

Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería de Telecomunicación

Diseño de un anillo SDH para migración y nuevos servicios

Autor: Tomás Souto Cabaleiro

Tutora: Ana Cinta Oria Oria

Dep. de Ingeniería Electrónica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería de Telecomunicación

Diseño de un anillo SDH para migración y nuevos servicios

Autor:

Tomás Souto Cabaleiro

Tutora:

Ana Cinta Oria Oria

Profesora Contratada Doctora

Dep. de Ingeniería Electrónica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018

Proyecto Fin de Carrera: Diseño de un anillo SDH para migración y nuevos servicios

Autor: Tomás Souto Cabaleiro

Tutora: Ana Cinta Oria Oria

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2018

El Secretario del Tribunal

A mis padres y hermanos, por toda una vida recibiendo cariño, buenos consejos y apoyo incondicional.

A todos mis maestros, por la formación y ayuda a seguir creyendo en instituciones que permitan estudiar y progresar.

A mi tutora, Cinta. Es fácil entender cuando la indicación recibida es acertada y se transmite bien. Gracias por tu paciencia, orientación y disposición para ayudar desde el primer momento.

Amigos, muchos y siempre los mejores, suerte hasta para eso. Jesús Germade y Carlos Álvarez deben ser nombrados, perdonadme los demás pero seguro que estáis de acuerdo. Juanlu Gómez y Antonio Garcés, gracias por seguir enseñándome cada día después de once años a tratar con máquinas y personas.

Y para ti va todo esto, Marta.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| Índice de figuras | iii |
| Indice de tablas | v |
| I. Objetivo..... | 1 |
| 1. Introducción..... | 3 |
| 1.1. Evolución de las tecnologías de transmisión..... | 3 |
| 1.2. Jerarquía digital Síncrona | 6 |
| 1.2.1. El transporte | 8 |
| 1.2.2. Ethernet sobre SDH | 11 |
| 1.2.3. Equipos SDH..... | 12 |
| 1.2.4. Sincronismo | 14 |
| 1.2.5. Gestión | 17 |
| 1.2.6. Protección | 18 |
| 2. Procedimiento y recomendaciones de diseño de una red SDH | 19 |
| 2.1. Análisis escenario inicial | 19 |
| 2.1.1. Ubicaciones y enlaces | 19 |
| 2.1.2. Servicios a transportar | 20 |
| 2.2. Establecimiento de requisitos | 20 |
| 2.3. Diseño de red | 23 |
| 2.3.1. Capacidad..... | 23 |
| 2.3.2. Gestión | 24 |
| 2.3.3. Sincronismo | 34 |
| 3. Diseño de un anillo SDH para migración y despliegue de nuevos servicios | 38 |
| 3.1. Escenario inicial | 38 |
| 3.1.1. Estado de la red | 39 |
| 3.1.1.1. Servicios transportados..... | 39 |
| 3.1.1.2. Protección..... | 44 |
| 3.1.1.3. Sincronismo..... | 44 |
| 3.1.1.4. Capacidad | 45 |
| 3.1.1.5. Gestión..... | 46 |
| 3.1.2. Equipamiento actual | 46 |
| 3.1.3. Enlaces Ópticos | 50 |

| | |
|--|------------|
| 3.2. Requisitos..... | 51 |
| 3.2.1. Servicios..... | 51 |
| 3.2.2. Protección | 54 |
| 3.2.3. Fiabilidad..... | 54 |
| 3.2.4. Crecimiento | 54 |
| 3.3. Solución..... | 55 |
| 3.3.1. Equipamiento a desplegar..... | 55 |
| 3.3.2. Red de gestión | 57 |
| 3.3.3. Red de sincronismo..... | 60 |
| 3.3.4. Modificación de las arquitecturas de servicio actuales | 61 |
| 3.3.5. Ocupación del anillo STM-16 | 66 |
| 3.4. Presupuesto..... | 67 |
| 4. Conclusiones | 69 |
| | |
| 5. ANEXO I. Cálculo anillo STM-n..... | 71 |
| 6. ANEXO II. Circuitos SDH | 73 |
| 7. ANEXO III. Crossconexiones PDH en tarjetas SM10 | 77 |
| 8. ANEXO IV.a. Configuración VLANs tarjetas MCS5 en CGR..... | 85 |
| 9. ANEXO IV.b. Configuración VLANs tarjetas MCS5 en las Sedes | 86 |
| 10. ANEXO V. Repartidores de fibra óptica | 87 |
| 11. Bibliografía | 103 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1.1: Jerarquía PDH..... | 6 |
| Figura 1.2: Estructura de trama STM-1..... | 7 |
| Figura 1.3: Jerarquía SDH..... | 9 |
| Figura 1.4: Esquema multiplexor SDH..... | 12 |
| Figura 1.5: Esquema ADM..... | 13 |
| Figura 1.6: Esquema XC..... | 14 |
| Figura 1.7: Jerarquía de sincronismo..... | 15 |
| Figura 1.8: Nodo en retención..... | 16 |
| Figura 1.9: Nodo en operación libre..... | 17 |
| Figura 2.1: Servicios con doble vía sin protección..... | 22 |
| Figura 2.1: Servicios con doble vía protegidos..... | 22 |
| Figura 2.3: Canales DCC..... | 24 |
| Figura 2.4: Escenario gestión A..... | 25 |
| Figura 2.5: Solución escenario gestión A mediante par incompatible..... | 25 |
| Figura 2.6: Subredes DCC..... | 26 |
| Figura 2.7: Detalle conectividad Gateways..... | 27 |
| Figura 2.8: Escenario gestión B..... | 27 |
| Figura 2.9: Solución escenario gestión B mediante Gateways secundarios..... | 28 |
| Figura 2.10: Escenario de gestión C..... | 28 |
| Figura 2.11: Solución escenario de gestión C mediante gestión fuera de banda..... | 29 |
| Figura 2.12: Gestión de segmento de red aislado..... | 30 |
| Figura 2.13: Detalle direccionamiento Gateways..... | 31 |
| Figura 2.14: Fibras cruzadas..... | 33 |
| Figura 2.15: alarmas ante fibras cruzadas..... | 34 |
| Figura 2.16: Recomendación jerarquía de sincronismo..... | 35 |
| Figura 2.17: Bucle de sincronismo..... | 36 |
| Figura 2.18: Recuperación de sincronismo ante incidencia..... | 37 |
| Figura 3.1: Anillo PDH inicial..... | 39 |
| Figura 3.2: Red de Telecontrol..... | 40 |
| Figura 3.3: Red de acceso radio..... | 41 |
| Figura 3.4: Red de televigilancia..... | 42 |

| | |
|--|----|
| Figura 3.5: Red de telefonía..... | 43 |
| Figura 3.6: Red de telefonía y videoconferencia..... | 44 |
| Figura 3.7: Fuentes de sincronismo..... | 45 |
| Figura 3.8: Equipamiento PDH actual en el CGR..... | 47 |
| Figura 3.9: Equipamiento PDH actual en las sedes..... | 49 |
| Figura 3.10: Solución diseñada para la red de gestión..... | 59 |
| Figura 3.11: Solución diseñada para la red de sincronismo..... | 60 |
| Figura 3.12: Arquitectura final red de telefonía..... | 62 |
| Figura 3.13: Arquitectura final red de datos..... | 63 |
| Figura 3.14: Arquitectura final red de videoconferencia..... | 64 |
| Figura 3.15: Arquitectura final red de televigilancia..... | 65 |
| Figura 3.16: Ocupación anillo STM-16 por servicio..... | 66 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1.1: Múltiplos STM-1 | 9 |
| Tabla 1.2: Rendimiento VCAT | 11 |
| Tabla 2.1: Direccionamiento genérico para despliegue SDH | 32 |
| Tabla 3.1: Cables de fibra disponibles | 50 |
| Tabla 3.2: Resumen recomendaciones para módulos del fabricante | 56 |
| Tabla 3.3: Asignación módulos ópticos por enlace | 56 |
| Tabla 3.4: Direccionamiento asignado | 58 |
| Tabla 3.5: Direccionamiento corporativo gestores de red | 59 |
| Tabla 3.6: Configuración fuentes de sincronismo en los nodos | 61 |

I. Objetivo

Es objeto de este documento mostrar un procedimiento y recomendaciones de diseño para una red SDH que pueda servir de guía u orientación a la hora de acometer un proyecto de este tipo. Para ello, el documento se divide en tres partes.

El primer capítulo consiste en una introducción teórica a las redes SDH con la finalidad de facilitar la comprensión al lector o refrescar los conocimientos básicos en este tipo de tecnología de transmisión.

La segunda parte la componen las recomendaciones de diseño asociadas a las tres capas fundamentales de esta tecnología: gestión, sincronismo y carga útil.

Finalmente, el tercer capítulo incluye un caso práctico real sobre el diseño de un anillo troncal SDH para una empresa que, por razones de confidencialidad, no es posible indicar su nombre. Durante esta tercera sección el objetivo será la migración e integración de nuevos servicios, así como la mejora general de la red de comunicaciones propietaria entre las ocho sedes principales del cliente.

1. Introducción

Los sistemas de telecomunicación están presentes a diario en la actividad humana tanto profesional como personalmente desde el siglo pasado. La revolución digital iniciada hace años obedece a una evolución científica que permite el intercambio de información de forma masiva a lo largo del planeta gracias a las redes de datos.

A continuación, se hará una aproximación teórica a los conceptos básicos que se manejarán a lo largo del documento, situando el foco sobre redes de Jerarquía Digital Síncrona.

1.1. Evolución de las tecnologías de transmisión

En esta sección se hará un breve repaso de los conceptos clave que marcaron la aparición de las redes SDH. No es objeto de este documento profundizar en el desarrollo de cada hito previo pero sí se nombrarán algunas nociones fundamentales.

- *Transmisión analógica*

Consiste en la transmisión de una señal sobre otra denominada *portadora*. El objetivo de esta señal periódica, típicamente sinusoidal, es transportar datos sobre un medio físico modificando una de sus características, ya sea amplitud, frecuencia o fase. La señal con la información útil que varía la *onda portadora* se conoce como *señal moduladora*.

Según la magnitud que varíe en la *onda portadora*, hablaríamos de modulación en amplitud (AM), en frecuencia (FM) o en fase (PM).

- *Transmisión digital*

Ante la posibilidad de poder trabajar con información codificada en código binario, surge la opción de transmitir datos de esta forma pudiendo enviar una gran cantidad de información de forma más robusta.

Este tipo de comunicación va de la mano de la gran evolución en la tecnología de circuitos integrados que permite fabricar equipos de mayor capacidad que sus equivalentes analógicos a menor coste.

Al transferir información digital surge la necesidad de transmitir también una señal de reloj que indique al receptor cuándo debe muestrear la señal de la línea para su correcta interpretación. Debe garantizarse una base de tiempos común.

Centrándonos en esta señal de reloj o *sincronismo*, podríamos realizar una clasificación de las técnicas de transmisión en asíncrona, síncrona y plesiócrona.

- *Transmisión asíncrona*

En este caso el transmisor y el receptor no tienen un reloj común. Se transmiten palabras de pocos bits, generalmente ocho, y cada una va delimitada por un bit especial denominado *de inicio* y otro al final denominado *de parada*, que se utilizan para sincronizar temporalmente transmisor y receptor. Sólo se enviarían datos a la línea cuando hay información para transmitir.

- *Transmisión síncrona*

Ahora el transmisor y el receptor deben disponer de la misma señal de reloj. Los datos se transmiten en bloques de mayor tamaño que los de la transmisión asíncrona denominados *tramas*. Estas *tramas* van precedidas por caracteres especiales conocidos como caracteres de alineación o sincronismo.

Este tipo de transmisión aprovecha mejor el canal de comunicaciones al poder transmitir flujos continuos de datos una vez sincronizados los enlaces.

- *Transmisión plesiócrona*

Se denomina también *casi síncrona* en la que se acepta que los relojes puedan ser distintos pero sincronizados a la misma frecuencia nominal, lo que permite pequeñas variaciones en los relojes gracias a las conocidas como *técnicas de justificación*.

- *La digitalización de la voz*

Para ayudar a comprender la evolución de las tecnologías de telecomunicaciones, conviene repasar cómo surge el primer circuito estándar para canales digitales orientados a telefonía.

Dentro del espectro audible de frecuencias, que abarca desde 20 Hz hasta 20 KHz, las frecuencias comprendidas entre los 250 Hz y los 2 KHz contienen el tono fundamental y los primeros armónicos de la mayoría de las fuentes sonoras. Entre 2 KHz y 4 KHz se encuentra el margen en el que el oído humano tiene mayor sensibilidad. Tonos superiores suelen asociarse a sonidos molestos y, a partir de 16 KHz, no todo el mundo es capaz de percibirlos.

Al definir como útil para una conversación vocal el espectro hasta los 4 KHz y aplicando el Criterio de Nyquist para tomar muestras de la señal, obtenemos una *frecuencia de muestreo* de 8 KHz. La *cuantificación* es de tipo uniforme y se emplean 2^3 bits para *codificar* los valores capturados. Obtendríamos 8000 muestras por segundo y 8 bits por muestra, o, en términos de régimen binario, 64 Kbit/s.

64 Kbit/s es el caudal elegido para fijar los primeros canales de comunicación digitales orientados en origen a comunicaciones telefónicas y permitiendo posteriormente desarrollar nuevos servicios. Mediante distintas técnicas, las primeras redes de conmutación de circuitos establecían un canal permanente entre dos interlocutores mientras se mantuviese la comunicación.

Este canal de 64 Kbit/s definirá la evolución de las redes de transmisión clásicas durante años hasta la universalización de las redes de conmutación de paquetes y las nuevas técnicas de codificación.

- *Multiplexación*

Si se dispone de un enlace de comunicaciones con una velocidad de transmisión mayor que la velocidad de transmisión de varios canales de información, se pueden combinar dos o más canales de tal forma que compartan el medio de transmisión. La demultiplexación es realizar la operación inversa, es decir, el poder recuperar las señales por separado en destino. Estos canales no deben interferirse entre sí conservando su información con independencia del resto de señales.

Existen diferentes formas de multiplexar una señal, por división en tiempo, en frecuencia, en código o estadística (una variante de la realizada en tiempo).

Esta técnica permite obtener un mayor rendimiento del canal físico y aquí casi comienza el imparable crecimiento de las redes de comunicación, primero con redes PDH, evolucionando a SDH, WDM, GPON...

- *Jerarquía digital plesiócrona*

Conocida como PDH, del inglés *Plesiochronous Digital Hierarchy*, esta tecnología surge de la necesidad de multiplexar canales digitales por un único medio de transmisión, tradicionalmente canales telefónicos. La multiplexación es por división en tiempo, o TDM, del inglés *Time Division Multiplexing*.

Se basa en un modo de operación plesiócrono, por lo que no existe una red de sincronismo entre los distintos nodos pero sí que trabajan con relojes muy próximos a la frecuencia nominal. Esta frecuencia instantánea puede tener variaciones respecto a la frecuencia nominal, algo que contempla PDH.

La estructura de las tramas PDH, dentro de ciertos márgenes, va a permitir la transmisión de flujos de datos con la misma velocidad, o tasa de bits, con pequeñas variaciones en su velocidad nominal.

Al igual que para señales analógicas, la ITU-T estableció una jerarquía para definir los diferentes grados de multiplexación, surgiendo la jerarquía digital plesiócrona, donde los equipos multiplexores de cada nivel utilizan relojes independientes de alta precisión. Se toman varios flujos de entrada asignando a cada uno de ellos intervalos de tiempo, o *timeslots*, dentro de una trama de formato definido.

Existen tres jerarquías plesiócronas normalizadas, la europea, la americana y la japonesa. Se comentarán los distintos niveles europeos. Partiendo de un grupo básico definido en la recomendación ITU-T G.732 [1], con una velocidad de 2048 Kbit/s, el primer nivel de la jerarquía se denomina E1. En la figura 1.1 se pueden apreciar los distintos niveles de multiplexación que contempla PDH para Europa.

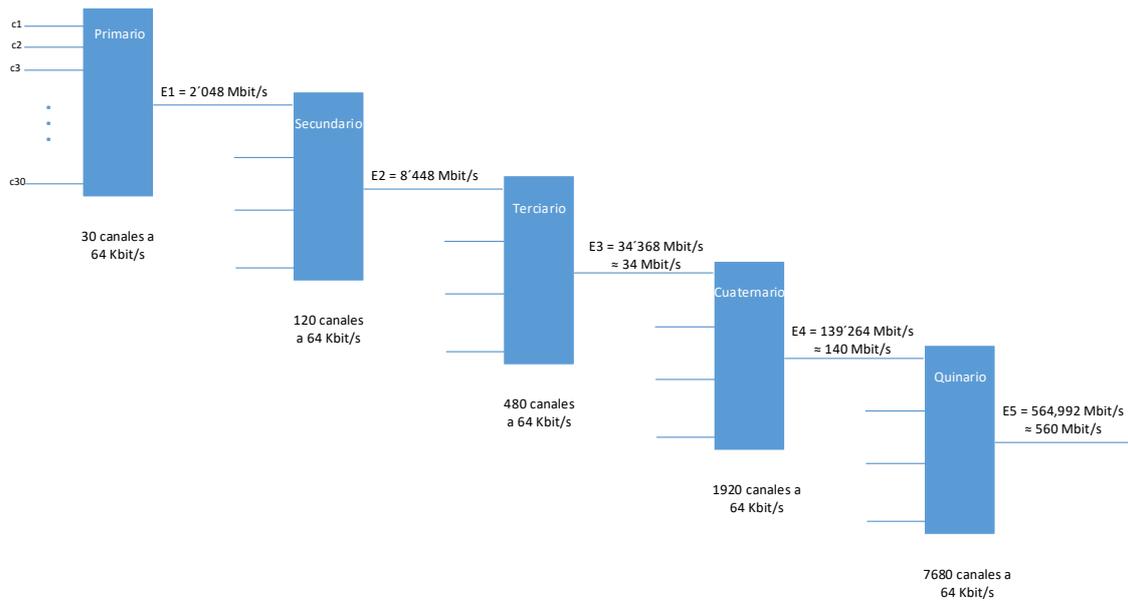


Figura 1.1: Jerarquía PDH

Nótese que la suma de las capacidades de entrada en cada multiplexor es inferior que la del flujo de salida. Esto se debe a que cada multiplexor introduce bits para el alineamiento de trama, justificación y otras tareas relacionadas con la transmisión

En la trama E1, se reserva el primer timeslot para tareas de control y alineamiento de trama, y, si se utiliza el intervalo de tiempo 16 para señalización, dispondremos de 30 canales para los datos de usuario. Este formato de trama se conoce como PCM-30. El método de señalización fuera de línea conocido como *de canal asociado*, o CAS, requiere del uso del intervalo 16 para esta tarea.

Cuando el intervalo de tiempo 16 se emplea como un canal más de tráfico y la señalización es compartida por un canal común, pudiendo transportarse incluso por otra red, el formato de trama se denomina PCM-31 y el tipo de señalización con *de canal común*, o CCS. Es posterior a CAS.

Para finalizar estas notas sobre PDH, se menciona la *técnica de justificación* al tener relación con el estado casi síncrono de la red. Consiste en añadir bits cuando el flujo de datos entrante no permite completar el flujo saliente (justificación positiva) y ubicar los bits extra que introduciría un flujo entrante “más rápido” que el flujo saliente en un espacio reservado en el múltiplos para esta tarea (justificación negativa). Se dispone de espacio de control en la cabecera de la trama para indicar al extremo remoto si se ha realizado justificación, o no, y de qué tipo.

1.2. Jerarquía digital Síncrona

Del inglés, *Synchronous Digital Hierarchy*, o SDH, es la evolución de PDH al necesitarse sistemas con mayor capacidad y compatibilidad entre fabricantes. Su diseño está orientado a una mayor optimización de la transmisión sobre redes de fibra óptica.

Uno de los principales factores a tener en cuenta en el desarrollo de SDH fue la estandarización de un formato escalable y compatible entre fabricantes. También debía garantizarse la total compatibilidad con las tramas PDH de los sistemas desplegados previamente.

La jerarquía digital síncrona se contempla en la recomendación G.707 [2] de la ITU-T. Se trata de una tecnología de transmisión totalmente síncrona, de tal forma que todos los niveles de multiplexación deben utilizar la misma base de tiempo. Esta sincronización exacta de los elementos de red se consigue al definir específicamente la *red de sincronismo*.

En las cabeceras de trama SDH se dispone también de canales específicos para tareas de mantenimiento y gestión de red, aportando de esta forma un mayor control sobre la red. Es otra capa específica que ofrece SDH, la *red de gestión*.

Con respecto al espacio útil de transporte, uno de los grandes aportes que realizó SDH frente a PDH es la posibilidad de extraer canales de una trama de orden superior sin tener que demultiplexarla completamente, gracias al empleo de punteros de señalización que identifican los canales y del reloj único.

- *La trama STM-1*

La trama básica de la jerarquía SDH se denomina Módulo de Transporte Síncrono de nivel 1 o STM-1, del inglés *Synchronous Transport Module level 1*. Está estructurada en 270 columnas por 9 filas, representando cada celda un byte, de las cuales las primeras 9 columnas de la estructura corresponden a la cabecera de sección, y las restantes 261 son el área de carga útil, o *payload* en inglés. Esta trama de 2430 bytes, se transmite en 125 μ s, por lo que obtenemos un flujo de 155,52 Mb/s. En la figura 1.2 se muestra un esquema lo expuesto.

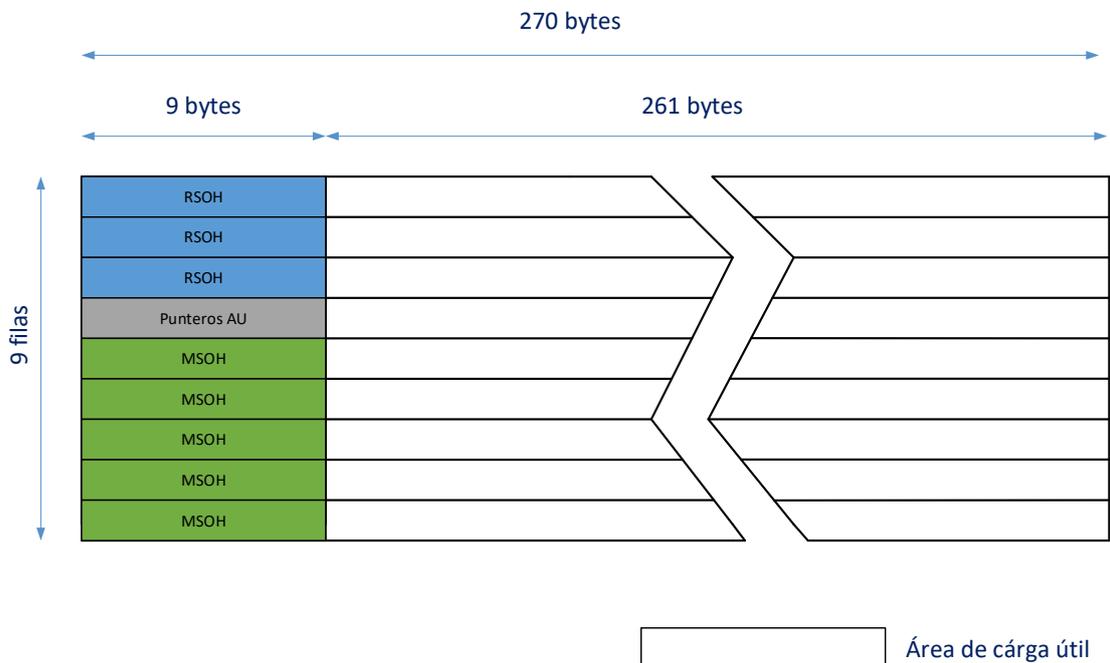


Figura 1.2: Estructura de trama STM-1

La transmisión se realiza fila por fila, comenzando por el byte ubicado en la esquina superior izquierda y finalizando en el byte de la esquina inferior derecha.

Las primeras nueve columnas constituyen la información de cabecera, y se divide en tres bloques:

- *RSOH (Regenerator Section Overhead)*
Tara de sección de regeneración. Son los bits destinados a la regeneración de la señal de la trama para que alcance el final de su recorrido físico con suficiente calidad. En el caso de no existir equipos de regeneración en el enlace, los equipos multiplexores extremos se encargarán de gestionar esta sección.

- *Punteros AU*
Estos bits se reservan para marcar el inicio del primer byte de cada contenedor virtual.

- *MSOH (Multiplex Section Overhead)*
Tara de sección de multiplexación. Se trata del conjunto de bits cuyo objetivo es el transporte de alarmas, sincronismo e información destinada a la multiplexación. Un equipo regenerador no actuaría sobre esta parte de la trama.

1.2.1. El transporte

En SDH el tráfico útil se ubica en entidades denominadas *contenedores*. Cuando este tráfico es plesiócrono, recordemos que SDH se define en su nacimiento para poder acomodar este tipo de señales, es necesario adaptar el reloj del tráfico al de los contenedores mediante el mecanismo de justificación.

Para afrontar la justificación, los contenedores disponen de bits adicionales que pueden contener información, o no, así como bits que indican si en esas posiciones existe información útil. Esto resulta en que cada contenedor siempre será de un tamaño mayor que la carga a transportar. Si los tributarios fuesen síncronos, se insertarían bits de relleno fijos, en lugar de bits de justificación.

Cada uno de los contenedores, recibe un encabezamiento, la tara de trayecto o POH, del inglés *Path Overhead*, que contiene la información para el uso en los extremos del circuito. Los punteros apuntan al primer byte del encabezamiento del trayecto.

Una vez agregado el POH a un contenedor, el resultado se denomina contenedor virtual o VC, del inglés *Virtual Container*. La entidad de carga que representa el contenedor virtual se genera y desmantela una sola vez, independientemente del número de nodos que atraviese. Incluye detección de errores, indicaciones de alarma y una etiqueta de señal.

Cada uno de los VC es transportado en un espacio al que se asigna un puntero fijo dentro de la trama, pasando de esta forma a estar *mapeado*. Este puntero indica el primer byte de su respectivo VC. Ahora el contenedor virtual puede “flotar” dentro del área de carga que le es asignada, debiendo el puntero variar en consecuencia. Esto permite adaptar la velocidad binaria de los distintos contenedores virtuales a la velocidad binaria del canal de transmisión mediante justificación positiva, negativa o nula.

Los VC de orden inferior, luego se verá cuáles son, son mapeados en relación a contenedores más altos mientras que los VC de orden superior directamente a la trama STM-n. De esto se deduce que los contenedores de orden superior contienen también una trama de punteros si se requiere transporte de contenedores de orden inferior. Los VC de orden superior que son mapeados en relación a la trama STM-n se denominan *unidades administrativas* o AUs,

del inglés *Administrative Units*. Los VC de orden inferior mapeados en relación a un VC de orden superior se denominan *unidades tributarias* o TU-n, del inglés *Tributary Units*.

Posteriormente, y si se dispone de un conjunto de TUs del mismo tipo, se realiza multiplexación por entrelazado de byte, obteniendo una estructura denominada *grupo de unidades tributarias* o TUG-n, del inglés *Tributary Units Group*. Este proceso se realiza de una forma totalmente síncrona. En el caso de varias AUs del mismo tipo se formaría un *grupo de unidades administrativas* o AUG, del inglés *Administrative Unit Group*.

Al añadir las SOH comentadas con anterioridad para el transporte sobre el medio físico a las AUGs estaríamos ante una trama del tipo STM-n.

Cada dependencia comentada anteriormente para los posibles flujos de entrada, se representa en la figura 1.3.

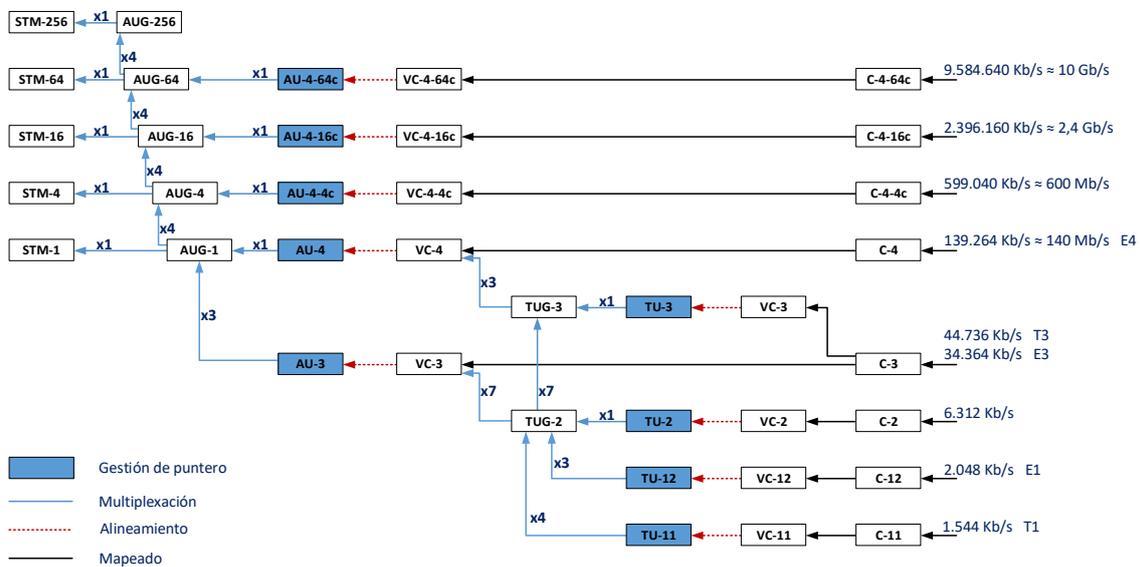


Figura 1.3: Jerarquía SDH

La trama STM-1 de 155 Mb/s es la unidad básica de la recomendación pero existen tramas de orden superior aumentando su velocidad en múltiplos de cuatro, genéricamente *STM-n*, que se muestran en la tabla 1.1.

| Nivel trama SDH | Velocidad de línea (Kb/s) |
|-----------------|---------------------------|
| STM-1 | 155.520 |
| STM-4 | 622.080 |
| STM-16 | 2.488.320 |
| STM-64 | 9.953.280 |
| STM-256 | 39.813.120 |

Tabla 1.1: Múltiplos STM-1

La multiplexación entre niveles se realiza byte a byte de cada una de las cuatro tramas que formará la trama de orden superior, obteniendo que la velocidad de línea de orden superior siempre será el resultado de multiplicar por cuatro la velocidad del nivel a multiplexar.

En un STM- n no se utilizan todos los bytes de información de control de todas las tramas STM-1 que lo componen, sino que las funciones de algunos bytes se realizan con la información contenida en los bytes correspondientes al primer STM-1.

- *Concatenación SDH*

En la figura 1.3 se mostraban contenedores con una nomenclatura del tipo C-4-Xc. Se trata de un tipo de configuración que permite crear una única área de carga mayor a los 140 Mb/s que puede transportar originalmente una trama STM-1, de cara a poder ofrecer mayores anchos de banda de línea con interfaces físicos de mayor capacidad, obviamente. Existen dos tipos de concatenación, la contigua y la virtual.

- *Concatenación contigua*

Consiste en una modificación de trama pero con la misma cantidad de bytes que la suma de las tramas originales. No se entrará en profundidad en su análisis pero se basa en crear un área de carga útil única y una cabecera de mayor tamaño. P.ej. en un AUG-4 formado por un AU-4-4C que se transporte por un enlace STM-4, la trama tendría 36 columnas en su cabecera y 1044 en su área de carga útil. En lugar de multiplexar byte a byte cuatro AUG-1 se está creando un nuevo tipo de trama.

Es un tipo de configuración no empleada al requerir que todos los nodos por los que debe pasar el circuito dispongan de hardware específico para poder gestionarla. Si se enfrentase un nodo con esta capacidad a otro que no la tuviera, pese a tener las mismas tarjetas de línea en cuanto a velocidad se refiere, aparecerían alarmas de pérdida de trama y de puntero al tratarse de una trama modificada.

Existe otro motivo para no emplear la concatenación contigua y es que según que tráfico se inserte puede quedar desaprovechado mucho ancho de banda. P.ej. para proporcionar un enlace de 1 Gigabit Ethernet se debería emplear un VC-4-16C, con 2396 Mb/s de carga posible. Si tenemos en cuenta que sólo se van a introducir 1000 Mb/s, tenemos un uso del 42% de la carga posible, el resto quedaría desaprovechado.

- *Concatenación virtual*

También denominada VCAT, del inglés *Virtual Concatenation*, se trata de un mecanismo de multiplexación inversa que, empleando dos bytes de la cabecera, se diseñó para flexibilizar los circuitos sobre una red SDH y poder adaptarlos al tráfico a transportar de manera más eficiente. Se basa en dividir un flujo físico en diferentes contenedores virtuales de menor tamaño.

La concatenación virtual consiste en la unión de contenedores virtuales en un grupo lógico denominado *grupo de concatenación virtual* o VCG, del inglés *Virtual Concatenation Group*, y poder obtener así un circuito con una velocidad concreta igual a la suma de los diferentes VC. Este VCG está formado por varios tributarios virtuales, uno para cada VC, que gestiona el hardware de cada extremo en lugar de en cada salto como se requería en la concatenación contigua.

La nomenclatura de los circuitos de este tipo es VC- n -Xv, con n el tipo de contenedor virtual que corresponda y x el número de elementos de tipo X necesarios para formar el contenedor final.

Se puede apreciar la mayor eficiencia de esta configuración en la tabla 1.2.

| Servicio | Sin VCAT | Con VCAT |
|------------------------------|------------------|--------------------|
| Ethernet (10 Mb/s) | VC-3 --- 20% | VC-12-5v --- 92% |
| Fast Ethernet (100 Mb/s) | VC-4 --- 67% | VC-12-50v --- 100% |
| Gigabit Ethernet (1000 Mb/s) | VC-4-16c --- 42% | VC-4-7v ---95% |

Tabla 1.2: Rendimiento VCAT

Además de optimizar el ancho de banda de la red, también facilita la tarea de introducir un nuevo servicio de alta capacidad que no puede ubicarse completo en los enlaces disponibles, aprovechando así la granularidad de la red para nuevos servicios.

1.2.2. Ethernet sobre SDH

También conocido como EoS, del inglés *Ethernet Over SDH*, se trata de las técnicas que permiten adaptar el tráfico asíncrono de Ethernet a redes síncronas de tipo SDH.

- *GFP*

Cuando el tráfico a transportar es asíncrono, se emplea el protocolo GFP, del inglés *Generic Framing Procedure*, para adaptarlo a un canal síncrono a nivel de bit o de byte. Está recogido en la recomendación ITU-T G.7041 [3].

La parte asignada a la carga en una trama GFP se puede emplear para transporte de tramas específicas de cliente o flujos de bits.

La primera opción está orientada a unidades de datos de protocolo o PDUs y se conoce como *GFP Framed* o *GFP-F*. Permite el adaptar tramas completas Ethernet, IPoPPP o MPLS. Está optimizada para la eficiencia en ancho de banda penalizando la latencia ya que las tramas se reciben, se procesan, son mapeadas en tramas *GFP-F* y transmitidas.

La segunda opción se denomina *GFP Transparent* o *GFP-T* y está orientado a bloques de bits, se emplea para dar conectividad de tipo Gigabit Ethernet de capa física o señales de tipo DVB. En este caso prima la latencia frente al ancho de banda al no esperar una trama completa para su transmisión reduciendo el retardo del procesado de trama de cliente.

Cualquiera de los dos modos requiere que los equipos extremos, o de frontera del servicio, tengan la capacidad GFP por lo que no requieren ningún tipo de modificación en los equipos troncales de red.

GFP se desarrolló en sus dos modos para permitir el transporte eficiente de paquetes de datos sobre redes SDH de forma eficiente haciendo uso de concatenación virtual y LCAS.

- *LCAS*

Del inglés, *Link Capacity Adjustment*, LCAS se estandarizó en la recomendación ITU-T G.7042 [4]. Consiste en un procedimiento empleado para aumentar o disminuir dinámicamente el ancho de banda de un enlace según se necesite. Esto es posible gestionando el número de VC-n-Xv que forman parte de un VCAT.

LCAS permite que, en caso de fallo de alguno de los VC-n-Xv que forman parte de un servicio, se pueda seguir entregando tráfico a través de los otros contenedores activos reduciendo de esta forma los cortes experimentados en el servicio por parte del cliente. Una vez recuperados los circuitos, se volvería a ofrecer la velocidad de línea original. LCAS es un gran multiplicador de las funcionalidades que ofrece la concatenación virtual.

1.2.3. Equipos SDH

Una vez descrita la estructura de trama STM-1 y sus posibilidades a la hora de transportar servicios, se nombrarán los diferentes tipos de equipamiento genérico que forman parte de una red de este tipo así como la función que desempeñan. Básicamente, todos los equipos SDH se clasifican en regeneradores, multiplexores terminales, multiplexores de inserción/extracción y, por último, distribuidores multiplexores.

- *Regenerador*

Los equipos regeneradores intermedios o IRs, del inglés *Intermediate Regenerators*, se encargan de regenerar, que no amplificar, la trama recibida. Suelen emplearse en largas distancias cuando no interesa introducir un nodo de otro tipo. Los multiplexores de inserción/extracción y los distribuidores también tienen la función de regeneración.

Trabajan empleando la cabecera de sección de regeneración de la trama SDH que se desarrollará posteriormente.

- *Multiplexores terminales*

También denominados TMs, del inglés *Terminal Multiplexers*, son equipos pensados para introducir señales PDH y SDH en un flujo de mayor velocidad. No podría trabajar en una topología de anillo por sí solo. Podría tener aplicación en el extremo de una línea de fibra que no continua o para crear enlaces punto a punto entre dos ubicaciones.

Emplean la cabecera de sección de multiplexación de la trama SDH. En la figura 1.4 se representa conceptualmente este equipo.

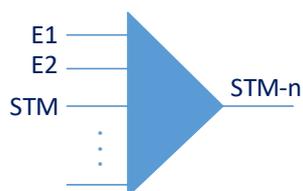


Figura 1.4: Esquema multiplexor SDH

- *Multiplexores con funciones de inserción/extracción*

Conocido universalmente como ADM, del inglés Add and Drop Multiplexer, se encarga de insertar o extraer señales tributarias plesiócronas o síncronas en los flujos SDH de un anillo, siendo esta la configuración de red óptima para este tipo de equipos.

Es el equipo más característico de una red SDH y su composición básica consta de bastidor, tarjeta controladora, tarjetas tributarias, de línea o agregado, y de conmutación.

Esquemáticamente suelen representarse como se muestra en la figura 1.5.

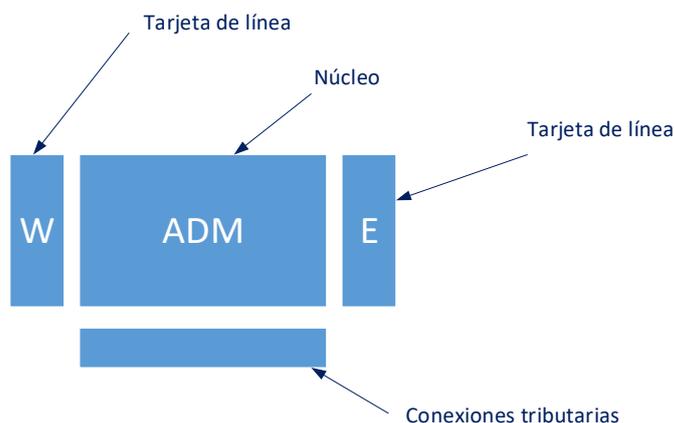


Figura 1.5: Esquema ADM

El núcleo, o *CORE* en inglés, representa al equipo con su bastidor, tarjetas de alimentación y tarjetas controladora, multiplexoras y de conmutación.

