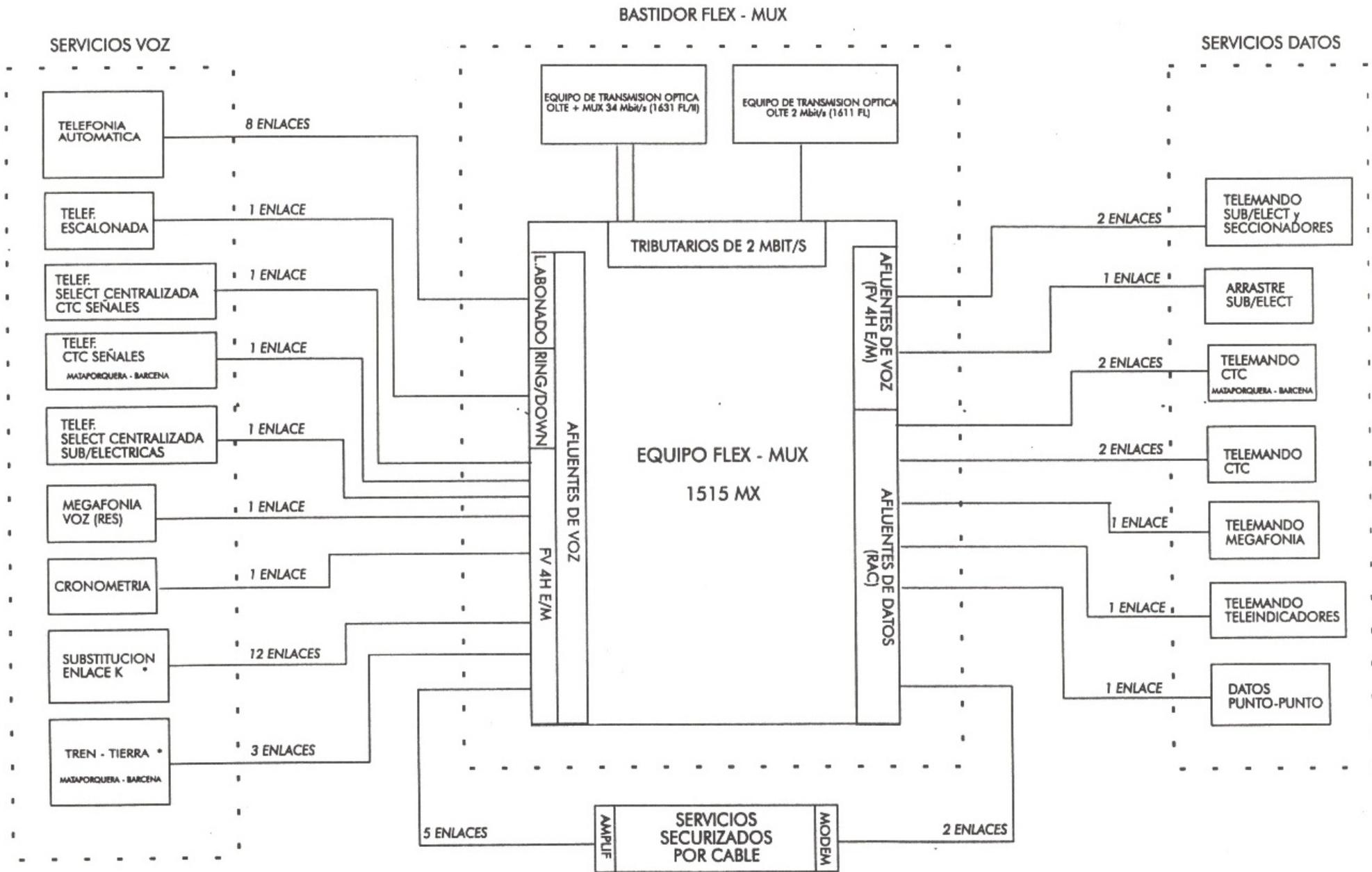


Figura 38. Diagrama de cableado de un equipo 1515 MX.

SERVICIO	CANAL	SANTANDER	MURIEDAS	BOO	GUARNIZO	RENEDO	TORRELAVEGA	LOS CORRALES	LAS FRAGUAS	BARCENA	OBSERVACIONES	PROTECCIONES	SERVICIO
ESCALONADO	1	●	●	●	●	●	●	●	●	●			ESCALONADO
	2	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
TELEFONIA C.T.C.	3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	F,C		TELEFONIA C.T.C.
TM. Zonas neutras Subsistema 205	4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	4		TM. Zonas neutras Subsistema 205
VOZ TELEFONIA	5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	F		VOZ TELEFONIA
CRONOMETRIA	6	●	●	●	●	●	●	●	●	●			CRONOMETRIA
TELEM. S/E ARRASTRES	7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	F		TELEM. S/E ARRASTRES
	8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	1		TELEFONO interior 688358
TELEM. Secciona.Reinosa-Barcena	9	●	●	●	●	●	●	●	●	●	F		TELEM. Secciona.Reinosa-Barcena
TM. Zonas neutras Subsistema 206	10	●	●	●	●	●	●	●	●	●	4		TM. Zonas neutras Subsistema 206
TELEFONO interior 688280	11	●	●	●	●	●	●	●	●	●	2		TELEFONO interior 688208
TELEFONO interior 688296	12	●	●	●	●	●	●	●	●	●	2		TELEFONO interior 688203
TELEFONO interior 688297	13	●	●	●	●	●	●	●	●	●	2		TELEFONO interior 688328
TELEFONO interior 688298	14	●	●	●	●	●	●	●	●	●	2		TELEFONO interior 688207
TELEFONO interior 688261	15	●	●	●	●	●	●	●	●	●	2		TELEFONO interior 688204
TS PARA SEÑALIZACIÓN - SIN USO	16	●	●	●	●	●	●	●	●	●			TS PARA SEÑALIZACIÓN - SIN USO
TELEFONO interio 688356	17	●	●	●	●	●	●	●	●	●	2		TELEFONO interior 688205
TELEFONO interior 688329	18	●	●	●	●	●	●	●	●	●	2		TELEFONO interior 688330
TELEFONO interior 688266	19	●	●	●	●	●	●	●	●	●	2		TELEFONO interior 688206
DATOS	20	●	●	●	●	●	●	●	●	●	F		DATOS
DATOS	21	●	●	●	●	●	●	●	●	●	F		DATOS
DATOS	22	●	●	●	●	●	●	●	●	●	F		DATOS
DATOS	23	●	●	●	●	●	●	●	●	●	F		DATOS
DATOS	24	●	●	●	●	●	●	●	●	●	F		DATOS
DATOS	25	●	●	●	●	●	●	●	●	●	2		TELEFO interio 688357
DATOS	26	●	●	●	●	●	●	●	●	●	1		TELEFONO interior 688218
DATOS	27	●	●	●	●	●	●	●	●	●			DATOS
TELEM.C.T.C. Santander-Barcena.	28	●	●	●	●	●	●	●	●	●			TELEM.C.T.C. Santander-Barcena
TELEM.C.T.C. Barcena-Muriedas	29	●	●	●	●	●	●	●	●	●	3		TELEM.C.T.C. Barcena-Muriedas
TELEMAN. S/E RAMA 2	30	●	●	●	●	●	●	●	●	●	F		TELEMAN. S/E RAMA 2
TELEMAN. S/E RAMA 3	31	●	●	●	●	●	●	●	●	●	F		TELEMAN. S/E RAMA 3

"1" CONTINUA A SANTANDER POR LA RED TRONCAL DE 34 Mb TRAMA "A"

"2" CONTINUA A SANTANDER POR LA RED TRONCAL DE 34 Mb TRAMA "B"

"3" CONTINUA A SANTANDER POR CABLE DE 25 CUADRETES

"4" CONTINUA A SISTEMA DE TRANSMISION MARCONI

Figura 39. Servicios red local 8Mb.

SOLUCIÓN ADOPTADA

Una vez expuesta la situación actual de los sistemas de transmisión en el tramo Santander-Bárcena y sabiendo que actualmente existen ciertas limitaciones en cuanto a la capacidad del ancho de banda disponible para cubrir todos los servicios demandados, es necesario plantear una solución basada en las tecnologías más modernas pero sin perder de vista los aspectos económicos que éstas suponen.

El primer paso será determinar la **tecnología** que mejor se adapta a las necesidades actuales: PDH, SDH o WDM. Los sistemas que actualmente están en uso son PDH, insuficientes tanto en funcionalidad como en capacidad. En el extremo contrario se sitúa la tecnología más avanzada, WDM, que presenta una capacidad excesiva en cuanto a ancho de banda y cuya inversión económica no se verá justificada por el uso posterior que se va a hacer de la misma. Por todo lo anterior, la tecnología que se ha decidido implantar es SDH, cuyo funcionamiento está más que probado y que dispone de gran variedad de capacidades. Esta misma tecnología es la que actualmente se utiliza en la mayoría de líneas de ADIF, incluida la línea Palencia – Bárcena (dentro del ámbito de trabajo del sector de Santander). Además de cubrir los servicios propios de ADIF, permitirá compartir y suministrar servicios de telecomunicaciones a terceros, proporcionando una alta disponibilidad y fiabilidad basadas en el alto nivel de redundancia, tanto dentro como fuera de los equipos.

En segundo lugar es necesario elegir la **capacidad** del nuevo sistema. Conociendo la capacidad de los sistemas actuales instalados en la Jefatura de Valladolid, concretamente los de la línea Santander-Palencia, parece adecuado instalar equipamiento STM-4 con un ancho de banda de 622 Mbps, posibilitando así necesidades futuras que puedan surgir a medio-largo plazo. Se trata de una solución intermedia entre instalar equipos con el mismo nivel que los actuales en el tramo Palencia-Bárcena (STM-1 de Marconi) y los potentes equipos instalados en Santander para realizar enlaces troncales (STM-16 Hit 7065).

Otra variable a fijar será el **medio de transmisión** del sistema. Se ha decidido utilizar el cable de fibra óptica disponible actualmente entre estaciones, cable 64FO, pasando a utilizarse como reserva el cable 12FO utilizado por el sistema MUX 15/15. De cara a un proyecto futuro podría considerarse el tendido de un segundo cable 64FO como ruta alternativa al actual en servicio.

Un cuarto punto es la **topología** elegida para la red de transmisión. En apartados anteriores se ha hecho referencia a la topología en anillo como la

más utilizada en ADIF, ésta permite un funcionamiento más flexible y proporciona soluciones de protección mucho más robustas que otras existentes. Se selecciona esta topología, dotando a cada estación de un equipo que cubre la línea Santander-Bárcena.

El elemento de red más usado en estas topologías y que se selecciona para este proyecto es el ADM. Se eligen ADMs con dos transceptores (conjunto de Transmisor y Receptor). De manera se tiene un único transceptor para cada lado del anillo lo cual permite disponer de un anillo de dos fibras, una para cada sentido de la transmisión.

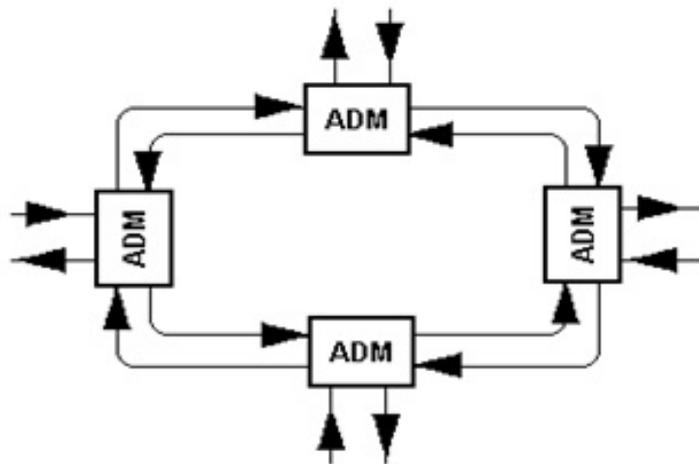


Figura 40. Topología en anillo con ADM.

Siguiendo esta topología se puede definir cuál será el esquema de la instalación a proyectar.

El cierre del anillo se realizará mediante equipos SDH ya existentes, de esta manera se dejará libre el cable de 64 FO tendido a lo largo de la línea Santander - Bárcena, evitando así que un corte total del cable en algún punto intermedio rompa las dos tramas (la activa y la de protección).

SUMINISTRO E INSTALACION DE TRANSMISION SDH: TRAMO "SANTANDER - BÁRCENA"

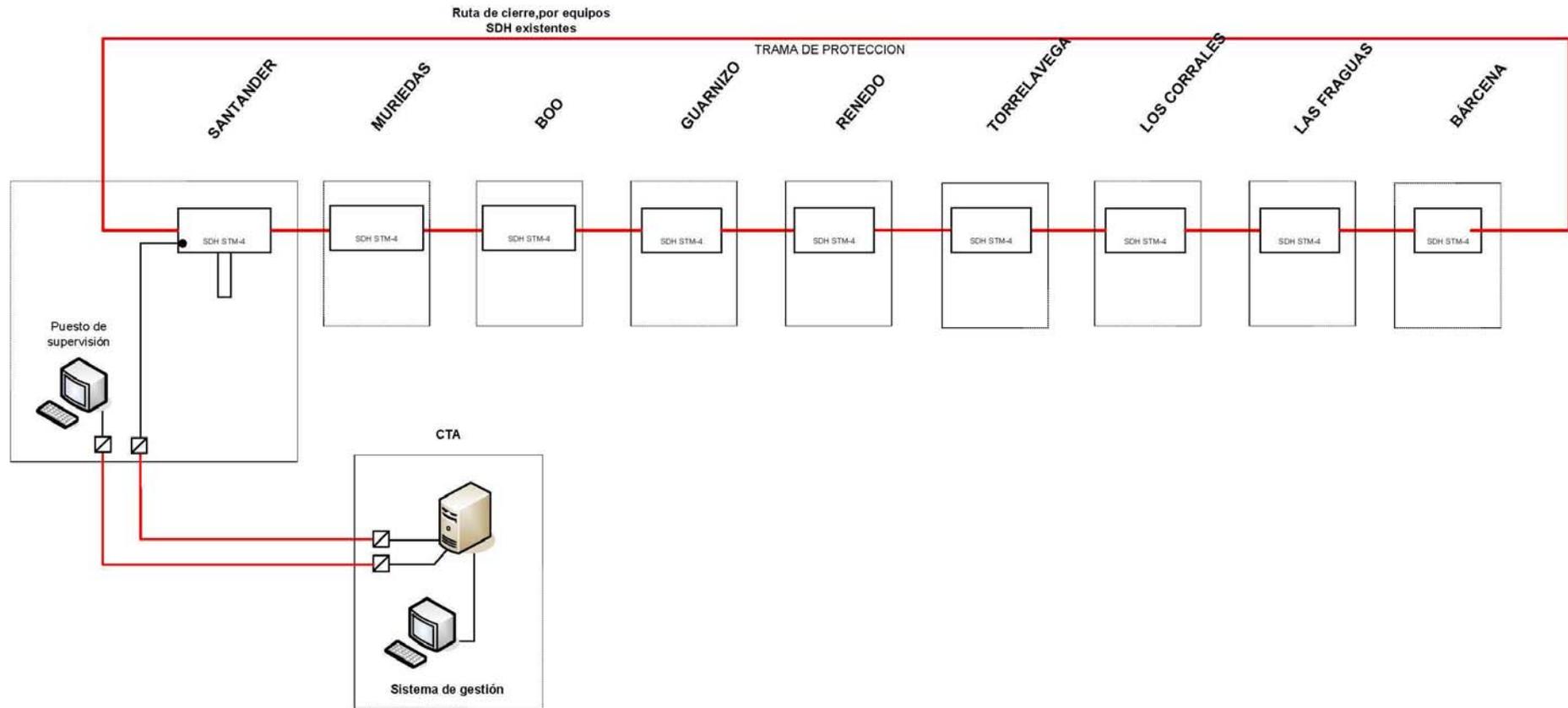


Figura 41. Instalación de transmisión SDH en el tramo Santander - Bárcena.