Las tarjetas tributarias se encargan de administrar las conexiones de nivel inferior que se introducirán en el flujo de orden superior. Estas tarjetas disponen de puertos físicos que pueden ser de interfaz óptico o eléctrico.

Las tarjetas de línea son los elementos encargados de enviar las señales de mayor orden por el medio físico hasta el extremo remoto. Es costumbre identificar en la nomenclatura de los ADMs, sus tarjetas de línea con una referencia a si son “lado Oeste” (W) o “lado Este” (E) para facilitar la identificación de los enlaces.

- *Distribuidores multiplexores*

También denominados XC o DXC, del inglés *Digital Cross-Connect*, es el equipo más versátil dentro de una red SDH. Dispone de una gran cantidad de entradas y salidas para diferentes velocidades. Se pueden definir caminos tanto para señales PDH de diferentes tipos como para señales SDH de gran capacidad.

Se emplea como sustituto de múltiples equipos ADM de diferentes anillos ubicados en el mismo emplazamiento, es decir, como puntos de unión entre anillos. El XC formará parte de ambos anillos permitiendo, además de un ahorro en equipamiento, la modificación de servicios en paso de un anillo a otro sin tener que realizar uniones físicas de cableado entre ADMs si sólo se dispusiera de este tipo de equipos.

Se puede encontrar un esquema conceptual de un XC, en la figura 1.6.

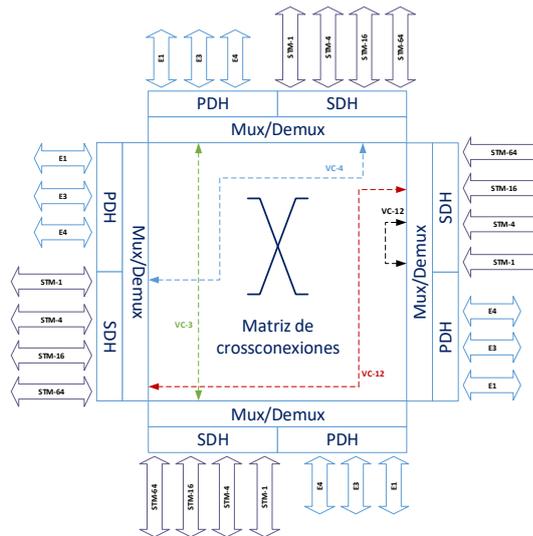


Figura 1.6: Esquema XC

1.2.4. Sincronismo

En una red SDH todos los elementos de red están sincronizados y debe garantizarse esta circunstancia planificando correctamente la propagación de la señal de sincronismo desde una fuente principal.

Uno de los esquemas más comunes para resolver esta cuestión consiste en una unidad SSU (Synchronization Supply Unit) ubicada junta al nodo principal, el cual suele compartir las funciones de GW para la red de gestión, y conectada a fuentes de sincronismo de alta precisión según norma ITU-T G.811 [5].

La unidad SSU dispone de una o varias fuentes de referencia y proporciona múltiples salidas para entregar a los equipos de transmisión o de servicios. P. ej. Dos nodos de cabecera SDH, una centralita, capacidad NTP para routers, etc.

Como fuente de sincronismo suele emplearse una o combinación de las siguientes:

- Reloj atómico de Cesio
- Señal capturada red satélites GPS/Glonass
- Señal proporcionada por Operador externo

La conexión con el equipo SDH puede realizarse a través de un puerto dedicado para el sincronismo o directamente en un puerto E1.

Desde este nodo debe definirse una estructura jerárquica para la propagación de la señal a través de las cabeceras STM-n de la red sincronizándose así todos los nodos. Se muestra un ejemplo en la figura 1.7.

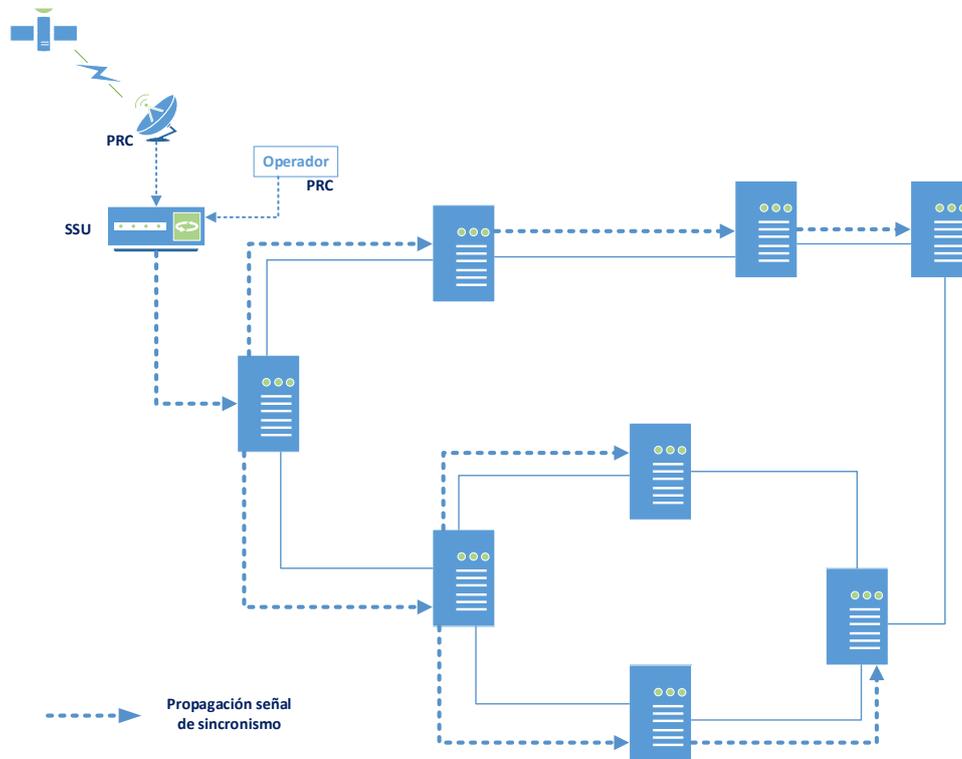


Figura 1.7: Jerarquía de sincronismo

Cada nodo está calculando constantemente las desviaciones de la señal principal, que extrae de la cabecera del STM-n, y ajustando su PLL local de tal forma que, en caso de pérdida de señal, el equipo toma como fuente de sincronismo su propio oscilador y esta será la referencia que seguirán el resto de nodos dependientes.

Los equipos de transmisión actuales disponen de osciladores muy precisos de tal forma que, en caso de pérdida de señal, pueden seguir trabajando durante horas o incluso días sin afectaciones al servicio si bien es algo que puede depender de variaciones en la temperatura, suministro energético, etc.

- *Retención*

Cuando un nodo pierde su fuente de sincronismo entra en modo de **retención** o, en inglés, *Holdover*. En este modo de trabajo, el oscilador local se apoya en un procesador dedicado que conoce las compensaciones registradas durante las últimas 24-36 horas. Se basa en las correcciones de la frecuencia en función de la temperatura del oscilador.

Este modo es entre 10 y 100 veces más preciso que el modo de operación libre que se describe a continuación. En la figura 1.8 se puede observar un ejemplo de lo comentado.

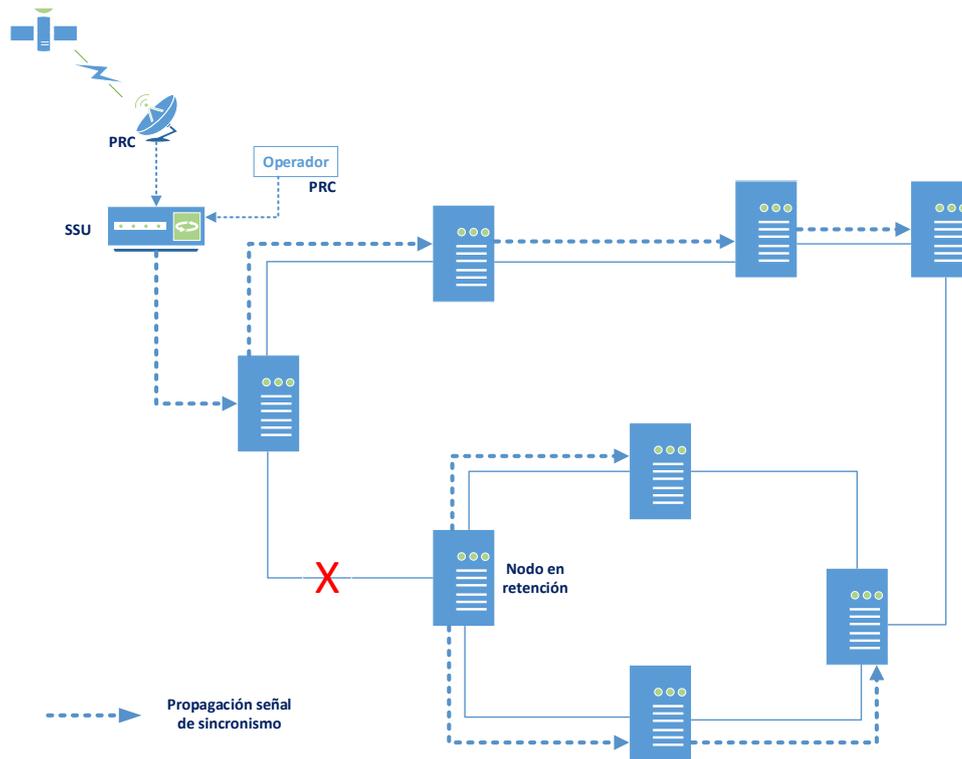


Figura 1.8: Nodo en retención

- *Operación libre*

Cuando un nodo nunca ha tenido una referencia de sincronismo externa se dice que trabaja en modo de **operación libre** o, en inglés, *free run*. Si bien los osciladores de los equipos cada vez son más precisos, el trabajar de esta forma puede provocar ajustes constantes del puntero y, a la larga, pérdidas de servicio. Es una configuración que suele presentarse en pequeñas *islas de red* formadas por muy pocos equipos, lo ideal en estos casos es hacer llegar a esta red un circuito E1, bien sea por operador bien por medios propios, que pueda tomarse como referencia.

Una isla SDH sin fuente de sincronismo o con un nodo en modo de operación libre como fuente no es una configuración recomendada a desplegar ya que, como se puede deducir fácilmente, si no se dispone de medios de transmisión para alcanzar dicha isla, no sólo no se le podrá hacer llegar una referencia de sincronismo sino que no se podrán gestionar los equipos haciendo el mantenimiento de red más caro y complicado al tener que realizar estas tareas localmente.

Tal y como se puede observar en la figura 1.9, existe un segmento de red aislado en este modo de operación.

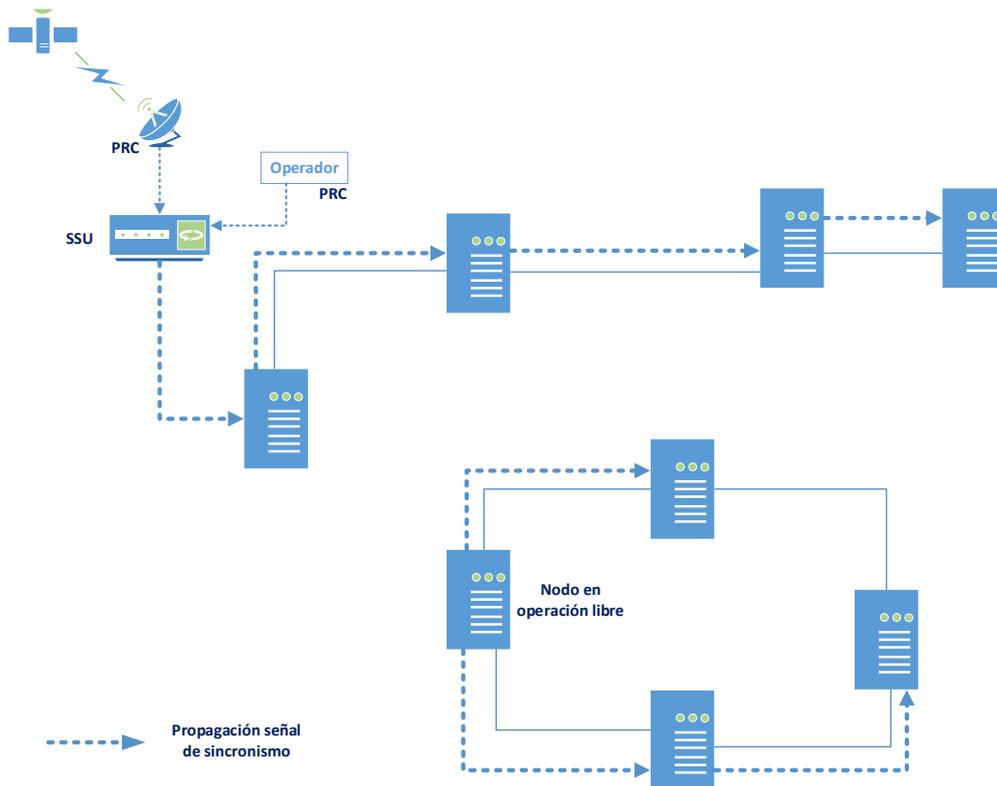


Figura 1.9: Nodo en operación libre

1.2.5. Gestión

La tarea de gestión de una red debe estar presente durante la fase de diseño de cara a, una vez en explotación, facilitar la anticipación y solución de problemas. La finalidad es minimizar la indisponibilidad o degradación en los servicios transportados.

Este control permite obtener también estadísticas de uso, estado de los transceptores, posibles atenuaciones en la fibra, etc. La monitorización continua de los sistemas permite un nivel de proactividad vs. reactividad muy elevado impactando en la calidad del servicio a medio y largo plazo.

La gestión de una red SDH suele realizarse mediante los protocolos TMN (Telecommunications Management Network) o SNMP (Simple Network Management Protocol) si bien se analizará en este caso una red que implementa TMN.

TMN es un protocolo orientado a objetos y enfocado a entorno gráfico que podría integrar equipos SDH de distintos fabricantes e incluso otro tipo de equipos de capa óptica de la red de transmisión tales como WDM.

Si bien es un estándar, el protocolo contempla varios bytes opcionales que, según el fabricante, se emplearán para aumentar/diversificar la capacidad de gestión por lo que siempre es recomendable contemplar la adquisición de la aplicación TMN desarrollada por el propio fabricante de equipos.

Suelen proporcionarse dos aplicaciones, una para gestión local y otra más compleja y potente para gestión remota de red.

Los nodos de red se pueden gestionar en local desde un LCT (Local Craft Terminal) mediante la conexión de un PC al puerto MNG (Management) o de gestión (puerto serie o Eth).

Mediante esta operación se puede configurar desde cero un nodo de comunicaciones de cara a su instalación, provisionar nuevos circuitos realizando las crossconexiones sobre la matriz de conmutación o recuperar un equipo tras avería y pérdida de gestión desde Centro de Gestión de Red.

La información asociada a la gestión remota de los equipos viaja por la red en bytes de cabecera de trama. Estos bytes forman los Canales de Comunicación de Datos o DCC, del inglés *Data Communications Channel*.

1.2.6. Protección

De cara a garantizar la continuidad del tráfico ante fallo de fibra o nodo, existen dos estrategias: Protección y Restauración

La protección consiste en disponer de circuitos de backup preconfigurados en la red. El tiempo de recuperación es muy corto obteniéndose aquí una de las grandes bondades de SDH. La opción de restauración requiere que se elabore un nuevo circuito recalculado por el gestor central de forma automática de tal forma que usa capacidades libres en enlaces alternativos; supone un tiempo de recuperación mayor que bajo un esquema de protección.

Los tipos de protección son:

- *MS-SP Ring (Multiplex Section - Shared Protection Ring)*

No se suele emplear ya que el mecanismo de fallo de enlace consiste en que los nodos extremos del corte, devuelven el tráfico al anillo para recorrerlo en sentido contrario y llegar a su destino, pudiendo llegar a aumentar el camino físico de un circuito hasta casi el doble.

Contempla un máximo de 16 saltos y no el fallo de un nodo. Opción a descartar al no ofrecer protección ante caída de nodo.

- *MS-DP Ring (Multiplex Section-Dedicated Protection Ring)*

El tráfico recorre el anillo en un sentido según la dirección del mismo. En caso de fallo de enlace el equipo que entrega el circuito al enlace caído lo devuelve al anillo haciéndolo coincidir con el otro sentido del mismo.

Al igual que MS-SP, se puede emplear para un máximo de 16 saltos y no contempla el fallo de un nodo. Otra opción desaconsejable al no ofrecer protección ante caída de nodo.

- *SNCP Ring (Subnetwork Connection Protection Ring)*

La configuración de protección más habitual es la de anillo SNCP. Consiste en transmitir simultáneamente por dos caminos seleccionando el mejor en recepción de tal forma que si detecta una pérdida de señal o alarma remota conmuta al alternativo. Supone un costo en ancho de banda importante pero aporta gran robustez a la red y mínimo tiempo de indisponibilidad.

No tiene limitación de equipos y contempla la caída de un nodo.

2. Procedimiento y recomendaciones de diseño de una red SDH

En este capítulo se expone la metodología de diseño de una red SDH. Si bien se pueden aplicar estas recomendaciones a cualquier diseño, están orientadas a proyectos cuyos clientes sean empresas ajenas al sector de los servicios públicos de Telecomunicaciones que pretendan migrar sus servicios y desplegar otros nuevos.

El carácter particular de este tipo de redes implica una forma distinta de abordar la solución al disponer de datos más acotados en cuanto a usuarios y capacidad de crecimiento se refiere. En estos casos también estará condicionada la distribución nodal de la red al desplegarse los equipos de forma general en ubicaciones propias.

El resultado es una red muy ajustada a las necesidades del cliente o corporación al disponer de información inicial precisa de la topología y servicios a desplegar.

Inicialmente se describen las tareas que permiten obtener la información para una planificación de red adecuada. Posteriormente, se divide el diseño en las diferentes capas a tener en cuenta al trabajar con SDH, el despliegue de servicios y los cálculos necesarios para llevar a cabo el proceso.

2.1. Análisis escenario inicial

A la hora de abordar cualquier diseño, es fundamental conocer el punto de partida y la orientación a nivel de negocio que debe ofrecer la solución de ingeniería. No sólo es importante recopilar datos prácticos sino que entender a qué se dedica el cliente es importante para poder acometer de manera adecuada las siguientes fases.

En esta etapa se hace necesario el disponer de actas de replanteo de los diferentes emplazamientos disponibles y realizar reuniones con el cliente con la finalidad de obtener información que permita iniciar el diseño de red.

En la actualidad la elección para el despliegue de una red de una solución SDH suele estar motivada principalmente por el tipo de equipos que se conectarán a la misma. Una empresa que ya tiene una planta específica de dispositivos en campo dispondrá de una red de comunicaciones previa que habrá que comprender para poder afrontar la migración y que se garantice la conectividad de los equipos terminales y funcionalidades previas de la red heredada.

Un diseño de red desde cero ofrece mayor libertad a la hora de elegir las ubicaciones de los nodos de tal forma que permitirá optimizar su número y distancias de los enlaces con arreglo a las limitaciones físicas de los equipos.

2.1.1. Ubicaciones y enlaces

Deben realizarse visitas a los centros para recabar información sobre las características físicas de los mismos, la disposición de salas de comunicaciones adecuadas o espacios reconfigurables para albergar los equipos de transmisión, suministro energético, bastidores y repartidores de cableado.

Con respecto a los enlaces físicos, en este tipo de redes existen canalizaciones o espacios propios entre emplazamientos que facilitan los tendidos de fibra óptica. En caso contrario, deberá iniciarse un proceso de recopilación de información sobre las infraestructuras existentes en la zona. Si se desea disponer de fibra dedicada pero el tendido no es factible, en esta fase se contempla el poder alquilar fibras a una empresa propietaria de tendido privado; suelen poseer cables en propiedad empresas tales como eléctricas, compañías de abastecimiento de agua o transporte ferroviario.

En este punto, fundamentalmente, se busca el establecer todos los posibles nodos de red así como las distancias físicas reales entre los mismos.

2.1.2. Servicios a transportar

Una solución SDH puede proporcionar conectividad a múltiples tipos de redes o dispositivos de tal forma que se debe conocer con detalle el tipo de conexión a establecer con los equipos del cliente.

La red puede orientarse a un solo protocolo de comunicación como, por ejemplo, Ethernet sobre SDH pero muy probablemente deba ofrecer enlaces punto a punto para dispositivos PDH, centralitas telefónicas TDM o incluso el cliente solicite implementar en la solución conmutación de paquetes Ethernet, enrutamiento IP o multiplexación PDH.

El conocimiento de los protocolos de comunicación y equipos que se conectarán a la red será uno de los factores que condicionen la elección del fabricante, familia de nodos y tarjetas a adquirir para el despliegue.

2.2. Establecimiento de requisitos

En este punto se definen las capacidades y funcionalidades técnicas que debe ofrecer la red. Además de la información disponible recopilada anteriormente, este será el momento de valorar los conceptos que se comentarán a continuación.

- *Nuevos servicios*

En caso de que el proyecto gire en torno a una migración, además de conocer ya en esta fase los servicios existentes, pueden demandarse nuevos servicios que requerirán de tarjetas diferenciadas y/o configuraciones específicas de los circuitos.

- *Porcentaje de reserva y crecimiento*

Está directamente relacionado con la capacidad deseada para encarar los próximos años de vida de la red. Es importante consensuar con el cliente qué cantidad de crecimiento de la red será a coste cero permitiendo la creación de nuevos circuitos sin tener que recurrir a la ampliación física. Esto es posible al ser las partes de los flujos STM-n que se contemplarán libres en la fase de cálculo.

La capacidad de crecimiento de la red estará condicionada a la disponibilidad de fibras libres así como a la escalabilidad y potencia de conmutación de los equipos que hayamos adquirido, pero esta opción siempre conlleva costes al tener que instalar nuevas tarjetas de línea o añadir equipos WDM si no se dispone de fibras libres.

- *Tipo de monitorización deseada*

Dependiendo del tamaño de la red y criticidad de los servicios, debe establecerse un esquema de gestión y monitorización de los equipos de transmisión que facilite el acceso a los mismos. Las posibles opciones a estudiar son:

- Gestor de red (NMS)
- Gestor de elementos (EMS)
- Gestión por terminal remoto (SSH o telnet)
- Gestión vía terminal local

Aún para un tamaño de red menor a diez nodos, lo ideal sería disponer de una herramienta de gestión de tipo NMS si bien su adquisición suele requerir el pago por número de licencias adquiridas incrementando los costes.

De la misma manera, una herramienta de gestión EMS puede conllevar costes por licencia, si bien dependerá del fabricante elegido.

Tanto el gestor de red como el de elementos requieren de un servidor de aplicación dedicado que ejerza de interfaz hombre-máquina en el que pueda ejecutarse, como mínimo, el software gestor de elementos. Este equipo incrementará el coste del despliegue.

Las otras dos opciones no conllevan costes si bien son totalmente desaconsejables al requerir de personal técnico más especializado y/o desplazamiento local. La operación remota de un nodo de red por consola incrementa enormemente los tiempos empleados para realizar cualquier acción, especialmente las asociadas a diagnóstico de incidencias o provisión de circuitos al tener que realizar la operación equipo a equipo.

La recomendación es que la gestión por terminal remoto sea contemplada como una herramienta ante una posible indisponibilidad del software EMS o NMS, así como la gestión local un acceso para realizar mantenimiento o diagnóstico de un equipo aislado.

A no ser que se acuerde lo contrario con el cliente, siempre se buscará el disponer de una herramienta de gestión de red NMS.

- *Protección*

Puede parecer una cuestión a establecer por defecto como máxima para todos los circuitos pero tiene impacto directo en la ocupación de los enlaces STM-n y, por tanto, en la elección del tipo de equipos y tarjetas de línea a instalar.

Se establece como recomendación el diseñar los enlaces para que el tráfico esté protegido en su totalidad si bien se menciona este punto ya que, una estrategia de protección por tipo de servicio añade un grado de optimización si se necesita.

A modo de ejemplo para aclarar este concepto, imaginemos un doble enlace de tipo E1 entre centralitas de tal forma que pueden mantenerse 60 conversaciones simultáneas entre las dos sedes, uno de ellos en tránsito por un segmento de anillo y el otro definido por el segmento

opuesto. Si se produce una incidencia en fibra óptica que provoca la indisponibilidad del STM-n en el que se ubica el VC-12 asociado al segundo enlace, se pasaría del máximo de 60 conversaciones simultáneas a 30. Es un claro ejemplo de degradación prevista y asumida de un servicio no protegido ante fallo de un enlace físico, si bien una red de telefonía debería ofrecer siempre canales disponibles a sus usuarios por lo que se trata de un escenario didáctico que se ilustra en la figura 2.1.

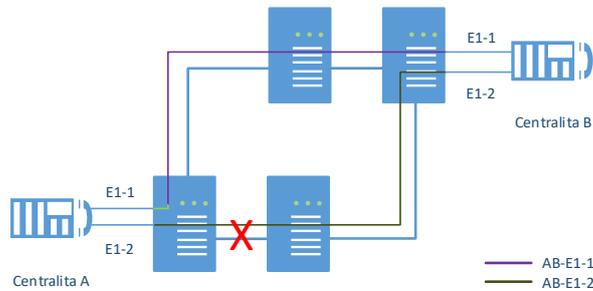


Figura 2.1: Servicios con doble vía sin protección

Tal y como se mencionaba, a no ser que el cliente indique lo contrario, siempre se contemplará en el diseño la protección total de los circuitos. Siguiendo el ejemplo anterior, ante una incidencia, las centralitas disponen de 60 canales para poder realizar llamadas entre las sedes, como se puede apreciar en la figura 2.2.

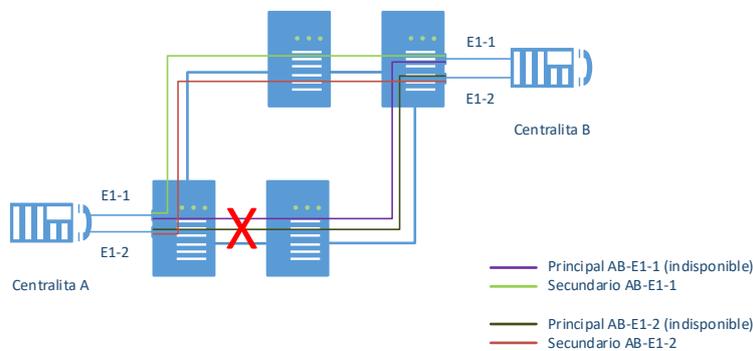


Figura 2.2: Servicios con doble vía protegidos

2.3. Diseño de red

2.3.1. Capacidad

Para poder dimensionar un anillo SDH, del apartado anterior se debería poder obtener el dato nominal C_n en cuanto a capacidad en régimen binario en cada nodo n que debe ofrecer, como mínimo, la red. Los C_n de cada nodo se obtendrían sumando las capacidades S_i requeridas para cada entrega de servicio local i desde su correspondiente cabecera.

$$C_n = \sum S_i$$

La capacidad mínima C_{min} necesaria para poder valorar los enlaces agregados se obtendría sumando las capacidades en cada nodo calculadas anteriormente.

$$C_{min} = \sum C_n$$

En caso de tener circuitos punto a punto P_j fuera del cómputo de las cabeceras de servicio, los incluiríamos en el cálculo de C_{min} . Lógicamente estos circuitos aunque tengan dos extremos se contabilizarán una sola vez, al igual que los dependientes de cabecera. Se incluirían en esta categoría los circuitos entre redes en paso a través de nodos frontera.

$$C_{min} = \sum C_n + \sum P_j$$

El siguiente elemento a tener en cuenta en el cálculo es el método de protección. Siendo el más habitual SNCP pasamos a duplicar el valor obtenido.

$$C_{tot} = 2 \times C_{min}$$

Si las cabeceras de servicio estuviesen distribuidas por distintos nodos del anillo, el resultado sería el mismo.

En función del tipo de cliente, se establece también un factor de diseño que debe garantizar el poder desplegar nuevos servicios sin la necesidad de cambiar las tarjetas de línea o crear nuevos enlaces, lo que implicaría hacer uso de más fibra y tarjetas.

No son iguales las necesidades de un Operador de Telecomunicaciones, un organismo gubernamental o un cliente industrial, por lo que el porcentaje de capacidad libre a la hora de desplegar una red depende de muchos factores que pasan por profundizar en el uso que se hará de la red en un futuro próximo. Suele ser habitual realizar estimaciones a 5-10 años.

También se tiene en cuenta si se dispone de más fibras libres o capacidad de ampliación y las posibilidades de expansión de los equipos a desplegar.

El techo de crecimiento de la red depende fundamentalmente del número de fibras ópticas disponibles, actualmente el medio físico es determinante al desplegar cualquier red al disponerse de un número finito de canales. Bien sean números de fibras libres en un cable o licencias de canales de radiofrecuencia si la red es radio, siempre podremos, como mínimo, añadir más equipos en los extremos de un enlace o mejorar los mismos para aumentar la capacidad.

Para establecer el punto de partida, si denominamos r al factor de crecimiento mencionado, en tanto por uno.

$$C_{STM-n} \geq C_{tot} \times (1 + r)$$

Este régimen binario obtenido C_{STM-n} garantizará la protección total del tráfico así como un porcentaje de crecimiento de servicios a coste cero.

El caudal C_{STM-n} es una estimación que deberá encajarse en los flujos STM-n que ofrece SDH. No es lo mismo mapear un STM-1 para 63 cargas de tipo VC-12 (129 Mb/s) que para un transporte VC-4 (139,2 Mb/s) por lo que la validez del resultado final deberá recalcularse en detalle teniendo en cuenta el tipo de circuitos a implementar.

A no ser que el salto en cuanto a costes sea muy elevado, lo prudente y lógico siempre será elegir la capacidad que ofrece el STM-n superior al calculado si bien se puede reajustar el porcentaje de red libre o jugar con otros elementos tales como la protección de los servicios, lo que dependería de posibles nuevos acuerdos con el cliente.

2.3.2. Gestión

- *Canales DCC*

Tal y como se describió en partes anteriores del documento, en las cabeceras de regeneración y multiplexación existen bits dedicados a tareas de operación y mantenimiento de red denominados canales de comunicación de datos o DCC.

Cuando el número de nodos de red es elevado, deben realizarse divisiones de la red DCC en subredes de gestión con equipos que desempeñen la labor de Gateway. Es un dato a consultar en los manuales proporcionados por el fabricante ya que el caudal máximo que se puede obtener de los 8 bits DCC de la cabecera MS STM-1 es de 576 Kbps y es compartido por todos los nodos.

La arquitectura de la red DCC, al igual que para el sincronismo, debe ser jerárquica evitando formar bucles de gestión, si bien el impacto es diferente. En el peor de los casos podemos tener duplicidad de mensajes de gestión ralentizando esta tarea, por ello la red de gestión se diseña de tal forma que no forma anillos, tal y como se aprecia en la figura 2.3.

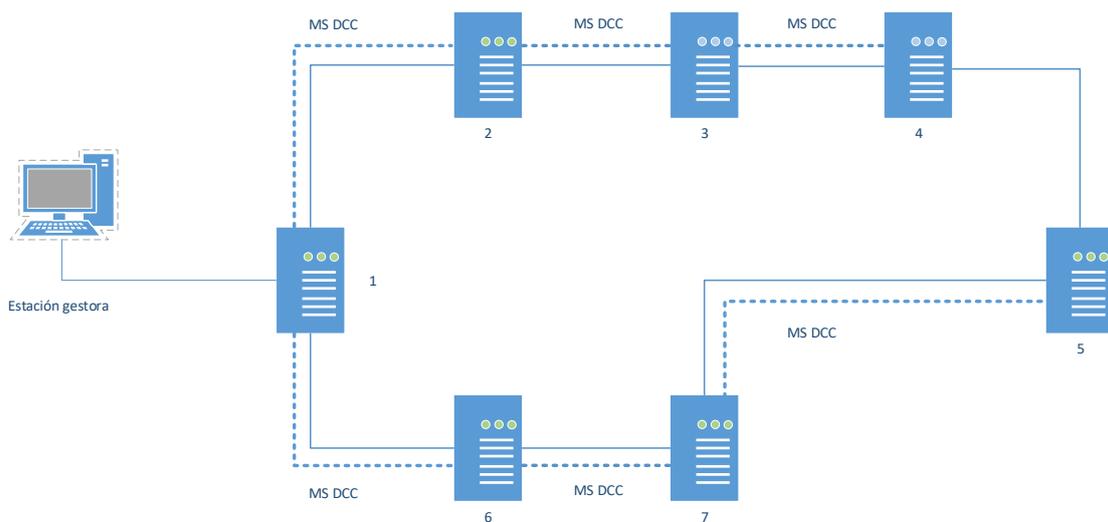


Figura 2.3: Canales DCC

Entre los equipos 4 y 5 no existe un enlace de gestión, es ahí donde se decide dejar de propagar los canales DCC para no formar bucles.

Es un tipo de gestión en banda por lo que debe tenerse en cuenta que, una incidencia en un tramo de fibra puede provocar la pérdida de gestión, que no de tráfico, de los elementos de red dependientes de los canales DCC del enlace afectado.

Para afrontar este problema, existe un procedimiento que aprovecha los canales DCC de la capa de regeneración. Implica la configuración previa de “pares incompatibles” de canales DCC secundarios en cada nodo de tal forma que, ante un escenario como el comentado, pueda activarse un nuevo enlace de gestión empleando el otro segmento del anillo, tal y como se puede apreciar en la figura 2.4.

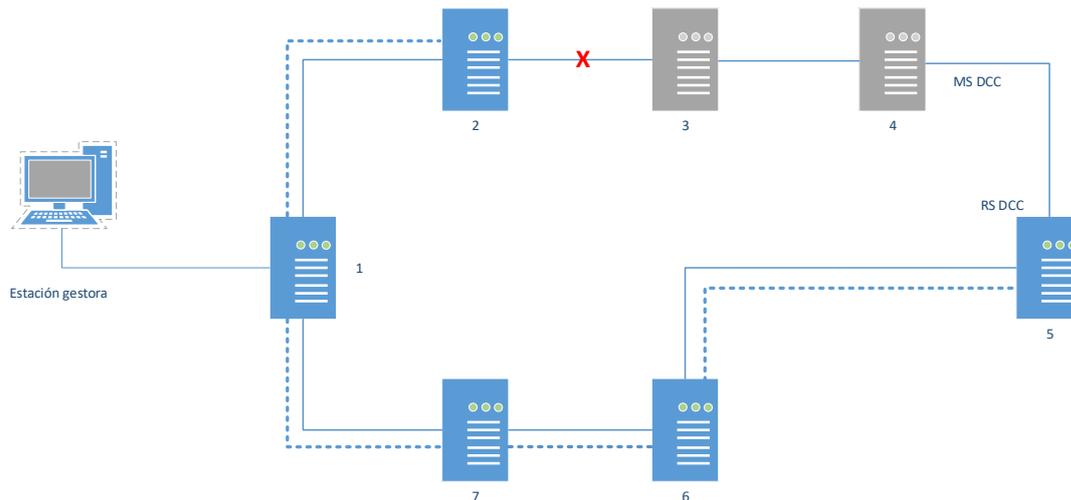


Figura 2.4: Escenario gestión A

Obsérvese que, en el enlace físico elegido previamente para evitar crear un anillo de gestión, los extremos están configurados de tal forma que no existe canal DCC hábil pero sí preestablecido. Para recuperar la gestión de los nodos 3 y 4, bastaría con crear un nuevo canal DCC de tipo MS en el equipo 5 generando así un nuevo enlace válido como se observa en la figura 2.5.

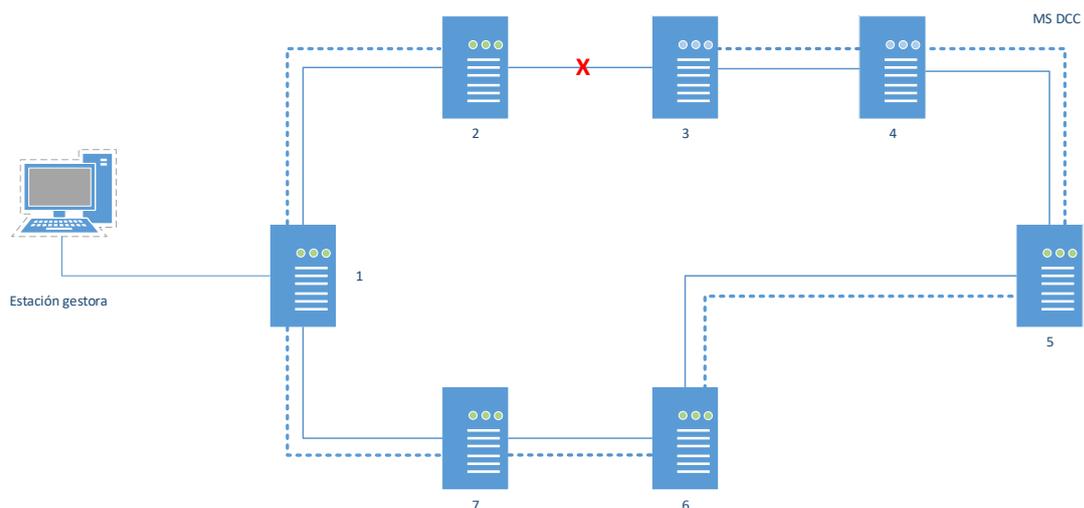


Figura 2.5: Solución escenario gestión A mediante par incompatible

Esta técnica serviría también si el corte hubiese dejado sin gestión los equipos 5, 6 y 7, habilitando en el nodo 4 la gestión vía RS. En este último caso podría experimentarse una cierta

lentitud en la operación debido al menor número de bits dedicados a los canales DCC en la capa de regeneración, siendo este valor de 216 Kbps.

- *Subredes DCC*

Se adelantaba en el apartado anterior la necesidad de desplegar subredes DCC cuando el número de nodos es elevado. Surgen de esta forma nuevos nodos Gateway a los que se les proporcionará conectividad con el servidor de gestión SDH mediante circuitos dedicados formando un esquema de gestión en estrella. En la figura 2.6 se observan en color verde los circuitos EoSDH encargados de hacer llegar el tráfico de gestión a cada subred DCC, es suficiente con un único VC-12-1v por subred.

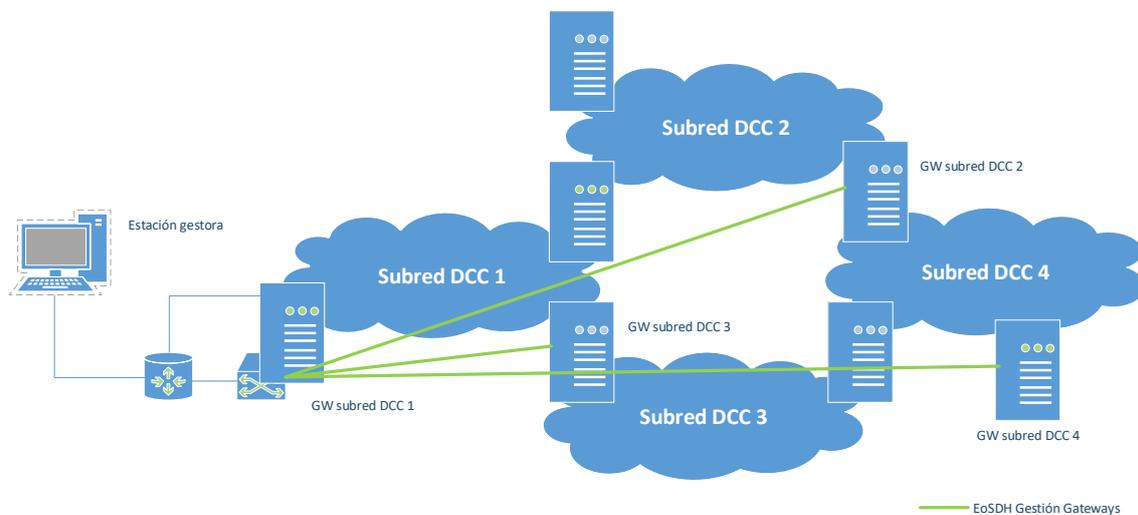


Figura 2.6: Subredes DCC

Al transportarse estos circuitos por la propia red de comunicaciones, al igual que los canales DCC, se considera una gestión en banda. Existe una alternativa a estos circuitos dedicados que consiste en, si se dispone de routers de servicio en la misma ubicación que los nodos GW DCC, proporcionar la conectividad a través de dicho servicio.