El último punto a considerar es la selección del **fabricante de los equipos SDH** a instalar. Los principales distribuidores de esta clase de equipos son: Marconi, Alcatel, Huawei, Siemens (Coriant) y Keymile.

Los equipos STM-4 a instalar o suministrar en ADIF deben cumplir la especificación técnica incluida en este proyecto (Ver. ET 03.366.952.4 - ESPECIFICACIÓN TÉCNICA. EQUIPO DE TRANSMISIÓN DIGITAL SÍNCRONO STM-1 Y STM- 4). El objetivo de la misma es definir las características técnicas y funcionales mínimas que deben cumplir los equipos de transmisión de la jerarquía digital síncrona en los niveles STM-1 y STM-4 para satisfacer las necesidades de transmisión de ADIF, tanto para la explotación ferroviaria como para la provisión de ancho de banda a usuarios internos de ADIF. Los puntos más destacables de la misma son los siguientes:

- La alimentación en corriente continua será de unos márgenes comprendidos entre 40 y 70 V DC.
- Las funciones del equipo que deben residir en unidades totalmente independientes con el objetivo de aumentar la fiabilidad del mismo (para que el fallo de una de las funciones no implique el fallo de las demás): alimentación de sub-bastidor, matriz de conexiones, interfaces agregados (STM-4) e interfaces tributarias.
- Los equipos podrán crecer de forma modular.
- La arquitectura general de los equipos deberá permitir la inserción de unidades de forma sencilla y sin interrupciones en el tráfico cursado por las unidades en servicio.
- El equipo deberá incluir protección 1+1 de la unidad de matriz de conexiones en todos los elementos de red (TM, ADM ó DXC) desde un principio.
- Interfaz Q para la gestión remota a través del sistema de gestión central.
- Interfaz para gestión local a través de un ordenador portátil.
- Todos los parámetros de las cross-conexiones y de las configuraciones de los diferentes tributarios se programarán desde el puesto de supervisión central.
- La selección de las interfaces ópticas en función de las distancias entre estaciones deberá realizarse teniendo en cuenta que los cables de fibras ópticas instalados para ADIF son de sílice, tipo monomodo en segunda ó tercera ventana de transmisión y con perfil de índice de refracción en escalón, según la norma ITU-T G.652.
- Los parámetros de sincronización se programarán desde el sistema de gestión.
- Se proporcionarán los dispositivos software y hardware adecuados para formar un Sistema de Supervisión de Red que permitirá la supervisión, operación y mantenimiento, monitorización, provisión de servicios, registro de servicios, procesado y almacenamiento de datos relativos al funcionamiento de todos los equipos STM-1 o STM-4.

Una vez analizadas en profundidad las características de los equipos que ofrecen los fabricantes, la elección final se realizará entre los dos que se adaptan mejor a las necesidades del proyecto: Marconi con la serie SMA y Siemens (Coriant) con la serie hiT Surpass 70xx.

Los equipos SDH STM-4 a instalar tienen que servir de transporte al equipamiento PDH (bifurcadores digitales y tarjetas de canales de baja frecuencia) que ofrece los canales para los servicios de explotación ferroviaria, tales como telemando, telefonía CTC, bloqueos, telemando de subestaciones...Esto se debe a que la tecnología SDH permite mandar circuitos punto a punto sin problema, pero si se necesita un punto-multipunto será necesario un bifurcador digital (B2+X2), el único capaz de sacar los 30+2 canales.

Con el fin de reducir el coste del proyecto, el equipamiento PDH no se incluye en el mismo, realizando el suministro desde ADIF con material sobrante y de reserva.

PETICIONES DEL PROYECTO

Una vez seleccionados los equipos se establecen los requisitos que tiene que cumplir la empresa seleccionada para llevar a cabo del proyecto.

1.- Instalación de un sistema de gestión en la estación de Santander.

La supervisión y gestión de los equipos SDH a instalar se realizará tanto desde alguno de los sistemas de Gestión instalados en el Centro de Telecomunicaciones de Atocha como desde el Sistema de Gestión de la estación de Santander (la red de gestión quedará como se indica en la figura 41).

2.- Presentación de un programa de trabajos previstos, teniendo en cuenta la jornada legal de trabajo en ADIF a efectos de vigilancias de obra y pilotajes.

3.- Ejecución de todos los trabajos proyectados sin interrumpir el tráfico ferroviario. El contratista queda obligado a no alterar con sus trabajos el servicio y seguridad de viajeros de trenes y demás servicios públicos de transportes en explotación.

4.- Los contratistas deberán impartir cursos de capacitación para el personal de ADIF que se encargará de la explotación y el mantenimiento de las instalaciones proyectadas, de esta forma la parte práctica de los cursos podrá realizarse sobre los equipos que se van a mantener.

5.- El suministro de energía eléctrica, con las características adecuadas a los equipos de sistema de transmisión, se efectuará a través de fuentes de

alimentación con entrada de 220 Vca \pm 15 % y salida 48 Vcc \pm 1 % y unas baterías tampón de 48 Vcc (tensión nominal), con capacidad suficiente para abastecer a todos los equipos en las estaciones y apeaderos donde se haya establecido el equipamiento de transmisión digital. Los rectificadores - cargadores de baterías se podrán supervisar desde el Centro de Gestión (ubicado en el CTA de Atocha).

CONCURSO DE SUMINISTRO

Una vez expuestas las necesidades de este proyecto se saca a concurso el suministro e instalación del sistema de transmisión SDH en el tramo Santander-Bárcena. Se trata de un procedimiento de licitación abierto en el que una vez presentadas todas las ofertas se realizará un estudio económico de las mismas, seleccionando de esta manera aquella que adaptándose mejor a los requisitos iniciales del proyecto no supere la partida económica establecida por la empresa.

Se han presentado a este concurso varias empresas del sector de Telecomunicaciones como Gr Technologies (empresa del Grupo Revenga), Kapsch o Berrade. Una vez estudiadas cada una de las tres propuestas, ADIF resuelve el concurso a favor de la empresa Berrade S.L.



Figura 42. Logotipo Berrade S.L..

De la oferta de esta empresa destacan los equipos seleccionados para suministrar e instalar. Se trata de equipos hiT Surpass 7025 (ADM, STM-4) del fabricante Siemens (Coriant), que permitirán la utilización en aplicaciones de transporte multiservicio y red de agregado de tráfico como ADM (multiplexor Add/Drop). Son equipos que ya se han instalado en Santander en proyectos anteriores, habiendo demostrado buenos resultados, de esta manera resultará más sencillo integrar los equipos nuevos con los que actualmente están en uso y gestionarlos de manera común.

Se adjunta la ficha técnica (Anexo I) de este equipo.

A continuación se detallan los elementos o partidas incluidas por la empresa en su oferta y que se instalarán en la línea Santander-Bárcena.

9 x Armario ETSI 2200*600*300mm

Para alojamiento del equipo SDH .Incluye unidad de alimentación, servicios y alarmas.

ETSI (European Telecommunications Standards Institute).

9 x Equipo SDH

ADM STM-4 equipado con doble tarjeta de alimentación, doble tarjeta de cross-conexión, sincronismo y control, tributarios E1, canales auxiliares y alarmas externas; dos interfaces agregados STM4 en tarjetas independientes y 21 tributarios E1, protegidos en esquema 1:n.

9 x Tarjeta de 8 Interfaces Ethernet 10/100

Incluye cableado a Back panel en el armario ETSI.

9 x Repartidor digital para 21 tramas de 2 Mb/s

Incluye anclajes para armario ETSI o repartidor digital.

8 x Cuadro Monofásico

Equipado con doble acometida eléctrica con sus descargadores incluidos (Local y Conmutada).

8 x Sistema de Alimentación Ininterrumpido en - 48 Vdc

Fuente de alimentación Delta (Anexo II) con refrigeración natural, incluyendo 2 módulos rectificadores de 13 A cada uno como mínimo, módulo de control y baterías 33 A*H (t= 10 horas y vida útil de 10 años), según pliego de condiciones particulares ([ET 03.366.953.2](#)). Incluye cuadro de distribución de corriente continua (mínimo 5 elementos), protección para 2 secciones de batería y armario para ubicar rectificador y baterías (15 U de altura). Además dispone de tirada de cable desde cuadro de C.A. existente y tirada de cable de C.C. a bastidor PDH/SDH. Totalmente montado, conexionado y puesto en servicio.

9 x Instalación y puesta a punto

De equipo SDH, armario ETSI y repartidor digital de 21 tramas de 2Mb/s. Incluye conectores, cableados a repartidor de tributarios eléctricos y agregados ópticos, pruebas, programación de equipos y puesta en servicio, además de seguro y transporte de materiales.

1 x Suministro e instalación de gestión de red

Incluye puesto de operador (TNMS: Transport Net Management System - Sistema de Gestión para Redes de Transporte), switch/hub, conversores de interfaz 10 Base T / nx64 Kbps (tanto la ruta principal como la alternativa) y cableados necesarios, pruebas y configuración.

La parte más importante de este proyecto es el equipo ADM, que se detallará en profundidad a continuación:

La estructura física completa es la que se muestra en la Figura 43.

F A N	LC1	LC5	IO1
	LC2	LC6	IO2
	LC3	LC7	IO3
	LC4	LC8	IO4
	CC1 w STM-16/4/1		SI
	CC2 w/ STM-16/4/1		PWR1
	SCE		PWR2

Figura 43. Estructura física del equipo Surpass hiT 7025.

El listado de tarjetas instalables en el sub-bastidor del equipo hiT 7025 aparece desplegado en la Figura 44.

Card Name	Explanation
Power Supply	1 × -48V (range -40V ~ -72 V) power supply
Fan Unit	Fan unit
Air Filter	Air Filter
SC	System controller
CC + 1 × STM4/1	Cross-connect and timing function card with one STM-4 or STM-1 line interface
CC + 1 × STM16/4	Cross-connect and timing function card with one STM-16 or STM-4 line interface
ST-CLK	Station clock input and output function
1 × STM-4	Optical interface card
2 × STM-1	Optical interface card
1 × GE/T	Transparent Ethernet interface card
8 × FE/L2	Layer 2 Ethernet interface card
8 × FE/T	Transparent Ethernet interface card
21 × E1 (W/P)	21 × E1 electrical interface card with up to 1:3 protection function
21 × E1 I/O	21 × E1 electrical interface card
3 × E3/DS3 (W/P)	3 × E3/DS3 electrical interface card with 1:1 protection function
3 × E3/DS3 I/O	3 × E3/DS3 electrical interface card
2 × STM-1E (W/P)	2 × STM-1 electrical interface card with 1+1 protection function
2 × STM-1E I/O	2 × STM-1 electrical interface card
OA	1 channel uni-directional optical amplifier, can be used as pre-, post-, or inline amplification applications

Figura 44. Lista tarjetas del equipo Surpass hiT 7025.

El conjunto en detalle de estructura+tarjetas que se instalará en la práctica se muestra en la Figura 45.



Figura 45. Estructura del equipo Surpass hiT 7025 de la línea Santander – Bárcena.

PRESUPUESTO

Por último se presenta el presupuesto con el que la empresa Berrade ha ganado la oferta.

PRESUPUESTO														
Uds.	Descripción	Precio Unitario	Santander	Muriedas	Boo	Guarnizo	Renedo	Torrelavega	Los Corrales	Las Fraguas	Bárcena	Nº Unidades	Precio Total	
Uds.	ADM STM-1/4. equipado con: doble tarjeta de alimentación, doble tarjeta de cross-conexión, sincronismo y control, tributarios E1, canales auxiliares y alarmas externas; dos interfaces agregados STM4 S1.1 en tarjetas independientes y 32 tributarios E1, protegidos en esquema 1:n. Incluye sub-bastidor para alojamiento de tarjetas, licencia para gestión en sistema de gestión de elementos y/o red. Según especificación técnica y pliego de condiciones particulares.	6.831,62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	61.484,58	
Uds.	Tarjeta de 8 Interfaces Ethernet 10/100(incluye cableado a Back pannel en el armario ETSI)	2.613,40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	23.520,60	
Uds.	Armario ETSI 2200*600*300mm.Para alojamiento de equipo SDH .Incluye unidad de alimentación,servicios y alarmas	789,36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	7.104,24	
Uds.	Repartidor digital para 16 tramas de 2 Mb/s. Incluye anclajes para armario ETSI o repartidor digital.	396,52	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	3.568,68	
Uds.	Suministro e instalación de gestión de red, según especificación técnica, memoria y planos. Incluye puesto de operador switch/hub, conversores de interfaz 10 Base T / nx64 Kbps (tanto la ruta principal como la alternativa) y cableados necesarios, pruebas y configuración	2.893,58	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.893,58	
Uds.	Cuadro monofásico con doble acometida eléctrica con sus descargadores incluidos(1 acometida eléctrica)según especificación técnica sobre salas de Telecomunicaciones.	1.610,25	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	12.882,00	
Uds.	Sistema de Alimentación Ininterrumpido en - 48 Vdc (Fuente de alimentación con refrigeración natural), incluyendo 2 módulos rectificadores de 13 A cada uno como mínimo, módulo de control y baterías 33 A*H (t= 10 horas y vida útil de 10 años), según pliego de condiciones particulares. Incluye cuadro de distribución de corriente continua (mínimo 5 elementos) y protección para 2 secciones de batería. Armario para ubicar rectificador y baterías (15 U de altura). Incluye también tirada de cable desde cuadro de C.A. existente, y tirada de cable de C.C. a bastidor PDH/SDH. Según pliego de condiciones técnicas. Totalmente montado, conexionado y puesto en servicio	3.288,81	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	26.310,48	
Uds.	Instalación y puesta a punto de equipo SDH, armario ETSI y repartidor digital de 32 tramas de 2Mb/s. Incluye conectores, cableados a repartidor de tributarios eléctricos y agregados ópticos, pruebas, programación de equipos y puesta en servicio. Incluye también seguro y transporte de materiales.	884,48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	7.960,32	
													145.724,48	

PRESUPUESTO DE CONTRATA:

145.724,48 EUROS

IVA (21%):

30.602,14 EUROS

PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO:

176.326,62 EUROS

Una vez adjudicado el proyecto y antes de comenzar cualquier trabajo, se realiza un replanteo general de los trabajos e instalaciones por parte de la empresa con la colaboración y asesoramiento del personal técnico de ADIF. Se marcará en este momento de una manera completa y detallada cuantos puntos sean precisos y convenientes para la determinación de la posición de los elementos de campo, cabinas y armarios, suministro de energía, trazas de zanjas y canalizaciones, acometidas y demás elementos para la total definición de las instalaciones.

CONCLUSIONES

Tras detectar la insuficiencia de los equipos actualmente en uso en el tramo Santander-Bárcena, de tipo PDH, se ha realizado un concurso de suministro e instalación de equipos más modernos que utilizan tecnología SHD.