Tanto para un circuito dedicado como para la gestión por la red IP de servicio, el equipo no recibe la gestión por DCC, se hace uso del puerto MGT disponible. En la figura 2.7 se aprecia la diferencia entre ambas opciones.



Figura 2.7: Detalle conectividad Gateways

Se comentará más adelante la forma de diseñar una red de gestión fuera de banda haciendo uso del mismo concepto, ya que todo se reduce a un problema de subredes y enrutamiento si se dispone de una red paralela.

- *Gateway secundario*

La caída de un nodo Gateway o el corte de su circuito de gestión asociado provocará, además de una indisponibilidad de servicios locales en el primer caso, la pérdida de gestión de los nodos de su subred DCC. En la figura 2.8 la subred DCC 2 experimenta el efecto del primer escenario y la subred DCC 3 no dispone de circuito de gestión.

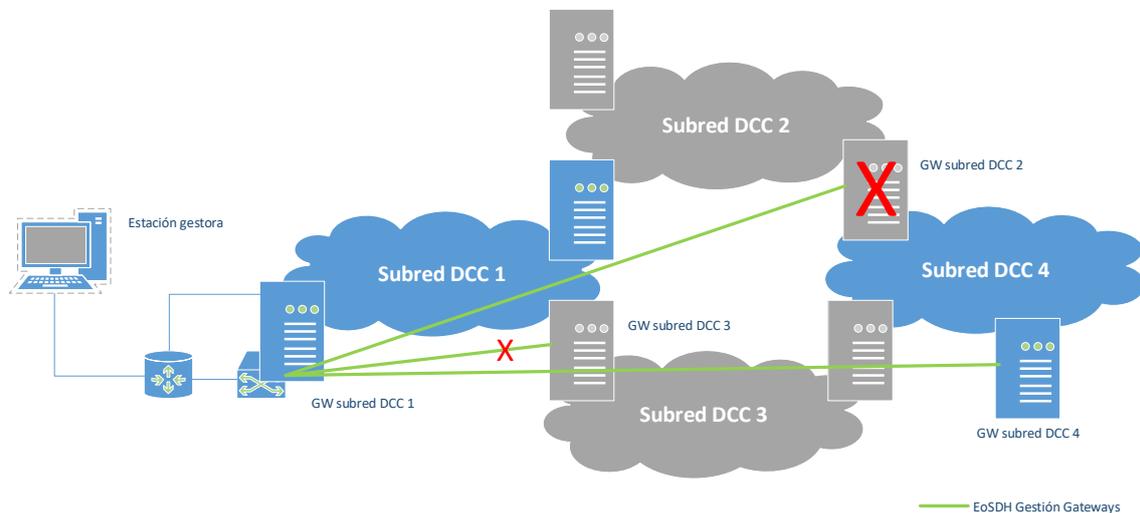


Figura 2.8: Escenario gestión B

Es posible definir equipos que ejerzan la función de Gateways secundarios para resolver el problema descrito. Requerirá también implementar en la estación gestora un cambio en el enrutamiento de forma manual o automática de tal forma que el valor de la dirección IP vinculada al Gateway de gestión de cada subred DCC se modifique. El procedimiento de diseño del direccionamiento y enrutamiento de la capa de gestión será desarrollado en apartados posteriores.

Tal y como se puede apreciar en la figura 2.9, la disposición de un esquema de backup para la gestión de las subredes DCC ofrece mayor capacidad de supervisión ante incidencias.

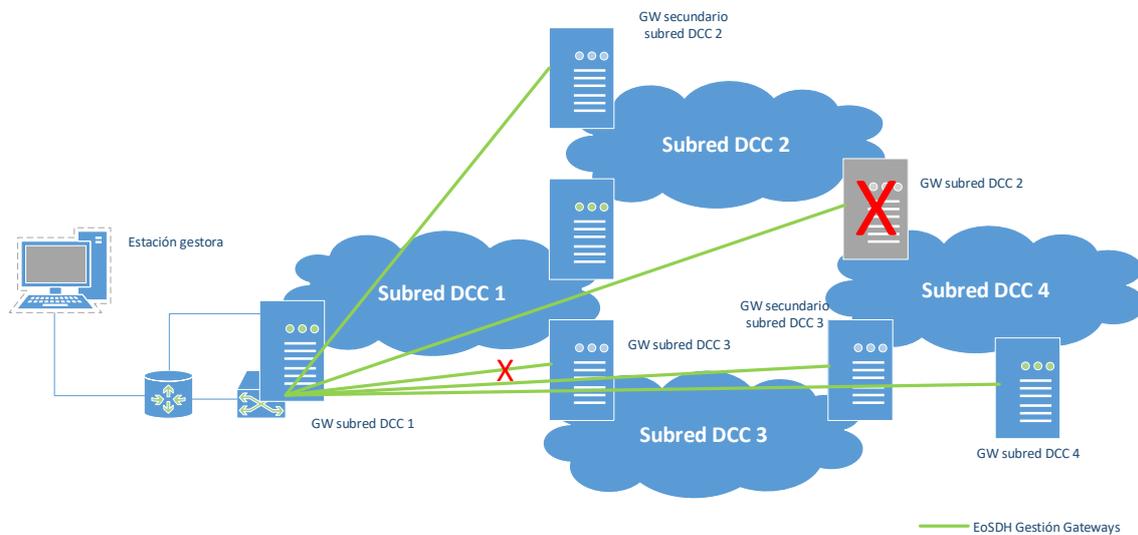


Figura 2.9: Solución escenario gestión B mediante Gateways secundarios

- *Gestión fuera de banda*

El diseño de una red fuera de banda resulta útil al disponer de esta forma de un camino de respaldo para el tráfico de gestión, debe considerarse como opción única cuando no hay medios propios para llegar a un tramo de red aislado.

La gestión principal en banda proporciona el control total de los circuitos pero, en ocasiones, puede ocurrir un fallo múltiple que provoque el corte de los enlaces de gestión. Este efecto queda reflejado en la figura 2.10 donde se aprecia la pérdida de gestión de varias subredes tras sufrir la indisponibilidad de la tarjeta Ethernet instalada en el nodo SDH principal o, simplemente, un problema en el cableado.

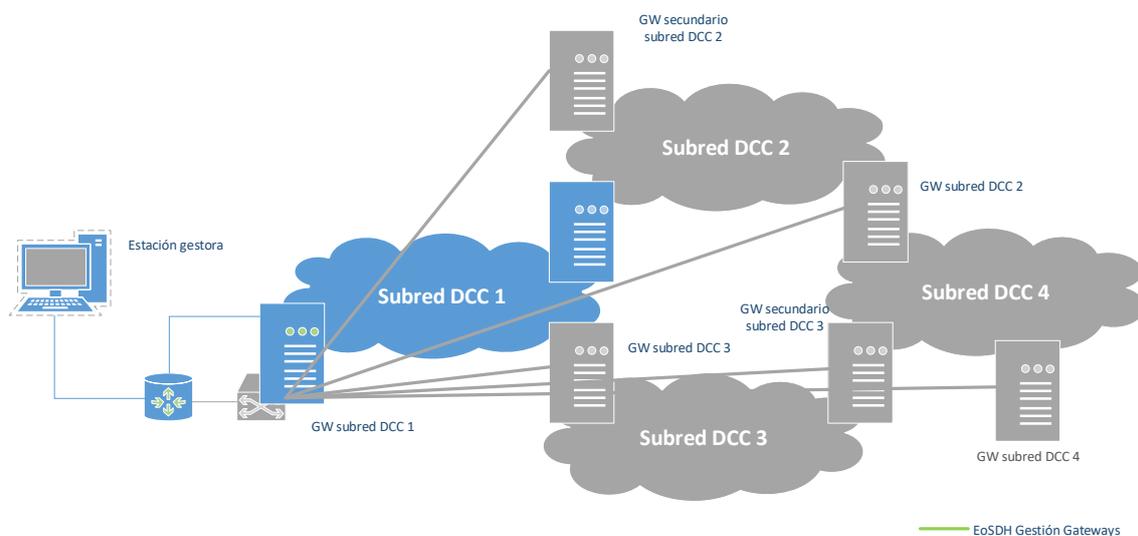


Figura 2.10: Escenario de gestión C

Esto puede ocurrir por una incidencia o error humano al realizar tareas de operación y mantenimiento por lo que un esquema de gestión fuera de banda proporcionará robustez a la capa de gestión.

Para poder realizar una arquitectura de gestión fuera de banda se hará uso de una red de Operador con presencia en la sede central y en las ubicaciones donde se vayan a definir los Gateways correspondientes. Una vez más, requerirá modificar el enrutamiento en la estación gestora.

Este acceso de Operador puede ser desde una conexión ADSL a un acceso de banda ancha corporativo con enrutamiento dedicado al nodo SDH. En la figura 2.11 se muestra esta idea al disponer de conexión con Operador en varios emplazamientos.

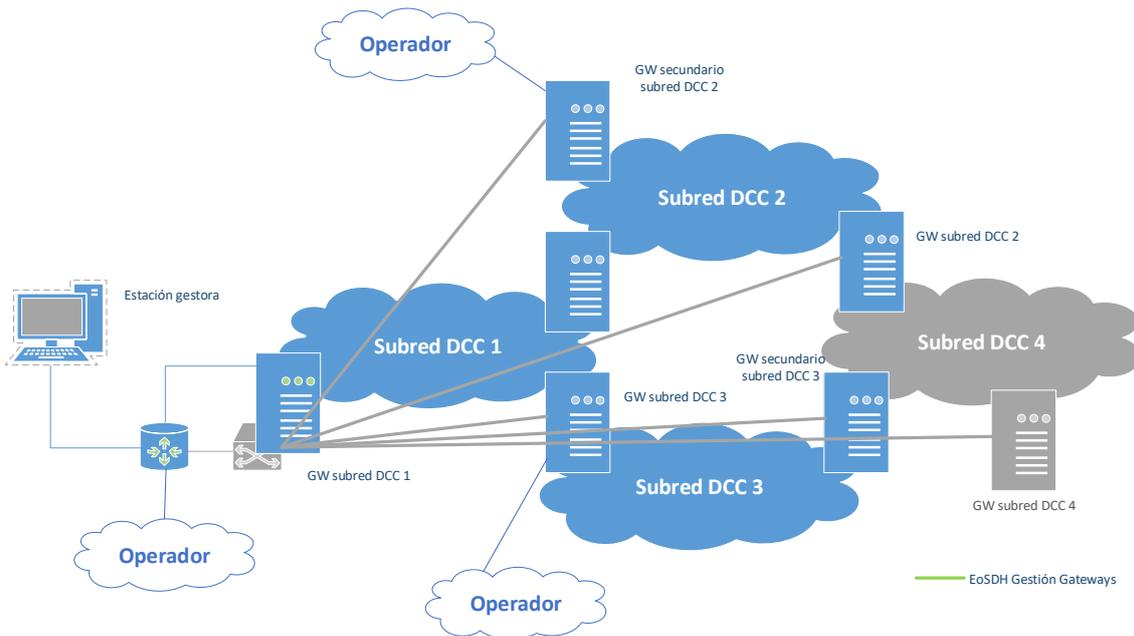


Figura 2.11: Solución escenario de gestión C mediante gestión fuera de banda

Tal y como se ha mencionado, una solución de gestión fuera de banda es necesaria por defecto siempre que se tenga un tramo de red aislado del tendido principal de fibra. Este tipo de subredes aisladas suelen denominarse redes *en isla*. En la figura 2.12 la subred DCC 4 constituye una red de este tipo y requiere de un acceso externo para poder proporcionar conectividad a los nodos con la estación gestora.

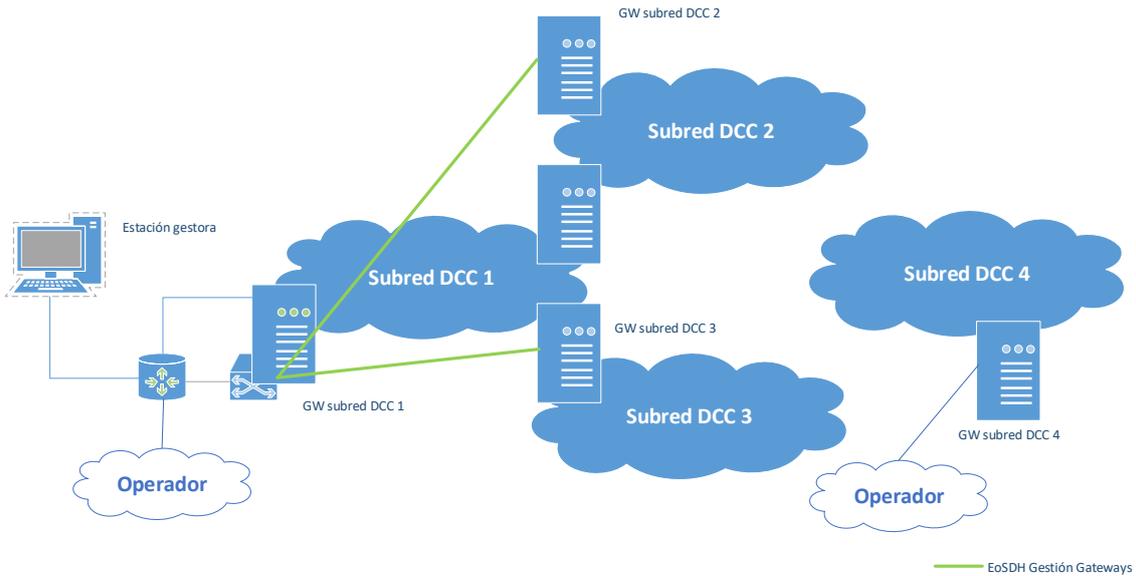


Figura 2.12: Gestión de segmento de red aislado

En caso de disponer de medios propios que puedan enlazar el Gateway de la subred DCC 4 con un equipo SDH de las subredes DCC 1, 2 o 3, podría eliminarse la dependencia del operador externo. Para realizar esta tarea, puede emplearse un radioenlace de baja capacidad o PDH para realizar la extensión del circuito SDH desde el nodo frontera hasta el equipo GW objetivo.

- *Plan de direccionamiento*

Aunque la red a desplegar pueda tener un tamaño pequeño, debe realizarse una asignación de direccionamiento de forma controlada y que evite cualquier duplicidad o duda a la hora de insertar un equipo.

A medida que una red crece, la estrategia inicial de direccionamiento puede modificarse pero siempre implica invertir tiempo, y por lo tanto costes, el tener que realizar cambios en la capa de gestión.

- *Direccionamiento DCC*

Es importante reservar un direccionamiento holgado y planificar subredes DCC por zonas de tal forma que exista una jerarquía que facilite y optimice la gestión de la red. Este plan de direccionamiento debe incluirse en la solución de Ingeniería.

El procedimiento para establecer el direccionamiento DCC parte de la elección de la red privada que se empleará para esta tarea, siendo casi universal el uso de la red 192.168.0.0/16 al proporcionar un número de IPs por equipo (65534 hosts) más que suficiente para cualquier diseño de red SDH.

En redes de ámbito nacional o internacional puede dividirse el área de despliegue y asignar una subred a cada área, bastaría una máscara /21 (2046 hosts) por área que se podría dividir, a su vez, en ocho subredes /24 (254 hosts) que formarían las subredes DCC si bien no alcanzarían nunca esos valores de 254 equipos en el mismo segmento de red, recordemos que este

máximo lo establecerá el fabricante pero no deberían agruparse más de 100 equipos si se emplean enlaces MS DCC. Se hace uso de máscaras amplias para poder disponer de direcciones libres de cara a realizar modificaciones de topología en el futuro.

- *Direcciónamiento IP acceso*

También se deben asignar direcciones para el interfaz MGT, es decir, el interfaz no incluido en la red DCC de los Gateways o IP de acceso ya que estos equipos, además de ser el punto desde el que se realiza difusión en la subred, adaptan los mensajes de gestión de IP a DCC a través del puerto mencionado. Dispondrán de esta IP los equipos Gateway principal y secundario de cada subred DCC.

Este direccionamiento será mucho menor al requerirse sólo dos direcciones por subred DCC. Puede ser una subred asignada sólo para los equipos de comunicaciones o un direccionamiento acorde a los servicios de datos a desplegar. Dependerá del tipo de comunicación que se establezca entre el Gateway y la estación gestora. Se ilustra esta diferencia en la figura 2.13.

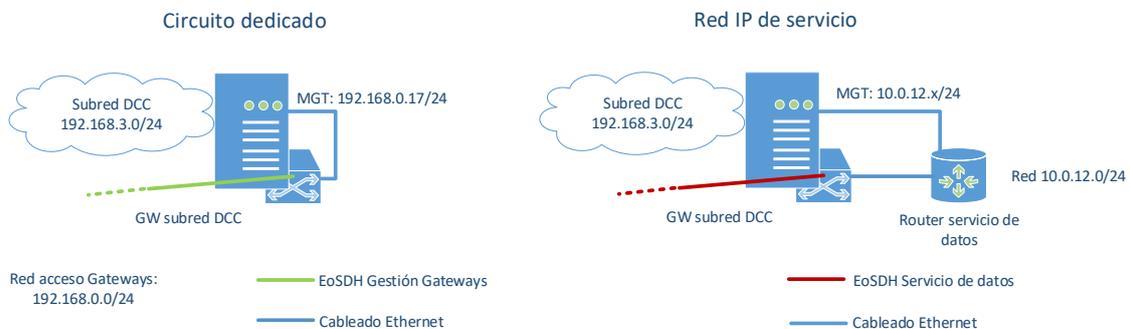


Figura 2.13: Detalle direccionamiento Gateways

Se incluye a continuación la tabla 2.1 como referencia para la ayuda a esta tarea. Nótese que la primera subred DCC que se emplea para los nodos es la definida por el direccionamiento 192.168.2.0/24, habiéndose reservado el direccionamiento 192.168.0.0/23 para la estación gestora, aplicaciones, Gateways y demás asignaciones fuera de los canales DCC que se requieran.

Las IPs de acceso Gateway se contemplan para el primer caso reflejado en la figura 2.12 y para un escenario con doble Gateway, si nos encontrásemos bajo el segundo esquema o en una red fuera de banda, el direccionamiento sería acorde al router de servicio de datos o al Operador y no se puede fijar con anterioridad de forma genérica.

| Área geográfica | Red | Subred DCC | IP DCC Gateway principal | IP acceso Gateway Principal | IP DCC Gateway Secundario | IP acceso Gateway Secundario | Nodos no GW |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------|
| 1 | 192.168.0.0/21 | 192.168.2.0/24 | 192.168.2.1 | 192.168.0.2 | 192.168.2.2 | 192.168.1.2 | 192.168.2.3 - .254 |
| | | 192.168.3.0/24 | 192.168.3.1 | 192.168.0.3 | 192.168.3.2 | 192.168.1.3 | 192.168.3.3 - .254 |
| | | 192.168.4.0/24 | 192.168.4.1 | 192.168.0.4 | 192.168.4.2 | 192.168.1.4 | 192.168.4.3 - .254 |
| | | 192.168.5.0/24 | 192.168.5.1 | 192.168.0.5 | 192.168.5.2 | 192.168.1.5 | 192.168.5.3 - .254 |
| | | 192.168.6.0/24 | 192.168.6.1 | 192.168.0.6 | 192.168.6.2 | 192.168.1.6 | 192.168.6.3 - .254 |
| | | 192.168.7.0/24 | 192.168.7.1 | 192.168.0.7 | 192.168.7.2 | 192.168.1.7 | 192.168.7.3 - .254 |
| | | 192.168.8.0/24 | 192.168.8.1 | 192.168.0.8 | 192.168.8.2 | 192.168.1.8 | 192.168.8.3 - .254 |
| 2 | 192.168.8.0/21 | 192.168.9.0/24 | 192.168.9.1 | 192.168.0.9 | 192.168.9.2 | 192.168.1.9 | 192.168.9.3 - .254 |
| | | 192.168.10.0/24 | 192.168.10.1 | 192.168.0.10 | 192.168.10.2 | 192.168.1.10 | 192.168.10.3 - .254 |
| | | 192.168.11.0/24 | 192.168.11.1 | 192.168.0.11 | 192.168.11.2 | 192.168.1.11 | 192.168.11.3 - .254 |
| | | 192.168.12.0/24 | 192.168.12.1 | 192.168.0.12 | 192.168.12.2 | 192.168.1.12 | 192.168.12.3 - .254 |
| | | 192.168.13.0/24 | 192.168.13.1 | 192.168.0.13 | 192.168.13.2 | 192.168.1.13 | 192.168.13.3 - .254 |
| | | 192.168.14.0/24 | 192.168.14.1 | 192.168.0.14 | 192.168.14.2 | 192.168.1.14 | 192.168.14.3 - .254 |
| | | 192.168.15.0/24 | 192.168.15.1 | 192.168.0.15 | 192.168.15.2 | 192.168.1.15 | 192.168.15.3 - .254 |
| 3 | 192.168.16.0/21 | 192.168.16.0/24 | 192.168.16.1 | 192.168.0.16 | 192.168.16.2 | 192.168.1.16 | 192.168.16.3 - .254 |
| | | 192.168.17.0/24 | 192.168.17.1 | 192.168.0.17 | 192.168.17.2 | 192.168.1.17 | 192.168.17.3 - .254 |
| | | 192.168.18.0/24 | 192.168.18.1 | 192.168.0.18 | 192.168.18.2 | 192.168.1.18 | 192.168.18.3 - .254 |
| 3 | 192.168.16.0/21 | 192.168.19.0/24 | 192.168.19.1 | 192.168.0.19 | 192.168.19.2 | 192.168.1.19 | 192.168.19.3 - .254 |
| | | 192.168.20.0/24 | 192.168.20.1 | 192.168.0.20 | 192.168.20.2 | 192.168.1.20 | 192.168.20.3 - .254 |
| | | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

Tabla 2.1: Direccionamiento genérico para despliegue SDH

Esta propuesta de direccionamiento es válida para hasta 31 áreas geográficas con 8 subredes DCC por área y un máximo de 254 equipos por subred DCC, disponiendo de 6 segmentos /24 extra para islas de gestión u otros.

Las direcciones para infraestructura (máquinas de gestión, acceso aplicaciones, etc) serán las más altas de 192.168.0.0/24 y 192.168.1.0/24 y se asignarán de forma decreciente según convenga.

- *Routing gestor*

La tabla de rutas asociada a la estación gestora deberá configurarse en base al doble interfaz de red, recordemos que esta máquina ejerce de frontera entre la red de gestión de los Gateways SDH y la red de PCs desde la que se realizará la monitorización.

En esta tabla deben declararse las subredes DCC con el Gateway principal definido para cada una de ellas, tal y como se comentó anteriormente. El interfaz físico asociado a cada entrada de la tabla de rutas dependerá de la arquitectura diseñada.

En caso de disponer de ellos, pueden establecerse mecanismos de conmutación automática a un Gateway secundario o puede realizarse de forma manual modificando en las tablas de rutas el Gateway asociado a una subred DCC en concreto, de la IP principal a la IP secundaria.

- *Etiquetado lógico y etiquetado administrativo*

En este punto se incluye el **etiquetado lógico** de cabecera de trama de cara a facilitar la resolución de incidencias y evitar errores en operaciones de despliegue o mantenimiento.

Al realizar el alta de un nuevo enlace STM-n, debe configurarse la etiqueta lógica de la cabecera de regeneración de trama de tal forma que, si por error se enfrentase una fibra de transmisión con un puerto de recepción que no corresponde, se presente una alarma de incoherencia de etiqueta o RS-TIM, del inglés *Regenerator Section Trace Identifier Mismatch*.

Ocurre en ocasiones en repartidores no debidamente etiquetados u otros escenarios, que un técnico localmente “cruza las fibras” de tal forma que lo que debería ser A1-B1 y B2-C1 pasa a ser A1-B2 y B1-C1. Este escenario puede observarse en la figura 2.14.

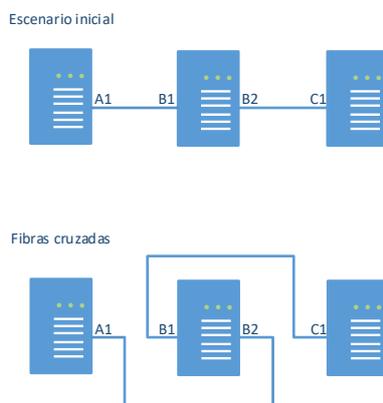


Figura 2.14: fibras cruzadas

En este caso, si las distancias entre los nodos son similares y, por tanto, los puertos físicos de los enlaces, no habría alarmas de pérdida de señal ya que se dispone de un nivel de recepción adecuado. Incluso podría no haber pérdidas de puntero al recibirse flujos con estructuras STM-n si estas fuesen idénticas pero sí habría AIS de orden superior e inferior propagadas por la red y corte en el transporte.

De ahí la importancia de configurar este etiquetado y habilitar sus alarmas asociadas cuando se crea el enlace ya que por defecto el fabricante suele incluir el mismo código en transmisión y recepción de tal forma que el mecanismo no estaría activo.

En la figura 2.15 se refleja el efecto de una asociación de fibras incorrecta cuando el etiquetado lógico está correctamente configurado.

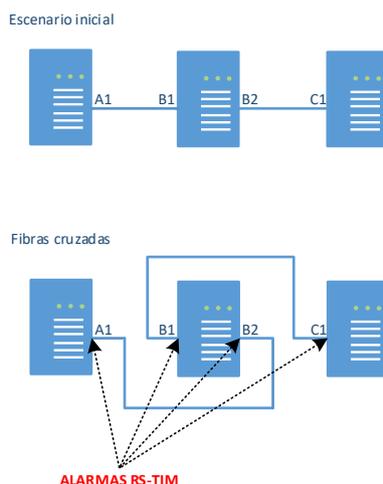


Figura 2.15: alarmas ante fibras cruzadas

También existen campos para esta función en el POH que permiten generar alarmas de incongruencia de etiqueta para contenedores virtuales de orden superior e inferior, se corresponderían con las alarmas HP-TIM y LP-TIM, respectivamente. Solventan errores en la provisión u operación de contenedores virtuales sobre todo cuando se dispone de una herramienta de gestión de red de tipo EMS.

Esta práctica no conlleva costes (añade unos minutos a la fase de diseño y establecimiento de enlace) y debe respetarse sobre todo en redes malladas e intercambios con redes de terceros. Un posible criterio para definir la etiqueta a enviar puede ser puerto origen-puerto destino (Ax-Bx), de tal forma que en destino se configura el mismo código esperado en recepción.

Por otro lado, no sólo el etiquetado físico es importante sino el realizado en la herramienta de gestión de cara a un correcto inventario de red. El etiquetado de enlaces/servicios está relacionado, además de con la identificación del tráfico en la Operación, con la extracción de estadísticas, facturación, etc.

Este *etiquetado administrativo* se puede establecer mediante la introducción de códigos alfanuméricos o breves textos en la BBDD de la herramienta de gestión, exportables en archivos para su posterior correlación con una BBDD externa en la que se disponga de todos los datos asociados de ingeniería y/o facturación de cara a facilitar la explotación de la red.

2.3.3. Sincronismo

Como fuente principal de sincronismo debe tratar de disponerse de dos diferentes asociadas a un equipo SSU. Cualquier combinación sería válida si bien la formada por un reloj atómico de cesio propio y captura GPS proporcionaría precisión y autonomía, o lo que es lo mismo, dos relojes de tipo G.811 [5] y uno G.812 [6].

En la actualidad, existen equipos de captura GPS que podemos conectar directamente al nodo SDH fuente de sincronismo para el resto de equipos de la red. Estos equipos disponen de osciladores de rubidio de alta precisión y de entradas auxiliares E1 de tal forma que también ejerce la función de SSU. Esta opción está muy extendida en redes SDH para servicios propios de empresa.

También se puede abordar el diseño de la capa de sincronismo conectando directamente el PRC al nodo SDH, si bien no existirá redundancia en PRC.

A la hora de establecer el esquema de sincronismo, los dos factores a tener en cuenta deben ser el número de nodos entre la fuente PRC o SSU más cercana y el elemento a configurar. A igual número de nodos, se elegirá el camino con menor distancia física.

Según la recomendación G.803 [7] de la ITU-T, las cadenas de sincronización habrán de atravesar un máximo de 20 relojes de tipo G.813 [8], es decir, los relojes internos en los nodos de transmisión, antes de regenerar la señal con un reloj G.812 [6], o SSU. El número máximo de tramos de red con esta disposición es de 10 y el total de equipos no debe superar 60. Este concepto se ilustra en la figura 2.16.

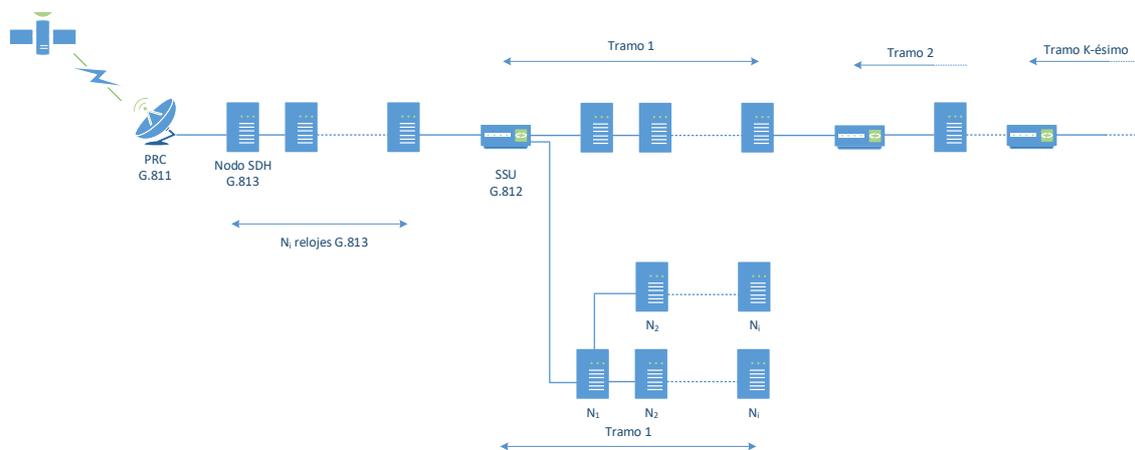


Figura 2.16: Recomendación jerarquía de sincronismo

Puede clasificarse un nodo dentro de la jerarquía de sincronismo con la dupla (K, N_i) con K el número de tramo definido por el número de SSUs en cascada entre la fuente PRC y el nodo, y N_i el orden que ocupa el nodo en el tramo K . Tal y como se comentaba, las cotas establecidas por la recomendación son:

$$i \leq 20 \forall N_i$$

$$K \leq 10$$

Si a una unidad SSU se conectan dos tramos de red en lugar de uno, contarán como el mismo de cara al cómputo del K final, definiéndose uno para cada rama. Igualmente para N , si de un nodo parten dos enlaces creándose una bifurcación en el tramo, los nodos dependientes del nodo N_i serán N_{i+1} ambos, como se refleja en la figura 2.16.

La propia naturaleza del despliegue debería poder facilitar este diseño ya que la tendencia es disponer de una red en anillo o malla de tal forma que deberíamos encontrar otras fuentes antes de alcanzar los límites comentados.

Si el tamaño de red es grande hasta el punto de imposibilitar una cadena de propagación de la señal de sincronismo que cumpla la recomendación de la norma, deberá buscarse otra fuente y crear dos o más redes de sincronismo independientes. Es obvio que, en el caso de desplegar varias fuentes, interesa que estén lo suficientemente alejadas posibles entre sí y que dispongan de alta conectividad con los nodos de la red.

- *Bucles de sincronismo*

Es fundamental comentar que, todo diseño de la jerarquía de sincronismo, debe evitar siempre la aparición de bucles. Las redes con el paso del tiempo sufren modificaciones ya sea por incidencia o por cambio de topología de tal forma que, si no se presta cuidado a esta cuestión, podría generarse un problema grave.

En la figura 2.17 se muestra un ejemplo básico para ilustrar esta circunstancia en la que todos los nodos crean una dependencia mutua que provocará un desajuste progresivo de tal forma que, en un espacio de tiempo aleatorio, comienzan a perder la capacidad de gestionar los flujos STM-n pudiendo producirse una caída completa de la red si no se corrige a tiempo.

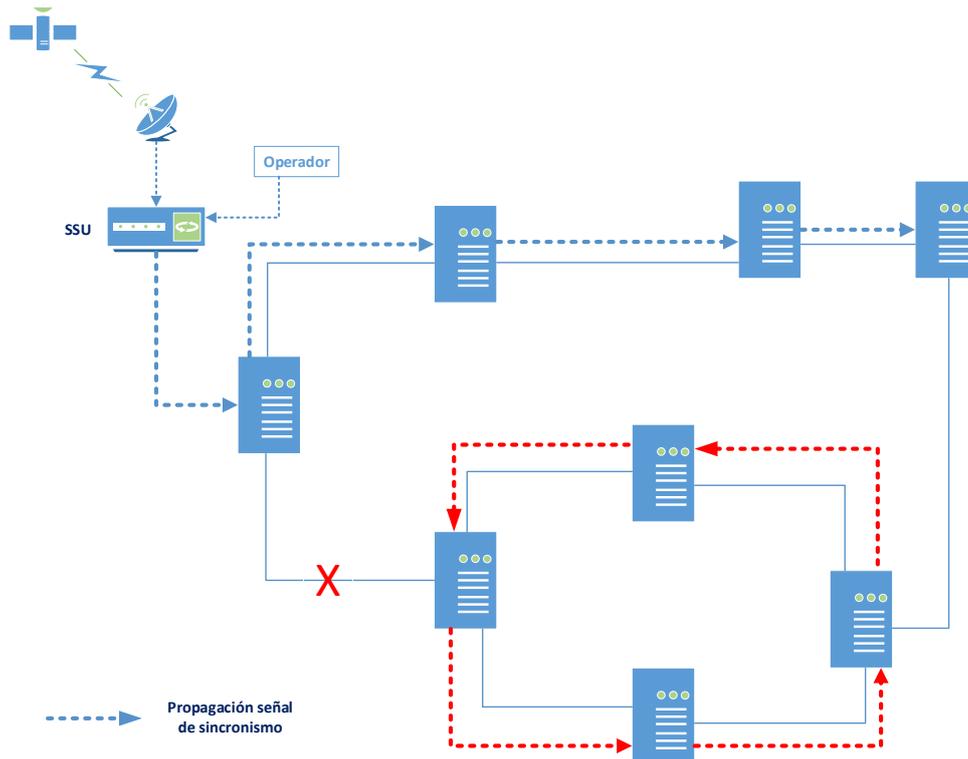


Figura 2.17: Bucle de sincronismo

Siguiendo el ejemplo, para un esquema de red en anillo, en caso de apertura del mismo cuya recuperación pueda prolongarse en el tiempo en exceso, debe realizarse de forma manual desde el gestor central o de forma local una modificación de la red de sincronismo cambiando el esquema mostrado en la figura 2.17.

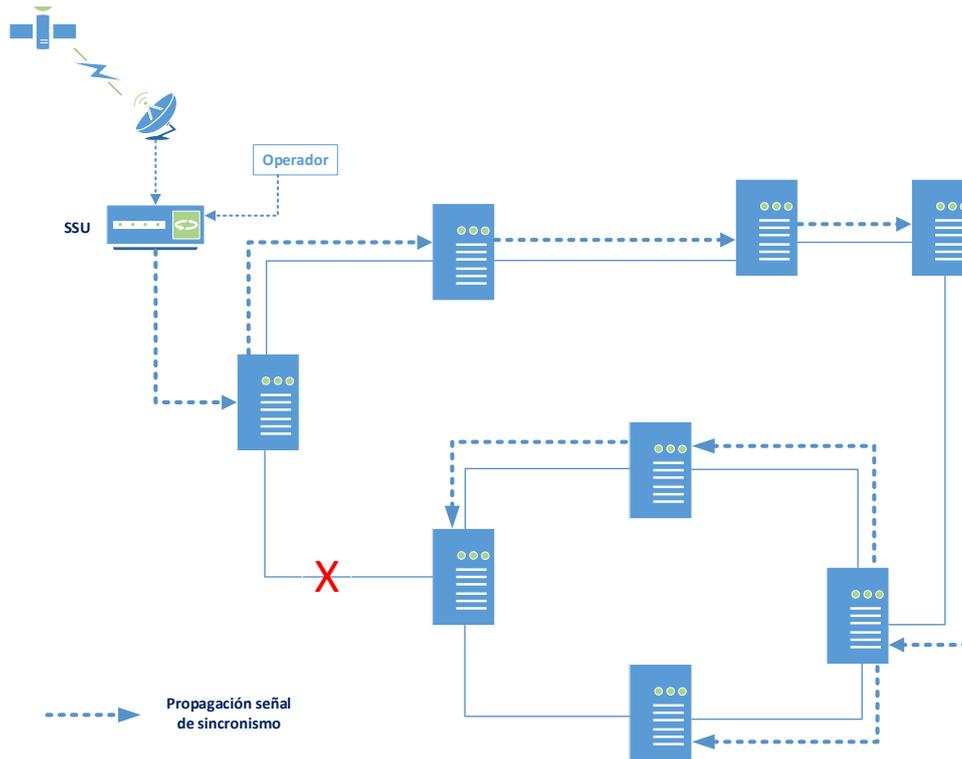


Figura 2.18: Recuperación de sincronismo ante incidencia

Dependiendo de la topología (anillo, estrella, malla), tendrá sentido el definir o no fuentes alternativas para el caso de fallo de enlace o nodo. Si la red es mallada pueden establecerse fuentes de sincronismo de líneas alternativas, es decir, una jerarquía secundaria de sincronismo, que conmuten automáticamente en caso de falta de fuente principal pero siempre con arreglo a un diseño previo que evite la aparición de bucles.

3. Diseño de un anillo SDH para migración y despliegue de nuevos servicios

El escenario de partida consiste en una empresa del sector de utilities que dispone de ocho oficinas unidas entre sí por fibra óptica propietaria con tecnología PDH para la interconexión de múltiples servicios. La compañía tiene a su vez múltiples subanillos PDH desplegados desde cada oficina secundaria a centros remotos disponiendo de una elevada planta de equipos terminales NO-IP que está obligada a mantener siendo especialmente críticos para el negocio.

Dado que la red no dispone de capacidad suficiente, la conexión de datos corporativos y acceso a Internet en cada oficina se realiza a través de un servicio MacroLAN ofertado por un Operador Externo.

De esta forma el cliente tiene una red propia para servicios críticos en tiempo real y otra de operador para la conexión de datos corporativos (PCs y servidores).

Conforme avance este documento se describirá en más detalle la situación inicial y los requerimientos técnicos deseados si bien las necesidades del cliente globales se definen bajo las siguientes directrices generales:

- Centralización de personal técnico en sede principal
- Mantenimiento de red propia de servicios en tiempo real
- Proporcionar enlaces por medios propios para despliegue red IP
- Mínimo uso de fibras
- Protección en anillo para todo el tráfico
- Mantenimiento y mejora de red de telefonía TDM
- Mejora del servicio de videoconferencia

Se acuerda una solución SDH para cubrir las necesidades del cliente, cuya justificación será detallada en la memoria del proyecto.