Con la instalación de esta nueva red se conseguirá cubrir todas las necesidades actuales, tanto de ancho de banda como de capacidad de respuesta y gestión, y aquellas que puedan surgir a futuro. Esta red se integrará dentro de las existentes actualmente en la empresa ADIF, lo cual supondrá la eliminación de una de las últimas redes con tecnología Alcatel PDH de la década de los 90.

ANEXO I: hiT 7025 Multi-Service Provisioning Platform

hiT 7025 Multi-Service Provisioning Platform

Flexible, Cost-Effective MSPP for Converged Networks

The Coriant™ hiT 7025 is a flexible Multi-Service Provisioning Platform (MSPP) that enables true multi-service provisioning and serves the requirements of converged voice and data networks.

The hiT 7025 is highly versatile in terms of both its applications and possible configurations. While covering the complete range from an STM-1 to an STM-16 system, the compact ADM-4 or ultra-compact multi-ADM-16 will form the prime usage. The hiT 7025 supports any mix of PDH, SDH and Ethernet interfaces which enables the platform to support various scenarios within transport networks. Key applications include the optimization of SDH/PDH networks and efficient migration towards packet-based transport.

The hiT 7025 offers a High Order cross-connection capacity up to 33G and a Low Order cross-connection capacity up to 10G. It supports a variety of data interfaces including Ethernet and industry-standard PDH/SDH. In addition, the system supports Ethernet Layer 2 switching functionality, providing reliable and efficient data transport. The card commonality with other hiT 70xx Series products streamlines spares management and operational logistics.

The hiT 7025 fits seamlessly into existing SDH networks, thereby protecting operators' network investments, and is fully compliant with ITU-T and/or IEEE standards, supporting multi-vendor interworking.

FLEXIBLE NETWORK APPLICATIONS

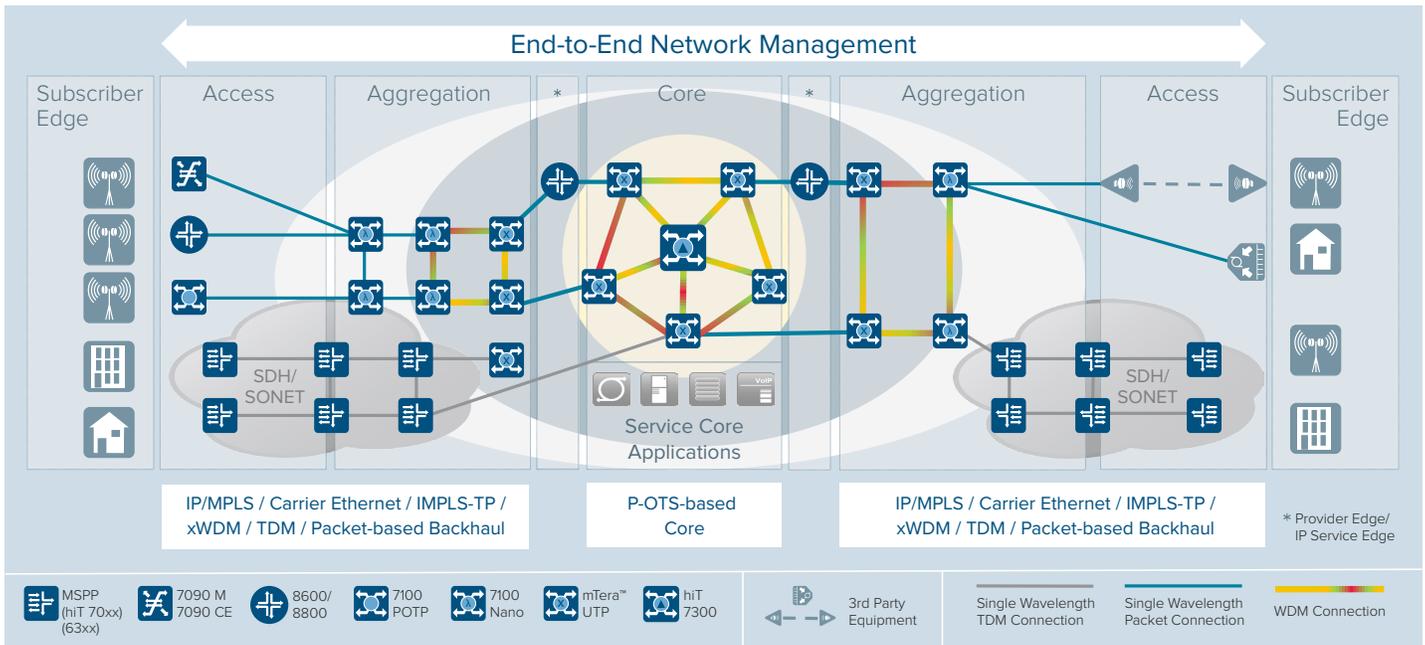
The hiT 7025 can be deployed as a terminal multiplexer (TMX), an add-drop multiplexer (ADMX), a local cross-connect (LXC) or a multi-ring terminal (MRT) in point-to-point, chain and ring topologies and ring interconnections. The hiT 7025 is a compact, cost-effective solution, offering competitive connectivity from STM-1 to multiple STM-16, for TDM and data. The flexible design supports point-to-multipoint connections and aggregation via an integrated Layer 2 switch, enabling the creation of VPNs. Carrier services can be offered via Ethernet, leased lines, SDH, VLAN or VPN applications.

The hiT 7025 gives network operators a unique competitive advantage by transporting flexible Ethernet services from business customers using reliable SDH technology. Furthermore, the Ethernet services can be offered with high quality (carrier grade) as well as best-effort service.

BENEFITS OF THE CORIANT™ hiT 7025 MSPP

- **Provides** a highly versatile MSPP which supports a wide range of data interfaces
- **Supports** converged voice and data networks, enabling delivery of new services
- **Delivers** customized bandwidth-on-demand and tailored Service Level Agreements (SLAs)
- **Enables** interconnection of corporate networks
- **Reduces** operational expenditure by streamlining network element numbers and reducing spares requirements
- **Improves** operational efficiency through end-to-end network management and performance monitoring across the network





OFFER NEW SERVICES COST-EFFECTIVELY

The hiT 7025 enables network operators to deliver data and voice services, including bandwidth-on-demand, flexible enterprise virtual private networks and customized service level agreements.

The hiT 7025 can seamlessly integrate into the existing network infrastructure to help protect existing investments. The small form factor pluggable (SFP) optical modules allow “under-equipping” of interface cards to support different applications cost-effectively. Long-haul and short-haul interfaces can be mixed on one card. As less equipment is needed, network operators can realize capital and operating cost savings.

The hiT 7025 is fully managed by the Coriant™ Network Management System, which provides end-to-end administration and performance monitoring for the complete next-generation SDH network, improving operating efficiency and simplifying network operations. Faster service provisioning helps drive service delivery cost reductions. The hiT 7025 enables significant reductions in operating and capital expenditures, providing network operators with an extremely cost-efficient platform for multi-service support.

TECHNICAL SPECIFICATIONS

TDM Services

- Non-blocking 33G@VC-4 and 10G@VC-12 fabric with two STM-16 line interface or one STM-16 line interface and four STM-4 or one STM-16 and four STM-1 line interface
- Non-blocking 15G@VC-4 and 5G@VC-12 fabric with one STM-16 or STM-4 line interface
- Non-blocking 7G@VC-4 and 2.5G@VC-12 fabric with one STM-4 or STM-1 line interface
- Multi-service platform: 2M, 34/45M, 155M, STM-1/4/16, as well as DWDM wavelengths for STM-16
- System hardware redundancy for cross connect, power, and timing
- Extensive protection mechanisms including Sub-Network Connection Protection (SNCP), Multiplex Section Protection (MSP), 2F-Multiplex Section - Shared Protection Ring (MS-SPRing) and DNI

Data Services

- FE, FX, 1GbE and FC(1G/2G) interfaces
- GFP mapping and virtual concatenation by VC-12/3/4
- Hitless bandwidth adjustment via LCAS

Ethernet Switch Functions

- IEEE 802.1d Layer 2 switching
- Port/VLAN cross connection for p2p service
- 32k MAC address memory per Layer 2 card
- Jumbo Frames
- 802.3x Flow Control
- 802.1q VLAN , VLAN stacking
- 802.1w Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP), 802.1s MSTP Ingress
- Rate Limiting
- MAC based ACL (Access Control List)
- Layer 2 multicast support via IGMP snooping
- IEEE 802.1p based CoS, Policing CIR/PIR, WRED

- Strict priority and WRR scheduling scheme
- Bandwidth Scheduling and Policing
- IGMP Snooping
- Link Aggregation
- EPL, EVPL and E-LAN services in accordance with MEF9 and MEF14

Technical Data

- Physical Dimensions (H x W x D): 246 x 447 x 279 mm
- Weight: typically 16kg
- Operation according to ETS 300 019-1-3 Class 3.2
- Operating temperature range: -5 °C to +55 °C (-5°C ~ 45°C with horizontal mounted; 5°C ~ 55°C with vertical mounted)
- Humidity: 5% to 90 %
- Power supply: -48 V DC
- Power consumption: 63 W to 210 W depending on configuration

These trademarks are owned by Coriant or its affiliates: Coriant™, Coriant Dynamic Optical Cloud™, and mTera™. Other trademarks are the property of their respective owners. Statements herein may contain projections regarding future products, features, or technology and resulting commercial or technical benefits, which may or may not occur. This publication does not constitute legal obligation to deliver any material, code, or functionality. This document does not modify or supplement any product specifications or warranties. Copyright © 2014 Coriant. All Rights Reserved. 74.C0055 Rev. A 10/14

ANEXO II: Power system Delta

CellID 100

Power system

Description

CellID systems are small, just like cells. They can be embedded in the telecom infrastructure and are often used in OutD outdoor solutions. The products in this series are light and designed especially for installations with limited space offering high density of the installed power.

The system includes high efficiency rectifiers, AC and DC connections, battery connection and either ORION or PSC 3 controller. In addition to advanced supervision, short depth and easy installation are the success factors of the system.

Delta is known for quality and product reliability – in this solution that has been combined to optimize the total cost of ownership.

Main features

- 19in rack mounted system up to 100 A load current
- Integrated 1U distribution unit + rectifier shelf 1U
- High efficiency rectifiers up to 96,4 %
- All connections easily accessible from the top or optionally on the rear panel
- All battery and load breakers accessible at the front
- Sliding mechanism to support easy access to the top output connections
- Option for enhanced monitoring and controlling

Applications

- Wireless applications, network base stations, LTE
- Fixed line applications, broadband services
- Transmission



CellID 100

Power system

Technical specifications

	DPS 850B-48-6 CellID 100	DPS 2900B-48-3 CellID 100
Rectifier module	DPR 850B-48 (max. 6 pcs.)	DPR 2900B-48 (max. 3 pcs.)
Efficiency	95.2 %	96.4 % or 97.2 %
Install power (max. config.)	5.1 kW	8.7 kW
Input current	3x8 A _{RMS} (3L+N+PE)	3x13 A _{RMS} (3L+N+PE)
Input protection (recom.)	3x10 A (3L+N+PE)	3x20 A (3L+N+PE)
Height (overall)	86.8 mm (2U)	86.8 mm (2U)
Width (body)	444 mm (19")	444 mm (19")
Depth (overall) (body)	295 mm	323 mm
Weight	7.0 kg	7.0 kg

AC input

AC configuration	3L + N + PE
Input voltage range	80 ... 300 V _{RMS}
Frequency range	45 - 66 Hz
Mains connection	Screw terminals or 2 m cable (IEC 60309-2 plug / open end)
Input protection	N loss Internal OVP Inbuilt fuses (L+N) High input voltage

DC output

Output voltage range	42-58 V _{DC} ; 53.5 V _{DC nom.}
Output current (max.)	100 A
Load breakers	12 x (2 - 30 A) or 4 x (16 - 100 A)
Battery breakers	2 x 100A
LVD (battery)	Yes
PLD (not critical loads)	Optional
Critical / non critical loads configuration	6 pc / 6 pc or 2 pc / 2 pc
Output protection	Inbuilt fuses (both poles)

Over-temperature protection

Control / Monitoring

Controller	ORION or PSC 3
Local interface	Display, menu structure, keypads, LEDs
Remote monitoring	6 alarm relays, modems, WEB Interface, SNMP protocol

Others

Operating temperature	-45 - +65 °C
Humidity (relative)	95 % max, non cond.
Environment standard	ETSI EN 300 019-1-3
Safety standard	IEC 60950
EMC standard	EN 300 386

Ordering

System	3799361100
Rectifier DPR 850B-48	TPS1010004B-PML-M
Rectifier DPR 2900B-48 96.4 %	ESR-48/56B F C-A
Rectifier DPR 2900B-48 97.2 %	ESR-48/56D A-M

Delta Energy Systems (Finland) Oy

Juvan teollisuuskatu 15, FIN-02921 Espoo

Phone: +358 9 849 660, Fax: +358 9 8496 6100

www.deltapowersolutions.com

FS_CellID_100_en.docx / Rev. 09 / RPä

ANEXO III: Especificación Técnica 03.366.952.4



ET 03.366.952.4

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

EQUIPO DE TRANSMISIÓN DIGITAL SÍNCRONO STM-1 Y STM- 4

1ª EDICIÓN: ABRIL 2014



CONTROL DE CAMBIOS Y VERSIONES

Revisión		Modificaciones	Puntos Revisados
Nº	Fecha		

EQUIPO REDACTOR

Grupo de Trabajo GT-500. Telecomunicaciones fijas

<p>Propuesto:</p>  <p>Grupo de trabajo GT-500 Fecha: 14 de abril de 2014</p>	<p>Revisado:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">  DIRECCIÓN GENERAL DE EXPLOTACIÓN Y CONSTRUCCIÓN COMITÉ DE NORMATIVA Fecha: <input type="text"/> </div> <p>Comité de Normativa Reunión de 19 de noviembre de 2014</p>
--	--

Esta norma ha sido elaborada por el Grupo de Trabajo GT-500 del Comité de Normativa de la DG de Explotación y Construcción de Adif. ©Adif, 2014 - Madrid. Todos los derechos reservados. ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER PUBLICADO, DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF.

ÍNDICE DE CONTENIDOS	PÁGINA
1.- OBJETO	5
2.- CAMPO DE APLICACIÓN	5
3.- DEFINICIÓN DE TERMINOS EMPLEADOS.....	5
4.- DESCRIPCIÓN DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y FUNCIONALES	6
4.1. COMPOSICIÓN DE LOS EQUIPOS	6
4.1.1. MECÁNICA Y ALIMENTACIÓN.....	6
4.1.2. CRECIMIENTO, MODULARIDAD Y PORTABILIDAD DE UNIDADES	7
4.1.3. ESQUEMAS DE PROTECCIÓN DE UNIDADES Y TRÁFICO.....	8
4.1.4. ELEMENTOS DE RED	8
4.1.5. MATRIZ DE CONEXIONES	9
4.1.6. ENTRADAS DE ALARMAS EXTERNAS Y SALIDAS DE RELE. CANALES AUXILIARES. INTERFAZ Q	9
4.2. INTERFACES ÓPTICAS	9
4.3. INTERFACES TRIBUTARIAS	11
4.3.1. INTERFAZ A 2048 Kbps (E1)	11
4.3.2. INTERFAZ DE 34 Mbps / 45Mbps (T3).....	11
4.3.3. INTERFAZ A 140 Mbps (E4)	11
4.3.4. INTERFAZ A 155 Mps (STM-1 ELÉCTRICO)	11
4.3.5. INTERFAZ 10/100 BASE T	11
4.4. SINCRONIZACIÓN.....	12
4.5. SISTEMA DE GESTIÓN.....	12
4.5.1. FUNCIONES	13
4.5.2. PLATAFORMA DE GESTIÓN	15
4.5.3. CANALES DE GESTIÓN	16
4.5.4. GESTOR LOCAL DE ELEMENTOS DE RED	16
4.5.5. MEDIDAS EN LA RED	16
4.5.6. SOFTWARE DE APLICACIÓN	16
4.6. DOCUMENTACIÓN	17
5.- DESCRIPCIÓN Y NATURALEZA DE LOS ENSAYOS	17
5.1. ENSAYOS GEOMÉTRICOS.....	17
5.2. ENSAYOS QUÍMICOS	17
5.3. ENSAYOS MECÁNICOS.....	17
5.4. ENSAYOS ELÉCTRICOS.....	17
5.5. OTROS	17
5.5.1. TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN DE - 40 V _{DC} A -70 V _{DC}	18
5.5.2. DIMENSIONES	18
5.5.3. SEPARACIÓN DE FUNCIONES POR TARJETAS	18
5.5.4. VENTILADORES	18
5.5.5. CONSUMO	18
5.5.6. TAPA METÁLICA EN ARMAZÓN	18
5.5.7. EVOLUCIÓN DE LOS EQUIPOS Y TARJETAS INTERCAMBIABLES (SISTEMA DE GESTIÓN)	18
5.5.8. INSERCCIÓN Y EXTRACCIÓN DE TARJETAS EN CALIENTES SIN AFECTAR AL TRÁFICO	18
5.5.9. CAPACIDAD DEL EQUIPO	19
5.5.10. PROTECCIONES	19

6.- HOMOLOGACIÓN	26
6.1. CONDICIONES PARTICULARES.....	26
6.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN	26
6.3. LUGAR DE LOS ENSAYOS	26
6.4. RELACIÓN DE ENSAYOS DE HOMOLOGACIÓN	27
7.- RECEPCIÓN.....	27
8.- CONDICIONES DE TRANSPORTE, EMBALAJE Y ETIQUETADO	27
9.- GARANTÍAS	27
10.- NORMATIVA DEROGADA.....	27
11.- DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR	27
12.- NORMATIVA DE REFERENCIA.....	27
1. ANEJO 1. RFC 2544.....	30

1.- OBJETO

El objeto de la presente especificación técnica tiene por objeto definir las características técnicas y funcionales mínimas que deben cumplir los equipos de transmisión de la jerarquía digital síncrona en los niveles STM-1 y STM-4 para satisfacer las necesidades de transmisión de ADIF, tanto para la explotación ferroviaria como para la provisión de ancho de banda a usuarios internos de ADIF.

2.- CAMPO DE APLICACIÓN

El campo de aplicación será todos los equipos de la jerarquía digital síncrona de los niveles STM-1 y STM-4 que se instalen o suministren en ADIF.

3.- DEFINICIÓN DE TERMINOS EMPLEADOS

- ADM: Add- Drop Multiplexer
- ALS: Automatic Laser Shutdown
- ANSI: American National Standards Institute
- DUT: Device Under Test
- E1: Primera jerarquía plesiócrona, equivalente a 2.048 kbps en Europa.
- E3 / T3: Tercera jerarquía plesiócrona, equivalente a 34.368 kbps (E3) en Europa (ETSI), y 44.736 kbps (T3) en Estados Unidos (ANSI)
- E4: Cuarta jerarquía plesiócrona, equivalente a 139.264 kbps en Europa.
- EB: Errored Blocks
- EPS: Electrical Protection Switching
- ES: Errored Seconds
- ETSI: European Telecommunications Standards Institute
- GFP: Generic Framing Procedure
- HW / SW: Hardware / Software
- ITU-T G.XXX: International Telecommunication Union – Telecommunications, serie G
- LCAS: Link Capacity Adjusting Scheme
- LCT: Local Craft Terminal
- MPLS: MultiProtocol Label Switching
- MSOH: Multiplex Section OverHead
- MSP: Multiplex Section Protection
- PBRS: Pseudo Binary Random Sequence
- RFC 2544: Request for Comments: 2544
- RSOH: Regeneration Section OverHead
- SDXC: Synchronous Digital Cross- Connect
- SES: Severely Errored Seconds

- SNCP: Sub-Network Connection Protection
- SSM. Synchronization Status Messaging
- STM-1: Synchronous Transport Module nivel-1
- STM-1E: Synchronous Transport Module nivel-1, interfaz eléctrica
- STM-4: Synchronous Transport Module nivel-4
- TM: Terminal Multiplexer
- UAS: UnAvailable Seconds
- VC-12: Virtual Container -12. Contenedor virtual de la trama SDH apto para transportar señales plesiócronicas de 2.048 kbps (E1)
- VC-3: Virtual Container -12. Contenedor virtual de la trama SDH apto para transportar señales plesiócronicas de 34.368 kbps (E3) y 44.736 kbps (T3)
- VC-4: Virtual Container -4. Contenedor virtual de la trama SDH apto para transportar señales plesiócronicas de 139.264 kbps (E4)
- VLAN: Virtual Local Area Network
- WTR: Wait to Restore Time

4.- DESCRIPCIÓN DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y FUNCIONALES

Las características técnicas expuestas en este apartado siempre son referidas a un único equipo síncrono, no admitiéndose en ningún caso más de un único equipo para cumplir las características exigidas. Las características no indicadas como valorables se sobrentienden de obligado cumplimiento.

4.1. COMPOSICIÓN DE LOS EQUIPOS

4.1.1. MECÁNICA Y ALIMENTACIÓN

Los equipos se alimentarán en corriente continua con unos márgenes de tensión comprendidos entre 40 y 70 V_{DC}

El sub-bastidor donde se instalen las distintas unidades (tributarios, agregados, alimentación, matriz...) deberá poder alojarse en armario ETSI de dimensiones 2200x600x400 mm. ó 2200x600x300 mm.

En ningún caso el equipo podrá ser tipo compacto o de sobremesa. Al menos las siguientes funciones del equipo deberán residir en unidades totalmente independientes:

- Alimentación de sub-bastidor
- Matriz de conexiones
- Interfaces agregados (STM-1, STM-4)
- Interfaces tributarias

Esta separación de funciones por tarjetas tiene como objetivo aumentar la fiabilidad del equipo, de manera que el fallo de una de las funciones no implique el fallo en las demás.

Como excepción, se admitirá que un único agregado (STM-1, STM-4) resida en la unidad de matriz de conexiones. Por tanto, la matriz de conexiones quedará duplicada (con esquema de protección 1+1) para poder ofrecer dos agregados ópticos STM-1 o STM-4 (caso general de un elemento de

red con dos agregados ópticos). De esta manera el fallo de uno de los dos agregados no implicará el fallo de la función de matriz de conmutación, puesto que queda protegida en esquema 1+1.

En caso de ser necesario el uso de ventiladores se asegurará que ante el fallo de uno de ellos, el resto de ventiladores asegurará el correcto funcionamiento de los equipos y se informará en el sistema de supervisión esta anomalía mediante la activación de una alarma no urgente. En caso de fallo de otro de los ventiladores, se activará una alarma urgente.

Un equipo provisto de ventiladores, doble matriz de conexiones, dos interfaces STM-1 S1.1, tarjeta de tributarios E1 y tarjetas comunes no podrá consumir más de 300 W.

El equipo estará preparado contra radiaciones electromagnéticas, disponiendo de tapa metálica al menos para bastidores y sub-bastidores. En las ranuras del armazón que queden sin tarjetas podrán instalarse tapas metálicas para mejorar la protección.

El equipo podrá operar de forma continua en el rango de temperaturas de 0 °C a +45 °C.

El equipo podrá operar de forma continua en el rango de temperaturas de -5 °C a +55 °C, cuando se instale en armarios de exterior, que no están dotados de sistema de refrigeración de aire. Sólo en este caso particular no aplicarán las exigencias en cuanto a mínimo número de interfaces STM-1 o STM-4 (apdo. 4.1.2), protecciones eléctricas (apdo. 4.1.3), capacidad de la matriz de conexiones (apdo. 4.1.5), alarmas externas (apdo. 4.1.6), interfaces E3/T3 (apdo. 4.3.2), interfaces E4 (apdo. 4.3.3), interfaces STM-1E (apdo. 4.3.4) y número de interfaces E1 y ETHERNET (apdos. 4.3.1 y 4.3.5).

4.1.2. CRECIMIENTO, MODULARIDAD Y PORTABILIDAD DE UNIDADES

Los equipos podrán crecer de forma modular, para adaptarse a las necesidades de desarrollo de la red, sin tener que desechar o prescindir de los elementos (unidades de interfaces tributarios o agregados, sub-bastidores, bastidores, etc.) del mismo fabricante que se hubiesen instalado previamente. Serán posibles las siguientes evoluciones en los elementos de red: TM ⇒ ADM, ADM ⇒DXC, Regenerador ⇒ ADM.

Las tarjetas de tributarios y agregados serán las mismas para los diferentes tipos de equipo a instalar (TM, ADM ó DXC), de tal forma que las tarjetas de interfaz que realicen la misma función sean compatibles e intercambiables entre distintos elementos funcionales de red.

Será necesario que los equipos síncronos puedan evolucionar de agregado STM-1 a agregado STM-4 con el mismo soporte hardware y software, con la simple instalación de las unidades de agregado STM-4. El proceso de evolución de ADM STM-1 a ADM STM-4 podrá realizarse en servicio y se utilizarán los mecanismos de protección SDH, de manera que se minimice el tiempo de corte del tráfico activo (siempre menor que 50 ms).

Los equipos ADM que se instalen permitirán la evolución a un DXC, ampliando el número de interfaces STM-1, STM-4 ó combinaciones de ambas. En las configuraciones como DXC, el equipo admitirá como mínimo doce (12) interfaces STM-1 ó cinco (5) interfaces STM-4. El equipo admitirá cualquier combinación de interfaces STM-1 y STM-4, siempre que no se sobrepase la capacidad de la matriz de conexiones.

No serán válidos los equipos tipo compacto, en los que en la misma unidad resida la matriz de conexiones, agregados STM-1 o STM-4 y tributarios, salvo en el caso de operación en margen extendido de temperatura (-5 °C a +55 °C).

La arquitectura general de los equipos deberá permitir la inserción de unidades (para ampliación de interfaces tributarios/agregados o para redundar alguna unidad) de forma sencilla y sin interrupciones en el tráfico cursado por las unidades en servicio. De la misma manera, la

extracción de unidades del equipo no deberá influir en el funcionamiento de las demás unidades instaladas.

4.1.3. ESQUEMAS DE PROTECCIÓN DE UNIDADES Y TRÁFICO

La fiabilidad y disponibilidad de los equipos SDH se verá incrementada mediante la posibilidad de realizar las siguientes protecciones eléctricas en el esquema descrito:

- Matriz de cross-conexiones: 1+1
- Unidad de alimentación (en caso de alimentación centralizada): 1+1
- Interfaces tributarias a 2 Mbps y 34 Mbps: 1:n

Las protecciones podrán ser automáticas ante un fallo (el equipo realiza la protección) ó forzadas manualmente por el operador de red.

Los esquemas de protecciones de unidades anteriores serán independientes unos de otros. Esto supone que, por ejemplo, la conmutación de una matriz de conexiones a la de protección no implique la conmutación de ninguna otra unidad a su homónima de protección.

Opcionalmente, el equipo podrá realizar protecciones eléctricas (1+1 ó 1:n) sobre otras unidades (tributarios E4, 155 Mbps eléctrico, ETHERNET...).

El equipo deberá incluir protección 1+1 de la unidad de matriz de conexiones en todos los elementos de red (TM, ADM ó DXC) desde un principio.

El equipo soportará las protecciones de tráfico siguientes:

- SNCP para contenedores VC-12, VC-3, VC-4 (según recomendación ITU-T G.841)
- MSP para agregados STM-1 y STM-4 (según recomendación ITU-T G.841).

El equipo guardará toda la configuración en una memoria no volátil, de forma que ante cortes de alimentación (por mantenimiento o avería) mantenga la configuración y los servicios.

4.1.4. ELEMENTOS DE RED

Los equipos seguirán la estructura de multiplexación para redes SDH definida en la recomendación ITU-T G.707. Para garantizar su evolución a lo largo del tiempo, los equipos deberán estar diseñados para poder construir, con el menor número de tarjetas posibles, cualquier elemento de red, de los tipos siguientes:

- MULTIPLEXOR TERMINAL (TM, *Terminal Multiplexer*) de los tipos I.2 y II.2 definidos en la recomendación ITU-T G.782.
- MULTIPLEXOR DE INSERCIÓN / EXTRACCIÓN (ADM, *Add-Drop Multiplexer*) de los tipos III.1 y III.2 definidos en la recomendación ITU-T G.782.
- SISTEMA DE INTERCONEXIÓN DIGITAL (SDXC, *Synchronous Digital Cross-Connect*) del tipo SDXC-III definido en la recomendación ITU-T G.782.
- REGENERADOR DE LINEA BIDIRECCIONAL (LR, *Line Repeater*), según la recomendación ITU-T G.958. Deberán ser regeneradores de líneas bidireccionales a nivel STM-1 o STM-4.

Para el elemento de red TM, se podrán realizar los siguientes tipos de cross-conexiones bidireccionales:

- Agregado STM-1 o STM-4 (cualquier VC-12/3/4) a tributario.
- Tributario a tributario.

Para los elementos de red ADM y DXC, se podrán realizar los siguientes tipos de cross-conexiones bidireccionales:

- Agregado STM-1 o STM-4 (cualquier VC-12/3/4) a agregado STM-1 o STM-4 (cualquier VC-12/3/4). Podrán realizarse conexiones unidireccionales para cualquier VC-12/3/4 hacia un mismo agregado.
- Agregado STM-1 o STM-4 (cualquier VC-12/3/4) a tributario.
- Tributario a tributario.

Además de las conexiones descritas, podrá realizarse bucles lado equipo (local) y lado línea (remoto) sobre todos los puertos eléctricos y ópticos (tributarios ó agregados) de los que disponga el equipo. La realización de un bucle deberá notificarse en el sistema de gestión.

4.1.5. MATRIZ DE CONEXIONES

La matriz de conexiones tendrá capacidad para realizar cualquier tipo de conexiones de las indicadas en el apartado "Elementos de red". La matriz de conexiones presentará la capacidad total desde un principio, y no será necesaria su ampliación en caso de evolución de agregado STM-1 a STM-4.

La capacidad mínima de la matriz de conexiones será de 32 STM-1 equivalentes con posibilidad de conexión hasta el nivel de VC-12. La matriz tendrá desde un principio la capacidad de 32 STM-1 equivalentes, sin necesidad de hacer ampliaciones o cambios posteriores.

Todos los parámetros de las cross-conexiones y de las configuraciones de los diferentes tributarios se programarán desde el puesto de supervisión central. La creación de conexiones o protecciones no implicará corte del tráfico en aquellas conexiones sobre las que no se estén trabajando.

4.1.6. ENTRADAS DE ALARMAS EXTERNAS Y SALIDAS DE RELE. CANALES AUXILIARES. INTERFAZ Q

Los equipos SDH dispondrán de entradas para la conexión de contactos de relé libres de potencial procedentes de los equipos auxiliares (aire acondicionado, rectificador, termostato, temperatura, puerta de acceso abierta...).