En el documento se describirán los equipos, conexiones físicas y configuraciones lógicas en cada una de las ocho ubicaciones.

3.1. Escenario inicial

Partimos de un anillo PDH sobre fibra propietaria cuya función principal es la de proporcionar transporte para servicios punto a punto y punto-multipunto en tiempo real de muy bajo caudal pero críticos para el negocio que se concentran en la sede principal de la Compañía, en adelante, CGR (Centro de Gestión de Red).

También se dispone en cada oficina de un acceso de datos corporativos vía Operador externo de 50 Mbps y de 200 Mbps en el CGR al estar ubicado en esta sede el CPD con los servidores de aplicación principales.

A su vez, de cada sede parten subanillos PDH o enlaces punto a punto que no se van a modificar y para los que debe conservarse su configuración actual. La figura 3.1 ilustra el anillo PDH troncal disponible actualmente.

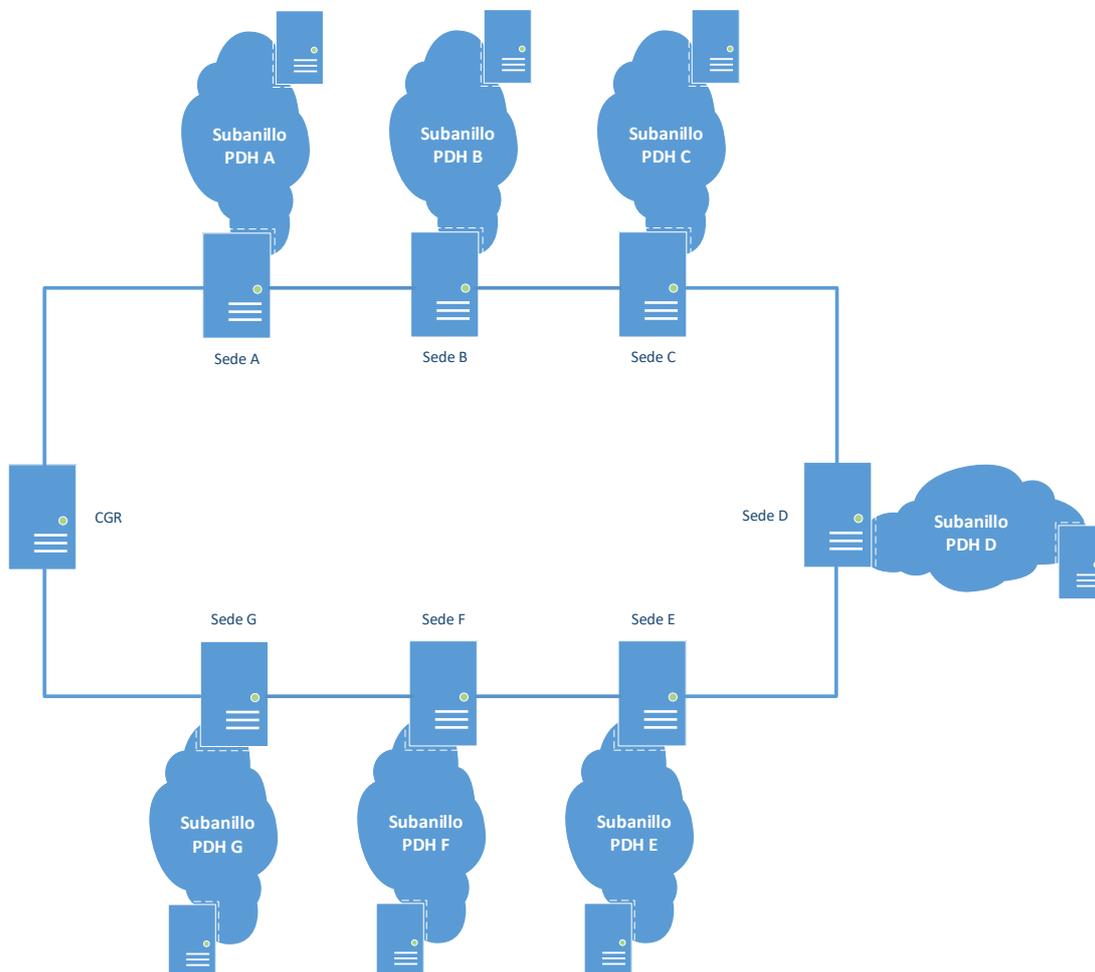


Figura 3.1: Anillo PDH inicial

3.1.1. Estado de la red

3.1.1.1. Servicios transportados

- *Red de Tiempo real (Telecontrol)*

El cliente se dedica al sector eléctrico y debe poder gestionar remotamente su red de transporte y distribución. Esta actividad se realiza desde el CGR y se basa en un sistema control y adquisición de datos o SCADA, del inglés *Supervisory Control And Data Acquisition* y múltiples equipos de control remoto para operar la red eléctrica o RTUs, del inglés *Remote Terminal Units*, para la ejecución de las órdenes enviadas y recogida de medidas. Por la naturaleza de tiempos y protocolos de actuación, se considera una red de tiempo real.

Las teleprotecciones de línea están enlazadas entre sí formando una red paralela de circuitos punto a punto, un equipo de teleprotección para poder funcionar debe tener comunicación directa con su equipo extremo en un intervalo de tiempo mínimo si bien el reporte de estado al CGR lo realizan a través de las RTUs en cada extremo considerándose incluidas en la red de tiempo real.

En la figura 3.2 se puede apreciar un esquema simplificado de lo expuesto.

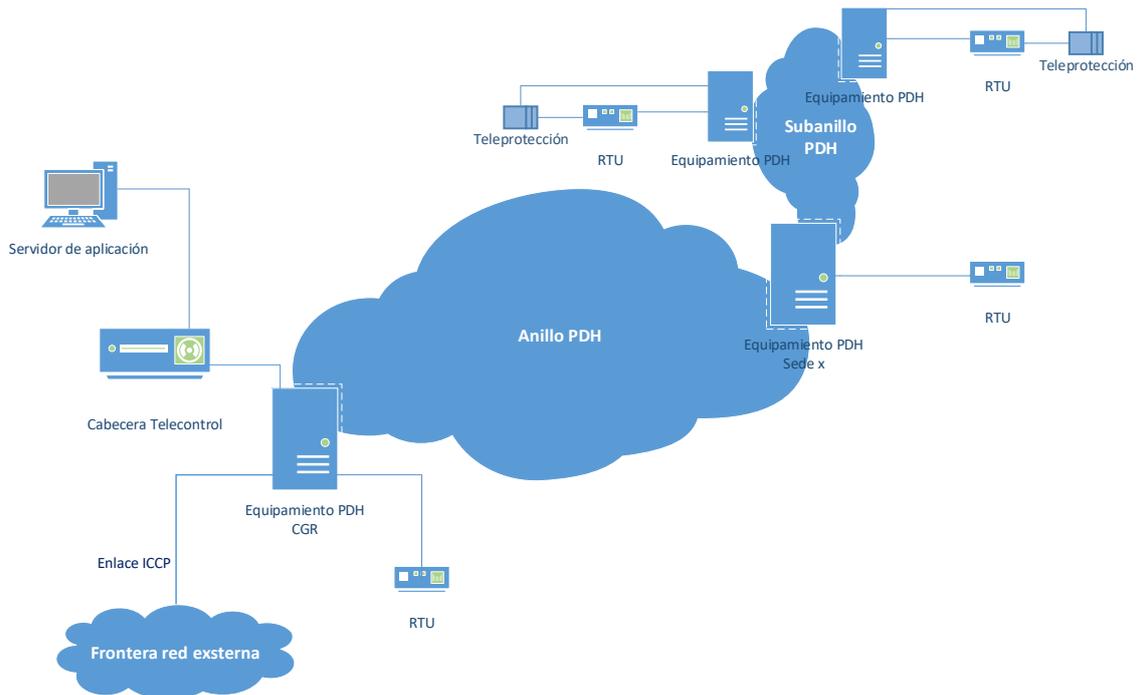


Figura 3.2: Red de Telecontrol

Dada la criticidad del servicio de telecontrol para el cliente, todos los circuitos asociados a esta red cuentan con protección y se consideran estratégicos para la Compañía.

Por motivos de seguridad, otra de las características de esta red es que debe tener un tiempo de respuesta muy bajo para que el protocolo de Telecontrol pueda intercambiar las peticiones y confirmaciones de mandos de forma que se ejecuten remotamente de forma segura. El resultado de una orden encolada que llegue durante la manipulación de un elemento por parte de un operador humano podría tener resultados catastróficos por lo que los propios protocolos de telecontrol son muy restrictivos con los tiempos.

- *Red acceso radio*

Se dispone de terminales PMR (*Professional Mobile Radio*), en ubicaciones remotas así como TETRA (*Trans European Trunked Radio*) de tal forma que la red proporciona transporte para que los terminales correspondientes a cada tecnología puedan comunicarse mediante las cabeceras de acceso directamente, o a través de nodos intermedios concentradores, con el nodo central en CGR y este, a su vez, entregar los datos al SCADA de Telecontrol.

También se emplean estas tecnologías para facilitar la comunicación vía radio en ciertas zonas de baja cobertura de Operador móvil a los empleados de la compañía.

Si bien los circuitos asignados a esta Red se consideran críticos, no lo son en su totalidad ya que la pérdida de uno o varios no produce una pérdida de servicio sino su degradación al disponer de menos canales de RF por emplazamiento, por lo que no se encuentran protegidos en su totalidad.

En la figura 3.3 podemos observar un ejemplo de cabeceras radio en distintas sedes.

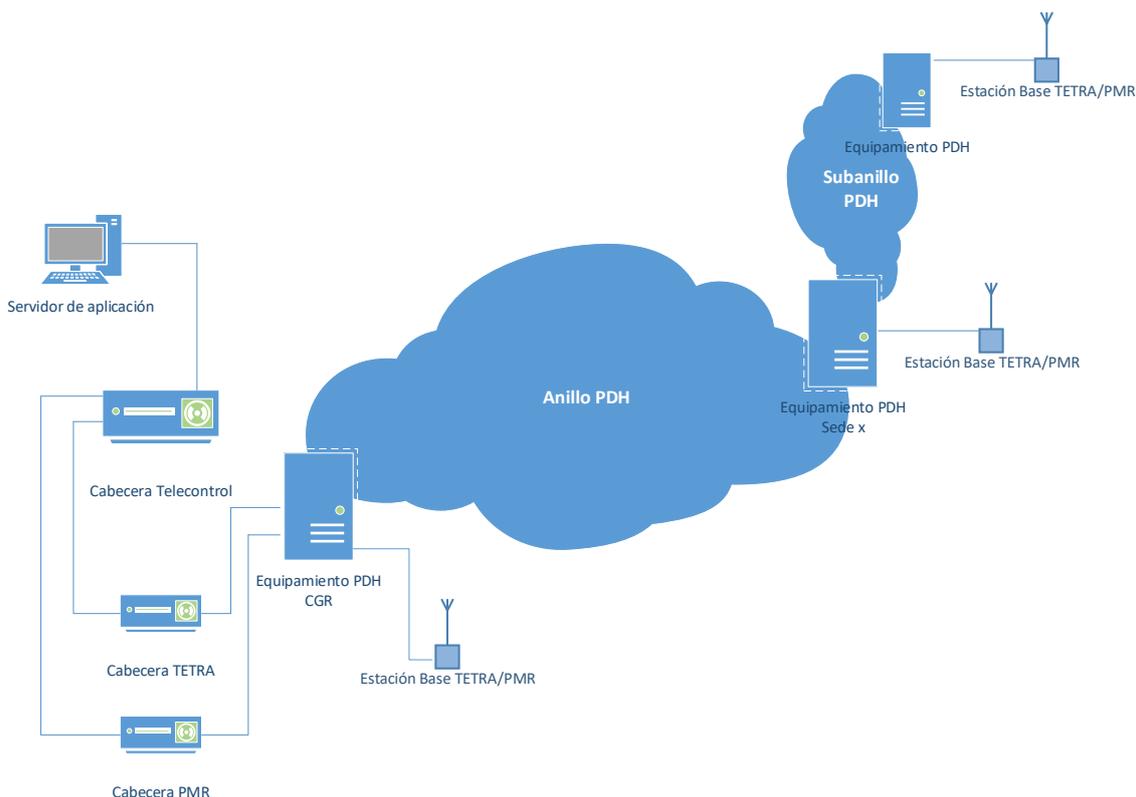


Figura 3.3: Red de acceso radio

- *Red de televigilancia*

Se dispone de cámaras controladas remotamente y centrales de alarmas en cada sede así como en cuatro puntos estratégicos de los subanillos.

Toda la información recogida por esta red es analizada por personal de Seguridad en el CGR durante las 24 horas del día con la finalidad de evitar accesos no autorizados a las instalaciones de la compañía o daños a las infraestructuras.

Es el último servicio que el cliente ha desplegado sobre red propia por lo que todos los dispositivos terminales emplean el protocolo IP para el nivel de red.

El servidor de aplicación se encuentra en la sala de equipos del CGR, y es accesible por el personal de seguridad desde la red corporativa de datos. En este equipo se procesa la información recibida desde las centrales de alarmas y se facilita la interacción con las cámaras así como la grabación de imágenes.

En las sedes, tanto los equipos de vídeo como las centrales de alarmas se conectan a un switch y éste, a su vez, a un puerto ethernet del equipo PDH local. El servicio es transportado por un enlace punto a punto formando así una LAN extendida entre el CGR y las sedes.

Cuatro de los nodos que forman parte de los subanillos cuentan con una cámara y una central de alarmas conectadas directamente a una tarjeta ethernet en su nodo PDH, al tratarse de tarjetas de tres puertos físicos que pueden configurarse en modo concentrador. Al igual que en las sedes, también se establece un circuito punto a punto con el CGR.

En la figura 3.4 se puede apreciar un ejemplo de la arquitectura actual para una de las sedes y para el nodo de un subanillo.

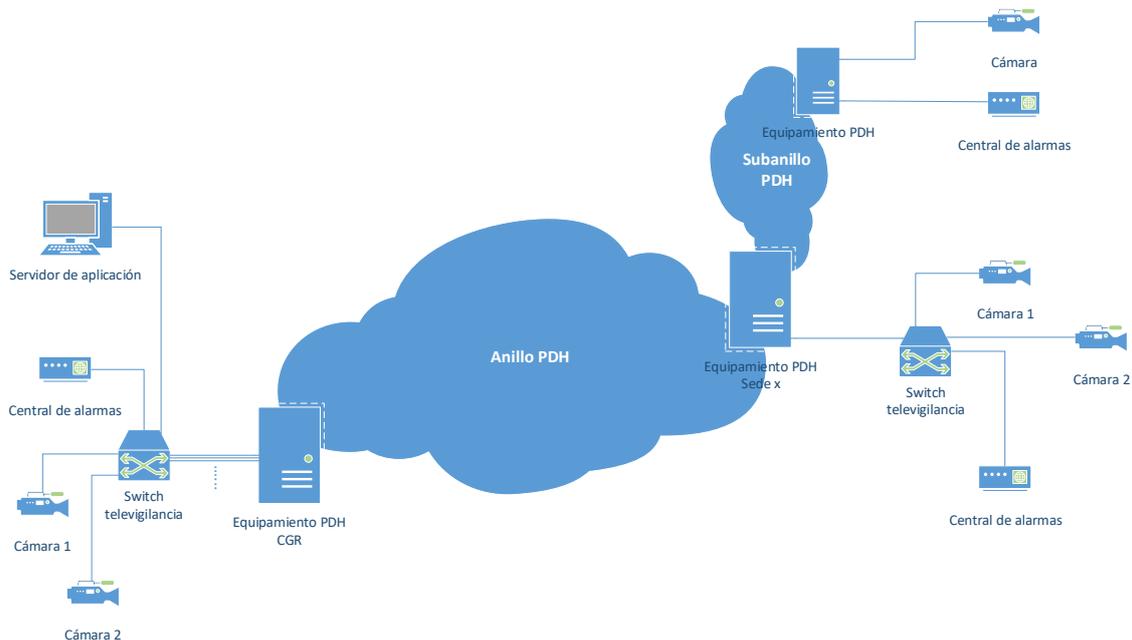


Figura 3.4: Red de televidencia

Cabe destacar que en el CGR entre el switch de televidencia y el nodo PDH hay once conexiones físicas, siete para cada sede y cuatro para los nodos en subanillos, ya que la configuración actual de tarjetas y circuitos no tiene mayor capacidad que la de adaptar Ethernet a PDH y realizar enlaces como si de cables físicos se tratase.

Se trata una configuración de EoPDH pero no se han configurado enlaces E1 compartidos en el CGR de tal forma que se ocupan once puertos físicos en el switch y once en el nodo PDH.

La velocidad de transmisión se establece a razón de 256 Kbps para cada cámara y 128 Kbps para la central de alarmas, o, su equivalente en PDH, 4 y 2 canales respectivamente. En las sedes se dispone de cuatro cámaras y una central de alarmas haciendo un total de 896 Kbps, siendo 384 Kbps el caudal requerido en los otros cuatro emplazamientos vigilados remotamente.

- *Red de telefonía y videoconferencia*

La telefonía de la compañía se basa en centralitas TDM en propiedad y desea conservarla durante unos años hasta la transición a todo IP. Estas centralitas proporcionan conexiones RDSI a los usuarios y están ubicadas tanto en el CGR como en las sedes.

Además de los enlaces entre centralitas, también existen circuitos para la conexión con terminales lejanos creando de esta forma abonados remotos en cada ubicación donde se dispone de capacidad PDH, es decir, en los subanillos. En la figura 3.5 se puede observar el anillo troncal de telefonía actualmente en uso así como la referencia a un abonado remoto, cada enlace entre centralitas es de tipo E1.

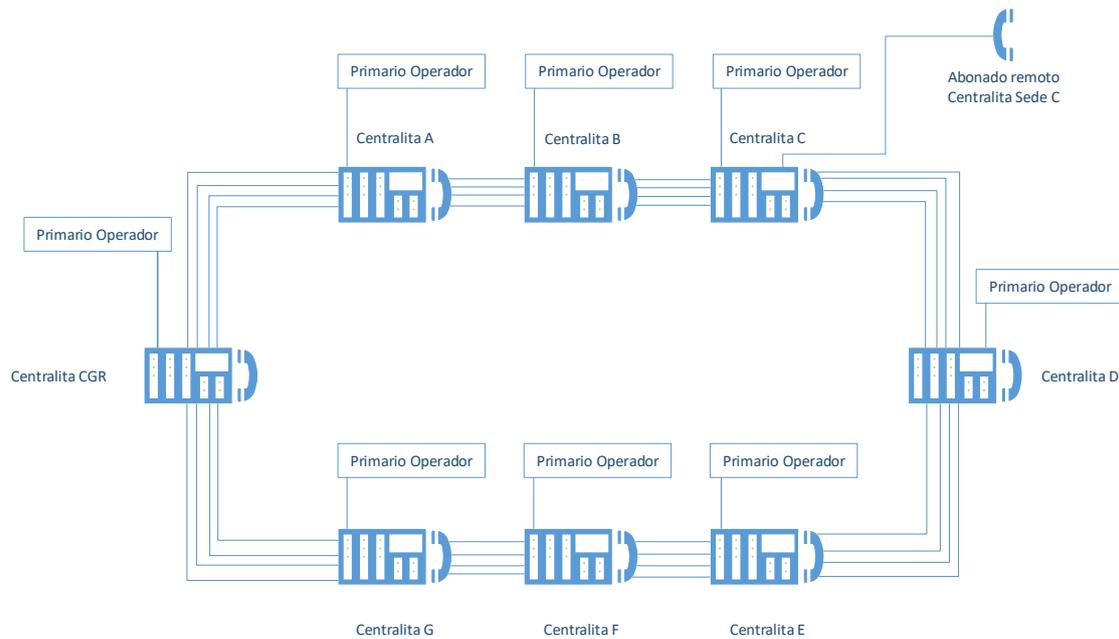


Figura 3.5: Red de telefonía

Los primarios de Operador son de 30 canales cada uno.

Los codecs de Videoconferencia pueden realizar sesiones punto a punto o de tres terminales mediante llamada directa. La multisesión superior a tres participantes debe realizarse mediante conexión en estrella a una matriz de conmutación de videoconferencia ubicada en el CGR. Cada sala dispone de 2 canales RDSI pudiendo establecer de esta forma un caudal de datos extremo a extremo de 256 Kbps bidireccionales y de mínima latencia.

El esquema del servicio de telefonía y videoconferencia se muestra conceptualmente en la figura 3.6.

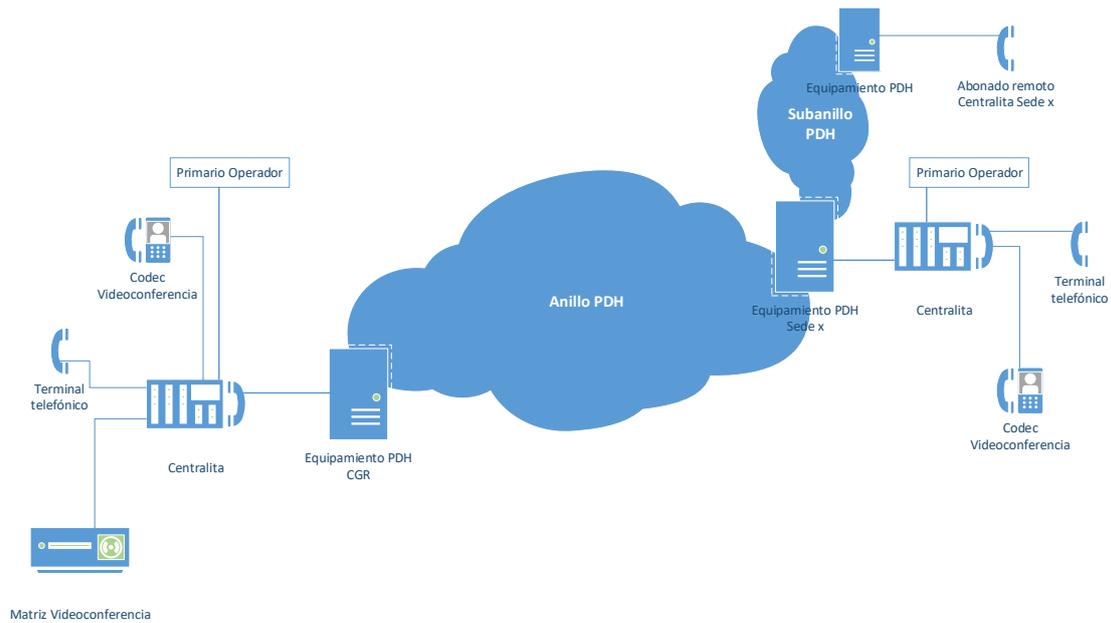


Figura 3.6: Red de telefonía y videoconferencia

3.1.1.2. Protección

La protección se realiza a nivel PDH mediante los nodos conmutadores DN-2. La forma en que la red realiza la conmutación de circuitos en caso de fallo se basa en la disposición con anterioridad de un circuito de reserva en la dirección opuesta al principal, a modo de SNCP Ring pero controlando la disponibilidad de camino mediante un sistema de propagación de máscaras binarias. Ante incidencia o indisponibilidad de camino en uso, se realiza una conmutación de camino en origen en lugar de elegir la mejor señal en destino.

En los subanillos existe protección al mismo nivel que en el anillo principal.

3.1.1.3. Sincronismo

Se dispone ya de un equipo de sincronismo mediante captura de señal GPS empleado para proporcionar patrones a algunos dispositivos y referencia para la red IP actual. Se trata de un equipo TS 3600 de la marca Symmetricom ya instalado en el CGR, con una segunda fuente de tipo PRC proporcionada por un Operador externo. Este dispositivo ejerce la función servidor SNTP (Simple Network Time Protocol) para los equipos IP y fuente de sincronismo mediante salidas E1 G.703 [9] para equipos no IP.

El equipo actual puede ejercer funciones de SSU acorde a la recomendación G.812 [6], tal y como se representa en la figura 3.7.

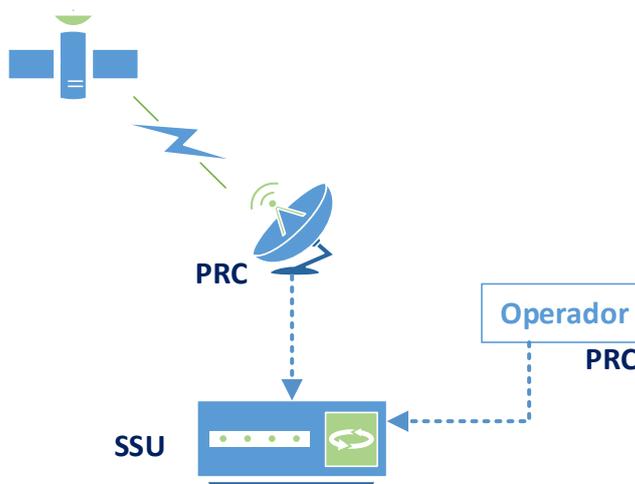


Figura 3.7: Fuentes de sincronismo

3.1.1.4. Capacidad

Con el paso de los años, la capacidad de la red ha llegado a su máximo a medida que se incluían nuevos servicios.

La exclusión de la Red de Datos corporativa de los medios propios añade un sobrecoste mensual al presupuesto de Comunicaciones ya que todas las sedes deben disponer de una conexión fluida con los servidores de aplicaciones ubicados en el CPD del CGR además de conexión a Internet.

En la mayor parte de los subanillos los enlaces se establecen con multiplexores de cuatro puertos E1 PDH junto con tarjetas de línea de interfaz óptico DF-8 cuando se dispone de fibra entre los centros o vía radioenlace multiplexor de 8 puertos E1 PDH. Se combinan los medios indicados para proporcionar 15 timeslots PDH (960 Kb/s) en cada nodo perteneciente a un subanillo. Para la multiplexación local se emplean equipos DB-2 del fabricante Nokia.

En el esquema actual, y pese a disponer de capacidad libre en los subanillos, el anillo troncal limita el despliegue de más servicios ya que los enlaces se establecen en el troncal mediante tarjetas de línea de 34 Mb/s.

3.1.1.5. Gestión

Existe un gestor de equipos o EMS, que no de red o NMS, desde el que se puede supervisar el estado de los nodos así como gestionar crossconexiones de forma remota. Es fundamental en la operación diaria de la red pero está anticuado y presenta limitaciones, siendo las siguientes las principales:

a- Gestión nodo a nodo

La herramienta disponible permite la conexión remota a cada equipo pero no tiene una visión completa del estado de la red y sus recursos, de ahí que cualquier modificación en un circuito debe en cada nodo de tránsito modificando las tablas de crossconexiones locales haciendo de esta tarea algo tedioso y que puede provocar errores al tener que ser muy meticuloso en las uniones que se crean o modifican en la matriz de conmutación.

b- Acceso al equipo en tiempo elevado

Los canales de gestión actuales permiten una descarga total de la configuración de un nodo DN-2 remoto en el CGR para su lectura y posterior, o no, modificación en una media de 20-30 segundos.

Una vez modificadas las tablas la carga en el nodo promedia un tiempo similar por lo que, conjuntamente con lo descrito en el punto anterior, añade complejidad al proceso de explotación de la red.

El reporte de alarmas de los nodos así como la gestión local de puertos físicos se realiza en un tiempo menor, del orden de pocos segundos si bien sólo permite facilitar las tareas de mantenimiento.

3.1.2. Equipamiento actual

- ***Equipamiento de transmisión y servicios existentes en CGR***
 - 2 tarjetas de línea DF-34 para la conversión electro-óptica, interfaz E3.
 - 3 nodos de conmutación PDH DN-2 para la multiplexación de servicios locales y conexión con las otras sedes. Cada equipo DN-2 dispone, a su vez, de la siguiente tarjetería:
 - 4 tarjetas de doble puerto E1
 - 1 tarjeta de 4 puertos v.24/RS-232
 - 1 tarjeta de 8 puertos E&M
 - 1 tarjeta de 4 puertos ETH
 - 1 tarjeta controladora DN-2

- 2 multiplexores PDH 4xE2/1xE3
- 6 multiplexores PDH 4xE1/1xE2
- 1 multiunidad de conmutación para la red de telefonía. El total de tarjetas instaladas en la multiunidad son:
 - 8 tarjetas de doble puerto E1, de los cuales ocho son para enlaces entre centralitas, dos para los primarios de operador y cuatro para la conexión con MCU (Master Control Unit, matriz de conmutación de videoconferencia).
 - 3 tarjetas de 30 líneas RDSI de abonado c/u. Se asignan 2 líneas RDSI para cada sala de Videoconferencia (4 salas).

A continuación, en la figura 3.8 se muestra el esquema de multiplexación PDH actual en el CGR.

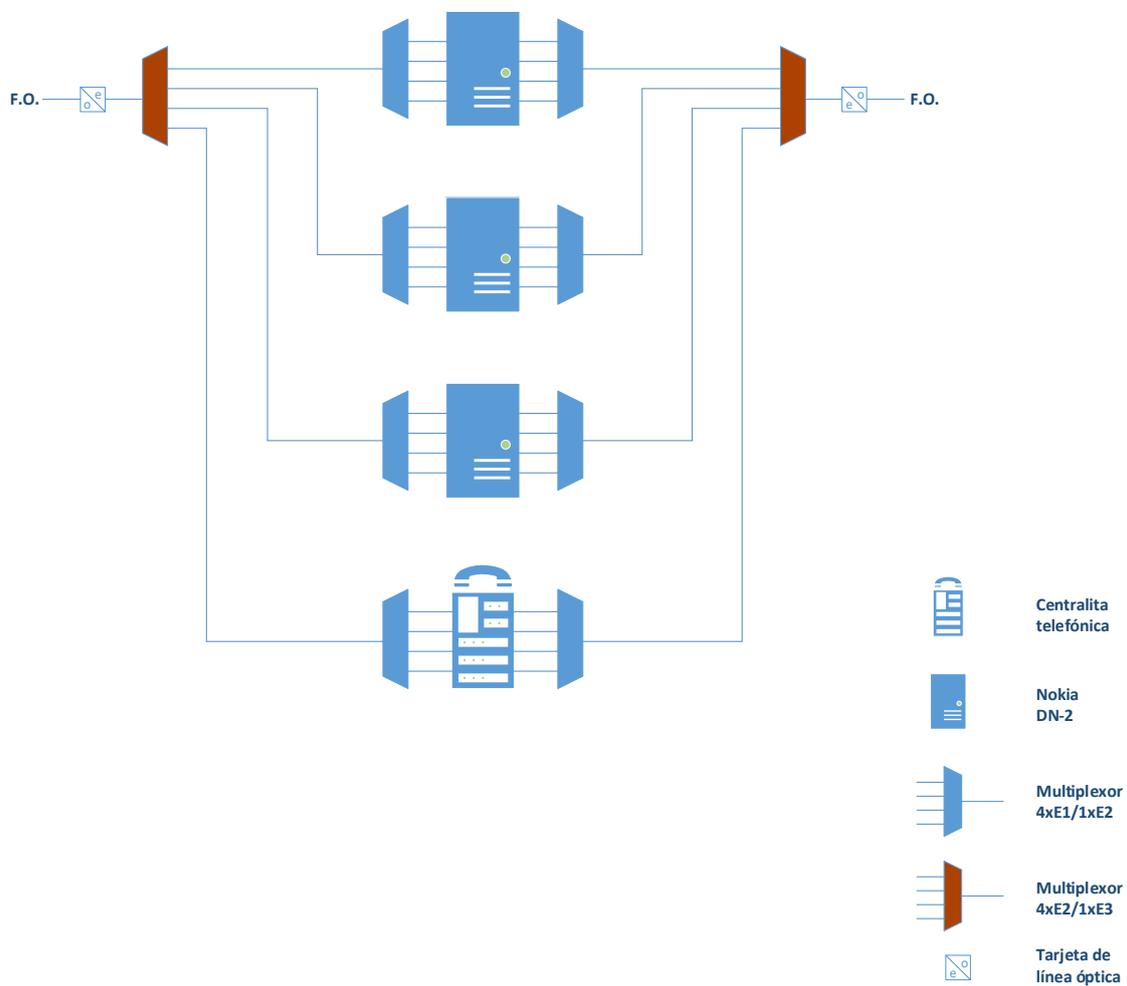


Figura 3.8: Equipamiento PDH actual en el CGR

Cada equipo DN2 proporciona la conectividad con las cabeceras de servicio correspondientes.

Servicios locales en CGR:

- Cabeceras de red de tiempo real y telecontrol.
 - Cabeceras radio PMR para comunicación punto a multipunto de terminales remotos vía radio
 - Cabeceras radio TETRA para comunicación punto a multipunto de terminales remotos vía radio
 - Equipamiento red Tiempo Real/Telecontrol
 - Salas de videoconferencia
 - Sistema de videovigilancia
 - Routers de datos corporativos con acceso MacroLAN (red datos corporativa) y a servidores en CPD
 - Cada puesto de trabajo cuenta con un PC corporativo y un terminal telefónico RDSI
-
- ***Equipamiento de transmisión y servicios existentes en cada sede***
 - 2 tarjetas de línea DF-34 para la conversión electro-óptica, interfaz E3.
 - 2 nodos de conmutación PDH DN-2 para la multiplexación de servicios locales y conexión con subanillos PDH. Cada equipo DN-2 dispone, a su vez, de la siguiente tarjetería:
 - 8 tarjetas de doble puerto E1
 - 1 tarjeta de 4 puertos v.24/RS-232
 - 1 tarjeta de 8 puertos E&M
 - 1 tarjeta de 4 puertos ETH
 - 1 tarjeta controladora DN-2
 - 2 multiplexores PDH 1xE3/4xE2
 - 6 multiplexores PDH 1xE2/4xE1
 - 1 centralita para la red de telefonía conmutada. Se provisiona cada PBX con las siguientes tarjetas:
 - 4 tarjetas de 2 puertos E1 para enlaces entre centralitas
 - 2 tarjetas de 30 líneas RDSI de abonado c/u. Cada PBX proporciona 2 líneas RDSI para cada sala de Videoconferencia (2 salas/sede)
 - 1 unidad de control/matriz de conmutación

La jerarquía PDH de multiplexación en cada sede es similar a la del CGR con la salvedad de que en los puertos 1 y 2 de los multiplexores E3/E2 se alterna el cable directo o DN-2, según sede, para ahorrar equipamiento PDH que sólo gestionaría canales en paso. Este concepto se ilustra en la figura 3.9.

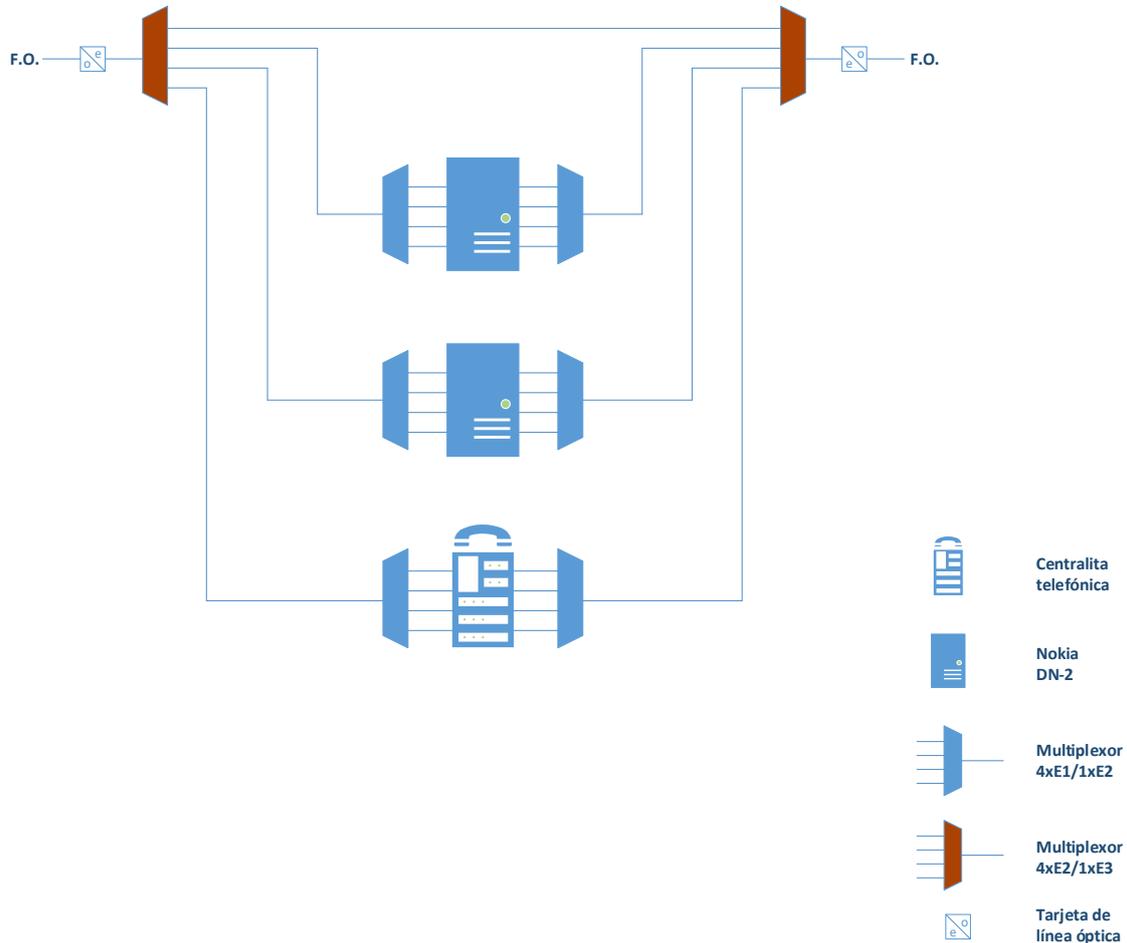


Figura 3.9: Equipamiento PDH actual en las sedes

Servicios locales:

- Equipamiento red Tiempo Real/Telecontrol
- Conexión con subanillos
- Salas de videoconferencia
- Sistema de videovigilancia.
- Routers con acceso MacroLAN (red datos corporativa)
- Cada puesto de trabajo cuenta con 1 PC corporativo y un terminal telefónico RDSI

3.1.3. Enlaces Ópticos

- *Fibra óptica*

El tipo de cable disponible actualmente y en uso es de tipo OPGW, del inglés *Optical Ground Wire*. Diseñado para ser instalado en líneas de alta tensión ejerciendo una función doble, la de proporcionar fibra óptica como medio de comunicaciones de alta velocidad propio y la de cable de guarda de la línea eléctrica protegiéndola de descargas atmosféricas, el tendido que forma el anillo actual al completo es de este tipo.

A continuación, en la tabla 3.1 se muestra el tipo de cable por cada enlace actual así como la distancia entre sedes.

| Enlace | Año instalación | Fabricante | Número de fibras | Distancia (Km) | Atenuación 1330 nm (dB) | Atenuación 1550 nm (dB) |
|-----------------|-----------------|------------|------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|
| CGR - Sede A | 2000 | PIRELLI | 48 | 45,5 | 28,7 | 23,5 |
| Sede A - Sede B | 2000 | PIRELLI | 48 | 33,2 | 21,9 | 17,3 |
| Sede B - Sede C | 2002 | ALCATEL | 24 | 29,5 | 19,6 | 15,5 |
| Sede C - Sede D | 2002 | PIRELLI | 48 | 65,1 | 36,2 | 26,8 |
| Sede D - Sede E | 2002 | PIRELLI | 48 | 48,5 | 30,4 | 23,2 |
| Sede E - Sede F | 2000 | ALCATEL | 24 | 35,1 | 23 | 18,1 |
| Sede F - Sede G | 2000 | NKF | 24 | 28,2 | 19 | 14 |
| Sede G - CGR | 2000 | PIRELLI | 48 | 39,5 | 25,3 | 20,5 |

Tabla 3.1: Cables de fibra disponibles

La atenuación se ha obtenido del estudio previo realizado en campo para seleccionar el mejor par de fibras libre de cada cable.