Como mínimo, dispondrá de las siguientes entradas y salidas externas:

- 3 entradas
- 1 salida por relé

El sistema de gestión permitirá definir el estado normal y de alarma de cada entrada y salida. Se podrá definir el tipo de alarma, urgente / no urgente de cada entrada. A cada una de estas entradas se les podrá asignar un texto para que indique el tipo de evento que representa. El sistema de gestión monitorizará continuamente estas alarmas externas, como una más del sistema, de forma que se puedan realizar informes y estadísticas sobre su ocurrencia.

El equipo dispondrá de interfaces Q para la gestión remota a través del sistema de gestión central. Este interfaz Q cumplirá la recomendación ITU-T G.773. El equipo dispondrá de un interfaz para gestión local (RS232 o ETHERNET) a través de un ordenador portátil.

Se valorará que el equipo disponga de unidad de canales auxiliares (RS232, V.11, G.703...) embebidos en los bytes libres de la trama SDH.

4.2. INTERFACES ÓPTICAS

Los cables de fibras ópticas instalados para ADIF son de sílice, tipo monomodo y con perfil de

índice de refracción en escalón, según norma ITU-T G.652. Los cables tienen las siguientes características ópticas:

- Atenuación

Máxima media a 1310 nm	0,36 dB/km
Máxima individual a 1310 nm	0,38 dB/km
Máxima media a 1550 nm	0,22 dB/km
Máxima individual a 1550 nm	0,25 dB/km

- Dispersión cromática

Entre 1285 y 1310 nm	< 3.5 ps/nm.km
A 1550 nm	<18 ps/nm.km

- Dispersión del modo de polarización (PMD) <0,5 ps.km^{-1/2}

En la elección de las interfaces ópticas en función de las distancias entre estaciones, deberá tenerse en cuenta los parámetros anteriores.

Los terminales ópticos cumplirán la recomendación para transmisión sobre cable de fibras ópticas monomodo tipo ITU-T G.652, en segunda ó tercera ventana de transmisión. El emisor láser de los interfaces ópticos cumplirá las recomendaciones ITU-T G.957 y G.958.

Deberán existir unidades de interfaz agregado que cumplan con las características técnicas recogidas en la recomendación ITU-T G.957 y G.958. Como mínimo, el equipo dispondrá de los siguientes interfaces ópticos:

- S1.1, L1.1 y L1.2 (interfaces STM-1).
- S4.1, L4.1 y L4.2 (interfaces STM-4).

Opcionalmente, el equipo podrá disponer de otros interfaces ópticos (I/U/V), definidos en la especificación ITU-T G.957.

Las interfaces ópticas agregados STM-1 o STM-4 del equipo residirán en unidades distintas desde un principio, de manera que el fallo de una unidad sólo afecte a uno de los agregados.

Se valorará que las interfaces ópticas permitan monitorizar los siguientes parámetros:

- Corriente del polarización de láser transmisor.
- Potencia óptica de transmisión y recepción.
- Temperatura del láser

En caso de no monitorizar los parámetros anteriores, el equipo permitirá controlar de manera alternativa el buen funcionamiento del láser transmisor y la potencia óptica en los receptores (alarmas por umbrales de potencia transmitida/recibida, alarmas de láser deteriorado...).

El interfaz óptico permitirá la monitorización de rendimiento, analizando el byte B1 de la parte RSOH de la trama STM-N. El interfaz óptico monitorizará al menos los parámetros de bloques erróneos (EB), segundos con error (ES), segundos con muchos errores (SES) y tiempo indisponible (UAS), según lo definido en la recomendación ITU-T G.826. Estas medidas de calidad de señal las podrá solicitar el operador de red desde el sistema de gestión. De la misma manera, podrán establecerse umbrales en estos parámetros de calidad, avisando el sistema de gestión de la superación de dicho umbral mediante activación de una alarma.

Para los interfaces ópticos existirá un mecanismo de protección ALS según la recomendación ITU-T G.958, ITU-T G.664 y Norma IEC 825-1.

4.3. INTERFACES TRIBUTARIAS

Las unidades de tributarios E1 y E3 permitirán monitorizar la calidad de las señales tributarias. Los parámetros a monitorizar serán los incluidos en la recomendación ITU-T G.826. Desde el sistema de gestión podrán realizarse informes y estadísticas a medida sobre los parámetros monitorizados.

Todos los elementos de red (TM, ADM y DXC) podrán extraer los siguientes tipos de tributarios:

4.3.1. INTERFAZ A 2048 KBPS (E1)

Los equipos STM-1 o STM-4 permitirán el acceso de tributarios E1. Estos interfaces cumplirán las recomendaciones ITU-T G.703 y G.704. Cada unidad dispondrá de un mínimo de 16 tributarios.

La impedancia podrá ser 75 ó 120 Ω . Los tributarios plesiócronicos de 2 Mbps (E1) serán asignados en los VC-12 en el modo asíncrono, respetando bits de relleno y control propios de la trama E1. Opcionalmente, la unidad podrá permitir la asignación en el modo byte síncrono.

El equipo permitirá instalar hasta 63 tributarios E1.

4.3.2. INTERFAZ DE 34 MBPS / 45MBPS (T3)

Los equipos STM-1 o STM-4 permitirán el acceso de tributarios E3 y T3. Estas interfaces cumplirán las recomendaciones ITU-T G.703 y G.704. La asignación de estos tributarios en los VC-3 será en el modo asíncrono.

El equipo permitirá instalar hasta 9 tributarios E3 / T3.

4.3.3. INTERFAZ A 140 MBPS (E4)

Se valorará que los equipos STM-1 o STM-4 permitan el acceso de tributarios E4. Esta interfaz cumplirá las recomendaciones ITU-T G.703 y G.704. El mapeado de este tributario se realizará sobre VC-4, modo asíncrono.

4.3.4. INTERFAZ A 155 MPS (STM-1 ELÉCTRICO)

Los equipos STM-1/4 permitirán el acceso de tributarios STM-1 eléctricos. Esta interfaz cumplirá la recomendación ITU-T G.703.

El equipo permitirá instalar hasta 12 tributarios STM-1 eléctrico.

4.3.5. INTERFAZ 10/100 BASE T

Existirá una unidad de interfaces tributarias 10/100 Base T. Ambas interfaces deberán ofrecerse en la misma unidad, seleccionando mediante el sistema de gestión el tipo de interfaz (10 Base T ó 100 Base T). Las características exigibles a este tipo de interfaz son las definidas en la norma IEEE 802.3.

La unidad de interfaces 10/100 Base T permitirá asignar de manera flexible el ancho de banda en la trama STM-N a cada interfaz ETHERNET. La asignación de ancho de banda podrá ser de nxVC-12 para interfaces 10 Base T y nxVC-12, mxVC-3 ó combinación de ambos para interfaces 100 Base T. El proceso de asignación de tramas ETHERNET en la estructura de contenedores de la trama SDH seguirá la recomendación ITU-T G.7041, GFP (Generic Framing Procedure).



La unidad de interfaces 10/100 Base T permitirá el ajuste dinámico de ancho de banda sin interrupción del servicio y posibilidad de asegurar el servicio ante fallos en el enlace, siguiendo la recomendación ITU-T G.7042, LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme).

La tarjeta desactivará el puerto ETHERNET del lado cliente cuando detecte que el circuito SDH sobre el que se transportan las tramas ETHERNET de ese puerto esté fuera de servicio (por ejemplo por un corte en el medio de transmisión, fallo de un nodo SDH intermedio, elevada tasa de error...). De esta manera, el equipamiento conectado al puerto ETHERNET cliente (routers, switches) detectará el fallo del enlace y conmutará a su ruta de protección en menos tiempo.

La tarjeta de puertos ETHERNET permitirá transportar por la red SDH tamaños de tramas ETHERNET de hasta 1548 octetos, siendo transparente de esta forma a formatos de trama de nivel 2 y nivel 3 como VLAN ó MPLS.

La capacidad de cross-conexión de la tarjeta ETHERNET hacia la matriz del equipo será al menos de 2xVC-4, de forma que en total pueda asignarse a todos los puertos ETHERNET de la tarjeta un ancho de banda de hasta 2xVC-4.

La unidad de tributarios 10/100 Base T permitirá monitorizar algún parámetro de rendimiento para los puertos: paquetes recibidos correctamente, paquetes recibidos con error, paquetes transmitidos correctamente, estadísticas sobre colisiones de paquetes, estadísticas sobre tráfico en el lado cliente, generación de gráficas o informes sobre parámetros monitorizados...

El equipo permitirá instalar hasta 24 puertos 10/100 Base T con las características descritas anteriormente.

4.4. SINCRONIZACIÓN

Los parámetros de sincronización se programarán desde el sistema de gestión. El equipo se sincronizará según el orden de prioridad establecido por el usuario basado en la calidad de la señal de reloj. Como fuente de señal de sincronización el equipo podrá aceptar cualquier señal tributaria de entrada a 2048 Kbps, cualquier interfaz STM-1, STM-4 o una señal de sincronización externa (2048 kHz, según recomendación ITU-T G.703). Así mismo, el equipo dispondrá de una salida de sincronización 2048 kHz (G.703) y de un oscilador interno (2 MHz), según ITU-T G.813 (opción 1)

Se utilizarán los mensajes de estado de sincronización propios de SDH (SSM) para garantizar que se emplea la mejor fuente de sincronización disponible, según ITU-T G.781. Los mensajes se utilizarán para impedir que se produzcan bucles de sincronización en la red SDH.

En caso de necesidad el equipo podrá ser forzado a permanecer sincronizado a una determinada fuente de sincronismo.

Cualquier anomalía o cambio de la fuente de sincronización provocará el consiguiente mensaje de alarma o aviso por parte del sistema de gestión.

Para poder analizar en detalle situaciones anómalas de sincronización, el equipo registrará los eventos de movimiento de puntero (positivos y negativos) que se hayan producido.

4.5. SISTEMA DE GESTIÓN

Con el fin de conseguir la optimización del rendimiento y operación de la red de equipos de transmisión, se dotarán los dispositivos software y hardware adecuados para formar un Sistema de Supervisión de Red que permitirá la supervisión, operación y mantenimiento, monitorización, provisión de servicios, registro de servicios, procesado y almacenamiento de datos relativos al funcionamiento de todos los equipos STM-1 o STM-4. Este sistema de supervisión de red permitirá

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	DIRECCIÓN GENERAL DE EXPLOTACIÓN Y CONSTRUCCIÓN		
EQUIPO DE TRANSMISIÓN SÍNCRONA STM - 1 y STM - 4	COMITÉ DE NORMATIVA		
ET 03.366.952.4	1ª EDICIÓN	ABRIL 2014	Pág. 12 de 35

la supervisión de los equipos síncronos que se suministren o instalen para Adif desde un principio.

Para la supervisión de un número mayor de nodos STM-1 o STM-4, no será necesario sustituir elementos fundamentales, sustituyendo únicamente elementos complementarios como puertos de conexión con la estructura de comunicaciones, discos duros, etc., con el fin de mantener la validez del sistema, en un horizonte razonable. El fabricante documentará las posibilidades de crecimiento de la plataforma de gestión, indicando para cada escenario el equipamiento necesario de servidores, discos duros, capacidad del procesador y el número de licencias de nodos y servicios cubiertos.

El sistema permitirá la gestión de todos los equipos SDH de un mismo fabricante. El Sistema de Gestión de Red permitirá desde un puesto centralizado, la supervisión, operación y mantenimiento de todos los recursos del sistema de transmisión SDH a instalar así como la recogida y procesamiento de datos de estado de alarmas externas de los equipos.

El sistema permitirá el acceso sobre un mismo elemento de red de, al menos, dos gestores independientes: un gestor de red global (centralizado) y otro local (LCT) que se utilizará en caso de pérdida de gestión desde el puerto central (por avería u otros motivos).

4.5.1. FUNCIONES

El sistema realizará al menos las funciones indicadas en los puntos siguientes:

4.5.1.1. GESTIÓN DE FALLOS

Realizará la supervisión continua de la red, mediante verificación automática del estado funcional de todos los elementos de la red, incluidas las alarmas externas. Los equipos SDH se representarán de forma gráfica, representando mediante colores el estado del equipo. Estos colores representarán la criticidad de las alarmas del equipo (crítica, urgente, mayor y menor) y será configurable por el usuario qué alarmas pertenecen a cada grupo y por tanto con qué color se representan. La representación gráfica de la red será secuencial desde el esquema general hasta nivel de tarjeta, para una rápida localización de averías o fallos. El sistema debe representar la disponibilidad de los enlaces entre equipos caracterizando la incidencia del enlace mediante distintos colores o tipos de línea. Igualmente presentará los servicios de forma gráfica y las incidencias ocurridas en los servicios se representarán mediante distintos colores.

4.5.1.2. GESTIÓN DE ALARMAS

Almacenamiento de todas las alarmas que se generen en la red. Sobre la base de datos de alarmas se podrán realizar e imprimir filtros por cualquier campo de la alarma (fecha de aparición, equipo, tipo, criticidad...). El sistema mostrará dos listados diferenciados de alarmas.

- Alarmas activas de la red en el momento de la consulta.
- Histórico de alarmas de la red, que son las que ya han cesado en el momento de la consulta. Las alarmas activas irán pasando al listado histórico de alarmas según vayan cesando, de forma automática o siendo reconocidas por el operador.

Los equipos almacenarán las alarmas en una memoria no volátil. En ningún caso las alarmas podrán borrarse. Cada alarma indicará la hora de inicio y fin, fecha y hora. Los listados de alarmas activas e históricas permitirán realizar análisis estadísticos e informes de averías y de los servicios afectados ante un fallo en un enlace o equipo. Los informes podrán ser generados automáticamente con periodicidad definida por el usuario del sistema de gestión. Las alarmas de las que informará el sistema serán todas las relativas a la estructura jerárquica SDH y las relativas a cualquier configuración particular del equipo (sincronismo de reloj, rebase de nivel máximo de errores, alarmas externas, bucles...). El histórico de alarmas será una pila tipo FIFO de tamaño

variable, de forma que la primera alarma generada será la primera eliminada cuando se sobrepase el máximo tamaño de la pila. El mínimo tamaño de pila serán 10.000 registros, pudiendo ampliarse a petición del usuario. El histórico de alarmas podrá aplicarse a toda la red (todos los nodos) o a uno o varios en particular, filtrando sólo las alarmas correspondientes a la selección. Se valorará que el sistema permita obtener también un histórico de alarmas de servicios, de forma que pueda determinarse la disponibilidad del servicio en base a las alarmas ocurridas en la red SDH. Este análisis será independiente del que pueda realizarse por análisis de rendimiento del servicio (en períodos de 15 minutos), explicado más adelante.

4.5.1.3. GESTIÓN DE CONFIGURACIÓN

El sistema de supervisión permitirá la creación de nuevos equipos, modificación (o supresión) de los existentes, así como añadir o quitar tarjetas de interfaces, modificar conexiones, protecciones (EPS, SNCP y MSP), sincronismo, puertos eléctricos y ópticos, rendimiento, etc. Es decir, permitirá configurar todas las características del equipo exigidas en la presente prescripción técnica. La creación de conexiones no implicará corte del tráfico servicios ya existentes. El sistema permitirá todas las operaciones habituales para la detección y resolución de fallos (cambio de ruta de servicios, realización de bucles a varios niveles, creación de protecciones de servicio, activar y desactivar ALS...).

4.5.1.4. GESTIÓN DE CALIDAD

El sistema debe presentar las mediciones de EB, ES, SES y UAS (ITU-T G.821 y G.826) para periodos de 15 minutos y 24 horas. El sistema permitirá refrescar los contadores a petición del operador, sin necesidad de esperar intervalos completos de 15 minutos ó 24 horas. Se podrá monitorizar las potencias ópticas de transmisión y recepción de las interfaces ópticas (o controlar las alarmas de umbrales de potencia transmitida/recibida, alarmas de láser deteriorado...). El sistema permitirá realizar medidas de rendimiento de 15 minutos y 24 horas sobre servicios, de forma que pueda medirse la disponibilidad también a través de los contadores de EB, ES, SES y UAS.

4.5.1.5. GESTIÓN DE SEGURIDAD DE ACCESO AL SISTEMA DE GESTIÓN

Se personalizando diferentes niveles de acceso, según las categorías funcionales de los diferentes posibles usuarios. Se podrán definir los siguientes perfiles de usuario:

- Monitor, que sólo puede observar y reconocer alarmas, consultar circuitos y configuraciones, pero en ningún caso puede modificar o borrar
- Operador, que tiene todos los permisos (borrar y crear circuitos, nodos o cambiar configuraciones de equipos, bases de datos etc.).

Estos perfiles podrán asignarse a un grupo exclusivo de nodos de la red, de forma que un usuario podrá ser monitor u operador de un grupo de nodos, sin tener visibilidad del resto de la red.

4.5.1.6. BASE DE DATOS

Posibilidad de comprobar la configuración de los equipos a partir de la información de la/s base/s de datos (centralizadas o descentralizadas) sin necesidad de conectar directamente con el equipo.

4.5.1.7. COPIAS DE SEGURIDAD DEL SISTEMA

El sistema permitirá realizar una copia de la base de datos del sistema, que incluya toda la información sobre la red (nodos, direcciones de supervisión, conexiones, servicios, circuitos y configuraciones de nodos.). De esta base de datos podrán realizarse copias de seguridad programadas periódicamente (diarias) en zonas de disco duro reservadas, discos duros externos, cintas u otro sistema de respaldo. El espacio asignado para estas copias de seguridad podrá ser

definido por el usuario, avisando el sistema cuando la ocupación sea próxima al límite. En caso de necesidad, el sistema permitirá restaurar una copia de seguridad anterior.

4.5.1.8. COPIAS DE SEGURIDAD DE LOS NODOS

El sistema permitirá generar ficheros con la configuración específica de un nodo de red. De esta forma, ante la sustitución por avería de un nodo de la red podrá volcarse la configuración del nodo de repuesto desde un sistema local (LCT) o desde el sistema central.

4.5.1.9. SISTEMA DE RESPALDO

El sistema de supervisión de red permitirá una configuración de respaldo, de forma que ante la caída completa del sistema de supervisión principal completo (por avería o por mantenimiento del HW), el usuario podrá arrancar el sistema de respaldo y recuperar la supervisión de la red. La conmutación del sistema principal al de respaldo será siempre a petición del operador, no automática. Para mantener actualizado el sistema de respaldo, existirá un proceso que copie automáticamente los cambios en la base de datos del sistema principal en la base de datos del sistema de respaldo.

4.5.1.10. CREACIÓN Y GESTIÓN DE SERVICIOS

El sistema permitirá realizar circuitos extremo a extremo de forma automática para cualquier tributario de los definidos en esta prescripción técnica (incluidos ETHERNET). El sistema calculará la ruta óptima del servicio en base a la métrica definida por el usuario, que en el caso general será el número de saltos, pero podrá variarse en función de las necesidades de la red (por consumo de ancho de banda, aplicando coeficientes a determinados enlaces, etc.). Igualmente, el sistema permitirá proteger servicios de forma automática por una ruta alternativa elegida por el usuario. El sistema también permitirá crear circuitos que se prolonguen sobre equipos definidos como externos a la red SDH (de otros fabricantes), incluso para interfaces ETHERNET. Los servicios creados podrán crearse y clasificarse por clientes. El sistema controlará todos los circuitos definidos, pudiendo hacer consultas o informes por fecha de creación, cliente, ancho de banda asociado, protección, número de saltos, estado de alarmas... El sistema permitirá conocer todos los circuitos soportados por un enlace o un nodo de la red (en el caso del nodo de red, todos los circuitos que atraviesan el nodo o los que comienzan o acaban en el nodo), de forma que pueda conocerse de forma rápida los servicios afectados por el fallo de un enlace o nodo de la red, o el ancho de banda libre en el nodo o enlace.

4.5.2. PLATAFORMA DE GESTIÓN

La plataforma de gestión, a suministrar estará de acuerdo con los últimos estándares de la UIT e ISO, debiéndose asegurar una larga vigencia según las tendencias actuales. Se proporcionará el software correspondiente a las distintas aplicaciones auxiliares para gestión de las bases de datos, configuraciones gráficas de red, registro de servicios...

La arquitectura del sistema seguirá la norma ITU-T G.831. La plataforma de gestión agrupará las siguientes funciones:

- Monitor de red: Un puesto de operador desde el que operar o monitorizar la red
- Sistema de gestión de elementos de red: Permitirá la supervisión centralizada de cada nodo de red separadamente
- Sistema de gestión de red: Permitirá la supervisión de la red como tal, mostrando el estado activo de enlaces entre nodos, rutas de servicios...

Cada una de las funciones anteriores podrá ser soportada por HW distinto, de forma que el

crecimiento de la red pueda hacerse de forma gradual, ampliando el HW asociado a cada función (potencia de los servidores, velocidad de procesadores, capacidades de disco...) en función de los nodos de la red y del número de terminales de operador.

4.5.3. CANALES DE GESTIÓN

La supervisión de los equipos síncronos se realizará por los bytes D1-D3 (RSOH) y D4-D12 (MSOH) de la cabecera de trama SDH. El sistema permitirá proteger el canal de gestión embebido (ECC) de forma que la supervisión de la red se mantenga a pesar de un fallo en el medio de transmisión o en un nodo de la red. Para ello se utilizará el protocolo OSI o IP indistintamente. El sistema se conectará a la red a través de la interfaz Q de los equipos y podrá realizarse en varios puntos, de forma que el enlace quede redundado. Estos enlaces podrán ser remotos, a través de circuitos punto a punto ETHERNET dedicados.

4.5.4. GESTOR LOCAL DE ELEMENTOS DE RED

Además del sistema de gestión de los equipos de transmisión, podrá usarse un gestor local de nodos. El gestor local, que será compatible e independiente del sistema central de gestión de transmisión, podrá usarse conectado en local a los elementos de red (via interfaz RS-232 o ETHERNET), para los propósitos siguientes:

- Revisión de todos los estados de alarmas del elemento de red, visualizando gráficamente alarmas en sub-bastidores y tarjetas.
- Configuración del equipo (dirección y otros parámetros para supervisión, conexiones, protecciones, potencias ópticas, sincronismo...).
- Operaciones de salvar y restaurar configuración del nodo o de las tarjetas, así como reiniciar el equipo o tarjetas.
- Monitorización de rendimiento de puertos del equipo (ópticos y eléctricos).

El sistema de gestión de red y el gestor local serán compatibles en la supervisión de los nodos, de forma que ambos no podrán tener permisos de escritura sobre un nodo simultáneamente. La prioridad la tendrá siempre el gestor de red, que podrá conceder o no la gestión local, siempre desde el puesto de operador del sistema de gestión de red.

4.5.5. MEDIDAS EN LA RED

Las medidas remotas serán implementadas para análisis periódicos y detección anticipada de averías. Otras funciones de medidas remotas típicas serán:

- Medidas y avisos de umbrales de error configurables.
- Configuración de umbrales de potencia óptica recibida
- Niveles de potencia óptica recibida y transmitida de los transmisores y receptores, también en configuraciones con amplificador.

4.5.6. SOFTWARE DE APLICACIÓN

Deberá existir un procedimiento de carga remota del software interno del equipo desde el ordenador de gestión que evite al máximo las interrupciones en el tráfico existente. De esta manera, los procesos de actualización de software podrán realizarse de manera centralizada. En caso de que la carga de una nueva versión SW implique corte de servicio, el fabricante detallará el tiempo de corte en cada tipo de servicio, con el fin de programar el cambio de SW en la franja horaria más conveniente para ADIF.

Para comunicarse con los sistemas de gestión de red, los equipos deberán estar dotados de interfaces Q según recomendación ITU-T G.773 y el correspondiente software de comunicaciones. Esta característica deberá estar presente en todos los elementos de red, desde un principio.

Se suministrará copia de seguridad de todo el software y sistemas operativos instalados, así como de todos los programas auxiliares necesarios programas para la creación y modificación de gráficos, bases de datos... Se proporcionarán manuales explicativos al nivel de usuario, de instalación, de programación y de administración. Este software permitirá a Adif realizar futuras configuraciones, altas y bajas de equipos con medios propios.

4.6. DOCUMENTACIÓN

El equipo síncrono dispondrá de documentación técnica detallada de los siguientes aspectos:

- Descripción
- Instalación
- Operación
- Mantenimiento
- Lista detallada de todas las alarmas del equipo y su interpretación

5.- DESCRIPCIÓN Y NATURALEZA DE LOS ENSAYOS

5.1. ENSAYOS GEOMÉTRICOS

No aplica la realización de ensayos de este tipo para los equipos de transmisión síncrona STM-1 y STM-4.

5.2. ENSAYOS QUÍMICOS

No aplica la realización de ensayos de este tipo para los equipos de transmisión síncrona STM-1 y STM-4.

5.3. ENSAYOS MECÁNICOS

No aplica la realización de ensayos de este tipo para los equipos de transmisión síncrona STM-1 y STM-4.

5.4. ENSAYOS ELÉCTRICOS

No aplica la realización de ensayos de este tipo para los equipos de transmisión síncrona STM-1 y STM-4.

5.5. OTROS

Para realizar las pruebas indicadas en este punto, será necesario disponer de los siguientes instrumentos de medida:

- Polímetro digital.
- Pinza amperimétrica.
- Analizador de tramas (con resolución de medida de tiempo de milisegundo) de 2048 kbps a STM-4.

- Analizador de tramas ETHERNET.
- Generador de reloj de 2048 kHz.

Se realizarán las siguientes pruebas a los equipos síncronos STM-1 o STM-4 con el fin de determinar si cumplen las características técnicas, definidas en la descripción genérica de producto.

5.5.1. TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN DE - 40 V_{DC} A -70 V_{DC}

El equipo se configurará una medida PBRS de un STM-1 óptico en bucle con un analizador de tramas.

Se variará la tensión de alimentación entre -40 y -70 V_{DC}.

Se comprobará que la medida no se altera.

5.5.2. DIMENSIONES

Comprobar que el equipo puede instalarse en un armario ETSI de medidas 2200x600x300 y 2200x600x400

5.5.3. SEPARACIÓN DE FUNCIONES POR TARJETAS

Comprobar en el sistema de gestión y físicamente en el armazón del equipo, que las tarjetas de alimentación, matriz, tributarios y agregados son distintas y ocupan posiciones distintas en el armazón del equipo.

5.5.4. VENTILADORES

Comprobar que cuando falla uno de los ventiladores, se indica una alarma en el sistema de gestión.

5.5.5. CONSUMO

Instalar en el equipo dos matrices, dos tarjetas STM-1 S1.1, una tarjeta de tributarios E1 y tarjetas comunes (sincronismo, controladora, alimentación...).

Comprobar que el consumo es inferior a 300 W.

5.5.6. TAPA METÁLICA EN ARMazón

Comprobar que el armazón dispone de puerta metálica y tapas para las ranuras no equipadas.

5.5.7. EVOLUCIÓN DE LOS EQUIPOS Y TARJETAS INTERCAMBIABLES (SISTEMA DE GESTIÓN)

Con las tarjetas adecuadas, construir un TM, ADM y DXC, añadiendo tarjetas agregadas desde el sistema de gestión

5.5.8. INSERCIÓN Y EXTRACCIÓN DE TARJETAS EN CALIENTES SIN AFECTAR AL TRÁFICO

El equipo se configurará una medida PBRS de un STM-1 óptico en bucle con un analizador de tramas.

Se insertarán y extraerán distintos tipo de tarjetas agregadas, tributarias y auxiliares (controladora, sincronismo) en las ranuras no utilizadas: la medida no debe alterarse.

5.5.9. CAPACIDAD DEL EQUIPO

Comprobar con la documentación del fabricante y en el sistema de gestión, que el equipo permite instalar hasta un máximo de los tributarios indicados en la tabla siguiente:

PUERTOS	CUMPLE/ NO CUMPLE
12 x STM-1 ópticos	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
12 x STM-1 eléctricos	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
5 x STM-4	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
63 x E1	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
9 x E3 / T3	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
24 x 10/100 Base T	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>

Tabla 1. Toma de datos para la comprobación de los tributarios permitidos

5.5.10. PROTECCIONES

5.5.10.1. ELÉCTRICAS

En el equipo se configurará un circuito de un E1 hacia un agregado óptico en bucle, midiendo el circuito con un analizador de tramas.

Con la medida PBRs en curso, se extraerán las tarjetas de protección de: alimentación, matriz y procesadora de E1. Después se repondrán y se anotarán los tiempos de corte y reposición.

En el caso de la tarjeta de alimentación no debe haber ninguna alteración en la medida.

Se repetirá el procedimiento para un circuito E3 y T3

	Tiempo de corte (ms)	Tiempo de reposición (ms)
Alimentación		
Matriz de conexión		
Procesadora E1		
Procesadora E3 / T3		

Tabla 2. Toma de datos para la comprobación de la protección eléctrica

5.5.10.2. SNCP

Se configurará un circuito E1, E3, T3 y STM-1 eléctrico entre dos nodos STM-4 unidos en anillo con dos enlaces S4.1, en anillo. Se declarará una protección SNCP de cada circuito desde el sistema de gestión. Mientras se miden los circuitos con un analizador de tramas (se hará bucle físico en el extremo remoto), se cortará el lado del anillo definido como principal y se anotará el tiempo conmutación del servicio la ruta de protección. Después se recuperará el enlace, anotando el tiempo de conmutación a la ruta principal. Para ello la protección debe configurarse reversible y WTR = 0.

	Tiempo de corte (ms)	Tiempo de reposición (ms)
Servicio E1		
Servicio E3		
Servicio T3		
Servicio STM-1e		

Tabla 3. Toma de datos para la comprobación de la protección SNCP

5.5.10.3. MSP

Se configurará una protección MSP de nivel STM-1 óptico entre dos nodos y un servicio E1 entre ambos equipos, con bucle físico en un extremo y analizador de tramas en el otro. Mientras se mide el circuito, se cortará el enlace definido como principal y se anotará el tiempo conmutación del servicio la ruta de protección. Después se recuperará el enlace, anotando el tiempo de conmutación a la ruta principal. Para ello la protección debe configurarse reversible y WTR = 0.

El procedimiento se repetirá para una MSP de nivel STM-4

	Tiempo de corte (ms)	Tiempo de reposición (ms)
MSP STM-1		
MSP STM-4		

Tabla 4. Toma de datos para la comprobación de la protección MSP

5.5.10.4. PERSISTENCIA DE LA CONFIGURACIÓN

Con cualquiera de las medidas en curso de apartados anteriores, se provocará un corte de alimentación y se anotará el tiempo que tarda el equipo en recuperar el tráfico.