- *Equipos de línea*

Los equipos actuales son conversores DF-34 (E3/f.o.) de la marca Nokia. Su función es la de convertir la señal eléctrica de salida de las tarjetas multiplexoras de 34 Mbps en una señal adaptada al medio físico que representa la fibra.

Las características proporcionadas por el fabricante para fibra monomodo y 1300nm son:

| | |
|------------------------------------|-------|
| Velocidad de Tx. (Kbps) | 34368 |
| Mínima potencia de Tx. (dBm) | -4 |
| Sensibilidad Rx; BER < E-10. (dBm) | -42 |
| Conector óptico | PC |
| Velocidad (baudios) | 42960 |
| Tipo de pulso | NRZ |
| Consumo eléctrico | 14 W |

3.2. Requisitos

A continuación, se muestran las peticiones de mejora que el cliente ha trasladado y que deben estar presentes en la solución de Ingeniería.

3.2.1. Servicios

- *Servicio de telecontrol y red de acceso radio*

El principal requisito para esta red es que se debe mantener y mejorar el esquema actual en cuanto a velocidad de transmisión y protección, así como conservar la arquitectura y garantizar la conectividad de todos los equipos terminales.

Es el servicio más crítico transportado por la actual red PDH por lo que el diseño se encuentra optimizado para las necesidades del servicio con la planta disponible.

De cara a facilitar futuras modificaciones de esta red, se solicita provisionar la circuitería PDH necesaria en el CGR para disponer en todos los nodos de los subanillos los mismos canales de telecontrol y radio, haya instalados equipos terminales o no.

Objetivos

- 1.- Impacto mínimo durante la migración a la nueva solución.
- 2.- Diseño de red acorde a incremento de circuitos PDH en los subanillos.

- *Servicio de videoconferencia*

En la actualidad, la videoconferencia es una forma cotidiana de comunicación y la tendencia es a que los empleados dispongan de la posibilidad de participar en este tipo de sesiones desde su PC corporativo o desde salas habilitadas a tal efecto.

El cliente decide apostar por las sesiones de Videoconferencia en pos de una disminución de viajes del personal y la inclusión del ahorro en emisiones de CO₂ de los desplazamientos en su certificación energética.

El transporte de operador contratado no garantiza retardo por lo que la migración del servicio de videoconferencia a estándares de alta definición no alcanza a través de estos enlaces la calidad deseada, tampoco con la disposición actual de canales RDSI.

Durante la realización de eventos de videoconferencia masivos, en caso de indisponibilidad o falla de en un enlace entre sedes, se ocupa la casi totalidad del anillo asignado a las uniones entre las centralitas con el tráfico RDSI de las salas. De esta forma se degrada el servicio de Telefonía llegando a bajar a sólo 30 canales disponibles inter-sede en el último enlace.

La tarjeta MCU ubicada en el CPD permite las sesiones en calidad de alta definición pero demanda un ancho de banda elevado por lo que la lógica apunta a que los codecs pasen a conectarse a través de este dispositivo directamente por IP.

Si bien no se instalarán de forma inmediata, el cliente pretende habilitar 1 sala de telepresencia al menos en el CGR y, a futuro, en alguna otra sede o incluso en todas por lo que se reservarán recursos y puertos físicos en previsión del despliegue comentado.

Este tipo de salas disponen de múltiples pantallas de un tamaño que permita la proyección a tamaño real de los interlocutores remotos en resoluciones de 1080p, aisladas acústicamente del exterior y con sonido de sesión ambiental, cuidando incluso detalles como el color de las paredes o el mobiliario para que la inmersión en la sesión sea lo más realista posible.

Objetivos

- 1.- Creación de 2 nuevas salas en cada sede (excluyendo el CGR que ya dispone de 4) para pasar a 4 salas/sede.
- 2.- Aumento de ancho de banda para cada sala de videoconferencia a 2 Mbps simétricos para cumplir estándares de alta definición.
- 3.- Migración a IP del transporte para el servicio de videoconferencia mediante enlaces punto a punto protegidos (configuración en estrella, antes estrella vía RDSI).
- 4.- Conexión con matriz de conmutación de vídeo en CPD CGR a través de enlace ethernet.
- 5.- Reserva de un circuito en cada sede de 10 Mbps para sala telepresencia.

- *Servicio de telefonía*

En la actualidad el anillo de 8 Mb/s asignado a las centralitas soporta la carga del servicio de videoconferencia llegando a experimentarse degradación en el servicio por indisponibilidad de canales libres en caso de fallo de enlace.

El dimensionamiento también está vinculado a que las centralitas deben proporcionar la conmutación necesaria para las llamadas en tránsito entre sedes alejadas. Se desea disminuir la tarjetería de enlace de las centralitas en la medida en que se pueda garantizando las capacidades disponibles en el presente.

La foto actual presenta varios enlaces de Operador para conexión con la RTPC distribuidos por distintas sedes. Esto encarece los costes de Operador al requerir infraestructura específica en cada ubicación, además de ser poco funcional ante incidencia.

Objetivos

1. Reconfiguración para dependencia directa de multiunidad de conmutación en CGR (configuración principal en estrella). El anillo actual se conservará pero con menos canales para las llamadas con las sedes colindantes y poder disponer de respaldo en caso de pérdida del equipo central o de tarjetas locales.
2. Rediseño para evitar el tráfico inter-sede. La foto final será una red mallada.
3. Optimización de la malla para el tráfico ante caída de multiunidad en CGR.
4. Concentración de enlaces de Operador en CGR.

- *Servicio de datos corporativos*

En el capítulo dedicado a la descripción del escenario inicial, se mencionaba la dependencia de un acceso de Operador externo para el tráfico corporativo de datos. El cliente traslada el deseo de dar de baja la contratación de dicho acceso.

Se contempla este servicio como de nueva implementación en red propia y se debe realizar un dimensionamiento de red para el despliegue inicial de un backbone IP entre las sedes.

El requerimiento por parte del personal de informática de la Compañía es que la solución debe contemplar enlaces punto a punto entre cada sede y el CPD ubicado en el CGR. Solicitan capacidad de transporte de 2x50 Mb/s y puertos GbE para todas las conexiones, resultando un ancho de banda total para el tráfico corporativo de 100 Mb/s por sede. Se plantea un esquema de estrella con doble enlace protegido adecuado para satisfacer las necesidades de cada sede a nivel de conectividad con los servidores de aplicación e Internet.

Objetivos

- 1.- Baja total del servicio MacroLAN de Operador.
- 2.- Doble circuito de 50 Mb/s entre el CGR y cada Sede.

- *Servicio de televigilancia*

La dispersión geográfica de centros remotos y su ubicación en muchos casos en entornos deshabitados, hace que la capacidad de respuesta ante una intrusión no autorizada pueda evitar o minimizar los daños ocasionados por robos, sabotaje o vandalismo.

La experiencia actual es buena pero insuficiente al estar desprotegidos la mayoría de centros de la compañía, muchos de ellos ubicados en lugares deshabitados. Es por ello que el cliente se dispone a instalar centrales de alarmas y videocámaras controladas remotamente en la mayoría de sus centros clave, al menos en todos los nodos de los subanillos. Si bien el objeto de este documento no es el despliegue de equipos de televigilancia, deberá contemplarse en la arquitectura final diseñada esta circunstancia.

Se desea también mejorar la calidad actual en las sedes, de tal forma que se disponga de mayor ancho de banda. Esto permitirá incrementar la definición en las imágenes recibidas en el CGR, mayor fluidez en la respuesta remota a los controles, incorporación de audio y un posible despliegue de equipos de megafonía.

Al no migrar los subanillos, la solución debe ofrecer una reconfiguración al problema existente en cabecera en cuanto a conexasión se refiere de tal forma que los circuitos PDH que se mantienen, así como otros nuevos que se puedan provisionar, se conecten a un router específico mediante tramas E1 compartidas y no con enlaces singulares.

Objetivos

- 1.- Aumento de capacidad a 4 Mbps por sede.
- 2.- Reconfiguración en cabecera para las conexiones PDH

3.2.2. Protección

Un punto a tener en cuenta es que, actualmente, la protección de los servicios no es completa existiendo muchos circuitos con una única vía. Esta circunstancia obliga a disponer de un contrato con el proveedor de mantenimiento de fibra óptica con un ANS (Acuerdo Nivel de Servicio) elevado incrementando los costes.

En el aspecto de la protección de circuitos, el compromiso es que se debe buscar el esquema que garantice la disposición permanente de cualquier servicio. Para alcanzar este propósito, independientemente de la redundancia que ofrezca la arquitectura final de cada red, la capa SDH garantizará la doble vía de cada circuito transportado.

Objetivo

Protección total de los servicios transportados.

3.2.3. Fiabilidad

Si bien podría considerarse un asunto a tratar conjuntamente con la estrategia de protección, la fiabilidad global de la red depende de factores como la redundancia en fuentes de suministro, la existencia de sistemas de alimentación ininterrumpida o de emergencia, robustez de los equipos, etc.

A la hora de realizar una buena estrategia de gestión de red, mantenimiento preventivo y stock de repuestos, lo ideal es buscar la mayor homogeneización de los equipos de comunicaciones en las distintas sedes.

Por otro lado, la experiencia adquirida por el cliente recomienda disminuir el número de conexiones físicas en los paneles de parcheo. Con el paso del tiempo el cableado BNC sufre una disminución de curvatura por su propio peso o modificaciones de la misma por manipulación; esta degradación del conexionado se traduce en un aumento de la tasa de error en la transmisión pudiendo llegar a imposibilitarla (incidencia de mantenimiento). Se solicita el cuidado en este aspecto a la hora del diseño de la solución.

Objetivos

- 1.- Garantía de doble fuente de suministro de V_{cc} para los equipos a desplegar.
- 2.- Disminución drástica de puentes y latiguillos en los repartidores de cableado.
- 3.- Desmontaje del mayor número de equipos o tarjetas posible.
- 4.- Integración de switching en los equipos de transmisión.

3.2.4. Crecimiento

El cliente solicita que el dimensionamiento de los equipos y enlaces debe garantizar entre un 5-10% de capacidad libre en la red para la provisión de nuevos servicios o aumentos de caudal de servicios ya en explotación sin despliegue de nuevas tarjetas. Se contemplaría un futuro

incremento de la capacidad mediante un segundo anillo SDH si fuese necesario, de ahí el valor elegido.

En los objetivos planteados a lo largo de este capítulo se han tenido en cuenta el crecimiento previsto de varios servicios por lo que el porcentaje libre a nivel de capa SDH elegido es realista de cara a los próximos años en el escenario futuro previsto por el cliente.

Es igual de importante el poder contar con puertos libres o capacidad de ampliación de tarjetas tributarias a la hora de ampliar servicios.

Objetivo

Cálculo de enlaces, dimensionamiento de equipos y tarjetas tributarias acorde al requerimiento del 5-10%.

3.3. Solución

Una vez plantado el escenario inicial y analizados los requisitos del cliente, se opta por migrar a una red SDH el anillo troncal de tal forma que la coexistencia de las redes TDM e IP actuales pueda mantenerse de forma independiente.

Se decide implementar un flujo STM-16 en el anillo para cubrir las necesidades del cliente, esta elección se justificará en el ANEXO I.

En los siguientes apartados se describirán los equipos y tarjetas a instalar, la configuración de red así como las modificaciones de la arquitectura actual de cada servicio para aprovechar al máximo los beneficios de la migración y poder cumplir los requisitos planteados por el cliente.

3.3.1. Equipamiento a desplegar

El suministro de equipos será proporcionado por el fabricante ECI Telecom. y dispondrá tanto de tarjetería de enlaces agregados STM-16, tributaria de 2 Mbps E1, Ethernet (con capacidad de switching integrado) y tarjetas PDH para la multiplexación a nivel de timeslot en CGR compatibles con los equipos Nokia existentes a mantener en los subanillos.

La elección de un flujo STM-16 se justifica en el ANEXO I.

- *Nodos*

Los nodos que formarán el anillo serán modelos elegidos de la familia de crossconnect XDM de ECI Telecom, concretamente el modelo XDM-500. Este dispositivo dispone de una alta capacidad de ampliación a nivel de enlace y tarjetas, pudiendo equiparse con dos tarjetas STM-64 o varias de menor capacidad.

En el CGR se instalará un nodo BG-20 del mismo fabricante con tarjetas de multiplexación PDH a nivel de timeslot. De esta forma se dispondrá de capacidad de transporte extremo a extremo subanillo-CGR entre el equipamiento actual desplegado y las cabeceras garantizando así el desmontaje de los dispositivos Nokia ubicados actualmente en las 8 sedes.

- *Tarjetas de enlace agregado STM-16*

Los enlaces STM-16 se establecen con 2 tarjetas SIO 16_1 monopuerto en cada nodo en lugar de 1 tarjeta de doble puerto SIO 16_2 de cara a disponer de conectividad con el anillo en caso de falla de tarjeta.

Según el estado de la fibra, el fabricante ofrece una serie de recomendaciones para el dimensionamiento de los módulos que se resume en la tabla 3.2.

| Módulo óptico | Lambda (nm) | Distancia enlace (Km) |
|---------------|-------------|-----------------------|
| OTR16-S3 | 1330 | 15-20 |
| OTR16-S5 | 1550 | 20-40 |
| OTR16-L3 | 1330 | 40-60 |
| OTR16-L5 | 1550 | 60-90 |

Tabla 3.2: Resumen recomendaciones para módulos del fabricante

A continuación, en la tabla 3.3 se indican los tipos de módulo a instalar en función de la distancia y atenuación promedio del par de fibras medidas en cada enlace que se emplearán para los enlaces SDH.

| Enlace | Distancia (Km) | Atenuación 1330 nm (dB) | Atenuación 1550 nm (dB) | Módulo a instalar |
|-----------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| CGR - Sede A | 45,5 | 28,7 | 23,5 | L5 |
| Sede A - Sede B | 33,2 | 21,9 | 17,3 | S5 |
| Sede B - Sede C | 29,5 | 19,6 | 15,5 | S3 |
| Sede C - Sede D | 65,1 | 36,2 | 26,8 | L5 |
| Sede D - Sede E | 48,5 | 30,4 | 23,2 | L5 |
| Sede E - Sede F | 35,1 | 23 | 18,1 | S5 |
| Sede F - Sede G | 28,2 | 19 | 14 | S3 |
| Sede G - CGR | 39,5 | 25,3 | 20,5 | S5 |

Tabla 3.3: Asignación módulos ópticos por enlace

Se incluyen en el ANEXO V el detalle de las posiciones a emplear en los repartidores de fibra óptica ubicados en el CGR y las sedes. Se han reservado 4 fibras para el despliegue SDH, un par activas y otro de reserva, cuando finalice la migración las fibras en uso por los equipos PDH Nokia quedarán libres para otro uso.

- *Tarjetas de servicios tributarios E1*

Todos los puertos actuales PDH de 2 Mbps se conectarán directamente desde el medio de transmisión que los entrega en las sedes a los nodos SDH a través de estos dispositivos.

Las tarjetas PIO 2_84 o PIM 2_21 ofrecen la posibilidad de agregar a los flujos STM-16 hasta 84 o 21 tramas PDH respectivamente, con independencia de si estas son PCM-30, PCM-31 o no estructuradas.

Dada la criticidad de los servicios PDH provenientes de los subanillos, se dotará cada nodo de una segunda tarjeta de tributarios en modo hot-standby conectada en paralelo a los puertos físicos de su tarjeta activa para dar protección a la misma en caso de avería.

- *Tarjetas Ethernet*

El fabricante dispone de módulos MCS5 EoS con funcionalidad completa de switching de tal forma que la conexión con los elementos remotos se realiza vía circuitos singulares o concatenación de los mismos.

Se dispone tanto de puertos FE/GbE con interfaz eléctrico/óptico para la conexión con los enrutadores u otros dispositivos.

Aunque dependan de la misma tarjeta, las LANs serán totalmente independientes ya que dispondrán de circuitos y puertos diferentes para el transporte y la entrega en los extremos.

- *Tarjetas multiplexoras de servicios PDH*

Los módulos SM-10 ofrecen la capacidad de multiplexar y demultiplexar señales PDH a nivel de timeslot así como de realizar crossconexiones a ese nivel. Ha sido un punto fundamental en la elección del fabricante al tener que entregar circuitos PDH con una configuración de canales específica en las cabeceras ubicadas en el CGR.

De esta forma se puede realizar cualquier combinación de timeslots contenidos en una trama PDH que viaje por la red en su correspondiente VC-12 para entregarlos de la forma que nos interese en el CGR.

Este tipo de tarjetas debe montarse en un nodo BG-20. Estos nodos se han diseñado para poder gestionar tramas PDH considerando las tarjetas SM-10 casi como un equipo insertado dentro del equipo SDH. La comunicación entre la parte SDH y la parte PDH se realiza a través del bastidor del equipo y no necesita cableado.

Se pueden instalar diferentes módulos, en este caso se instalarán 3 tarjetas con 32 puertos E1 internos permitiendo realizar operaciones sobre 2880 canales PDH (3x32x30) al emplearse PCM-30 en la red actual.

La unión entre el equipo XDM-500 y el mencionado BG-20 se realizará mediante enlaces STM-4 instalando latiguillos de fibra directos con un atenuador en cada sentido de transmisión.

3.3.2. Red de gestión

- *Software de gestión*

Para la operación de la red se utilizará la herramienta LightSoft NMS (Network Management System) del fabricante ECI Telecom. Se trata de un gestor de red que trabaja sobre EMS-XDM y EMS-BG siendo estos últimos los EMS (Element Management System) según el esquema del protocolo TMN que permiten la gestión remota de los nodos de las familias XDM y BG respectivamente.

La herramienta NMS proporciona capacidades, entre otras, de modificación extremo a extremo de circuitos en lugar de salto a salto. Esta gestión de red en lugar de gestión de equipos

permite obtener también visión global del estado de sincronismo de la red, trazabilidad de alarmas y extracción de informes de forma ágil.

Las herramientas comentadas anteriormente serán soportadas por una estación gestora a modo de interfaz hombre-máquina en la que correrá de forma nativa EMS-XDM y, tanto el software EMS-BG como el software LightSoft, en una máquina virtual.

La estación gestora dispone de doble tarjeta ethernet para la conexión a red corporativa y al switch que facilitará la conexión con los Gateways principal y secundario. De esta forma la máquina de gestión ejerce de frontera entre la red Corporativa y la red de gestión SDH.

La configuración de la estación gestora así como el procedimientos de instalación del software serán suministrados por el fabricante; se montará ya preconfigurada y lista para la operación según el direccionamiento anteriormente indicado.

- *Direccionamiento y arquitectura de red*

La gestión de los nodos se realizará a través de los canales MS DCC proporcionados por las cabeceras de los flujos STM-16.

El direccionamiento elegido para los equipos de infraestructura estará contenido en la subred 192.168.0.0/24. La subred DCC asociada al anillo será la 192.168.2.0/24.

Los nodos se identificarán mediante un ID de equipo e IP de gestión DCC y Gateway cuando corresponda, tal y como se define en la tabla 3.4.

| Ubicación | ID de equipo | IP Red de gestión |
|------------------|---------------------|---|
| CGR – XDM | 1 | IP GW: 192.168.0.2/24 IP DCC: 192.168.2.1/24 |
| SEDE D – XDM | 2 | IP GW: 192.168.1.2/24 IP DCC: 192.168.2.2/24 |
| CGR – BG20 | 3 | 192.168.2.3/24 |
| SEDE A – XDM | 4 | 192.168.2.4/24 |
| SEDE B – XDM | 5 | 192.168.2.5/24 |
| SEDE C – XDM | 6 | 192.168.2.6/24 |
| SEDE E – XDM | 7 | 192.168.2.7/24 |
| SEDE F – XDM | 8 | 192.168.2.8/24 |
| SEDE G – XDM | 9 | 192.168.2.9/24 |

Tabla 3.4: Direccionamiento asignado

El direccionamiento elegido corresponde a un rango privado que la Compañía no utiliza y habilita un posible crecimiento de la red o expansión de dispositivos IP en los subanillos garantizándose siempre la no inclusión en cuanto a direccionamiento en la red corporativa de datos (rango 172.16.0.0/12).

El nodo ubicado en el CGR ejercerá la función de Gateway principal de gestión por lo que se configurará con esta opción activa. Este equipo es el que irá conectado a través de su puerto MGT al switch de acceso a la estación de gestión.

Se define un segundo Gateway DCC eligiendo el equipo ubicado en la sede D para el desempeño de esta función. Para ello se requiere la creación de un circuito punto a punto dedicado entre el CGR y la sede D, en CGR conectado físicamente al switch y en la sede al puerto MGT mediante cable directo.

Finalmente, para el acceso a los gestores desde la red corporativa, el rango proporcionado por el personal de Informática está contenido en la red 172.17.64.0/18, con Gateway 172.17.64.1, se asignan a los gestores SDH las indicadas en la tabla 3.5.

| Acceso | IP |
|------------------|----------------|
| Estación gestora | 172.17.64.2/24 |
| EMS-XDM | 172.17.64.3/24 |
| EMS-BG | 172.17.64.4/24 |
| NMS-LightSoft | 172.17.64.5/24 |

Tabla 3.5: Direcccionamiento corporativo gestores de red

Para aclarar lo expuesto, en la figura 3.10 se resume la configuración de la red de gestión diseñada.

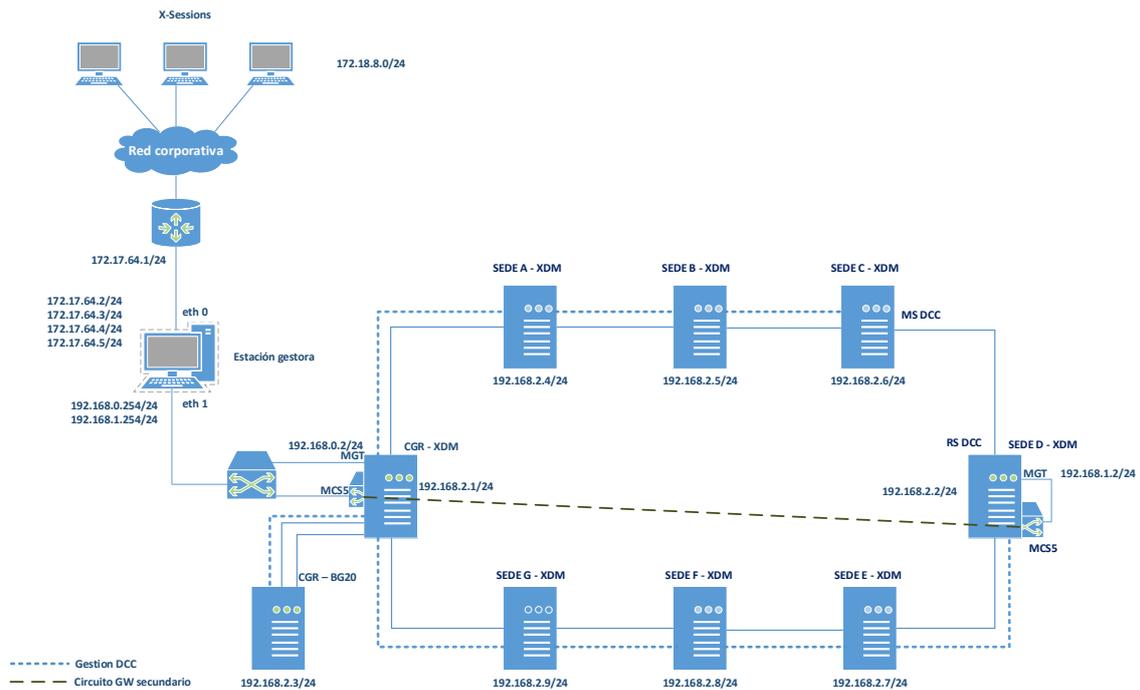


Figura 3.10: Solución diseñada para la red de gestión

Nótese la configuración aplicada en la gestión DCC entre los nodos de las sedes C y D para poder habilitar un nuevo enlace de gestión en caso de contingencia. Es este enlace el elegido para evitar el bucle DCC.

De cara a la operación de red, las sesiones se crearán vía protocolo X-session desde los PCs Corporativos con acceso a la red técnica, si bien todos los equipos desplegados permiten acceso por consola mediante protocolo SSH.

Al tratarse de redes distintas y ser la máquina de gestión la frontera, la sesión por consola a los nodos pasa por el acceso previo al EMS-XDM para luego iniciar una conexión remota con el equipo en cuestión, o abrirla directamente desde una X-Session ya iniciada.

- *Enrutamiento estación gestora*

Se ha definido la red 172.18.8.0/24 como la única autorizada para el acceso a la red de gestión desde la red corporativa. Esta será la ruta a incluir como accesible por el interfaz ethernet 0 de la estación gestora, con Gateway 172.17.64.1.

Por otro lado, tanto la subred IP DCC como la subred de gestión GW se enrutarán por el interfaz ethernet 1. Como regla para alcanzar la subred DCC los paquetes se enviarán al GW principal por defecto.

3.3.3. Red de sincronismo

Siguiendo los criterios comentados con anterioridad, la jerarquía establecida para la red de sincronismo quedaría tal y como se ve en la figura 3.11. En este caso, al tratarse de un número de nodos inferior a diez, se presta atención a las indicaciones en cuanto a distancia física y omisión de bucles se refiere.

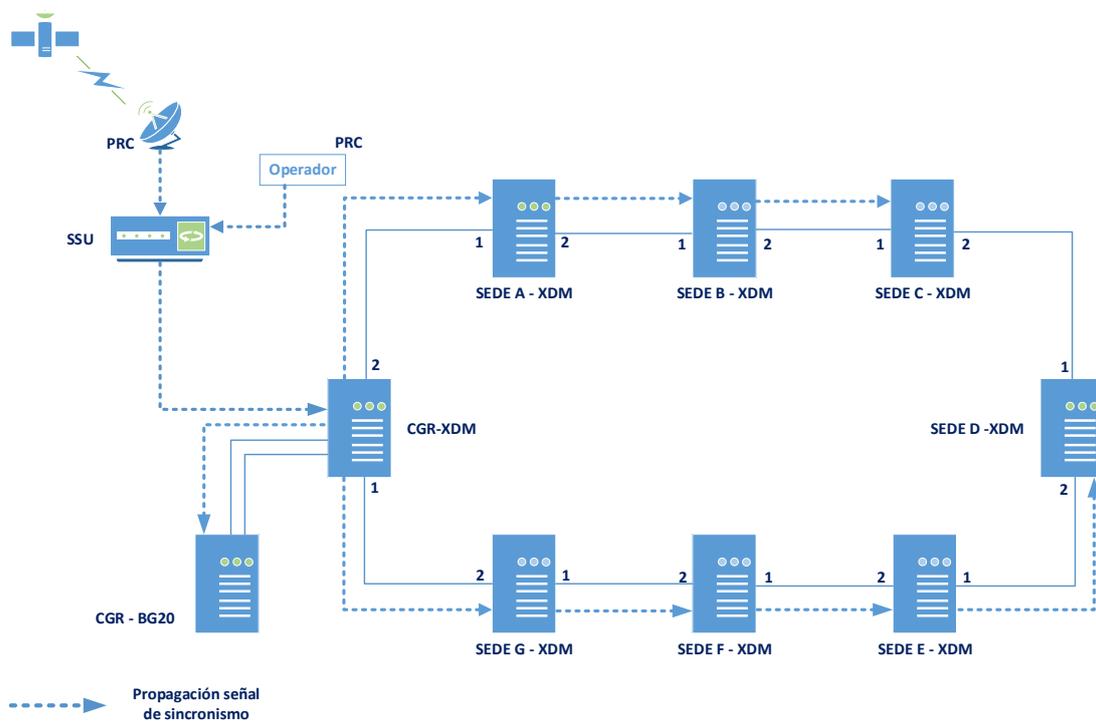


Figura 3.11: Solución diseñada para la red de sincronismo

Este esquema se irá siguiendo a medida que se inserta cada nuevo nodo en el anillo.

La red de sincronismo se establecerá de tal manera que, ante una pérdida de nodo o enlace, el nodo siguiente en la jerarquía quedará en modo retención. La configuración a implementar en cada equipo se muestra en la tabla 3.6.

| Nodo | Prioridad 1 | Prioridad 2 |
|----------------|--------------------|--------------------|
| CGR – XDM | Entrada externa | Reloj interno |
| CGR - BG20 (*) | Tarjeta de línea 1 | Tarjeta de línea 2 |
| SEDE A – XDM | Tarjeta de línea 1 | Reloj interno |
| SEDE B – XDM | Tarjeta de línea 1 | Reloj interno |
| SEDE C – XDM | Tarjeta de línea 1 | Reloj interno |
| SEDE D – XDM | Tarjeta de línea 2 | Reloj interno |
| SEDE E – XDM | Tarjeta de línea 2 | Reloj interno |
| SEDE F – XDM | Tarjeta de línea 2 | Reloj interno |
| SEDE G – XDM | Tarjeta de línea 2 | Reloj interno |

(*) Para este equipo se configura como tercera opción el reloj interno.

Tabla 3.6: Configuración fuentes de sincronismo en los nodos

3.3.4. Modificación de las arquitecturas de servicio actuales

- *Telecontrol y acceso radio*

Se mantiene la topología de los equipos de servicio conectados a la red si bien la conmutación intermedia en las sedes se elimina realizándose únicamente en el CGR.

En origen y destino se dispondrá de canales PDH adecuados al dispositivo a conectar (cabecera o equipo terminal), al igual que a nivel de interfaz físico.

Los servicios locales PDH en las sedes se insertarán en una trama E1 mediante un pequeño conversor RS232 a E1 (PCM30) al eliminarse todos los equipos Nokia actuales en las sedes y CGR.

Todo el procesado PDH lo soporta la tarjeta SM10 tal y como se describió anteriormente, al no modificar ninguna de las cabeceras (TETRA, PMR, RTUs PaP, etc) los canales deben entregarse exactamente igual que lo hacían los DN-2 Nokia.

La transparencia en la capa de transporte es fundamental para no tener que adaptar la Red de Tiempo Real a la nueva solución, un requisito explícito para el despliegue.

La clave de este cambio consiste en disponer de las tablas de crossconexión de los DN-2 y perfectamente identificados los puertos de topología de 2 Mb/s. El objetivo es transportar desde cada sede las 16 tramas E1 de los subanillos sin modificar hasta el CGR y allí adecuar los canales PDH para su entrega a las cabeceras.

Los esquemas de multiplexación y crossconexión implementados en el equipo BG20 ubicado en el CGR se recogen en el ANEXO XI.

- *Telefonía*

Se modifica la topología pasando del anillo actual a una configuración anillo-estrella de tal forma que, de los 8 enlaces de 30 canales actuales (4 hacia cada nodo colindante), se pasaría a 2 en anillo y 2 directos a la centralita ubicada en el CGR. De esta forma se pueden desmontar 2 tarjetas de doble puerto en las centralitas de cada sede.

Esta reconfiguración se puede realizar en base a la protección de los enlaces que ofrece la solución SDH además del apoyo para la conmutación en la multiunidad basada en enlaces directos. Con el esquema inicial, cada centralita de tránsito debe soportar gran parte de llamadas del anillo de 8 Mbps de conmutación, además del tráfico en caso de fallo de enlace.

Los primarios de Operador para salida a RTPC se concentrarán en el CGR manteniendo dos accesos básicos por sede para casos de emergencia. El motivo de ubicar los primarios en un único centro es el abaratamiento de costes además de poder ofrecer salida a RTPC para todos los usuarios en caso de avería, hasta la ocupación total de los primarios no afectados, como es obvio.

Con la nueva arquitectura, todas las sedes dispondrán de enlaces directos con el CGR lo cual ahorra saltos a la hora de realizar llamadas al exterior.

Los abonados remotos deben pasarse al CGR al eliminar la multiplexación realizada actualmente por el equipamiento Nokia de cada sede.

El anillo de telefonía inicial pasaría al esquema que se puede observar en la figura 3.12.

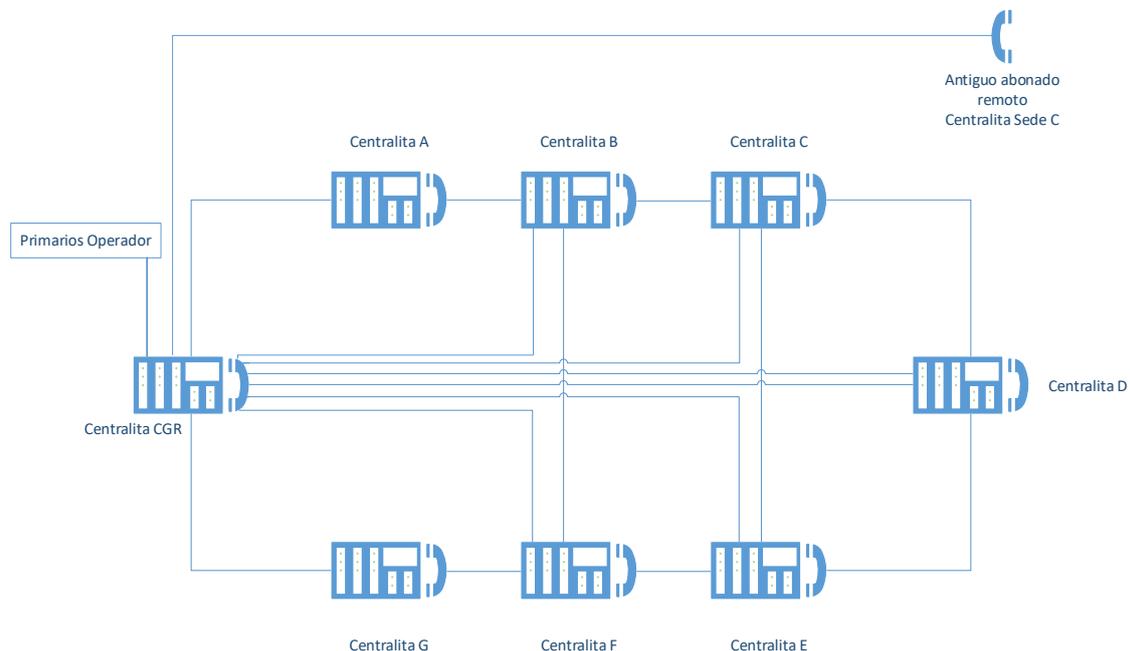


Figura 3.12: Arquitectura final red de telefonía

- *Datos*

La red de datos se diseña de tal forma que todas las sedes dispongan de doble circuito de 50 Mb/s dedicado y seguro, eligiendo una configuración en estrella sobre anillo SDH. El motivo de la doble vía es proporcionar redundancia en cableado y puertos.

En la figura 3.13 se puede apreciar un esquema de la arquitectura final buscada para este servicio, se han omitido las conexiones locales en las sedes entre el router y la tarjeta integrada en el equipo SDH al ejercer en este caso este dispositivo la función de extremo de circuito punto a punto hasta la tarjeta MCS5 (switch integrado) en el CGR.

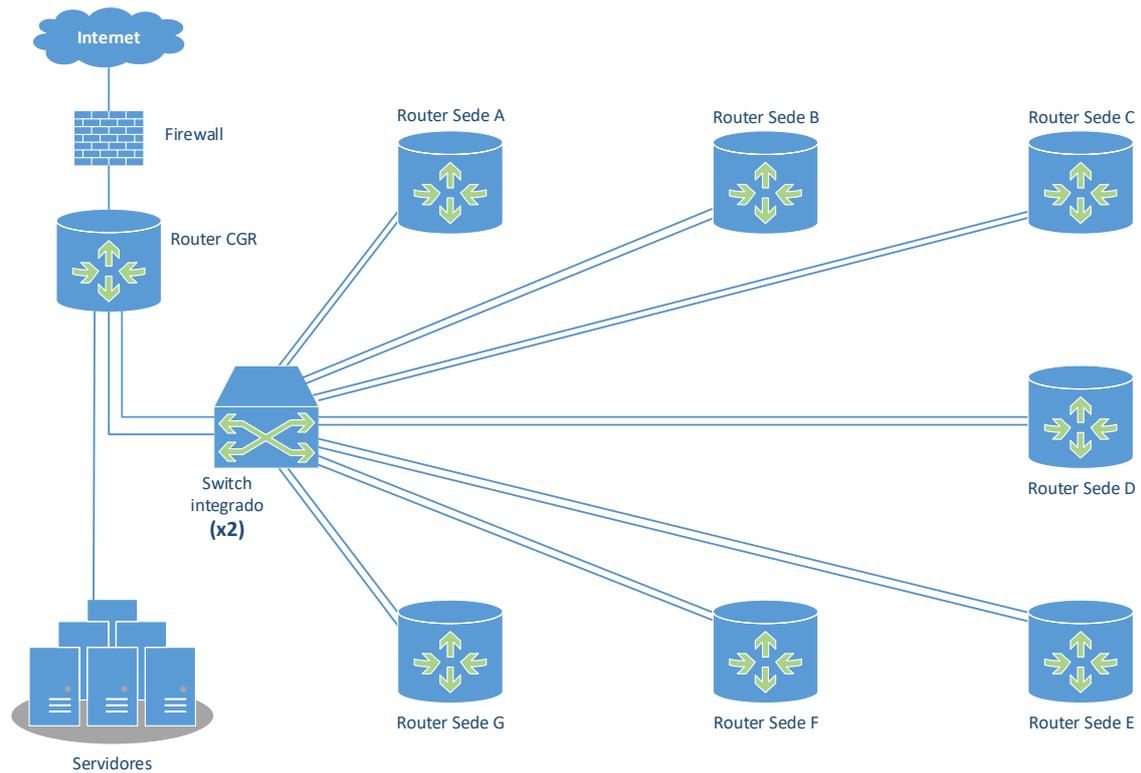


Figura 3.13: Arquitectura final red de datos

El tipo de circuito punto a punto será de tipo VC-3-1v de cada a futuros aumentos de ancho de banda, con interfaz Gigabit Ethernet en el extremo sede y un puerto virtual EoS en tarjeta MCS5 en el lado CGR.

Es en esta tarjeta donde se realiza el switching entre el CGR y las sedes. La tarjeta MCS5 existe por duplicado en el CGR dado que se requiere la gestión de múltiples puertos virtuales para formar el punto-multipunto buscado y se supera el máximo de un solo dispositivo. Por otro lado, esta circunstancia aporta redundancia de tarjeta en la cabecera de datos.

La elección de puertos Gigabit Ethernet en las sedes brinda la posibilidad de aumentar el ancho de banda asignado, de forma puntual o permanente, simplemente añadiendo más circuitos a la concatenación si fuese necesario.

El máximo que se podría aumentar sin tener que crear nuevos enlaces entre el router de servicio y las tarjetas MCS5 sería de hasta 300 Mb/s por vía de datos ya que los puertos en CGR soportan hasta 1000 Mb/s y cursarán de partida 700 Mb/s de pico (100 Mb/s por sede).

- *Videoconferencia*

Este servicio experimenta una modificación total en cuanto al transporte al pasar de RDSI a IP. Tanto los códecs como la Matriz de videoconferencia admiten esta configuración que se puede implementar ahora al disponer de un mayor ancho de banda dedicado.

La topología es similar a la de la red de Datos (estrella sobre anillo SDH). Los codecs se conectan directamente a un puerto FE en cada sede y se ofrece un interfaz GigaEthernet al router de Servicio en CGR.