$T_{\text{RECUPERACIÓN DEL TRÁFICO}} =$

5.5.10.5. TIPOS DE CONEXIÓN (SISTEMA DE GESTIÓN)

Se comprobará en el sistema de gestión, que pueden realizarse las conexiones indicadas siguientes:

	Tributario-tributario	Tributario - agregado	Agregado - agregado
TM			
ADM			
DXC			

Tabla 5. Toma de datos para registro de los tipos de conexión existentes en el sistema de gestión

5.5.10.6. BUCLES (ÓPTICOS Y ELÉCTRICOS)

Se comprobará con un analizador de tramas y realizando el circuito necesario desde el sistema de gestión, que pueden realizarse los bucles indicados en la tabla 6.

La realización del bucle se reflejará en el sistema de gestión con la correspondiente alarma o evento.

	Activar bucle	Desactivar bucle
STM-1		
STM-4		
STM-1 eléctrico		
E1		
E3		
T3		

Tabla 6. Toma de datos para la comprobación de bucles ópticos y eléctricos

5.5.10.7. MATRIZ DE CONEXIONES DE 32 STM-1 CON ACCESO A VC-12

Se comprobará en la documentación del fabricante y en el sistema de gestión, que la capacidad total de la matriz de conexiones es al menos 32 STM-1 equivalentes, hasta el nivel de VC-12.

5.5.10.8. ENTRADA Y SALIDAS DE ALARMAS

Se comprobarán las entradas de alarmas externas del equipo, abriendo o cerrando el contacto hacia tierra y detectando la alarma en el sistema de gestión. Se podrá asociar un texto a estas alarmas.

Para las salidas, se conectará la salida a un polímetro, midiendo tensión y se activará la salida desde el sistema de gestión. Igualmente se podrá asociar texto a la salida.

5.5.10.9. INTERFACES ÓPTICAS

- **S1.1, L1.1, L1.2, S4.1, L4.1, L4.2.** La potencia transmitida se medirá con un medidor de potencia óptica; para medir la sensibilidad, se realizará un circuito E1 hacia un agregado STM-1 o STM-4 del equipo en bucle físico. Sobre este circuito se lanzará una medida de PBRS con un analizador de tramas. En el bucle del agregado óptico se insertará un atenuador óptico variable. Gradualmente se aumentará la atenuación del atenuador variable hasta que aparezcan errores en la medida en curso. El valor de la sensibilidad será la potencia óptica recibida a la salida del atenuador óptico variable. Esta potencia se medirá con medidor (no con el sistema de gestión).

Se rellenará la tabla 7:

	Potencia de transmisión (dBm)	Sensibilidad (dBm)	Referencia P_{tx} (dBm) / S(dBm)
S1.1			-8..-15 / -28
L1.1			0..-5 / -34
L1.2			0..-5 / -34
S4.1			-8..-15 / -28
L4.1			+2..-3 / -28
L4.2			+2..-3 / -28

Tabla 7. Toma de datos y comprobación de la potencia y sensibilidad de las interfaces ópticas

- **Medidas de rendimiento.** Se enlazarán dos nodos mediante un STM-1 óptico y, con una medida PBRS en curso sobre un circuito E1 de un nodo a otro terminado en bucle, se comprobará que el equipo permite monitorizar la interfaz óptica STM-1 a través de los parámetros EB, ES, SES y UAS, en intervalos de 15 minutos y 24 horas.

Se cortará momentáneamente el enlace STM-1, para comprobar que el corte de servicio se refleja en los contadores de errores (y en la medida en curso).

El mismo procedimiento se hará para un agregado STM-4

- **ALS.** Se enlazarán dos nodos mediante dos enlaces STM-1 óptico, formando un anillo. Se activará el ALS en las interfaces ópticas y se comprobará que al desconectar la fibra de recepción de cada interfaz óptica el equipo apaga el láser de transmisión. También se comprobará que al reponer la fibra de recepción, el equipo tarda un tiempo de guarda en reponer el láser de transmisión (típicamente 30 segundos).

5.5.10.10. INTERFACES ELÉCTRICAS

- **E1, E3, T3, STM-1e.** Se enlazarán dos nodos mediante interfaces STM-4.

Se crearán circuitos E1, E3, T3 y STM-1 eléctrico entre ambos nodos, terminados en bucle físico cada circuito. Con analizadores de trama sobre estos circuitos se lanzarán medidas PBRS, que

deberán medir durante 24 horas. Simultáneamente, se activarán las medidas de rendimiento sobre los puertos del circuito (en ambos nodos) y se rellenará la tabla siguiente:

T _a = 25º C	Medida PBRS analizador de tramas	Rendimiento (15 minutos) ¹		Rendimiento (24 horas)	
		EB:	ES:	EB:	ES:
E1		SES:	UAS:	SES:	UAS:
		EB:	ES:	EB:	ES:
E3		SES:	UAS:	SES:	UAS:
		EB:	ES:	EB:	ES:
T3		SES:	UAS:	SES:	UAS:
		EB:	ES:	EB:	ES:
STM-1e		SES:	UAS:	SES:	UAS:
		EB:	ES:	EB:	ES:

Tabla 8. Toma de datos de la medida PBRS a 25ºC

El mismo procedimiento se realizará en los valores extremos de temperatura de operación del equipo, a 0º C y 45ºC, rellenando tablas similares.

Estas pruebas podrán ser realizadas por laboratorios acreditados independientes o por el propio fabricante; en tal caso, la empresa interesada en la homologación del producto deberá presentar a ADIF el resultado de las pruebas:

T _a = 0ºC	Medida PBRS analizador de tramas	Rendimiento (15 minutos) ²		Rendimiento (24 horas)	
		EB:	ES:	EB:	ES:
E1		SES:	UAS:	SES:	UAS:
		EB:	ES:	EB:	ES:
E3		SES:	UAS:	SES:	UAS:
		EB:	ES:	EB:	ES:
T3		SES:	UAS:	SES:	UAS:
		EB:	ES:	EB:	ES:
STM-1e		SES:	UAS:	SES:	UAS:
		EB:	ES:	EB:	ES:

Tabla 9. Toma de datos de la medida PBRS a 0ºC

¹ Todos los contadores deben resultar nulos. Si no lo son, habrá que anotar los periodos de 15 minutos que presentan contadores no nulos.

² Todos los contadores deben resultar nulos. Si no lo son, habrá que anotar los periodos de 15 minutos que presentan contadores no nulos.

T _a = 45°C	Medida PBRs analizador de tramas	Rendimiento (15 minutos) ³		Rendimiento (24 horas)	
		EB:	ES:	EB:	ES:
E1		SES:	UAS:	SES:	UAS:
		EB:	ES:	EB:	ES:
E3		SES:	UAS:	SES:	UAS:
		EB:	ES:	EB:	ES:
T3		SES:	UAS:	SES:	UAS:
		EB:	ES:	EB:	ES:
STM-1e		SES:	UAS:	SES:	UAS:
		EB:	ES:	EB:	ES:

Tabla 10. Toma de datos de la medida PBRs a 45°C

- **ETHERNET 10 / 100 Base T.** Comprobar GFP, LCAS, propagación de alarmas, tamaño de MTU hasta 1548 bytes, capacidad de conexión de 2 x VC-4 y parámetros de rendimiento

Se enlazarán dos nodos con interfaces STM-4, formando un anillo.

Se crearán cuatro servicios ETHERNET, todos transparentes al formato de trama de nivel de red: 10 Mbps sin LCAS, 90 Mbps sin LCAS, 10 Mbps con LCAS y 90 Mbps con LCAS.

Los circuitos de 10 Mbps se obtendrán concatenando 5xVC-12 y los de 90 Mbps concatenando 2xVC-3.

El circuito LCAS de 10 Mbps tendrá 3xVC-12 por una ruta del anillo y los otros 2xVC-12 por la otra ruta; igualmente, el 90 Mbps LCAS tendrá un VC-3 por cada lado del anillo.

Los puertos se configurarán en modo automático, con MTU hasta 1548 bytes.

El esquema es el de la figura 1:

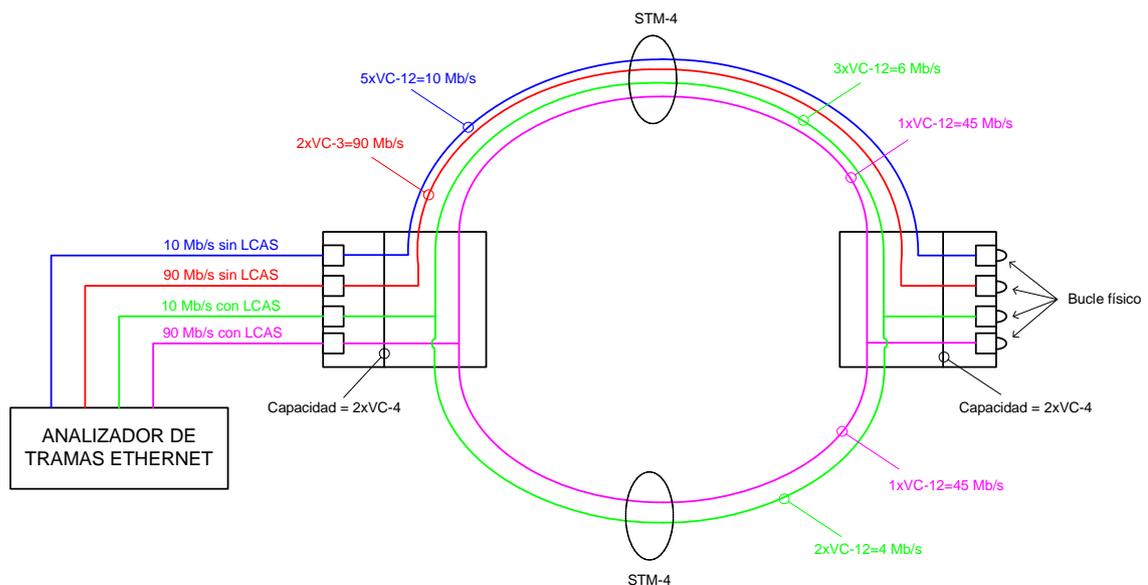


Figura 1. Configuración en anillo para comprobar los servicios de Ethernet 10/100 Base T con diferentes LCAS

³ Todos los contadores deben resultar nulos. Si no lo son, habrá que anotar los periodos de 15 minutos que presentan contadores no nulos

En todos los circuitos se comprobará con un analizador de tramas ETHERNET el ancho de banda resultante y que no hay errores en la medida; sobre los circuitos de 10 Mbps y 90 Mbps con LCAS se cortará un lado del anillo, comprobando que el servicio se mantiene con el ancho de banda del circuito trazado por la otra mitad del anillo.

Se comprobará la propagación de alarmas en cada circuito: desconectando el latiguillo en un extremo del circuito el equipo desactivará el puerto ETHERNET remoto. Igualmente, ante el corte del STM-4, en los circuitos sin LCAS se desactivarán los puertos ETHERNET en ambos extremos del circuito. Para los circuitos con LCAS, cortando ambos lados del anillo STM-4, se desactivarán los puertos ETHERNET de los circuitos. Reponiendo los cortes anteriores, se volverá a la situación inicial. Se rellenará la tabla siguiente:

	Establecimiento Ancho de banda	Ancho de banda con corte de anillo	Propagación de alarmas ⁴
10 Mbps sin LCAS			
90 Mbps sin LCAS			
10 Mbps con LCAS			
90 Mbps con LCAS			

Tabla 11. Toma de datos para comprobación del ancho de banda y la propagación de alarmas

Para todos los circuitos (10 Mbps, 90 Mbps con y sin LCAS) , se adjuntará una prueba según RFC 2544 para circuitos TCP/IP sobre ETHERNET (ver anejo 1) . Los puertos ETHERNET del equipo SDH y del analizador de tramas se configurarán a 10 Mbps para los circuitos con ancho de banda 10 Mbps y a 100 Mbps para los circuitos con ancho de banda 90 Mbps.

5.5.10.11. SINCRONIZACIÓN

- **Posibles fuentes de reloj (STM-N, tributario, externo 2048 kHz).** Se enlazarán dos nodos con dos enlaces STM-1 en anillo y se comprobarán todas las posibles fuentes de reloj del equipo. Para el caso del tributario, se usará un analizador de tramas para generar una señal de 2 Mbps. Para el reloj externo, uno de los nodos se configurará con reloj interno y la salida externa de reloj de este nodo se conectará con un cable a la entrada de reloj del otro nodo.

Todo el proceso se realizará con una medida PBRs sobre un circuito E1 terminado en bucle entre ambos nodos.

En cualquier configuración, no deben aparecer errores en la medida. Se rellenará la siguiente tabla:

Fuente de reloj del nodo 1	Fuente de reloj del nodo 2	Medida de analizador ⁵
Interno	STM-1 de unión	BIEN MAL
Tributario E1	STM-1 de unión	BIEN MAL
Interno	Externo, de nodo 1	BIEN MAL

Tabla 12. Toma de datos para distintas fuentes de reloj

⁴ Cortar uno o dos lados del anillo para los circuitos sin o con LCAS respectivamente

⁵ Configurar siempre reloj de recepción en el analizador, excepto cuando el nodo SDH se sincroniza del E1: en este caso configurará reloj interno

- **Funcionamiento de SSM y forzar estados de compromiso.** Se realizará el esquema de la figura:

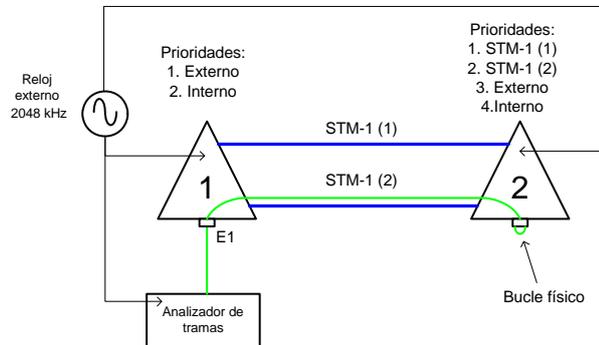


Figura 2. Funcionamiento de SSM

- **Funcionando con la medida de PBRS en curso.** Se cortará el enlace STM-1 (1) y se comprobará que el nodo 2 conmuta a la segunda fuente de reloj. Se recuperará el STM-1(1) y se comprobará que el nodo 2 vuelve a sincronizarse de la primera fuente de reloj. Se comprobará que en el nodo 2 puede forzarse cualquiera de las fuentes de reloj declaradas. En todo el proceso se comprobará que se mantiene estable y libre de errores permanentes la medida sobre el circuito E1. Se rellenará la siguiente tabla:

	Medida PBRS sobre circuito E1	
Corte STM-1 (1)	BIEN <input type="checkbox"/>	MAL <input type="checkbox"/>
Reposición STM-1(1)	BIEN <input type="checkbox"/>	MAL <input type="checkbox"/>
Forzar prioridad 3	BIEN <input type="checkbox"/>	MAL <input type="checkbox"/>
Forzar prioridad 4	BIEN <input type="checkbox"/>	MAL <input type="checkbox"/>
Situación inicial	BIEN <input type="checkbox"/>	MAL <input type="checkbox"/>

Tabla 13. Toma de datos sobre una medida PBRS sobre circuito E1

5.5.10.12. SISTEMA DE GESTIÓN

Se comprobará punto por punto que el sistema de gestión cumple las características exigidas en la descripción genérica, rellenando la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICA	CUMPLE / NO CUMPLE
Gestión de fallos	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Gestión de alarmas	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
▪ Histórico	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
▪ Alarmas activas	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
▪ Informes de alarmas	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
▪ Tamaño de pila	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Gestión de la configuración	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Medidas de rendimiento en puertos eléctricos, ópticos y servicios (15 minutos y 24 horas)	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Gestión de seguridad	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Base de datos de configuraciones	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Copias de seguridad del sistema	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Copias de seguridad de los equipos	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Sistema de respaldo	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Creación y gestión de servicios	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>

CARACTERÍSTICA	CUMPLE / NO CUMPLE
▪ Cálculo de rutas	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
▪ Nodos externos	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
▪ Modificación de rutas	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
▪ Filtrado	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Plataforma de gestión	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Canal de gestión	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
▪ Protección de los puntos de acceso a la red SDH	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
▪ Protección del canal embebido	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Gestor local	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Medidas	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
▪ Umbrales de error	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
▪ Umbrales para alarma por potencias ópticas	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Descargas SW en los nodos con tráfico	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>

Tabla 14. Toma de datos para comprobar las características del sistema de gestión

6.- HOMOLOGACIÓN

Se realizarán todas los ensayos definidos en el apartado 5 y se verificarán las características técnicas y funcionales del apartado 4 de este documento.