Para cada Sede se crea una concatenación VC-12-4v disponiendo de esta manera un circuito de 8 Mb/s entre el CGR y cada sede. La arquitectura diseñada se muestra en la figura 3.14.

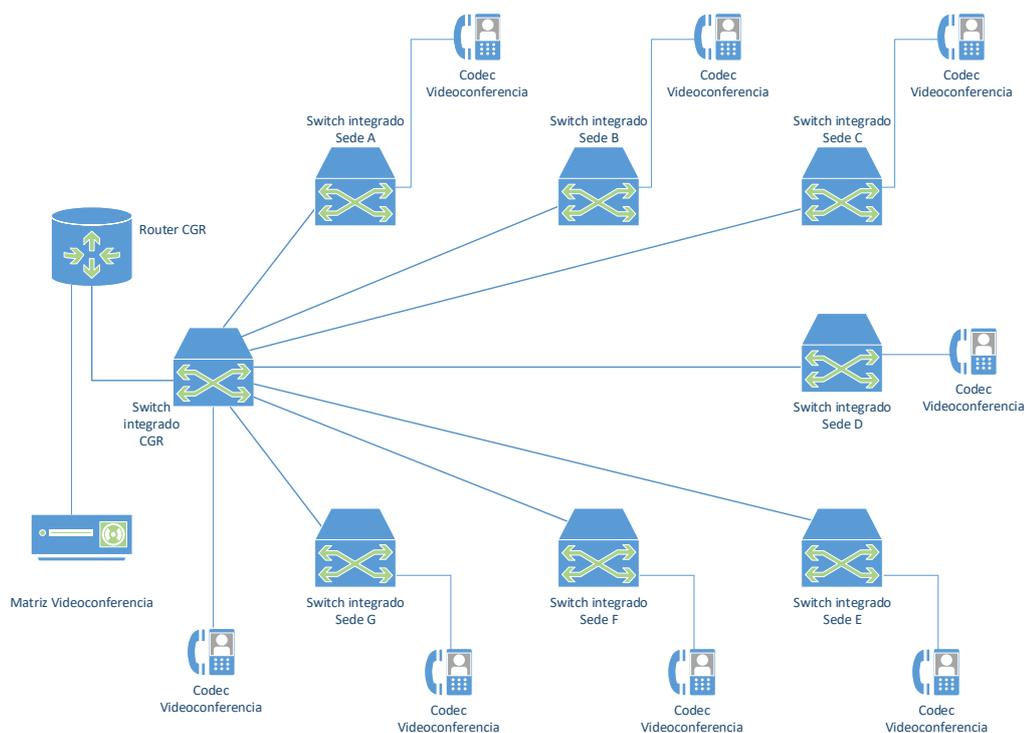


Figura 3.14: Arquitectura final red de videoconferencia

Se reserva también un puerto Fast Ethernet así como un circuito VC-12-5v (10 Mb/s) para un posible despliegue de salas de telepresencia. Estos circuitos se provisionan con los puertos desactivados administrativamente así como inhibida la monitorización de alarmas. El tráfico en CGR se extraería por el puerto Gigabit Ethernet conectado al router de Servicio.

- *Televigilancia*

La red de televigilancia es la que requiere una solución más compleja al tener que tener presente la coexistencia de PDH en los subanillos y SDH en el anillo troncal además de un futuro crecimiento de la planta de equipos tanto en los primeros como en el segundo.

En las sedes se dispondrá una arquitectura en estrella sobre el anillo SDH aprovechando los switches existentes que se conectarán a un puerto FastEthernet de la tarjeta MCSM disponible en su nodo SDH local.

La comunicación con el CGR se realizará a través de un circuito dedicado de 6 Mbps formado por una concatenación VC-12-3v con un puerto EoS en la tarjeta MCS5 instalada para esta función en el nodo del CGR. Esta parte de la solución es igual a la aplicada para la red corporativa de datos ya que el intercambio entre el switch EoS y el switch del servicio pasa a realizarse a través de un puerto GigaEthernet.

Para afrontar las conexiones con los subanillos, se aprovechará la capacidad de la tarjeta SM-10 del equipo ubicado en el CGR para poder estructurar tramas E1 con circuitos de varias sedes de tal forma que, a través de un único interfaz físico, puedan mantenerse varias conexiones simultáneas al mantenerse los circuitos punto a punto PDH originales. Se requiere la instalación de un router con puertos E1 que pueda gestionar conexiones punto a punto.

Las cuatro ubicaciones actuales conectarán mediante el enlace E1 mencionado anteriormente. Estas cuatro conexiones ocupan un total de 1536 Kbps, es decir, 24 timeslots de la trama PDH, disponiéndose de canales libres para configurar un quinto emplazamiento sin tener que establecer un nuevo enlace router-SM10. De esta forma se cubren las necesidades en caso de despliegue de equipos ya que, tanto el router como la tarjeta SM10 disponen de múltiples puertos E1 libres.

En la figura 3.14 se presenta lo comentado para una de las sedes y un subanillo. La clave de esta solución es tener claro la diferencia entre los emplazamientos que utilizan EoPDH para su conectividad (subanillos) y los que emplean EoSDH (sedes).

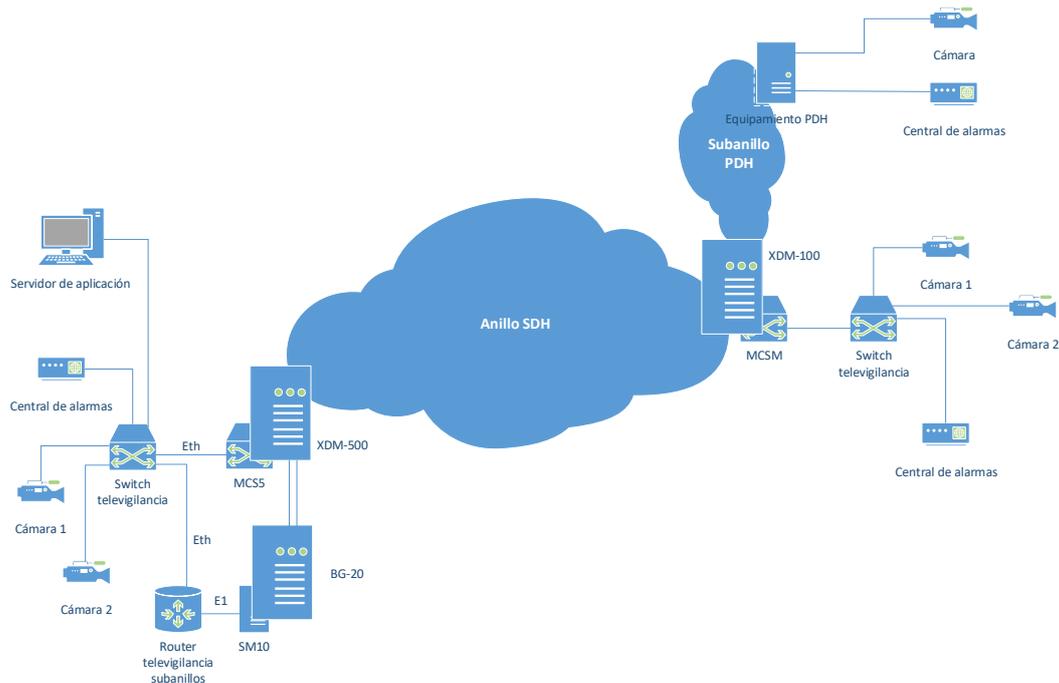


Figura 3.15: Arquitectura final red de televigilancia

El detalle de las crossconexiones PDH a definir en la tarjeta SM10 se incluirá, así como los circuitos y configuraciones SDH a implementar en el resto de nodos, en los ANEXOS II y III.

3.3.5. Ocupación del anillo STM-16

En el siguiente gráfico se resume el uso de la capacidad disponible en el anillo STM-16 por tipo de servicio.

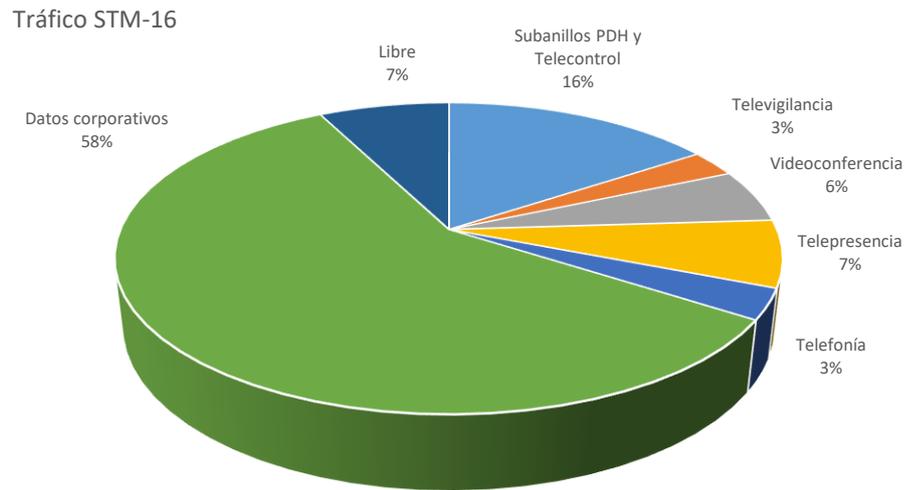


Figura 3.16: Ocupación anillo STM-16 por servicio

Tal y como se puede apreciar, el grueso de ocupación viene definido por los circuitos asociados a la red corporativa de datos.

3.4. Presupuesto

| Descripción | Coste unitario (€) | Uds. | Total (€) |
|-------------|--------------------|------|-----------|
|-------------|--------------------|------|-----------|

| Servicios | | | |
|---|-------|---|----------|
| Medidas de atenuación fibra óptica <i>- Incluye las medidas y búsqueda de par alternativo para fibras que dispongan de conector en cables de hasta 48 elementos.</i> | 190 | 8 | 1.520,00 |
| Ingeniería y seguimiento de implantación <i>- Realización de la ingeniería y seguimiento de despliegue acorde a proyecto con un presupuesto en material superior a 50000 euros y número de centros entre 5 y 10.</i> | 3100 | 1 | 3.100,00 |
| As-Built <i>- Realización de As-Built acorde a proyecto con un presupuesto en material superior a 50000 euros y número de centros entre 5 y 10.</i> | 1300 | 1 | 1.300,00 |
| Montaje equipos <i>- Instalación de equipos de transmisión, tarjetería y cableado en armario existente. Integración en gestor de red. Check list de puesta en servicio.</i> | 621,3 | 9 | 5.591,70 |
| PRL <i>- Asistencia técnica y control documental en PRL.</i> | 160 | 1 | 160,00 |

| | | | |
|-----------------|--|--|-----------|
| Total servicios | | | 11.671,70 |
|-----------------|--|--|-----------|

| Materiales | | | |
|---------------------------------|---------|----|-----------|
| Chasis XDM-500 | 2712,45 | 8 | 21.699,60 |
| Matriz de crossconexiones XIO | 2090,68 | 8 | 16.725,44 |
| Tarjeta SIO 16_1 | 1122,13 | 16 | 17.954,08 |
| Módulo óptico OM16-L5 | 3920 | 6 | 23.520,00 |
| Módulo óptico OM16-S3/S5 | 3208,26 | 12 | 38.499,12 |
| Tarjeta SIO 4_1 | 551,03 | 2 | 1.102,06 |
| Módulo óptico OM4-S3 | 1361,1 | 2 | 2.722,20 |
| Tarjeta PIO 2-21 | 1879,96 | 16 | 30.079,36 |
| Tarjeta MCS5 | 4800 | 10 | 48.000,00 |
| Chasis BG-20B | 669,12 | 1 | 669,12 |
| Matriz de crossconexiones MXC4X | 908,68 | 1 | 908,68 |
| Tarjeta PIM 2-21 | 1650 | 1 | 1.650,00 |

| | | | |
|---|---------|---|----------|
| Tarjeta SM-10 | 458,63 | 3 | 1.375,89 |
| Tarjeta OMD4 | 593,16 | 2 | 1.186,32 |
| Módulo óptico OTR4-S3 | 1215,25 | 2 | 2.430,50 |
| Licencia gestión BG-20B | 549,5 | 1 | 549,50 |
| Estación gestora - Incluye EMS-XDM, EMS-BG y Lightsoft preinstalados | 2800 | 1 | 2.800,00 |
| Licencia usuario herramienta Lightsoft | 300 | 3 | 900,00 |
| Latiguillo f.o. MM 10 m conectores FC/APC | 20 | 2 | 40,00 |
| Convertor RS232/E1 Rimat | 90,85 | 7 | 635,95 |
| Material auxiliar | 198,95 | 1 | 198,95 |

| | | | |
|------------------|--|--|------------|
| Total materiales | | | 213.646,77 |
|------------------|--|--|------------|

| | | | |
|------------------------------|--------|--|------------|
| Total materiales y servicios | | | 225.318,47 |
| Beneficio industrial | 11,8 % | | 26.587,58 |

| | | | |
|-------------------|--|--|------------|
| Importe total (€) | | | 251.906,05 |
|-------------------|--|--|------------|

4. Conclusiones

Actualmente, las migraciones de los grandes operadores de telecomunicaciones a redes DWDM, GPON y nodos conmutadores de paquetes han condicionado los ingresos de la Industria fabricante de equipos.

Las redes troncales de muchas empresas han cumplido entre quince y veinte años desde las instalaciones masivas de equipos SDH de alta capacidad de principios del S. XXI, con un pico de inversión en infraestructura de más de veinte mil millones de dólares en el año 2000.

Siendo Internet el gran servicio a transportar y encontrando el perfecto acomodo en la multiplexación estadística, ésta ofrece frente a sistemas de canales con anchos de banda fijos un mayor aprovechamiento del medio físico, de tal forma que un operador de telecomunicaciones puede obtener un mayor rendimiento de su red.

La actual universalidad de IP, a modo de “IPoALL”, y el anunciado IoT dictan una natural migración progresiva de las arquitecturas existentes a redes y dispositivos IP. Ante este escenario la tendencia industrial es, lógicamente, centrar su esfuerzo en la mejora y desarrollo de equipos conmutadores de paquetes con interfaces ópticos para la capa física, equipos DWDM, GPON o de conmutación óptica en los últimos tiempos.

Siendo la optimización en costes un motivo coherente para que los operadores tiendan a emplear nuevas tecnologías de transmisión, existen muchas empresas que disponen de redes privadas, o propias, multiservicio que deben seguir operando sobre SDH al ser esta tecnología la adecuada para sus necesidades.

Este escenario podría estar definido por la presencia de una o varias de las siguientes características:

- Tráfico máximo típico de anillos STM-16 o STM-64.
- Redes heredadas y/o planta masiva de equipos terminales no IP
- Requerimientos de enlaces dedicados para aplicaciones críticas en tiempo real
- Alta capacidad de gestión de red desde centro de operación.
- Tiempo de indisponibilidad por caída de enlace o nodo menor que Ethernet.
- Facilidad de intercambio de servicios entre empresas.
- Privacidad en las comunicaciones.

Las empresas o corporaciones que hacen uso de redes SDH por los motivos anteriormente mencionados suelen ser:

Empresas asociadas a infraestructuras: eléctricas, gas, agua, autopistas o transporte ferroviario

Todas con la capacidad de disponer de tendidos de fibra propia al estar los costes por adquisición o arrendamiento sobre el espacio físico ya asumidos en la propia construcción de su red de servicios. Para estas empresas, el coste de despliegue de cable es mucho menor que para un Operador y el poder alquilar fibras que no estén en uso a terceros supone un beneficio extra.

Organismos oficiales: Administración, Defensa, Educación u otros

Instituciones públicas críticas para los estados que deben disponer de conexiones a través de infraestructura propia garantizando el control físico de las comunicaciones extremo a extremo.

Pequeños Operadores de redes TDM

A día de hoy existen numerosas redes de telefonía que siguen en explotación a la espera de que el despliegue de otro tipo de servicios sea rentable a la hora de afrontar una migración de red.

Diferentes motivaciones hacen que las redes SDH puedan ser una solución a tener en cuenta para según qué casos existiendo, de esta forma, un mercado para esta tecnología.

Se ha tratado a lo largo de este PFC de ilustrar técnicas de diseño y conceptos que puedan ser útiles para el lector interesado en abordar un proyecto de este tipo.

5. ANEXO I. Cálculo anillo STM-n

a- Partiendo de los siguientes datos:

| Nodo | Servicio / Enlace | | | | | | | |
|--------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|
| | PDH Subanillos | Telecontrol local | Telefonía | | Datos | Videoconferencia | Telepresencia | Televigilancia |
| | S ₁ | S ₂ | S ₃ | P ₃ | S ₄ | S ₅ | S ₆ | S ₇ |
| Sede A | 16 Mb/s | 2 Mb/s | 2 Mb/s | 2 Mb/s | 100 Mb/s | 8 Mb/s | 10 Mb/s | 4 Mb/s |
| Sede B | 16 Mb/s | 2 Mb/s | 2 Mb/s | 4 Mb/s | 100 Mb/s | 8 Mb/s | 10 Mb/s | 4 Mb/s |
| Sede C | 16 Mb/s | 2 Mb/s | 2 Mb/s | 4 Mb/s | 100 Mb/s | 8 Mb/s | 10 Mb/s | 4 Mb/s |
| Sede D | 32 Mb/s | 2 Mb/s | 4 Mb/s | 2 Mb/s | 100 Mb/s | 8 Mb/s | 10 Mb/s | 4 Mb/s |
| Sede E | 16 Mb/s | 2 Mb/s | 2 Mb/s | 2 Mb/s | 100 Mb/s | 8 Mb/s | 10 Mb/s | 4 Mb/s |
| Sede F | 32 Mb/s | 2 Mb/s | 2 Mb/s | 2 Mb/s | 100 Mb/s | 8 Mb/s | 10 Mb/s | 4 Mb/s |
| Sede G | 16 Mb/s | 2 Mb/s | 2 Mb/s | - | 100 Mb/s | 8 Mb/s | 10 Mb/s | 4 Mb/s |

b- Obtenemos los distintos C_n

| | | |
|--------|----------------|----------|
| Sede A | C ₁ | 142 Mb/s |
| Sede B | C ₂ | 142 Mb/s |
| Sede C | C ₃ | 142 Mb/s |
| Sede D | C ₄ | 160 Mb/s |
| Sede E | C ₅ | 142 Mb/s |
| Sede F | C ₆ | 158 Mb/s |
| Sede G | C ₇ | 142 Mb/s |

c- Incluyendo los circuitos punto a punto P_3 , resulta un $C_{min} = 1044$ Mb/s.

d- Añadiendo la protección, pasamos a un $C_{tot} = 2088$ Mb/s

e- Para un factor de crecimiento $r = 10\%$, obtenemos $C_{STM-n} \geq 2296,8$ Mb/s. El tipo de enlace a desplegar se adecúa a un STM-16.

f- Se valida la elección analizando los circuitos a desplegar.

| Servicio | Tipo contenedor virtual | Nº VCs |
|------------------------------|-------------------------|--------|
| Subanillos PDH y Telecontrol | VC-12 | 79 |
| Televigilancia | VC-12-2v | 14 |
| Videoconferencia | VC-12-4v | 28 |
| Telepresencia | VC-12-5v | 35 |
| Telefonía | VC-12 | 16 |
| Datos corporativos | VC-3-1v | 14 |

La estructura STM-16 proporciona 48 VC-3, de los cuales se emplean 28 (al estar los circuitos protegidos) para el servicio de datos corporativo, quedando disponibles un total de 20 para mapear como VC-12.

Es necesario transportar 344 VC-12, por lo que quedarían libres 3,6 VC-3 o bien 76 VC-12. Supone un porcentaje real libre del 7,5% lo cual entra dentro de los requisitos planteados.

6. ANEXO II. Circuitos SDH

| Servicio | | Extremo 1 | | | | Extremo 2 | | | | | |
|-------------------|---------------|------------|----------|--------|------------|-----------|---------|--------|------------|------------|--------|
| Circuito | Tipo servicio | Nodo | Tarjeta | Ranura | Tributario | Nodo | Tarjeta | Ranura | Tributario | Tipo de VC | Nº VCs |
| SUB_A-NOD_1-VIA_A | E1 | SEDE A-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 1 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 1 | VC-12 | 1 |
| SUB_A-NOD_2-VIA_A | E1 | SEDE A-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 2 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 2 | VC-12 | 1 |
| SUB_A-NOD_3-VIA_A | E1 | SEDE A-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 3 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 3 | VC-12 | 1 |
| SUB_A-NOD_4-VIA_A | E1 | SEDE A-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 4 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 4 | VC-12 | 1 |
| SUB_A-NOD_1-VIA_B | E1 | SEDE A-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 5 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 5 | VC-12 | 1 |
| SUB_A-NOD_2-VIA_B | E1 | SEDE A-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 6 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 6 | VC-12 | 1 |
| SUB_A-NOD_3-VIA_B | E1 | SEDE A-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 7 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 7 | VC-12 | 1 |
| SUB_A-NOD_4-VIA_B | E1 | SEDE A-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 8 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 8 | VC-12 | 1 |
| SUB_B-NOD_1-VIA_A | E1 | SEDE B-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 1 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 9 | VC-12 | 1 |
| SUB_B-NOD_2-VIA_A | E1 | SEDE B-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 2 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 10 | VC-12 | 1 |
| SUB_B-NOD_3-VIA_A | E1 | SEDE B-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 3 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 11 | VC-12 | 1 |
| SUB_B-NOD_4-VIA_A | E1 | SEDE B-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 4 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 12 | VC-12 | 1 |
| SUB_B-NOD_1-VIA_B | E1 | SEDE B-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 5 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 13 | VC-12 | 1 |
| SUB_B-NOD_2-VIA_B | E1 | SEDE B-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 6 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 14 | VC-12 | 1 |
| SUB_B-NOD_3-VIA_B | E1 | SEDE B-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 7 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 15 | VC-12 | 1 |
| SUB_B-NOD_4-VIA_B | E1 | SEDE B-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 8 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 16 | VC-12 | 1 |
| SUB_C-NOD_1-VIA_A | E1 | SEDE C-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 1 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 17 | VC-12 | 1 |
| SUB_C-NOD_2-VIA_A | E1 | SEDE C-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 2 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 18 | VC-12 | 1 |
| SUB_C-NOD_3-VIA_A | E1 | SEDE C-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 3 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 19 | VC-12 | 1 |
| SUB_C-NOD_4-VIA_A | E1 | SEDE C-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 4 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 20 | VC-12 | 1 |
| SUB_C-NOD_1-VIA_B | E1 | SEDE C-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 5 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 21 | VC-12 | 1 |
| SUB_C-NOD_2-VIA_B | E1 | SEDE C-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 6 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 22 | VC-12 | 1 |
| SUB_C-NOD_3-VIA_B | E1 | SEDE C-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 7 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 23 | VC-12 | 1 |
| SUB_C-NOD_4-VIA_B | E1 | SEDE C-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 8 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 24 | VC-12 | 1 |
| SUB_D-NOD_1-VIA_A | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 1 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 25 | VC-12 | 1 |
| SUB_D-NOD_2-VIA_A | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 2 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 26 | VC-12 | 1 |
| SUB_D-NOD_3-VIA_A | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 3 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 27 | VC-12 | 1 |
| SUB_D-NOD_4-VIA_A | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 4 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 28 | VC-12 | 1 |
| SUB_D-NOD_5-VIA_A | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 5 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 29 | VC-12 | 1 |
| SUB_D-NOD_6-VIA_A | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 6 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 30 | VC-12 | 1 |
| SUB_D-NOD_7-VIA_A | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 7 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-1 | 31 | VC-12 | 1 |
| SUB_D-NOD_8-VIA_A | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 8 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 32 | VC-12 | 1 |
| SUB_D-NOD_1-VIA_B | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 9 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 1 | VC-12 | 1 |
| SUB_D-NOD_2-VIA_B | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 10 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 2 | VC-12 | 1 |
| SUB_D-NOD_3-VIA_B | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 11 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 3 | VC-12 | 1 |
| SUB_D-NOD_4-VIA_B | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 12 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 4 | VC-12 | 1 |
| SUB_D-NOD_5-VIA_B | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 13 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 5 | VC-12 | 1 |
| SUB_D-NOD_6-VIA_B | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 14 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 6 | VC-12 | 1 |
| SUB_D-NOD_7-VIA_B | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 15 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 7 | VC-12 | 1 |
| SUB_D-NOD_8-VIA_B | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 16 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 8 | VC-12 | 1 |

| Servicio | | Extremo 1 | | | | Extremo 2 | | | | | |
|-------------------|---------------|------------|----------|--------|------------|-----------|---------|--------|------------|------------|--------|
| Circuito | Tipo servicio | Nodo | Tarjeta | Ranura | Tributario | Nodo | Tarjeta | Ranura | Tributario | Tipo de VC | Nº VCs |
| SUB_E-NOD_1-VIA_A | E1 | SEDE E-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 1 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 9 | VC-12 | 1 |
| SUB_E-NOD_2-VIA_A | E1 | SEDE E-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 2 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 10 | VC-12 | 1 |
| SUB_E-NOD_3-VIA_A | E1 | SEDE E-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 3 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 11 | VC-12 | 1 |
| SUB_E-NOD_4-VIA_A | E1 | SEDE E-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 4 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 12 | VC-12 | 1 |
| SUB_E-NOD_1-VIA_B | E1 | SEDE E-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 5 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 13 | VC-12 | 1 |
| SUB_E-NOD_2-VIA_B | E1 | SEDE E-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 6 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 14 | VC-12 | 1 |
| SUB_E-NOD_3-VIA_B | E1 | SEDE E-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 7 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 15 | VC-12 | 1 |
| SUB_E-NOD_4-VIA_B | E1 | SEDE E-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 8 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 16 | VC-12 | 1 |
| SUB_F-NOD_1-VIA_A | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 1 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 17 | VC-12 | 1 |
| SUB_F-NOD_2-VIA_A | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 2 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 18 | VC-12 | 1 |
| SUB_F-NOD_3-VIA_A | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 3 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 19 | VC-12 | 1 |
| SUB_F-NOD_4-VIA_A | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 4 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 20 | VC-12 | 1 |
| SUB_F-NOD_5-VIA_A | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 5 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 21 | VC-12 | 1 |
| SUB_F-NOD_6-VIA_A | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 6 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 22 | VC-12 | 1 |
| SUB_F-NOD_7-VIA_A | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 7 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 23 | VC-12 | 1 |
| SUB_F-NOD_8-VIA_A | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 8 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 24 | VC-12 | 1 |
| SUB_F-NOD_1-VIA_B | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 9 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 25 | VC-12 | 1 |
| SUB_F-NOD_2-VIA_B | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 10 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 26 | VC-12 | 1 |
| SUB_F-NOD_3-VIA_B | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 11 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 27 | VC-12 | 1 |
| SUB_F-NOD_4-VIA_B | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 12 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 28 | VC-12 | 1 |
| SUB_F-NOD_5-VIA_B | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 13 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 29 | VC-12 | 1 |
| SUB_F-NOD_6-VIA_B | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 14 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 30 | VC-12 | 1 |
| SUB_F-NOD_7-VIA_B | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 15 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 31 | VC-12 | 1 |
| SUB_F-NOD_8-VIA_B | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 16 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-2 | 32 | VC-12 | 1 |
| SUB_G-NOD_1-VIA_A | E1 | SEDE G-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 1 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-3 | 1 | VC-12 | 1 |
| SUB_G-NOD_2-VIA_A | E1 | SEDE G-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 2 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-3 | 2 | VC-12 | 1 |
| SUB_G-NOD_3-VIA_A | E1 | SEDE G-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 3 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-3 | 3 | VC-12 | 1 |
| SUB_G-NOD_4-VIA_A | E1 | SEDE G-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 4 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-3 | 4 | VC-12 | 1 |
| SUB_G-NOD_1-VIA_B | E1 | SEDE G-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 5 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-3 | 5 | VC-12 | 1 |
| SUB_G-NOD_2-VIA_B | E1 | SEDE G-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 6 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-3 | 6 | VC-12 | 1 |
| SUB_G-NOD_3-VIA_B | E1 | SEDE G-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 7 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-3 | 7 | VC-12 | 1 |
| SUB_G-NOD_4-VIA_B | E1 | SEDE G-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 8 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-3 | 8 | VC-12 | 1 |
| TLC_SEDE_A | E1 | SEDE A-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 9 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-3 | 9 | VC-12 | 1 |
| TLC_SEDE_B | E1 | SEDE B-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 9 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-3 | 10 | VC-12 | 1 |
| TLC_SEDE_C | E1 | SEDE C-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 9 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-3 | 11 | VC-12 | 1 |
| TLC_SEDE_D | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 17 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-3 | 12 | VC-12 | 1 |
| TLC_SEDE_E | E1 | SEDE E-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 9 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-3 | 13 | VC-12 | 1 |
| TLC_SEDE_F | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 17 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-3 | 14 | VC-12 | 1 |
| TLC_SEDE_G | E1 | SEDE G-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 9 | CGR-BG20 | SM 10E | IO-3 | 15 | VC-12 | 1 |

| Servicio | | Extremo 1 | | | | Extremo 2 | | | | | |
|-------------------|---------------|------------|----------|--------|------------|------------|----------|--------|------------|------------|--------|
| Circuito | Tipo servicio | Nodo | Tarjeta | Ranura | Tributario | Nodo | Tarjeta | Ranura | Tributario | Tipo de VC | Nº VCs |
| TLF-SEDE_A-CGR | E1 | SEDE A-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 10 | CGR-XDM | PIO 2_84 | IO-1 | 1 | VC-12 | 1 |
| TLF-SEDE_A-SEDE_B | E1 | SEDE A-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 11 | SEDE B-XDM | PIO 2_84 | IO-1 | 10 | VC-12 | 1 |
| TLF-SEDE_B-CGR | E1 | SEDE B-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 11 | CGR-XDM | PIO 2_84 | IO-1 | 2 | VC-12 | 1 |
| TLF-SEDE_B-SEDE_F | E1 | SEDE B-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 12 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IO-1 | 18 | VC-12 | 1 |
| TLF-SEDE_B-SEDE_C | E1 | SEDE B-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 13 | SEDE C-XDM | PIO 2_84 | IO-1 | 10 | VC-12 | 1 |
| TLF-SEDE_C-CGR | E1 | SEDE C-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 11 | CGR-XDM | PIO 2_84 | IO-1 | 3 | VC-12 | 1 |
| TLF-SEDE_C-SEDE_E | E1 | SEDE C-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 12 | SEDE E-XDM | PIO 2_84 | IO-1 | 10 | VC-12 | 1 |
| TLF-SEDE_C-SEDE_D | E1 | SEDE C-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 13 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IO-1 | 18 | VC-12 | 1 |
| TLF-SEDE_D-CGR | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 19 | CGR-XDM | PIO 2_84 | IO-1 | 4 | VC-12 | 1 |
| TLF-SEDE_D-CGR | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 20 | CGR-XDM | PIO 2_84 | IO-1 | 5 | VC-12 | 1 |
| TLF-SEDE_D-SEDE E | E1 | SEDE D-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 20 | SEDE E-XDM | PIO 2_84 | IO-1 | 11 | VC-12 | 1 |
| TLF-SEDE_E-CGR | E1 | SEDE E-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 12 | CGR-XDM | PIO 2_84 | IO-1 | 6 | VC-12 | 1 |
| TLF-SEDE_E-SEDE_F | E1 | SEDE E-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 13 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IO-1 | 19 | VC-12 | 1 |
| TLF-SEDE_F-CGR | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 20 | CGR-XDM | PIO 2_84 | IO-1 | 7 | VC-12 | 1 |
| TLF-SEDE_F-SEDE_G | E1 | SEDE F-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 21 | SEDE G-XDM | PIO 2_84 | IO-1 | 10 | VC-12 | 1 |
| TLF-SEDE_G-CGR | E1 | SEDE G-XDM | PIO 2_84 | IC-1 | 11 | CGR-XDM | PIO 2_84 | IO-1 | 8 | VC-12 | 1 |
| DAT-SEDE_A-CGR-1 | EoS | SEDE A-XDM | MCS5 | IC-2 | 1 | CGR-XDM | MCS5 | IC-2 | 1 | VC-3 | 1 |
| DAT-SEDE_A-CGR-2 | EoS | SEDE A-XDM | MCS5 | IC-2 | 2 | CGR-XDM | MCS5 | IC-3 | 1 | VC-3 | 1 |
| DAT-SEDE_B-CGR-1 | EoS | SEDE B-XDM | MCS5 | IC-2 | 1 | CGR-XDM | MCS5 | IC-2 | 2 | VC-3 | 1 |
| DAT-SEDE_B-CGR-2 | EoS | SEDE B-XDM | MCS5 | IC-2 | 2 | CGR-XDM | MCS5 | IC-3 | 2 | VC-3 | 1 |
| DAT-SEDE_C-CGR-1 | EoS | SEDE C-XDM | MCS5 | IC-2 | 1 | CGR-XDM | MCS5 | IC-2 | 3 | VC-3 | 1 |
| DAT-SEDE_C-CGR-2 | EoS | SEDE C-XDM | MCS5 | IC-2 | 2 | CGR-XDM | MCS5 | IC-3 | 3 | VC-3 | 1 |
| DAT-SEDE_D-CGR-1 | EoS | SEDE D-XDM | MCS5 | IC-2 | 1 | CGR-XDM | MCS5 | IC-2 | 4 | VC-3 | 1 |
| DAT-SEDE_D-CGR-2 | EoS | SEDE D-XDM | MCS5 | IC-2 | 2 | CGR-XDM | MCS5 | IC-3 | 4 | VC-3 | 1 |
| DAT-SEDE_E-CGR-1 | EoS | SEDE E-XDM | MCS5 | IC-2 | 1 | CGR-XDM | MCS5 | IC-2 | 5 | VC-3 | 1 |
| DAT-SEDE_E-CGR-2 | EoS | SEDE E-XDM | MCS5 | IC-2 | 2 | CGR-XDM | MCS5 | IC-3 | 5 | VC-3 | 1 |
| DAT-SEDE_F-CGR-1 | EoS | SEDE F-XDM | MCS5 | IC-2 | 1 | CGR-XDM | MCS5 | IC-2 | 6 | VC-3 | 1 |
| DAT-SEDE_F-CGR-2 | EoS | SEDE F-XDM | MCS5 | IC-2 | 2 | CGR-XDM | MCS5 | IC-3 | 6 | VC-3 | 1 |
| DAT-SEDE_G-CGR-1 | EoS | SEDE G-XDM | MCS5 | IC-2 | 1 | CGR-XDM | MCS5 | IC-2 | 7 | VC-3 | 1 |
| DAT-SEDE_G-CGR-2 | EoS | SEDE G-XDM | MCS5 | IC-2 | 2 | CGR-XDM | MCS5 | IC-3 | 7 | VC-3 | 1 |
| VCF-SEDE_A-CGR | EoS | SEDE A-XDM | MCS5 | IC-2 | 3 | CGR-XDM | MCS5 | IC-2 | 8 | VC-12 | 4 |
| VCF-SEDE_B-CGR | EoS | SEDE B-XDM | MCS5 | IC-2 | 3 | CGR-XDM | MCS5 | IC-2 | 9 | VC-12 | 4 |
| VCF-SEDE_C-CGR | EoS | SEDE C-XDM | MCS5 | IC-2 | 3 | CGR-XDM | MCS5 | IC-2 | 10 | VC-12 | 4 |
| VCF-SEDE_D-CGR | EoS | SEDE D-XDM | MCS5 | IC-2 | 3 | CGR-XDM | MCS5 | IC-2 | 11 | VC-12 | 4 |
| VCF-SEDE_E-CGR | EoS | SEDE E-XDM | MCS5 | IC-2 | 3 | CGR-XDM | MCS5 | IC-2 | 12 | VC-12 | 4 |
| VCF-SEDE_F-CGR | EoS | SEDE F-XDM | MCS5 | IC-2 | 3 | CGR-XDM | MCS5 | IC-2 | 13 | VC-12 | 4 |
| VCF-SEDE_G-CGR | EoS | SEDE G-XDM | MCS5 | IC-2 | 3 | CGR-XDM | MCS5 | IC-2 | 14 | VC-12 | 4 |

| Servicio | | Extremo 1 | | | | Extremo 2 | | | | | |
|----------------|---------------|------------|---------|--------|------------|-----------|---------|--------|------------|------------|--------|
| Circuito | Tipo servicio | Nodo | Tarjeta | Ranura | Tributario | Nodo | Tarjeta | Ranura | Tributario | Tipo de VC | Nº VCs |
| TPR-SEDE_A-CGR | EoS | SEDE A-XDM | MCS5 | IC-2 | 4 | CGR-XDM | MCS5 | IC-3 | 8 | VC-12 | 5 |
| TPR-SEDE_B-CGR | EoS | SEDE B-XDM | MCS5 | IC-2 | 4 | CGR-XDM | MCS5 | IC-3 | 9 | VC-12 | 5 |
| TPR-SEDE_C-CGR | EoS | SEDE C-XDM | MCS5 | IC-2 | 4 | CGR-XDM | MCS5 | IC-3 | 10 | VC-12 | 5 |
| TPR-SEDE_D-CGR | EoS | SEDE D-XDM | MCS5 | IC-2 | 4 | CGR-XDM | MCS5 | IC-3 | 11 | VC-12 | 5 |
| TPR-SEDE_E-CGR | EoS | SEDE E-XDM | MCS5 | IC-2 | 4 | CGR-XDM | MCS5 | IC-3 | 12 | VC-12 | 5 |
| TPR-SEDE_F-CGR | EoS | SEDE F-XDM | MCS5 | IC-2 | 4 | CGR-XDM | MCS5 | IC-3 | 13 | VC-12 | 5 |
| TPR-SEDE_G-CGR | EoS | SEDE G-XDM | MCS5 | IC-2 | 4 | CGR-XDM | MCS5 | IC-3 | 14 | VC-12 | 5 |
| TVG-SEDE_A-CGR | EoS | SEDE A-XDM | MCS5 | IC-2 | 5 | CGR-XDM | MCS5 | IC-4 | 1 | VC-12 | 3 |
| TVG-SEDE_B-CGR | EoS | SEDE B-XDM | MCS5 | IC-2 | 5 | CGR-XDM | MCS5 | IC-4 | 2 | VC-12 | 3 |
| TVG-SEDE_C-CGR | EoS | SEDE C-XDM | MCS5 | IC-2 | 5 | CGR-XDM | MCS5 | IC-4 | 3 | VC-12 | 3 |
| TVG-SEDE_D-CGR | EoS | SEDE D-XDM | MCS5 | IC-2 | 5 | CGR-XDM | MCS5 | IC-4 | 4 | VC-12 | 3 |
| TVG-SEDE_E-CGR | EoS | SEDE E-XDM | MCS5 | IC-2 | 5 | CGR-XDM | MCS5 | IC-4 | 5 | VC-12 | 3 |
| TVG-SEDE_F-CGR | EoS | SEDE F-XDM | MCS5 | IC-2 | 5 | CGR-XDM | MCS5 | IC-4 | 6 | VC-12 | 3 |
| TVG-SEDE_G-CGR | EoS | SEDE G-XDM | MCS5 | IC-2 | 5 | CGR-XDM | MCS5 | IC-4 | 7 | VC-12 | 3 |
| GST-SEDE_D-CGR | EoS | SEDE D-XDM | MCS5 | IC-2 | 6 | CGR-XDM | MCS5 | IC-2 | 15 | VC-12 | 1 |

7. ANEXO III. Crossconexiones PDH en tarjetas SM10

| Circuito E1 | Ranura | E1 interno | Timeslot | Servicio PDH | E1 físico | Timeslot |
|-------------------|--------|------------|----------|-----------------------|-----------|----------|
| SUB_A-NOD_1-VIA_A | IO-1 | 1 | 1 | TLC-SUB_A-NOD_1-VIA_A | 1 | 1 |
| | | | 2 | TLF-SUB_A-NOD_1-VIA_A | 6 | 1 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_A-NOD_1-VIA_A | 11 | 1-2 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_A-NOD_1-VIA_A | 16 | 1-4 |
| SUB_A-NOD_2-VIA_A | IO-1 | 2 | 1 | TLC_SUB_A-NOD_2-VIA_A | 1 | 2 |
| | | | 2 | TLF-SUB_A-NOD_2-VIA_A | 6 | 2 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_A-NOD_2-VIA_A | 11 | 3-4 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_A-NOD_2-VIA_A | 16 | 5-8 |
| SUB_A-NOD_3-VIA_A | IO-1 | 3 | 1 | TLC_SUB_A-NOD_3-VIA_A | 1 | 3 |
| | | | 2 | TLF-SUB_A-NOD_3-VIA_A | 6 | 3 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_A-NOD_3-VIA_A | 11 | 5-6 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_A-NOD_3-VIA_A | 16 | 9-12 |
| SUB_A-NOD_4-VIA_A | IO-1 | 4 | 1 | TLC_SUB_A-NOD_4-VIA_A | 1 | 4 |
| | | | 2 | TLF-SUB_A-NOD_4-VIA_A | 6 | 4 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_A-NOD_4-VIA_A | 11 | 7-8 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_A-NOD_4-VIA_A | 16 | 13-16 |
| SUB_A-NOD_1-VIA_B | IO-1 | 5 | 1 | TLC-SUB_A-NOD_1-VIA_B | 1 | 1 |
| | | | 2 | TLF-SUB_A-NOD_1-VIA_B | 6 | 1 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_A-NOD_1-VIA_B | 11 | 1-2 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_A-NOD_1-VIA_B | 16 | 1-4 |
| SUB_A-NOD_2-VIA_B | IO-1 | 6 | 1 | TLC_SUB_A-NOD_2-VIA_B | 1 | 2 |
| | | | 2 | TLF-SUB_A-NOD_2-VIA_B | 6 | 2 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_A-NOD_2-VIA_B | 11 | 3-4 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_A-NOD_2-VIA_B | 16 | 5-8 |
| SUB_A-NOD_3-VIA_B | IO-1 | 7 | 1 | TLC_SUB_A-NOD_3-VIA_B | 1 | 3 |
| | | | 2 | TLF-SUB_A-NOD_3-VIA_B | 6 | 3 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_A-NOD_3-VIA_B | 11 | 5-6 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_A-NOD_3-VIA_B | 16 | 9-12 |
| SUB_A-NOD_4-VIA_B | IO-1 | 8 | 1 | TLC_SUB_A-NOD_4-VIA_B | 1 | 4 |
| | | | 2 | TLF-SUB_A-NOD_4-VIA_B | 6 | 4 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_A-NOD_4-VIA_B | 11 | 7-8 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_A-NOD_4-VIA_B | 16 | 13-16 |
| SUB_B-NOD_1-VIA_A | IO-1 | 9 | 1 | TLC-SUB_B-NOD_1-VIA_A | 1 | 5 |
| | | | 2 | TLF-SUB_B-NOD_1-VIA_A | 6 | 5 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_B-NOD_1-VIA_A | 11 | 7-8 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_B-NOD_1-VIA_A | 16 | 17-20 |
| SUB_B-NOD_2-VIA_A | IO-1 | 10 | 1 | TLC_SUB_B-NOD_2-VIA_A | 1 | 6 |
| | | | 2 | TLF-SUB_B-NOD_2-VIA_A | 6 | 6 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_B-NOD_2-VIA_A | 11 | 9-10 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_B-NOD_2-VIA_A | 16 | 21-24 |

| Circuito E1 | Ranura | E1 interno | Timeslot | Servicio PDH | E1 físico | Timeslot |
|-------------------|--------|------------|----------|-----------------------|-----------|----------|
| SUB_B-NOD_3-VIA_A | IO-1 | 11 | 1 | TLC_SUB_B-NOD_3-VIA_A | 1 | 7 |
| | | | 2 | TLF-SUB_B-NOD_3-VIA_A | 6 | 7 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_B-NOD_3-VIA_A | 11 | 11-12 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_B-NOD_3-VIA_A | 16 | 25-28 |
| SUB_B-NOD_4-VIA_A | IO-1 | 12 | 1 | TLC_SUB_B-NOD_4-VIA_A | 1 | 8 |
| | | | 2 | TLF-SUB_B-NOD_4-VIA_A | 6 | 8 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_B-NOD_4-VIA_A | 11 | 13-14 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_B-NOD_4-VIA_A | 16 | 29-32 |
| SUB_B-NOD_1-VIA_B | IO-1 | 13 | 1 | TLC-SUB_B-NOD_1-VIA_B | 1 | 5 |
| | | | 2 | TLF-SUB_B-NOD_1-VIA_B | 6 | 5 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_B-NOD_1-VIA_B | 11 | 7-8 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_B-NOD_1-VIA_B | 16 | 17-20 |
| SUB_B-NOD_2-VIA_B | IO-1 | 14 | 1 | TLC_SUB_B-NOD_2-VIA_B | 1 | 6 |
| | | | 2 | TLF-SUB_B-NOD_2-VIA_B | 6 | 6 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_B-NOD_2-VIA_B | 11 | 9-10 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_B-NOD_2-VIA_B | 16 | 21-24 |
| SUB_B-NOD_3-VIA_B | IO-1 | 15 | 1 | TLC_SUB_B-NOD_3-VIA_B | 1 | 7 |
| | | | 2 | TLF-SUB_B-NOD_3-VIA_B | 6 | 7 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_B-NOD_3-VIA_B | 11 | 11-12 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_B-NOD_3-VIA_B | 16 | 25-28 |
| SUB_B-NOD_4-VIA_B | IO-1 | 16 | 1 | TLC_SUB_B-NOD_4-VIA_B | 1 | 8 |
| | | | 2 | TLF-SUB_B-NOD_4-VIA_B | 6 | 8 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_B-NOD_4-VIA_B | 11 | 13-14 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_B-NOD_4-VIA_B | 17 | 1-4 |
| SUB_C-NOD_1-VIA_A | IO-1 | 17 | 1 | TLC-SUB_C-NOD_1-VIA_A | 1 | 9 |
| | | | 2 | TLF-SUB_C-NOD_1-VIA_A | 6 | 9 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_C-NOD_1-VIA_A | 11 | 15-16 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_C-NOD_1-VIA_A | 17 | 5-8 |
| SUB_C-NOD_2-VIA_A | IO-1 | 18 | 1 | TLC_SUB_C-NOD_2-VIA_A | 1 | 10 |
| | | | 2 | TLF-SUB_C-NOD_2-VIA_A | 6 | 10 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_C-NOD_2-VIA_A | 11 | 17-18 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_C-NOD_2-VIA_A | 17 | 9-12 |
| SUB_C-NOD_3-VIA_A | IO-1 | 19 | 1 | TLC_SUB_C-NOD_3-VIA_A | 1 | 11 |
| | | | 2 | TLF-SUB_C-NOD_3-VIA_A | 6 | 11 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_C-NOD_3-VIA_A | 11 | 19-20 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_C-NOD_3-VIA_A | 17 | 13-16 |
| SUB_C-NOD_4-VIA_A | IO-1 | 20 | 1 | TLC_SUB_C-NOD_4-VIA_A | 1 | 12 |
| | | | 2 | TLF-SUB_C-NOD_4-VIA_A | 6 | 12 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_C-NOD_4-VIA_A | 11 | 15-16 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_C-NOD_4-VIA_A | 17 | 17-20 |

| Circuito E1 | Ranura | E1 interno | Timeslot | Servicio PDH | E1 físico | Timeslot |
|-------------------|--------|------------|----------|-----------------------|-----------|----------|
| SUB_C-NOD_1-VIA_B | IO-1 | 21 | 1 | TLC-SUB_C-NOD_1-VIA_B | 1 | 9 |
| | | | 2 | TLF-SUB_C-NOD_1-VIA_B | 6 | 9 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_C-NOD_1-VIA_B | 11 | 15-16 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_C-NOD_1-VIA_B | 17 | 5-8 |
| SUB_C-NOD_2-VIA_B | IO-1 | 22 | 1 | TLC_SUB_C-NOD_2-VIA_B | 1 | 10 |
| | | | 2 | TLF-SUB_C-NOD_2-VIA_B | 6 | 10 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_C-NOD_2-VIA_B | 11 | 17-18 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_C-NOD_2-VIA_B | 17 | 9-12 |
| SUB_C-NOD_3-VIA_B | IO-1 | 23 | 1 | TLC_SUB_C-NOD_3-VIA_B | 1 | 11 |
| | | | 2 | TLF-SUB_C-NOD_3-VIA_B | 6 | 11 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_C-NOD_3-VIA_B | 11 | 19-20 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_C-NOD_3-VIA_B | 17 | 13-16 |
| SUB_C-NOD_4-VIA_B | IO-1 | 24 | 1 | TLC_SUB_C-NOD_4-VIA_B | 1 | 12 |
| | | | 2 | TLF-SUB_C-NOD_4-VIA_B | 6 | 12 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_C-NOD_4-VIA_B | 11 | 15-16 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_C-NOD_4-VIA_B | 17 | 17-20 |
| SUB_D-NOD_1-VIA_A | IO-1 | 25 | 1 | TLC-SUB_D-NOD_1-VIA_A | 1 | 13 |
| | | | 2 | TLF-SUB_D-NOD_1-VIA_A | 6 | 13 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_D-NOD_1-VIA_A | 11 | 17-18 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_D-NOD_1-VIA_A | 17 | 21-24 |
| SUB_D-NOD_2-VIA_A | IO-1 | 26 | 1 | TLC_SUB_D-NOD_2-VIA_A | 1 | 14 |
| | | | 2 | TLF-SUB_D-NOD_2-VIA_A | 6 | 14 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_D-NOD_2-VIA_A | 11 | 19-20 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_D-NOD_2-VIA_A | 17 | 25-28 |
| SUB_D-NOD_3-VIA_A | IO-1 | 27 | 1 | TLC_SUB_D-NOD_3-VIA_A | 1 | 15 |
| | | | 2 | TLF-SUB_D-NOD_3-VIA_A | 6 | 15 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_D-NOD_3-VIA_A | 11 | 21-22 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_D-NOD_3-VIA_A | 18 | 1-4 |
| SUB_D-NOD_4-VIA_A | IO-1 | 28 | 1 | TLC_SUB_D-NOD_4-VIA_A | 1 | 16 |
| | | | 2 | TLF-SUB_D-NOD_4-VIA_A | 6 | 16 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_D-NOD_4-VIA_A | 11 | 23-24 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_D-NOD_4-VIA_A | 18 | 5-8 |
| SUB_D-NOD_5-VIA_A | IO-2 | 29 | 1 | TLC-SUB_D-NOD_5-VIA_A | 1 | 17 |
| | | | 2 | TLF-SUB_D-NOD_5-VIA_A | 6 | 17 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_D-NOD_5-VIA_A | 11 | 25-26 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_D-NOD_5-VIA_A | 18 | 9-12 |
| SUB_D-NOD_6-VIA_A | IO-1 | 30 | 1 | TLC_SUB_D-NOD_6-VIA_A | 1 | 18 |
| | | | 2 | TLF-SUB_D-NOD_6-VIA_A | 6 | 18 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_D-NOD_6-VIA_A | 11 | 27-28 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_D-NOD_6-VIA_A | 18 | 9-12 |

| Circuito E1 | Ranura | E1 interno | Timeslot | Servicio PDH | E1 físico | Timeslot |
|-------------------|--------|------------|----------|-----------------------|-----------|----------|
| SUB_D-NOD_7-VIA_A | IO-1 | 31 | 1 | TLC_SUB_D-NOD_7-VIA_A | 1 | 19 |
| | | | 2 | TLF-SUB_D-NOD_7-VIA_A | 6 | 19 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_D-NOD_7-VIA_A | 12 | 1-2 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_D-NOD_7-VIA_A | 18 | 13-16 |
| SUB_D-NOD_8-VIA_A | IO-1 | 32 | 1 | TLC_SUB_D-NOD_8-VIA_A | 1 | 20 |
| | | | 2 | TLF-SUB_D-NOD_8-VIA_A | 6 | 20 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_D-NOD_8-VIA_A | 12 | 3-4 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_D-NOD_8-VIA_A | 18 | 17-20 |
| SUB_D-NOD_1-VIA_B | IO-2 | 1 | 1 | TLC-SUB_D-NOD_1-VIA_B | 1 | 13 |
| | | | 2 | TLF-SUB_D-NOD_1-VIA_B | 6 | 13 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_D-NOD_1-VIA_B | 11 | 17-18 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_D-NOD_1-VIA_B | 17 | 21-24 |
| SUB_D-NOD_2-VIA_B | IO-2 | 2 | 1 | TLC_SUB_D-NOD_2-VIA_B | 1 | 14 |
| | | | 2 | TLF-SUB_D-NOD_2-VIA_B | 6 | 14 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_D-NOD_2-VIA_B | 11 | 19-20 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_D-NOD_2-VIA_B | 17 | 25-28 |
| SUB_D-NOD_3-VIA_B | IO-2 | 3 | 1 | TLC_SUB_D-NOD_3-VIA_B | 1 | 15 |
| | | | 2 | TLF-SUB_D-NOD_3-VIA_B | 6 | 15 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_D-NOD_3-VIA_B | 11 | 21-22 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_D-NOD_3-VIA_B | 18 | 1-4 |
| SUB_D-NOD_4-VIA_B | IO-2 | 4 | 1 | TLC_SUB_D-NOD_4-VIA_B | 1 | 16 |
| | | | 2 | TLF-SUB_D-NOD_4-VIA_B | 6 | 16 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_D-NOD_4-VIA_B | 11 | 23-24 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_D-NOD_4-VIA_B | 18 | 5-8 |
| SUB_D-NOD_5-VIA_B | IO-2 | 5 | 1 | TLC-SUB_D-NOD_5-VIA_B | 1 | 17 |
| | | | 2 | TLF-SUB_D-NOD_5-VIA_B | 6 | 17 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_D-NOD_5-VIA_B | 11 | 25-26 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_D-NOD_5-VIA_B | 18 | 9-12 |
| SUB_D-NOD_6-VIA_B | IO-2 | 6 | 1 | TLC_SUB_D-NOD_6-VIA_B | 1 | 18 |
| | | | 2 | TLF-SUB_D-NOD_6-VIA_B | 6 | 18 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_D-NOD_6-VIA_B | 11 | 27-28 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_D-NOD_6-VIA_B | 18 | 9-12 |
| SUB_D-NOD_7-VIA_B | IO-2 | 7 | 1 | TLC_SUB_D-NOD_7-VIA_B | 1 | 19 |
| | | | 2 | TLF-SUB_D-NOD_7-VIA_B | 6 | 19 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_D-NOD_7-VIA_B | 12 | 1-2 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_D-NOD_7-VIA_B | 18 | 13-16 |
| SUB_D-NOD_8-VIA_B | IO-2 | 8 | 1 | TLC_SUB_D-NOD_8-VIA_B | 1 | 20 |
| | | | 2 | TLF-SUB_D-NOD_8-VIA_B | 6 | 20 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_D-NOD_8-VIA_B | 12 | 3-4 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_D-NOD_8-VIA_B | 18 | 17-20 |

| Circuito E1 | Ranura | E1 interno | Timeslot | Servicio PDH | E1 físico | Timeslot |
|-------------------|--------|------------|----------|-----------------------|-----------|----------|
| SUB_E-NOD_1-VIA_A | IO-2 | 9 | 1 | TLC-SUB_E-NOD_1-VIA_A | 1 | 21 |
| | | | 2 | TLF-SUB_E-NOD_1-VIA_A | 6 | 21 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_E-NOD_1-VIA_A | 12 | 5-6 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_E-NOD_1-VIA_A | 18 | 21-24 |
| SUB_E-NOD_2-VIA_A | IO-2 | 10 | 1 | TLC_SUB_E-NOD_2-VIA_A | 1 | 22 |
| | | | 2 | TLF-SUB_E-NOD_2-VIA_A | 6 | 22 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_E-NOD_2-VIA_A | 12 | 7-8 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_E-NOD_2-VIA_A | 18 | 25-28 |
| SUB_E-NOD_3-VIA_A | IO-2 | 11 | 1 | TLC_SUB_E-NOD_3-VIA_A | 1 | 23 |
| | | | 2 | TLF-SUB_E-NOD_3-VIA_A | 6 | 23 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_E-NOD_3-VIA_A | 12 | 9-10 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_E-NOD_3-VIA_A | 19 | 1-4 |
| SUB_E-NOD_4-VIA_A | IO-2 | 12 | 1 | TLC_SUB_E-NOD_4-VIA_A | 1 | 24 |
| | | | 2 | TLF-SUB_E-NOD_4-VIA_A | 6 | 24 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_E-NOD_4-VIA_A | 12 | 11-12 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_E-NOD_4-VIA_A | 18 | 5-8 |
| SUB_E-NOD_1-VIA_B | IO-2 | 13 | 1 | TLC-SUB_E-NOD_1-VIA_B | 1 | 21 |
| | | | 2 | TLF-SUB_E-NOD_1-VIA_B | 6 | 21 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_E-NOD_1-VIA_B | 12 | 5-6 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_E-NOD_1-VIA_B | 18 | 21-24 |
| SUB_E-NOD_2-VIA_B | IO-2 | 14 | 1 | TLC_SUB_E-NOD_2-VIA_B | 1 | 22 |
| | | | 2 | TLF-SUB_E-NOD_2-VIA_B | 6 | 22 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_E-NOD_2-VIA_B | 12 | 7-8 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_E-NOD_2-VIA_B | 18 | 25-28 |
| SUB_E-NOD_3-VIA_B | IO-2 | 15 | 1 | TLC_SUB_E-NOD_3-VIA_B | 1 | 23 |
| | | | 2 | TLF-SUB_E-NOD_3-VIA_B | 6 | 23 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_E-NOD_3-VIA_B | 12 | 9-10 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_E-NOD_3-VIA_B | 19 | 1-4 |
| SUB_E-NOD_4-VIA_B | IO-2 | 16 | 1 | TLC_SUB_E-NOD_4-VIA_B | 1 | 24 |
| | | | 2 | TLF-SUB_E-NOD_4-VIA_B | 6 | 24 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_E-NOD_4-VIA_B | 12 | 11-12 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_E-NOD_4-VIA_B | 19 | 5-8 |
| SUB_F-NOD_1-VIA_A | IO-2 | 17 | 1 | TLC-SUB_F-NOD_1-VIA_A | 1 | 25 |
| | | | 2 | TLF-SUB_F-NOD_1-VIA_A | 6 | 25 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_F-NOD_1-VIA_A | 12 | 13-14 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_F-NOD_1-VIA_A | 19 | 9-12 |
| SUB_F-NOD_2-VIA_A | IO-2 | 18 | 1 | TLC_SUB_F-NOD_2-VIA_A | 1 | 26 |
| | | | 2 | TLF-SUB_F-NOD_2-VIA_A | 6 | 26 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_F-NOD_2-VIA_A | 12 | 15-16 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_F-NOD_2-VIA_A | 19 | 13-16 |

| Circuito E1 | Ranura | E1 interno | Timeslot | Servicio PDH | E1 físico | Timeslot |
|-------------------|--------|------------|----------|-----------------------|-----------|----------|
| SUB_F-NOD_3-VIA_A | IO-2 | 19 | 1 | TLC_SUB_F-NOD_3-VIA_A | 1 | 27 |
| | | | 2 | TLF-SUB_F-NOD_3-VIA_A | 6 | 27 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_F-NOD_3-VIA_A | 12 | 17-18 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_F-NOD_3-VIA_A | 19 | 1-4 |
| SUB_F-NOD_4-VIA_A | IO-2 | 20 | 1 | TLC_SUB_F-NOD_4-VIA_A | 1 | 28 |
| | | | 2 | TLF-SUB_F-NOD_4-VIA_A | 6 | 28 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_F-NOD_4-VIA_A | 12 | 19-20 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_F-NOD_4-VIA_A | 19 | 5-8 |
| SUB_F-NOD_5-VIA_A | IO-2 | 21 | 1 | TLC-SUB_F-NOD_5-VIA_A | 1 | 29 |
| | | | 2 | TLF-SUB_F-NOD_5-VIA_A | 6 | 29 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_F-NOD_5-VIA_A | 12 | 21-22 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_F-NOD_5-VIA_A | 19 | 9-12 |
| SUB_F-NOD_6-VIA_A | IO-2 | 22 | 1 | TLC_SUB_F-NOD_6-VIA_A | 1 | 30 |
| | | | 2 | TLF-SUB_F-NOD_6-VIA_A | 6 | 30 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_F-NOD_6-VIA_A | 12 | 23-24 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_F-NOD_6-VIA_A | 19 | 13-16 |
| SUB_F-NOD_7-VIA_A | IO-2 | 23 | 1 | TLC_SUB_F-NOD_7-VIA_A | 2 | 1 |
| | | | 2 | TLF-SUB_F-NOD_7-VIA_A | 7 | 1 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_F-NOD_7-VIA_A | 12 | 25-26 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_F-NOD_7-VIA_A | 19 | 17-20 |
| SUB_F-NOD_8-VIA_A | IO-2 | 24 | 1 | TLC_SUB_F-NOD_8-VIA_A | 2 | 2 |
| | | | 2 | TLF-SUB_F-NOD_8-VIA_A | 7 | 2 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_F-NOD_8-VIA_A | 12 | 27-28 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_F-NOD_8-VIA_A | 19 | 21-24 |
| SUB_F-NOD_1-VIA_B | IO-2 | 25 | 1 | TLC-SUB_F-NOD_1-VIA_B | 1 | 25 |
| | | | 2 | TLF-SUB_F-NOD_1-VIA_B | 6 | 25 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_F-NOD_1-VIA_B | 12 | 13-14 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_F-NOD_1-VIA_B | 19 | 9-12 |
| SUB_F-NOD_2-VIA_B | IO-2 | 26 | 1 | TLC_SUB_F-NOD_2-VIA_B | 1 | 26 |
| | | | 2 | TLF-SUB_F-NOD_2-VIA_B | 6 | 26 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_F-NOD_2-VIA_B | 12 | 15-16 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_F-NOD_2-VIA_B | 19 | 13-16 |
| SUB_F-NOD_3-VIA_B | IO-2 | 27 | 1 | TLC_SUB_F-NOD_3-VIA_B | 1 | 27 |
| | | | 2 | TLF-SUB_F-NOD_3-VIA_B | 6 | 27 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_F-NOD_3-VIA_B | 12 | 17-18 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_F-NOD_3-VIA_B | 19 | 1-4 |
| SUB_F-NOD_4-VIA_B | IO-2 | 28 | 1 | TLC_SUB_F-NOD_4-VIA_B | 1 | 28 |
| | | | 2 | TLF-SUB_F-NOD_4-VIA_B | 6 | 28 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_F-NOD_4-VIA_B | 12 | 19-20 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_F-NOD_4-VIA_B | 19 | 5-8 |

| Circuito E1 | Ranura | E1 interno | Timeslot | Servicio PDH | E1 físico | Timeslot |
|-------------------|--------|------------|----------|-----------------------|-----------|----------|
| SUB_F-NOD_5-VIA_B | IO-2 | 29 | 1 | TLC-SUB_F-NOD_5-VIA_B | 1 | 29 |
| | | | 2 | TLF-SUB_F-NOD_5-VIA_B | 6 | 29 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_F-NOD_5-VIA_B | 12 | 21-22 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_F-NOD_5-VIA_B | 19 | 9-12 |
| SUB_F-NOD_6-VIA_B | IO-2 | 30 | 1 | TLC_SUB_F-NOD_6-VIA_B | 1 | 30 |
| | | | 2 | TLF-SUB_F-NOD_6-VIA_B | 6 | 30 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_F-NOD_6-VIA_B | 12 | 23-24 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_F-NOD_6-VIA_B | 19 | 13-16 |
| SUB_F-NOD_7-VIA_B | IO-2 | 31 | 1 | TLC_SUB_F-NOD_7-VIA_B | 2 | 1 |
| | | | 2 | TLF-SUB_F-NOD_7-VIA_B | 7 | 1 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_F-NOD_7-VIA_B | 12 | 25-26 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_F-NOD_7-VIA_B | 19 | 17-20 |
| SUB_F-NOD_8-VIA_B | IO-2 | 32 | 1 | TLC_SUB_F-NOD_8-VIA_B | 2 | 2 |
| | | | 2 | TLF-SUB_F-NOD_8-VIA_B | 7 | 2 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_F-NOD_8-VIA_B | 12 | 27-28 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_F-NOD_8-VIA_B | 19 | 21-24 |
| SUB_G-NOD_1-VIA_A | IO-3 | 1 | 1 | TLC-SUB_G-NOD_1-VIA_A | 2 | 3 |
| | | | 2 | TLF-SUB_G-NOD_1-VIA_A | 7 | 3 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_G-NOD_1-VIA_A | 12 | 29-30 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_G-NOD_1-VIA_A | 19 | 25-28 |
| SUB_G-NOD_2-VIA_A | IO-3 | 2 | 1 | TLC_SUB_G-NOD_2-VIA_A | 2 | 4 |
| | | | 2 | TLF-SUB_G-NOD_2-VIA_A | 7 | 4 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_G-NOD_2-VIA_A | 13 | 1-2 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_G-NOD_2-VIA_A | 20 | 1-4 |
| SUB_G-NOD_3-VIA_A | IO-3 | 3 | 1 | TLC_SUB_G-NOD_3-VIA_A | 2 | 5 |
| | | | 2 | TLF-SUB_G-NOD_3-VIA_A | 7 | 5 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_G-NOD_3-VIA_A | 13 | 3-4 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_G-NOD_3-VIA_A | 20 | 5-8 |
| SUB_G-NOD_4-VIA_A | IO-3 | 4 | 1 | TLC_SUB_G-NOD_4-VIA_A | 2 | 6 |
| | | | 2 | TLF-SUB_G-NOD_4-VIA_A | 7 | 6 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_G-NOD_4-VIA_A | 13 | 5-6 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_G-NOD_4-VIA_A | 20 | 9-12 |
| SUB_G-NOD_1-VIA_B | IO-3 | 5 | 1 | TLC-SUB_G-NOD_1-VIA_B | 2 | 3 |
| | | | 2 | TLF-SUB_G-NOD_1-VIA_B | 7 | 3 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_G-NOD_1-VIA_B | 12 | 29-30 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_G-NOD_1-VIA_B | 19 | 25-28 |
| SUB_G-NOD_2-VIA_B | IO-3 | 6 | 1 | TLC_SUB_G-NOD_2-VIA_B | 2 | 4 |
| | | | 2 | TLF-SUB_G-NOD_2-VIA_B | 7 | 4 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_G-NOD_2-VIA_B | 13 | 1-2 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_G-NOD_2-VIA_B | 20 | 1-4 |

| Circuito E1 | Ranura | E1 interno | Timeslot | Servicio PDH | E1 físico | Timeslot |
|-------------------|--------|------------|----------|-----------------------|-----------|----------|
| SUB_G-NOD_3-VIA_B | IO-3 | 7 | 1 | TLC_SUB_G-NOD_3-VIA_B | 2 | 5 |
| | | | 2 | TLF-SUB_G-NOD_3-VIA_B | 7 | 5 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_G-NOD_3-VIA_B | 13 | 3-4 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_G-NOD_3-VIA_B | 20 | 5-8 |
| SUB_G-NOD_4-VIA_B | IO-3 | 8 | 1 | TLC_SUB_G-NOD_4-VIA_B | 2 | 6 |
| | | | 2 | TLF-SUB_G-NOD_4-VIA_B | 7 | 6 |
| | | | 3-4 | RAD-SUB_G-NOD_4-VIA_B | 13 | 5-6 |
| | | | 5-8 | TTR-SUB_G-NOD_4-VIA_B | 20 | 9-12 |
| TLC_SEDE_A | IO-3 | 9 | 1 | TLC_SEDE_A | 2 | 7 |
| TLC_SEDE_B | IO-3 | 10 | 1 | TLC_SEDE_B | 2 | 8 |
| TLC_SEDE_C | IO-3 | 11 | 1 | TLC_SEDE_C | 2 | 9 |
| TLC_SEDE_D | IO-3 | 12 | 1 | TLC_SEDE_D | 2 | 10 |
| TLC_SEDE_E | IO-3 | 13 | 1 | TLC_SEDE_E | 2 | 11 |
| TLC_SEDE_F | IO-3 | 14 | 1 | TLC_SEDE_F | 2 | 12 |
| TLC_SEDE_G | IO-3 | 15 | 1 | TLC_SEDE_G | 2 | 13 |

8. ANEXO IV.a. Configuración VLANs tarjetas MCS5 en CGR

| Servicio | Circuito | Ranura | Tributario EoS | Tipo de VC | Nº VCs | Puerto físico | Tipo de puerto |
|-----------------------------|------------------|--------|----------------|------------|--------|---------------|------------------|
| VIA 1 DATOS CORPORATIVOS | DAT-SEDE_A-CGR-1 | IC-2 | 1 | VC-3 | 2 | GE 1 | Gigabit Ethernet |
| | DAT-SEDE_B-CGR-1 | IC-2 | 2 | VC-3 | 2 | | |
| | DAT-SEDE_C-CGR-1 | IC-2 | 3 | VC-3 | 2 | | |
| | DAT-SEDE_D-CGR-1 | IC-2 | 4 | VC-3 | 2 | | |
| | DAT-SEDE_E-CGR-1 | IC-2 | 5 | VC-3 | 2 | | |
| | DAT-SEDE_F-CGR-1 | IC-2 | 6 | VC-3 | 2 | | |
| | DAT-SEDE_G-CGR-1 | IC-2 | 7 | VC-3 | 2 | | |
| VIA 2 DATOS CORPORATIVOS | DAT-SEDE_A-CGR-2 | IC-3 | 1 | VC-3 | 2 | GE 1 | Gigabit Ethernet |
| | DAT-SEDE_B-CGR-2 | IC-3 | 2 | VC-3 | 2 | | |
| | DAT-SEDE_C-CGR-2 | IC-3 | 3 | VC-3 | 2 | | |
| | DAT-SEDE_D-CGR-2 | IC-3 | 4 | VC-3 | 2 | | |
| | DAT-SEDE_E-CGR-2 | IC-3 | 5 | VC-3 | 2 | | |
| | DAT-SEDE_F-CGR-2 | IC-3 | 6 | VC-3 | 2 | | |
| | DAT-SEDE_G-CGR-2 | IC-3 | 7 | VC-3 | 2 | | |
| VIDEOCONFERENCIA | VCF-SEDE_A-CGR | IC-2 | 8 | VC-12 | 4 | GE 2 | Gigabit Ethernet |
| | VCF-SEDE_B-CGR | IC-2 | 9 | VC-12 | 4 | | |
| | VCF-SEDE_C-CGR | IC-2 | 10 | VC-12 | 4 | | |
| | VCF-SEDE_D-CGR | IC-2 | 11 | VC-12 | 4 | | |
| | VCF-SEDE_E-CGR | IC-2 | 12 | VC-12 | 4 | | |
| | VCF-SEDE_F-CGR | IC-2 | 13 | VC-12 | 4 | | |
| | VCF-SEDE_G-CGR | IC-2 | 14 | VC-12 | 4 | | |
| TELEPRESENCIA | TPR-SEDE_A-CGR | IC-3 | 8 | VC-12 | 10 | GE 2 | Gigabit Ethernet |
| | TPR-SEDE_B-CGR | IC-3 | 9 | VC-12 | 10 | | |
| | TPR-SEDE_C-CGR | IC-3 | 10 | VC-12 | 10 | | |
| | TPR-SEDE_D-CGR | IC-3 | 11 | VC-12 | 10 | | |
| | TPR-SEDE_E-CGR | IC-3 | 12 | VC-12 | 10 | | |
| | TPR-SEDE_F-CGR | IC-3 | 13 | VC-12 | 10 | | |
| | TPR-SEDE_G-CGR | IC-3 | 14 | VC-12 | 10 | | |
| TELEVIGILANCIA | TVG-SEDE_A-CGR | IC-4 | 1 | VC-12 | 5 | GE 1 | Gigabit Ethernet |
| | TVG-SEDE_B-CGR | IC-4 | 2 | VC-12 | 5 | | |
| | TVG-SEDE_C-CGR | IC-4 | 3 | VC-12 | 5 | | |
| | TVG-SEDE_D-CGR | IC-4 | 4 | VC-12 | 5 | | |
| | TVG-SEDE_E-CGR | IC-4 | 5 | VC-12 | 5 | | |
| | TVG-SEDE_F-CGR | IC-4 | 6 | VC-12 | 5 | | |
| | TVG-SEDE_G-CGR | IC-4 | 7 | VC-12 | 5 | | |
| Gestión GW secundario SDH | GST-SEDE_D-CGR | IC-2 | 15 | VC-12 | 1 | FE 1 | Fast Ethernet |

9. ANEXO IV.b. Configuración VLANs tarjetas MCS5 en las Sedes

| Servicio | Circuito | Ranura | Tributario EoS | Tipo de VC | Nº VCs | Puerto físico | Tipo de puerto |
|-----------------------------|------------------|--------|----------------|------------|--------|---------------|------------------|
| VIA 1 DATOS CORPORATIVOS | DAT-SEDE_X-CGR-1 | IC-2 | 1 | VC-3 | 2 | GE 1 | Gigabit Ethernet |
| VIA 2 DATOS CORPORATIVOS | DAT-SEDE_X-CGR-2 | IC-2 | 2 | VC-3 | 2 | GE 2 | Gigabit Ethernet |
| VIDEOCONFERENCIA | VCF-SEDE_X-CGR | IC-2 | 3 | VC-12 | 4 | FE 1 | Fast Ethernet |
| | | | | | | FE 2 | Fast Ethernet |
| | | | | | | FE 3 | Fast Ethernet |
| | | | | | | FE 4 | Fast Ethernet |
| TELEPRESENCIA | TPR-SEDE_X-CGR | IC-2 | 4 | VC-12 | 10 | FE 5 | Fast Ethernet |
| TELEVIGILANCIA | TVG-SEDE_X-CGR | IC-2 | 5 | VC-12 | 5 | FE 6 | Fast Ethernet |

En sede D se configura el siguiente circuito específico para el Gateway secundario de gestión SDH, este puerto va cableado directamente al interfaz MGT del XDM local.

| Servicio | Circuito | Ranura | Tributario EoS | Tipo de VC | Nº VCs | Puerto físico | Tipo de puerto |
|---------------------------|----------------|--------|----------------|------------|--------|---------------|----------------|
| Gestión GW secundario SDH | GST-SEDE_D-CGR | IC-2 | 6 | VC-12 | 1 | FE 7 | Fast Ethernet |