6.1. CONDICIONES PARTICULARES

Los equipos tendrán fabricación robusta y flexible, permitirán insertar y extraer tarjetas con el equipo en funcionamiento sin que se produzcan averías en el equipo ni en las tarjetas.

Una vez superadas dichas pruebas, no serán necesarias pruebas o ensayos adicionales para la recepción de equipos de la jerarquía digital síncrona que se suministren para ADIF.

Se comprobará que los de la jerarquía digital síncrona que se suministren a ADIF coinciden en versión HW y SW con los utilizados en las pruebas descritas en el apartado 5; en caso contrario, se exigirá al fabricante que detalle los cambios introducidos en los equipos con las nuevas versiones HW y SW. Si los cambios pudieran suponer un menor cumplimiento de las características exigidas en este documento se realizarán de nuevo las pruebas indicadas en el apartado 5, con el fin de validar la nueva versión HW y SW.

6.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN

Para la realización de las pruebas descritas en el apartado 5 del presente documento se utilizarán los equipos de la jerarquía digital síncrona de la última versión HW y SW disponible homologada por el fabricante, no aceptándose en ningún caso versiones en proceso de homologación o en el roadmap del fabricante

6.3. LUGAR DE LOS ENSAYOS

Los ensayos y los requisitos técnicos descritos en los apartados 4,5 y 6 de este documento, se certificarán bien por una Entidad Certificadora acreditada por ENAC para productos ferroviarios o bien en las dependencias de ADIF o bien en los laboratorios indicados por el fabricante, estando estos laboratorios acreditados por ENAC bajo la supervisión de personal técnico de ADIF. En el supuesto de no existir laboratorios acreditados para uno o varios ensayos, se aceptará con carácter excepcional la realización de los mismos en un laboratorio propuesto por el fabricante y aceptado por ADIF.

En el supuesto de realizarse los ensayos en las dependencias de ADIF o en un laboratorio no acreditado por ENAC, todo el material y equipos necesarios para la realización de los ensayos, será aportado por la empresa que solicite la homologación de su producto y los equipos deberán estar calibrados por un laboratorio certificado por ENAC.

Los ensayos de operación que se realicen por ADIF en sus valores extremos de temperatura (a 0º C y 45º C) se realizarán en dependencias del fabricante siendo los medios los adecuados para las pruebas.

6.4. RELACIÓN DE ENSAYOS DE HOMOLOGACIÓN

Se realizarán todas y cada una de las pruebas funcionales descritas en el apartado 5 de este documento como producto apto para su instalación en redes de transmisión de ADIF.

En el caso de realizarse los ensayos en una Entidad Certificadora, esta incluirá un documento con todos los resultados contemplados en el apartado 5 y la verificación de cada uno de los apartados 4 del presente documento.

7.- RECEPCIÓN

Las pruebas de recepción serán todas aquellas pruebas de instalación en el campo, y estarán definidas en el Pliego de Condiciones del Contrato correspondiente.

8.- CONDICIONES DE TRANSPORTE, EMBALAJE Y ETIQUETADO

Deberán cumplirse las siguientes normas técnicas:

- Almacenamiento: ETS 300 019, Clase 1.2.
- Transporte: ETS 300 019, Clase 2.3

9.- GARANTÍAS

Las garantías serán las establecidas en el contrato de suministro y/o instalación correspondiente entre ADIF y la empresa suministradora o instaladora de equipos de la jerarquía digital síncrona.

10.- NORMATIVA DEROGADA

No existe normativa en vigor que sea derogada por la presente Especificación Técnica.

11.- DISPOSICIONES TRANSITORIAS Y ENTRADA EN VIGOR

Esta Especificación Técnica entrará en vigor el día de la fecha de su aprobación, según figura en la segunda página de este documento.

12.- NORMATIVA DE REFERENCIA

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas*. G.703 (2001) Admendment 1 (08/13). Suiza: ITU, 2001 y 2014.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. Estructuras de trama síncrona utilizadas en los niveles jerárquicos 1544, 6312, 2048, 8448 y 44736 kbit/s. G.704 (10/98). Suiza: ITU, 1998.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Generic framing procedure (in force)*. G.7041 (04/11) Admendment 1 (02/12) Admendment 2 (10/12). Suiza: ITU, 2011 y 2012.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. Esquema de ajuste de la capacidad del enlace para señales concatenadas virtuales. G.7042 (03/06). Suiza: ITU, 2006.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH) (in force)*. G.707 (01/07) Admendment 1 (07/07) Admendment 2 (11/09). Suiza: ITU, 2007 y 2009.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. Synchronous digital hierarchy (SDH). Management information model for the network element view. G.774 (02/01). Suiza: ITU, 2001.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Synchronization layer functions (in force)*. G.781 (09/08). Suiza: ITU, 2008.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks (in force)*. G.783 (03/06) Admendment 1 (05/08) Admendment 2 (03/10) Admendment 3 (02/12) Admendment 4 (08/13). Suiza: ITU, 2006, 2008, 2010 y 2012.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. Management aspects of synchronous digital hierarchy (SDH) transport network elements (in force). G.784 (03/08). Suiza: ITU, 2008.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Arquitectura de redes de transporte basadas en la jerarquía digital síncrona*. G.803 (03/00) Admendment 1 (06/05). Suiza: ITU, 2000 y 2005.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Timing characteristics of SDH equipment slave clocks (SEC)*. G.813 (03/03). Suiza: ITU, 2003.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *The control of jitter and wander within digital networks which are based on the 2048 kbit/s hierarchy (in force)*. G.823 (03/00). Suiza: ITU, 2000.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *The control of jitter and wander within digital networks which are based on the synchronous digital hierarchy (SDH) (in force)*. G.825 (03/00) Admendment 1 (05/08). Suiza: ITU, 2000 y 2008.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Parámetros y objetivos de las características de error de extremo a extremo para conexiones y trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante*. G.826 (12/02). Suiza: ITU, 2002.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Error performance parameters and objectives for international, constant bit-rate synchronous digital paths*. G.828 (03/00). Suiza: ITU, 2000.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Error performance events for SDH multiplex and regenerator sections (in force)*. G.829 (12/02). Suiza: ITU, 2002.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Management capabilities of transport networks based on the synchronous digital hierarchy (SDH) (in force)*. G.831 (03/00). Suiza: ITU, 2000.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Interworking of SDH network protection architectures (in force)*. G.842 (04/97). Suiza: ITU, 1997.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona (in force)*. G.957 (03/06). Suiza: ITU, 2006.



Esta norma ha sido elaborada por el Grupo de Trabajo GT-500 del Comité de Normativa de la DG de Explotación y Construcción de Adif. ©Adif, 2014 -Madrid-. Todos los derechos reservados.
ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER PUBLICADO, DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. *Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona (in force)*. G.958 (03/06). Suiza: ITU, 2006.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. "Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specification. 802.3. Nueva York: IEEE, 2002

1. ANEJO 1. RFC 2544

La RFC 2544 es un conjunto de pruebas que se realizarán sobre el dispositivo bajo medida (DUT) según el esquema de la figura:

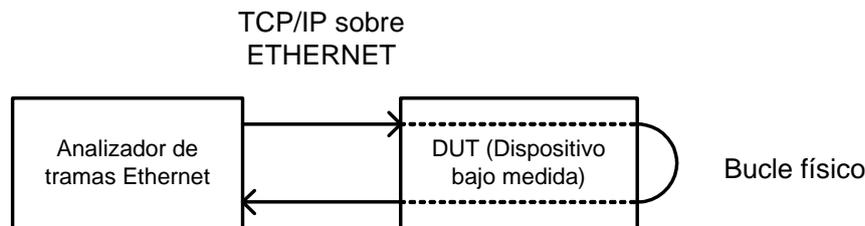


Figura 3. Esquema de TCP sobre ETHERNET

Las pruebas están destinadas a medir el rendimiento del DUT en los siguientes aspectos:

- Ancho de banda de salida (throughput)
- Retardo (latency)
- Tasa de pérdida de tramas (frame loss rate)
- Tramas "espalda a espalda" (back to back frames)
- Recuperación del sistema por sobrecarga (system recovery)
- Recuperación (reset)

En el caso de esta prescripción técnica, el DUT encapsula tramas ETHERNET sobre una red SDH para su transporte de forma transparente, independientemente del formato de trama del nivel de red. Teniendo en cuenta este hecho, para la realización de las pruebas deben considerarse los siguientes aspectos:

- Tamaños de trama.

Se probarán los tamaños de trama siguientes: 64, 128, 256, 1024, 1280, 1518, 1548 bytes. En los resultados se indicará el tamaño de trama correspondiente

- Verificación de tramas. Las tramas enviadas por el analizador estarán numeradas, de forma que en recepción pueda determinarse si las tramas llegan en orden. Si en las pruebas resultan tramas duplicadas, descartadas o desordenadas, constará en los resultados.
- Duración de las pruebas, repeticiones y ancho de banda.

Ancho de banda: 60 segundos.

Retardo: 120 segundos y 20 repeticiones

Tasa de pérdida de tramas: 60 segundos, en pasos del 10% de BW partiendo del 100%, hasta obtener 2 medidas sin errores.

Tramas "espalda a espalda": 2 segundos, 50 repeticiones.

Recuperación por sobrecarga: 60 segundos al 110% del BW nominal, luego al 50% del BW utilizado

Recuperación: 100% del BW, con tamaño de trama 64 bytes.

Los resultados de las pruebas se presentarán en las tablas siguientes y también mediante gráficas:

- ANCHO DE BANDA

Tamaño de trama (bytes)	Ancho de banda configurado (Mbps)	Ancho de banda medido (Mbps)	Ancho de banda medido (%)	Ancho de banda medido (tramas/s)
64				
128				
256				
512				
1024				
1518				
1548				

Tabla 15. Toma de datos para ancho de banda

- RETARDO

Tamaño de trama (bytes)	Retardo promedio (ms)	Ancho de banda medido (Mbps)	Ancho de banda medido (%)	Ancho de banda medido (tramas/s)
64				
128				
256				
512				
1024				
1518				
1548				

Tabla 16. Toma de datos para retardo

- TASA DE PÉRDIDA DE TRAMAS

Tamaño de trama: 64 bytes

Ancho de banda configurado (%)	Ancho de banda (%)	Tasa de pérdida de tramas (%)	Tramas perdidas
100			
90			

Tabla 17. Toma de datos para pérdida de tramas de 64 bytes

Tamaño de trama: 128 bytes

Ancho de banda configurado (%)	Ancho de banda (%)	Tasa de pérdida de tramas (%)	Tramas perdidas
100			
90			

Tabla 18. Toma de datos para pérdida de tramas de 128 bytes

Tamaño de trama: 256 bytes

Ancho de banda configurado (%)	Ancho de banda (%)	Tasa de pérdida de tramas (%)	Tramas perdidas
100			
90			

Tabla 19. Toma de datos para pérdida de tramas de 256 bytes

Tamaño de trama: 512 bytes

Ancho de banda configurado (%)	Ancho de banda (%)	Tasa de pérdida de tramas (%)	Tramas perdidas
100			
90			

Tabla 20. Toma de datos para pérdida de tramas de 512 bytes

Tamaño de trama: 1024 bytes

Ancho de banda configurado (%)	Ancho de banda (%)	Tasa de pérdida de tramas (%)	Tramas perdidas
100			
90			

Tabla 21. Toma de datos para pérdida de tramas de 1024 bytes

Tamaño de trama: 1518 bytes

Ancho de banda configurado (%)	Ancho de banda (%)	Tasa de pérdida de tramas (%)	Tramas perdidas
100			
90			

Tabla 22. Toma de datos para pérdida de tramas de 1518 bytes

Tamaño de trama: 1548 bytes

Ancho de banda configurado (%)	Ancho de banda (%)	Tasa de pérdida de tramas (%)	Tramas perdidas
100			
90			

Tabla 23. Toma de datos para pérdida de tramas de 1548 bytes

- TRAMAS ESPALDA A ESPALDA

Tamaño de trama (bytes)	Ráfaga promedio (tramas)	Ráfaga promedio (segundos)	Pausa detectada
64			
128			
256			
512			
1024			
1518			
1548			

Tabla 24. Toma de datos para comprobar las tramas espalda a espalda

- RECUPERACIÓN DEL SISTEMA FRENTE A SOBRECARGA

Tamaño de trama (bytes)	Tramas por segundo (FPS)	Tiempo de recuperación (ms)	Tramas pausa detectadas
64			
128			
256			
512			
1024			
1518			
1548			

Tabla 25. Toma de datos para comprobar la recuperación del sistema frente a sobrecarga

- RECUPERACIÓN ANTE CORTE

Tipo de corte	Tiempo de recuperación (s)
Reinicio SW	
Reinicio HW	
Corte de energía	

Tabla 26. Toma de datos para comprobación de la recuperación ante el corte

Esta norma ha sido elaborada por el Grupo de Trabajo GT-500 del Comité de Normativa de la DG de Explotación y Construcción y Construcción de Adif. ©Adif, 2014 -Madrid. Todos los derechos reservados.
ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER PUBLICADO, DISTRIBUIDO, COMUNICADO, COPIADO NI EDITADO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL COMITÉ DE NORMATIVA DE ADIF.



REFERENCIAS

NORMATIVA TÉCNICA ADIF – TELECOMUNICACIONES:

ET 03.366.950.8

Versión 1 de 01/12/2014. Equipo de transmisión digital síncrono STM-16/64.

ET 03.366.951.6

Versión 1 de 01/04/2014. Bifurcador digital de 2 Mb/s.

ET 03.366.952.4

Versión 1 de 01/04/2014. Equipo de jerarquía digital síncrona STM-1 y STM-4.

ET 03.366.953.2

Versión 1 de 01/07/2015. Recitificadores de 48 Vcc para telecomunicaciones.

TE 038.003 (Telecomunicaciones y Energía)

Versión 1 de Marzo de 2006. Especificación Técnica para el suministro de cables de fibra óptica monomodo multifibra.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS:

- [1] <http://www.adif.es/>
- [2] <http://www.ramonmillan.com/index.htm>
- [3] <https://www.itu.int/rec/T-REC-G/es>
- [4] <http://www.coriant.com/products/hit70xx.asp>
- [5] <http://www.carritech.com/es/>
- [6] https://www.kapsch.net/deu/kcc/portfolio/portfolio_carriers/sdh_solutions
- [7] <http://www.berrade.es/>
- [8] <http://www.gruporevenga.com/>
- [9] <https://es.excel-networking.com/>