10. ANEXO V. Repartidores de fibra óptica

| Localidad: CGR | | | | | Tipo repartidor: NK | | Repartidor Nº 1 | | Tipo conector: FC/APC | |
|----------------|-------------------------|----------|----------------|----------|--------------------------------|----------|-----------------|---------------------------------|-----------------------|--|
| Nº | Procedencia | | Repartidor | | Destino | | | Servicio | | |
| | Repartidor | Conector | Nº Fibra cable | Conector | Equipo | Conector | tipo conector | | | |
| 1 | Repartidor 16 Sede G | 1 | 1 | 1 | Nokia DM-34 CGR dir. Sede G | IN | FC/APC | OUT NOKIA DM-34 SEDE G dir. CGR | | |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | | OUT | FC/APC | IN NOKIA DM-34 SEDE G dir. CGR | | |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | RESERVA ANILLO PDH | | |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | | | | RESERVA ANILLO PDH | | |
| 5 | | punta | 5 | 5 | | | | | | |
| 6 | | punta | 6 | 6 | | | | | | |
| 7 | | punta | 7 | 7 | | | | | | |
| 8 | | punta | 8 | 8 | | | | | | |
| 9 | Repartidor 16 Sede G | 9 | 9 | 9 | XDM-CGR | X1 - IN | FC/APC | X2 - OUT XDM - SEDE G | | |
| 10 | | 10 | 10 | 10 | | X1 - OUT | FC/APC | X2 - IN XDM - SEDE G | | |
| 11 | | 11 | 11 | 11 | | | | RESERVA ANILLO SDH | | |
| 12 | | 12 | 12 | 12 | | | | RESERVA ANILLO SDH | | |
| 13 | | punta | 13 | 13 | | | | | | |
| 14 | | punta | 14 | 14 | | | | | | |
| 15 | | punta | 15 | 15 | | | | | | |
| 16 | | punta | 16 | 16 | | | | | | |
| 17 | Repartidor 16 Sede G | 17 | 17 | 17 | CESION CGR - F | | FC/APC | CESION CGR - F | | |
| 18 | | 18 | 18 | 18 | | | FC/APC | CESION CGR - F | | |
| 19 | | 19 | 19 | 19 | | | FC/APC | CESION CGR - F | | |
| 20 | | 20 | 20 | 20 | | | FC/APC | CESION CGR - F | | |
| 21 | | punta | 21 | 21 | | | | | | |
| 22 | | punta | 22 | 22 | | | | | | |
| 23 | | punta | 23 | 23 | | | | | | |
| 24 | | punta | 24 | 24 | | | | | | |
| 25 | | punta | 25 | 25 | | | | | | |
| 26 | | punta | 26 | 26 | | | | | | |
| 27 | | punta | 27 | 27 | | | | | | |
| 28 | | punta | 28 | 28 | | | | | | |
| 29 | | punta | 29 | 29 | | | | | | |
| 30 | | punta | 30 | 30 | | | | | | |
| 31 | | punta | 31 | 31 | | | | | | |
| 32 | | punta | 32 | 32 | | | | | | |
| 33 | | punta | 33 | 33 | | | | | | |
| 34 | | punta | 34 | 34 | | | | | | |
| 35 | | punta | 35 | 35 | | | | | | |
| 36 | | punta | 36 | 36 | | | | | | |
| 37 | | punta | 37 | 37 | | | | | | |
| 38 | | punta | 38 | 38 | | | | | | |
| 39 | | punta | 39 | 39 | | | | | | |
| 40 | | punta | 40 | 40 | | | | | | |
| 41 | | punta | 41 | 41 | | | | | | |
| 42 | | punta | 42 | 42 | | | | | | |
| 43 | | punta | 43 | 43 | | | | | | |
| 44 | | punta | 44 | 44 | | | | | | |
| 45 | | punta | 45 | 45 | | | | | | |
| 46 | | punta | 46 | 46 | | | | | | |
| 47 | | punta | 47 | 47 | | | | | | |
| 48 | | punta | 48 | 48 | | | | | | |

| Localidad: CGR | | | | Tipo repartidor: NK | Repartidor Nº 2 | Tipo conector: FC/APC | | |
|----------------|------------------------|----------|----------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------|---------------------------------|
| Nº | Procedencia | | Repartidor | | Destino | | | Servicio |
| | Repartidor | Conector | Nº Fibra cable | Conector | Equipo | Conector | tipo conector | |
| 1 | Repartidor 3 Sede A | 1 | 1 | 1 | Nokia DM-34 CGR dir. Sede A | OUT | FC/APC | IN NOKIA DM-34 SEDE A dir. CGR |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | | IN | FC/APC | OUT NOKIA DM-34 SEDE A dir. CGR |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | RESERVA ANILLO PDH |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | | | | RESERVA ANILLO PDH |
| 5 | | punta | 5 | 5 | | | | |
| 6 | | punta | 6 | 6 | | | | |
| 7 | | punta | 7 | 7 | | | | |
| 8 | | punta | 8 | 8 | | | | |
| 9 | Repartidor 3 Sede A | 9 | 9 | 9 | XDM-CGR | X2 - OUT | FC/APC | X1 - IN XDM - SEDE A |
| 10 | | 10 | 10 | 10 | | X2 - IN | FC/APC | X1 - OUT XDM - SEDE A |
| 11 | | 11 | 11 | 11 | | | | RESERVA ANILLO SDH |
| 12 | | 12 | 12 | 12 | | | | RESERVA ANILLO SDH |
| 13 | | punta | 13 | 13 | | | | |
| 14 | | punta | 14 | 14 | | | | |
| 15 | | punta | 15 | 15 | | | | |
| 16 | | punta | 16 | 16 | | | | |
| 17 | Repartidor 3 Sede A | 17 | 17 | 17 | CESION CGR - A | | FC/APC | CESION CGR - A |
| 18 | | 18 | 18 | 18 | CESION CGR - A | | FC/APC | CESION CGR - A |
| 19 | | 19 | 19 | 19 | CESION CGR - A | | FC/APC | CESION CGR - A |
| 20 | | 20 | 20 | 20 | CESION CGR - A | | FC/APC | CESION CGR - A |
| 21 | | punta | 21 | 21 | | | | |
| 22 | | punta | 22 | 22 | | | | |
| 23 | | punta | 23 | 23 | | | | |
| 24 | | punta | 24 | 24 | | | | |
| 25 | | punta | 25 | 25 | | | | |
| 26 | | punta | 26 | 26 | | | | |
| 27 | | punta | 27 | 27 | | | | |
| 28 | | punta | 28 | 28 | | | | |
| 29 | | punta | 29 | 29 | | | | |
| 30 | | punta | 30 | 30 | | | | |
| 31 | | punta | 31 | 31 | | | | |
| 32 | | punta | 32 | 32 | | | | |
| 33 | | punta | 33 | 33 | | | | |
| 34 | | punta | 34 | 34 | | | | |
| 35 | | punta | 35 | 35 | | | | |
| 36 | | punta | 36 | 36 | | | | |
| 37 | | punta | 37 | 37 | | | | |
| 38 | | punta | 38 | 38 | | | | |
| 39 | | punta | 39 | 39 | | | | |
| 40 | | punta | 40 | 40 | | | | |
| 41 | | punta | 41 | 41 | | | | |
| 42 | | punta | 42 | 42 | | | | |
| 43 | | punta | 43 | 43 | | | | |
| 44 | | punta | 44 | 44 | | | | |
| 45 | | punta | 45 | 45 | | | | |
| 46 | | punta | 46 | 46 | | | | |
| 47 | | punta | 47 | 47 | | | | |
| 48 | | punta | 48 | 48 | | | | |

| Localidad: SEDE A | | | | Tipo repartidor: NK | Repartidor Nº 3 | Tipo conector: FC/APC | | |
|-------------------|---------------------|----------|----------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------|---------------------------------|
| Nº | Procedencia | | Repartidor | | Destino | | | |
| | Repartidor | Conector | Nº Fibra cable | Conector | Equipo | Conector | tipo conector | |
| 1 | Repartidor 2 CGR | 1 | 1 | 1 | Nokia DM-34 SEDE A dir. CGR | IN | FC/APC | OUT NOKIA DM-34 CGR dir. SEDE A |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | | OUT | FC/APC | IN NOKIA DM-34 CGR dir. SEDE A |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | RESERVA ANILLO PDH |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | | | | RESERVA ANILLO PDH |
| 5 | | punta | 5 | 5 | | | | |
| 6 | | punta | 6 | 6 | | | | |
| 7 | | punta | 7 | 7 | | | | |
| 8 | | punta | 8 | 8 | | | | |
| 9 | Repartidor 2 CGR | 9 | 9 | 9 | XDM-SEDE A | X1 - IN | FC/APC | X2 - OUT XDM - CGR |
| 10 | | 10 | 10 | 10 | | X1 - OUT | FC/APC | X2 - IN XDM - CGR |
| 11 | | 11 | 11 | 11 | | | | RESERVA ANILLO SDH |
| 12 | | 12 | 12 | 12 | | | | RESERVA ANILLO SDH |
| 13 | | punta | 13 | 13 | | | | |
| 14 | | punta | 14 | 14 | | | | |
| 15 | | punta | 15 | 15 | | | | |
| 16 | | punta | 16 | 16 | | | | |
| 17 | Repartidor 2 CGR | 17 | 17 | 17 | CESION A - CGR | | FC/APC | CESION A - CGR |
| 18 | | 18 | 18 | 18 | CESION A - CGR | | FC/APC | CESION A - CGR |
| 19 | | 19 | 19 | 19 | CESION A - CGR | | FC/APC | CESION A - CGR |
| 20 | | 20 | 20 | 20 | CESION A - CGR | | FC/APC | CESION A - CGR |
| 21 | | punta | 21 | 21 | | | | |
| 22 | | punta | 22 | 22 | | | | |
| 23 | | punta | 23 | 23 | | | | |
| 24 | | punta | 24 | 24 | | | | |
| 25 | | punta | 25 | 25 | | | | |
| 26 | | punta | 26 | 26 | | | | |
| 27 | | punta | 27 | 27 | | | | |
| 28 | | punta | 28 | 28 | | | | |
| 29 | | punta | 29 | 29 | | | | |
| 30 | | punta | 30 | 30 | | | | |
| 31 | | punta | 31 | 31 | | | | |
| 32 | | punta | 32 | 32 | | | | |
| 33 | | punta | 33 | 33 | | | | |
| 34 | | punta | 34 | 34 | | | | |
| 35 | | punta | 35 | 35 | | | | |
| 36 | | punta | 36 | 36 | | | | |
| 37 | | punta | 37 | 37 | | | | |
| 38 | | punta | 38 | 38 | | | | |
| 39 | | punta | 39 | 39 | | | | |
| 40 | | punta | 40 | 40 | | | | |
| 41 | | punta | 41 | 41 | | | | |
| 42 | | punta | 42 | 42 | | | | |
| 43 | | punta | 43 | 43 | | | | |
| 44 | | punta | 44 | 44 | | | | |
| 45 | | punta | 45 | 45 | | | | |
| 46 | | punta | 46 | 46 | | | | |
| 47 | | punta | 47 | 47 | | | | |
| 48 | | punta | 48 | 48 | | | | |

| Localidad: SEDE A | | | Tipo repartidor: NK | | Repartidor Nº 4 | | Tipo conector: FC/APC | |
|-------------------|------------------------|----------|---------------------|----------|-----------------------------------|----------|-----------------------|------------------------------------|
| Nº | Procedencia | | Repartidor | | Destino | | | Servicio |
| | Repartidor | Conector | Nº Fibra cable | Conector | Equipo | Conector | tipo conector | |
| 1 | Repartidor 5 Sede B | 1 | 1 | 1 | Nokia DM-34 SEDE A dir. SEDE B | OUT | FC/APC | IN NOKIA DM-34 SEDE B dir. SEDE A |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | | IN | FC/APC | OUT NOKIA DM-34 SEDE B dir. SEDE A |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | RESERVA ANILLO PDH |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | | | | RESERVA ANILLO PDH |
| 5 | | punta | 5 | 5 | | | | |
| 6 | | punta | 6 | 6 | | | | |
| 7 | | punta | 7 | 7 | | | | |
| 8 | | punta | 8 | 8 | | | | |
| 9 | Repartidor 5 Sede B | 9 | 9 | 9 | XDM-SEDE A | X2 - OUT | FC/APC | X1 - IN XDM - SEDE C |
| 10 | | 10 | 10 | 10 | | X2 - IN | FC/APC | X1 - OUT XDM - SEDE C |
| 11 | | 11 | 11 | 11 | | | | RESERVA ANILLO SDH |
| 12 | | 12 | 12 | 12 | | | | RESERVA ANILLO SDH |
| 13 | | punta | 13 | 13 | | | | |
| 14 | | punta | 14 | 14 | | | | |
| 15 | | punta | 15 | 15 | | | | |
| 16 | | punta | 16 | 16 | | | | |
| 17 | | punta | 17 | 17 | | | | |
| 18 | | punta | 18 | 18 | | | | |
| 19 | | punta | 19 | 19 | | | | |
| 20 | | punta | 20 | 20 | | | | |
| 21 | | punta | 21 | 21 | | | | |
| 22 | | punta | 22 | 22 | | | | |
| 23 | | punta | 23 | 23 | | | | |
| 24 | | punta | 24 | 24 | | | | |
| 25 | | punta | 25 | 25 | | | | |
| 26 | | punta | 26 | 26 | | | | |
| 27 | | punta | 27 | 27 | | | | |
| 28 | | punta | 28 | 28 | | | | |
| 29 | | punta | 29 | 29 | | | | |
| 30 | | punta | 30 | 30 | | | | |
| 31 | | punta | 31 | 31 | | | | |
| 32 | | punta | 32 | 32 | | | | |
| 33 | | punta | 33 | 33 | | | | |
| 34 | | punta | 34 | 34 | | | | |
| 35 | | punta | 35 | 35 | | | | |
| 36 | | punta | 36 | 36 | | | | |
| 37 | | punta | 37 | 37 | | | | |
| 38 | | punta | 38 | 38 | | | | |
| 39 | | punta | 39 | 39 | | | | |
| 40 | | punta | 40 | 40 | | | | |
| 41 | | punta | 41 | 41 | | | | |
| 42 | | punta | 42 | 42 | | | | |
| 43 | | punta | 43 | 43 | | | | |
| 44 | | punta | 44 | 44 | | | | |
| 45 | | punta | 45 | 45 | | | | |
| 46 | | punta | 46 | 46 | | | | |
| 47 | | punta | 47 | 47 | | | | |
| 48 | | punta | 48 | 48 | | | | |

| Localidad: SEDE B | | | | Tipo repartidor: NK | | Repartidor Nº 5 | | Tipo conector: FC/APC | |
|-------------------|---------------------|----------|----------------|---------------------|--------------------------------|-----------------|---------------|------------------------------------|--|
| Nº | Procedencia | | Repartidor | | Destino | | | Servicio | |
| | Repartidor | Conector | Nº Fibra cable | Conector | Equipo | Conector | tipo conector | | |
| 1 | Repartidor 4 SEDE A | 1 | 1 | 1 | Nokia DM-34 SEDE B dir. SEDE A | IN | FC/APC | OUT NOKIA DM-34 SEDE A dir. SEDE B | |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | | OUT | FC/APC | IN NOKIA DM-34 SEDE A dir. SEDE B | |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | RESERVA ANILLO PDH | |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | | | | RESERVA ANILLO PDH | |
| 5 | | punta | 5 | 5 | | | | | |
| 6 | | punta | 6 | 6 | | | | | |
| 7 | | punta | 7 | 7 | | | | | |
| 8 | | punta | 8 | 8 | | | | | |
| 9 | Repartidor 4 SEDE A | 9 | 9 | 9 | XDM-SEDE B | X1 - IN | FC/APC | X2 - OUT XDM - SEDE A | |
| 10 | | 10 | 10 | 10 | | X1 - OUT | FC/APC | X2 - IN XDM - SEDE A | |
| 11 | | 11 | 11 | 11 | | | | RESERVA ANILLO SDH | |
| 12 | | 12 | 12 | 12 | | | | RESERVA ANILLO SDH | |
| 13 | | punta | 13 | 13 | | | | | |
| 14 | | punta | 14 | 14 | | | | | |
| 15 | | punta | 15 | 15 | | | | | |
| 16 | | punta | 16 | 16 | | | | | |
| 17 | | punta | 17 | 17 | | | | | |
| 18 | | punta | 18 | 18 | | | | | |
| 19 | | punta | 19 | 19 | | | | | |
| 20 | | punta | 20 | 20 | | | | | |
| 21 | | punta | 21 | 21 | | | | | |
| 22 | | punta | 22 | 22 | | | | | |
| 23 | | punta | 23 | 23 | | | | | |
| 24 | | punta | 24 | 24 | | | | | |
| 25 | | punta | 25 | 25 | | | | | |
| 26 | | punta | 26 | 26 | | | | | |
| 27 | | punta | 27 | 27 | | | | | |
| 28 | | punta | 28 | 28 | | | | | |
| 29 | | punta | 29 | 29 | | | | | |
| 30 | | punta | 30 | 30 | | | | | |
| 31 | | punta | 31 | 31 | | | | | |
| 32 | | punta | 32 | 32 | | | | | |
| 33 | | punta | 33 | 33 | | | | | |
| 34 | | punta | 34 | 34 | | | | | |
| 35 | | punta | 35 | 35 | | | | | |
| 36 | | punta | 36 | 36 | | | | | |
| 37 | | punta | 37 | 37 | | | | | |
| 38 | | punta | 38 | 38 | | | | | |
| 39 | | punta | 39 | 39 | | | | | |
| 40 | | punta | 40 | 40 | | | | | |
| 41 | | punta | 41 | 41 | | | | | |
| 42 | | punta | 42 | 42 | | | | | |
| 43 | | punta | 43 | 43 | | | | | |
| 44 | | punta | 44 | 44 | | | | | |
| 45 | | punta | 45 | 45 | | | | | |
| 46 | | punta | 46 | 46 | | | | | |
| 47 | | punta | 47 | 47 | | | | | |
| 48 | | punta | 48 | 48 | | | | | |

| Localidad: SEDE B | | | | Tipo repartidor: NK | | Repartidor Nº 6 | | Tipo conector: FC/APC | |
|-------------------|------------------------|----------|----------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------|------------------------------------|--|
| Nº | Procedencia | | Repartidor | | Destino | | | Servicio | |
| | Repartidor | Conector | Nº Fibra cable | Conector | Equipo | Conector | tipo conector | | |
| 1 | Repartidor 7 Sede C | 1 | 1 | 1 | Nokia DM-34 SEDE B dir. SEDE C | OUT | FC/APC | IN NOKIA DM-34 SEDE C dir. SEDE B | |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | | IN | FC/APC | OUT NOKIA DM-34 SEDE C dir. SEDE B | |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | RESERVA ANILLO PDH | |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | | | | RESERVA ANILLO PDH | |
| 5 | | punta | 5 | 5 | | | | | |
| 6 | | punta | 6 | 6 | | | | | |
| 7 | | punta | 7 | 7 | | | | | |
| 8 | | punta | 8 | 8 | | | | | |
| 9 | Repartidor 7 Sede C | 9 | 9 | 9 | XDM-SEDE B | X2 - OUT | FC/APC | X1 - IN XDM - SEDE C | |
| 10 | | 10 | 10 | 10 | | X2 - IN | FC/APC | X1 - OUT XDM - SEDE C | |
| 11 | | 11 | 11 | 11 | | | | RESERVA ANILLO SDH | |
| 12 | | 12 | 12 | 12 | | | | RESERVA ANILLO SDH | |
| 13 | | punta | 13 | 13 | | | | | |
| 14 | | punta | 14 | 14 | | | | | |
| 15 | | punta | 15 | 15 | | | | | |
| 16 | | punta | 16 | 16 | | | | | |
| 17 | | punta | 17 | 17 | | | | | |
| 18 | | punta | 18 | 18 | | | | | |
| 19 | | punta | 19 | 19 | | | | | |
| 20 | | punta | 20 | 20 | | | | | |
| 21 | | punta | 21 | 21 | | | | | |
| 22 | | punta | 22 | 22 | | | | | |
| 23 | | punta | 23 | 23 | | | | | |
| 24 | | punta | 24 | 24 | | | | | |
| 25 | | punta | 25 | 25 | | | | | |
| 26 | | punta | 26 | 26 | | | | | |
| 27 | | punta | 27 | 27 | | | | | |
| 28 | | punta | 28 | 28 | | | | | |
| 29 | | punta | 29 | 29 | | | | | |
| 30 | | punta | 30 | 30 | | | | | |
| 31 | | punta | 31 | 31 | | | | | |
| 32 | | punta | 32 | 32 | | | | | |
| 33 | | punta | 33 | 33 | | | | | |
| 34 | | punta | 34 | 34 | | | | | |
| 35 | | punta | 35 | 35 | | | | | |
| 36 | | punta | 36 | 36 | | | | | |
| 37 | | punta | 37 | 37 | | | | | |
| 38 | | punta | 38 | 38 | | | | | |
| 39 | | punta | 39 | 39 | | | | | |
| 40 | | punta | 40 | 40 | | | | | |
| 41 | | punta | 41 | 41 | | | | | |
| 42 | | punta | 42 | 42 | | | | | |
| 43 | | punta | 43 | 43 | | | | | |
| 44 | | punta | 44 | 44 | | | | | |
| 45 | | punta | 45 | 45 | | | | | |
| 46 | | punta | 46 | 46 | | | | | |
| 47 | | punta | 47 | 47 | | | | | |
| 48 | | punta | 48 | 48 | | | | | |

| Localidad: SEDE C | | | Tipo repartidor: NK | | Repartidor Nº 7 | | Tipo conector: FC/APC | |
|-------------------|---------------------|----------|---------------------|----------|--------------------------------|----------|-----------------------|------------------------------------|
| Nº | Procedencia | | Repartidor | | Destino | | | Servicio |
| | Repartidor | Conector | Nº Fibra cable | Conector | Equipo | Conector | tipo conector | |
| 1 | Repartidor 5 SEDE B | 1 | 1 | 1 | Nokia DM-34 SEDE C dir. SEDE B | IN | FC/APC | OUT NOKIA DM-34 SEDE B dir. SEDE C |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | | OUT | FC/APC | IN NOKIA DM-34 SEDE B dir. SEDE C |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | RESERVA ANILLO PDH |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | | | | RESERVA ANILLO PDH |
| 5 | | punta | 5 | 5 | | | | |
| 6 | | punta | 6 | 6 | | | | |
| 7 | | punta | 7 | 7 | | | | |
| 8 | | punta | 8 | 8 | | | | |
| 9 | Repartidor 5 SEDE B | 9 | 9 | 9 | XDM-SEDE C | X1 - IN | FC/APC | X2 - OUT XDM - SEDE D |
| 10 | | 10 | 10 | 10 | | X1 - OUT | FC/APC | X2 - IN XDM - SEDE D |
| 11 | | 11 | 11 | 11 | | | | RESERVA ANILLO SDH |
| 12 | | 12 | 12 | 12 | | | | RESERVA ANILLO SDH |
| 13 | | punta | 13 | 13 | | | | |
| 14 | | punta | 14 | 14 | | | | |
| 15 | | punta | 15 | 15 | | | | |
| 16 | | punta | 16 | 16 | | | | |
| 17 | | punta | 17 | 17 | | | | |
| 18 | | punta | 18 | 18 | | | | |
| 19 | | punta | 19 | 19 | | | | |
| 20 | | punta | 20 | 20 | | | | |
| 21 | | punta | 21 | 21 | | | | |
| 22 | | punta | 22 | 22 | | | | |
| 23 | | punta | 23 | 23 | | | | |
| 24 | | punta | 24 | 24 | | | | |
| 25 | | punta | 25 | 25 | | | | |
| 26 | | punta | 26 | 26 | | | | |
| 27 | | punta | 27 | 27 | | | | |
| 28 | | punta | 28 | 28 | | | | |
| 29 | | punta | 29 | 29 | | | | |
| 30 | | punta | 30 | 30 | | | | |
| 31 | | punta | 31 | 31 | | | | |
| 32 | | punta | 32 | 32 | | | | |
| 33 | | punta | 33 | 33 | | | | |
| 34 | | punta | 34 | 34 | | | | |
| 35 | | punta | 35 | 35 | | | | |
| 36 | | punta | 36 | 36 | | | | |
| 37 | | punta | 37 | 37 | | | | |
| 38 | | punta | 38 | 38 | | | | |
| 39 | | punta | 39 | 39 | | | | |
| 40 | | punta | 40 | 40 | | | | |
| 41 | | punta | 41 | 41 | | | | |
| 42 | | punta | 42 | 42 | | | | |
| 43 | | punta | 43 | 43 | | | | |
| 44 | | punta | 44 | 44 | | | | |
| 45 | | punta | 45 | 45 | | | | |
| 46 | | punta | 46 | 46 | | | | |
| 47 | | punta | 47 | 47 | | | | |
| 48 | | punta | 48 | 48 | | | | |

| Localidad: SEDE C | | | Tipo repartidor: NK | | Repartidor Nº 8 | | Tipo conector: FC/APC | |
|-------------------|------------------------|----------|---------------------|----------|-----------------------------------|----------|-----------------------|------------------------------------|
| Nº | Procedencia | | Repartidor | | Destino | | | Servicio |
| | Repartidor | Conector | Nº Fibra cable | Conector | Equipo | Conector | tipo conector | |
| 1 | Repartidor 9 Sede D | 1 | 1 | 1 | Nokia DM-34 SEDE C dir. SEDE D | OUT | FC/APC | IN NOKIA DM-34 SEDE D dir. SEDE C |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | | IN | FC/APC | OUT NOKIA DM-34 SEDE D dir. SEDE C |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | RESERVA ANILLO PDH |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | | | | RESERVA ANILLO PDH |
| 5 | | punta | 5 | 5 | | | | |
| 6 | | punta | 6 | 6 | | | | |
| 7 | | punta | 7 | 7 | | | | |
| 8 | | punta | 8 | 8 | | | | |
| 9 | Repartidor 9 Sede D | 9 | 9 | 9 | XDM-SEDE B | X2 - OUT | FC/APC | X1 - IN XDM - SEDE D |
| 10 | | 10 | 10 | 10 | | X2 - IN | FC/APC | X1 - OUT XDM - SEDE D |
| 11 | | 11 | 11 | 11 | | | | RESERVA ANILLO SDH |
| 12 | | 12 | 12 | 12 | | | | RESERVA ANILLO SDH |
| 13 | | punta | 13 | 13 | | | | |
| 14 | | punta | 14 | 14 | | | | |
| 15 | | punta | 15 | 15 | | | | |
| 16 | | punta | 16 | 16 | | | | |
| 17 | Repartidor 9 Sede D | punta | 17 | 17 | CESION C - D | | FC/APC | CESION C - D |
| 18 | | punta | 18 | 18 | CESION C - D | | FC/APC | CESION C - D |
| 19 | | punta | 19 | 19 | CESION C - D | | FC/APC | CESION C - D |
| 20 | | punta | 20 | 20 | CESION C - D | | FC/APC | CESION C - D |
| 21 | Repartidor 9 Sede D | punta | 21 | 21 | CESION C - D | | FC/APC | CESION C - D |
| 22 | | punta | 22 | 22 | CESION C - D | | FC/APC | CESION C - D |
| 23 | | punta | 23 | 23 | CESION C - D | | FC/APC | CESION C - D |
| 24 | | punta | 24 | 24 | CESION C - D | | FC/APC | CESION C - D |
| 25 | | punta | 25 | 25 | | | | |
| 26 | | punta | 26 | 26 | | | | |
| 27 | | punta | 27 | 27 | | | | |
| 28 | | punta | 28 | 28 | | | | |
| 29 | | punta | 29 | 29 | | | | |
| 30 | | punta | 30 | 30 | | | | |
| 31 | | punta | 31 | 31 | | | | |
| 32 | | punta | 32 | 32 | | | | |
| 33 | | punta | 33 | 33 | | | | |
| 34 | | punta | 34 | 34 | | | | |
| 35 | | punta | 35 | 35 | | | | |
| 36 | | punta | 36 | 36 | | | | |
| 37 | | punta | 37 | 37 | | | | |
| 38 | | punta | 38 | 38 | | | | |
| 39 | | punta | 39 | 39 | | | | |
| 40 | | punta | 40 | 40 | | | | |
| 41 | | punta | 41 | 41 | | | | |
| 42 | | punta | 42 | 42 | | | | |
| 43 | | punta | 43 | 43 | | | | |
| 44 | | punta | 44 | 44 | | | | |
| 45 | | punta | 45 | 45 | | | | |
| 46 | | punta | 46 | 46 | | | | |
| 47 | | punta | 47 | 47 | | | | |
| 48 | | punta | 48 | 48 | | | | |

| Localidad: SEDE D | | | | Tipo repartidor: NK | | Repartidor Nº 9 | | Tipo conector: FC/APC | |
|-------------------|---------------------|----------|----------------|---------------------|--------------------------------|-----------------|---------------|------------------------------------|--|
| Nº | Procedencia | | Repartidor | | Destino | | | Servicio | |
| | Repartidor | Conector | Nº Fibra cable | Conector | Equipo | Conector | tipo conector | | |
| 1 | Repartidor 8 SEDE C | 1 | 1 | 1 | Nokia DM-34 SEDE D dir. SEDE C | IN | FC/APC | OUT NOKIA DM-34 SEDE C dir. SEDE D | |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | | OUT | FC/APC | IN NOKIA DM-34 SEDE C dir. SEDE D | |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | RESERVA ANILLO PDH | |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | | | | RESERVA ANILLO PDH | |
| 5 | | punta | 5 | 5 | | | | | |
| 6 | | punta | 6 | 6 | | | | | |
| 7 | | punta | 7 | 7 | | | | | |
| 8 | | punta | 8 | 8 | | | | | |
| 9 | Repartidor 8 SEDE C | 9 | 9 | 9 | XDM-SEDE D | X1 - IN | FC/APC | X2 - OUT XDM - SEDE C | |
| 10 | | 10 | 10 | 10 | | X1 - OUT | FC/APC | X2 - IN XDM - SEDE C | |
| 11 | | 11 | 11 | 11 | | | | RESERVA ANILLO SDH | |
| 12 | | 12 | 12 | 12 | | | | RESERVA ANILLO SDH | |
| 13 | | punta | 13 | 13 | | | | | |
| 14 | | punta | 14 | 14 | | | | | |
| 15 | | punta | 15 | 15 | | | | | |
| 16 | | punta | 16 | 16 | | | | | |
| 17 | Repartidor 8 SEDE C | 17 | 17 | 17 | CESION D - C | | FC/APC | CESION D - C | |
| 18 | | 18 | 18 | 18 | | | FC/APC | CESION D - C | |
| 19 | | 19 | 19 | 19 | | | FC/APC | CESION D - C | |
| 20 | | 20 | 20 | 20 | | | FC/APC | CESION D - C | |
| 21 | Repartidor 8 SEDE C | 21 | 21 | 21 | CESION D - C | | FC/APC | CESION D - C | |
| 22 | | 22 | 22 | 22 | | | FC/APC | CESION D - C | |
| 23 | | 23 | 23 | 23 | | | FC/APC | CESION D - C | |
| 24 | | 24 | 24 | 24 | | | FC/APC | CESION D - C | |
| 25 | | punta | 25 | 25 | | | | | |
| 26 | | punta | 26 | 26 | | | | | |
| 27 | | punta | 27 | 27 | | | | | |
| 28 | | punta | 28 | 28 | | | | | |
| 29 | | punta | 29 | 29 | | | | | |
| 30 | | punta | 30 | 30 | | | | | |
| 31 | | punta | 31 | 31 | | | | | |
| 32 | | punta | 32 | 32 | | | | | |
| 33 | | punta | 33 | 33 | | | | | |
| 34 | | punta | 34 | 34 | | | | | |
| 35 | | punta | 35 | 35 | | | | | |
| 36 | | punta | 36 | 36 | | | | | |
| 37 | | punta | 37 | 37 | | | | | |
| 38 | | punta | 38 | 38 | | | | | |
| 39 | | punta | 39 | 39 | | | | | |
| 40 | | punta | 40 | 40 | | | | | |
| 41 | | punta | 41 | 41 | | | | | |
| 42 | | punta | 42 | 42 | | | | | |
| 43 | | punta | 43 | 43 | | | | | |
| 44 | | punta | 44 | 44 | | | | | |
| 45 | | punta | 45 | 45 | | | | | |
| 46 | | punta | 46 | 46 | | | | | |
| 47 | | punta | 47 | 47 | | | | | |
| 48 | | punta | 48 | 48 | | | | | |

| Localidad: SEDE D | | | Tipo repartidor: NK | | Repartidor Nº 10 | | Tipo conector: FC/APC | |
|-------------------|-------------------------|----------|---------------------|----------|-----------------------------------|----------|-----------------------|------------------------------------|
| Nº | Procedencia | | Repartidor | | Destino | | | Servicio |
| | Repartidor | Conector | Nº Fibra cable | Conector | Equipo | Conector | tipo conector | |
| 1 | Repartidor 11 Sede E | 1 | 1 | 1 | Nokia DM-34 SEDE D dir. SEDE E | OUT | FC/APC | IN NOKIA DM-34 SEDE E dir. SEDE D |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | | IN | FC/APC | OUT NOKIA DM-34 SEDE E dir. SEDE D |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | RESERVA ANILLO PDH |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | | | | RESERVA ANILLO PDH |
| 5 | | punta | 5 | 5 | | | | |
| 6 | | punta | 6 | 6 | | | | |
| 7 | | punta | 7 | 7 | | | | |
| 8 | | punta | 8 | 8 | | | | |
| 9 | Repartidor 11 Sede E | 9 | 9 | 9 | XDM-SEDE D | X2 - OUT | FC/APC | X1 - IN XDM - SEDE E |
| 10 | | 10 | 10 | 10 | | X2 - IN | FC/APC | X1 - OUT XDM - SEDE E |
| 11 | | 11 | 11 | 11 | | | | RESERVA ANILLO SDH |
| 12 | | 12 | 12 | 12 | | | | RESERVA ANILLO SDH |
| 13 | | punta | 13 | 13 | | | | |
| 14 | | punta | 14 | 14 | | | | |
| 15 | | punta | 15 | 15 | | | | |
| 16 | | punta | 16 | 16 | | | | |
| 17 | Repartidor 11 Sede E | 17 | 17 | 17 | CESION D - E | | FC/APC | CESION D - E |
| 18 | | 18 | 18 | 18 | CESION D - E | | FC/APC | CESION D - E |
| 19 | | 19 | 19 | 19 | CESION D - E | | FC/APC | CESION D - E |
| 20 | | 20 | 20 | 20 | CESION D - E | | FC/APC | CESION D - E |
| 21 | | punta | 21 | 21 | | | | |
| 22 | | punta | 22 | 22 | | | | |
| 23 | | punta | 23 | 23 | | | | |
| 24 | | punta | 24 | 25 | | | | |
| 25 | | punta | 25 | 25 | | | | |
| 26 | | punta | 26 | 26 | | | | |
| 27 | | punta | 27 | 27 | | | | |
| 28 | | punta | 28 | 28 | | | | |
| 29 | | punta | 29 | 29 | | | | |
| 30 | | punta | 30 | 30 | | | | |
| 31 | | punta | 31 | 31 | | | | |
| 32 | | punta | 32 | 32 | | | | |
| 33 | | punta | 33 | 33 | | | | |
| 34 | | punta | 34 | 34 | | | | |
| 35 | | punta | 35 | 35 | | | | |
| 36 | | punta | 36 | 36 | | | | |
| 37 | | punta | 37 | 37 | | | | |
| 38 | | punta | 38 | 38 | | | | |
| 39 | | punta | 39 | 39 | | | | |
| 40 | | punta | 40 | 40 | | | | |
| 41 | | punta | 41 | 41 | | | | |
| 42 | | punta | 42 | 42 | | | | |
| 43 | | punta | 43 | 43 | | | | |
| 44 | | punta | 44 | 44 | | | | |
| 45 | | punta | 45 | 45 | | | | |
| 46 | | punta | 46 | 46 | | | | |
| 47 | | punta | 47 | 47 | | | | |
| 48 | | punta | 48 | 48 | | | | |

| Localidad: SEDE E | | | | Tipo repartidor: NK | | Repartidor Nº 11 | | Tipo conector: FC/APC | |
|-------------------|----------------------|------------|----------------|---------------------|--------------------------------|------------------|---------------|------------------------------------|--|
| Procedencia | | Repartidor | | | Destino | | | | |
| Nº | Repartidor | Conector | Nº Fibra cable | Conector | Equipo | Conector | tipo conector | Servicio | |
| 1 | Repartidor 10 SEDE D | 1 | 1 | 1 | Nokia DM-34 SEDE E dir. SEDE D | IN | FC/APC | OUT NOKIA DM-34 SEDE D dir. SEDE E | |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | | OUT | FC/APC | IN NOKIA DM-34 SEDE D dir. SEDE E | |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | RESERVA ANILLO PDH | |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | | | | RESERVA ANILLO PDH | |
| 5 | | punta | 5 | 5 | | | | | |
| 6 | | punta | 6 | 6 | | | | | |
| 7 | | punta | 7 | 7 | | | | | |
| 8 | | punta | 8 | 8 | | | | | |
| 9 | Repartidor 10 SEDE D | 9 | 9 | 9 | XDM-SEDE E | X1 - IN | FC/APC | X2 - OUT XDM - SEDE D | |
| 10 | | 10 | 10 | 10 | | X1 - OUT | FC/APC | X2 - IN XDM - SEDE D | |
| 11 | | 11 | 11 | 11 | | | | RESERVA ANILLO SDH | |
| 12 | | 12 | 12 | 12 | | | | RESERVA ANILLO SDH | |
| 13 | | punta | 13 | 13 | | | | | |
| 14 | | punta | 14 | 14 | | | | | |
| 15 | | punta | 15 | 15 | | | | | |
| 16 | | punta | 16 | 16 | | | | | |
| 17 | | punta | 17 | 17 | | | | | |
| 18 | | punta | 18 | 18 | | | | | |
| 19 | | punta | 19 | 19 | | | | | |
| 20 | | punta | 20 | 20 | | | | | |
| 21 | | punta | 21 | 21 | | | | | |
| 22 | | punta | 22 | 22 | | | | | |
| 23 | | punta | 23 | 23 | | | | | |
| 24 | | punta | 24 | 24 | | | | | |
| 25 | | punta | 25 | 25 | | | | | |
| 26 | | punta | 26 | 26 | | | | | |
| 27 | | punta | 27 | 27 | | | | | |
| 28 | | punta | 28 | 28 | | | | | |
| 29 | | punta | 29 | 29 | | | | | |
| 30 | | punta | 30 | 30 | | | | | |
| 31 | | punta | 31 | 31 | | | | | |
| 32 | | punta | 32 | 32 | | | | | |
| 33 | | punta | 33 | 33 | | | | | |
| 34 | | punta | 34 | 34 | | | | | |
| 35 | | punta | 35 | 35 | | | | | |
| 36 | | punta | 36 | 36 | | | | | |
| 37 | | punta | 37 | 37 | | | | | |
| 38 | | punta | 38 | 38 | | | | | |
| 39 | | punta | 39 | 39 | | | | | |
| 40 | | punta | 40 | 40 | | | | | |
| 41 | | punta | 41 | 41 | | | | | |
| 42 | | punta | 42 | 42 | | | | | |
| 43 | | punta | 43 | 43 | | | | | |
| 44 | | punta | 44 | 44 | | | | | |
| 45 | | punta | 45 | 45 | | | | | |
| 46 | | punta | 46 | 46 | | | | | |
| 47 | | punta | 47 | 47 | | | | | |
| 48 | | punta | 48 | 48 | | | | | |

| Localidad: SEDE E | | | | Tipo repartidor: NK | Repartidor Nº 12 | Tipo conector: FC/APC | | |
|-------------------|-------------------------|----------|----------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------|------------------------------------|
| Nº | Procedencia | | Repartidor | | Destino | | | Servicio |
| | Repartidor | Conector | Nº Fibra cable | Conector | Equipo | Conector | tipo conector | |
| 1 | Repartidor 13 Sede F | 1 | 1 | 1 | Nokia DM-34 SEDE E dir. SEDE F | OUT | FC/APC | IN NOKIA DM-34 SEDE F dir. SEDE E |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | | IN | FC/APC | OUT NOKIA DM-34 SEDE F dir. SEDE E |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | RESERVA ANILLO PDH |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | | | | RESERVA ANILLO PDH |
| 5 | | punta | 5 | 5 | | | | |
| 6 | | punta | 6 | 6 | | | | |
| 7 | | punta | 7 | 7 | | | | |
| 8 | | punta | 8 | 8 | | | | |
| 9 | Repartidor 13 Sede F | 9 | 9 | 9 | XDM-SEDE E | X2 - OUT | FC/APC | X1 - IN XDM - SEDE F |
| 10 | | 10 | 10 | 10 | | X2 - IN | FC/APC | X1 - OUT XDM - SEDE F |
| 11 | | 11 | 11 | 11 | | | | RESERVA ANILLO SDH |
| 12 | | 12 | 12 | 12 | | | | RESERVA ANILLO SDH |
| 13 | | punta | 13 | 13 | | | | |
| 14 | | punta | 14 | 14 | | | | |
| 15 | | punta | 15 | 15 | | | | |
| 16 | | punta | 16 | 16 | | | | |
| 17 | | punta | 17 | 17 | | | | |
| 18 | | punta | 18 | 18 | | | | |
| 19 | | punta | 19 | 19 | | | | |
| 20 | | punta | 20 | 20 | | | | |
| 21 | | punta | 21 | 21 | | | | |
| 22 | | punta | 22 | 22 | | | | |
| 23 | | punta | 23 | 23 | | | | |
| 24 | | punta | 24 | 24 | | | | |
| 25 | | punta | 25 | 25 | | | | |
| 26 | | punta | 26 | 26 | | | | |
| 27 | | punta | 27 | 27 | | | | |
| 28 | | punta | 28 | 28 | | | | |
| 29 | | punta | 29 | 29 | | | | |
| 30 | | punta | 30 | 30 | | | | |
| 31 | | punta | 31 | 31 | | | | |
| 32 | | punta | 32 | 32 | | | | |
| 33 | | punta | 33 | 33 | | | | |
| 34 | | punta | 34 | 34 | | | | |
| 35 | | punta | 35 | 35 | | | | |
| 36 | | punta | 36 | 36 | | | | |
| 37 | | punta | 37 | 37 | | | | |
| 38 | | punta | 38 | 38 | | | | |
| 39 | | punta | 39 | 39 | | | | |
| 40 | | punta | 40 | 40 | | | | |
| 41 | | punta | 41 | 41 | | | | |
| 42 | | punta | 42 | 42 | | | | |
| 43 | | punta | 43 | 43 | | | | |
| 44 | | punta | 44 | 44 | | | | |
| 45 | | punta | 45 | 45 | | | | |
| 46 | | punta | 46 | 46 | | | | |
| 47 | | punta | 47 | 47 | | | | |
| 48 | | punta | 48 | 48 | | | | |

| Localidad: SEDE F | | | | Tipo repartidor: NK | | Repartidor Nº 13 | | Tipo conector: FC/APC | |
|-------------------|----------------------|------------|----------------|---------------------|--------------------------------|------------------|---------------|------------------------------------|--|
| Procedencia | | Repartidor | | | Destino | | | | |
| Nº | Repartidor | Conector | Nº Fibra cable | Conector | Equipo | Conector | tipo conector | Servicio | |
| 1 | Repartidor 12 SEDE E | 1 | 1 | 1 | Nokia DM-34 SEDE F dir. SEDE E | IN | FC/APC | OUT NOKIA DM-34 SEDE E dir. SEDE F | |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | | OUT | FC/APC | IN NOKIA DM-34 SEDE E dir. SEDE F | |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | RESERVA ANILLO PDH | |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | | | | RESERVA ANILLO PDH | |
| 5 | | punta | 5 | 5 | | | | | |
| 6 | | punta | 6 | 6 | | | | | |
| 7 | | punta | 7 | 7 | | | | | |
| 8 | | punta | 8 | 8 | | | | | |
| 9 | Repartidor 12 SEDE E | 9 | 9 | 9 | XDM-SEDE F | X1 - IN | FC/APC | X2 - OUT XDM - SEDE E | |
| 10 | | 10 | 10 | 10 | | X1 - OUT | FC/APC | X2 - IN XDM - SEDE E | |
| 11 | | 11 | 11 | 11 | | | | RESERVA ANILLO SDH | |
| 12 | | 12 | 12 | 12 | | | | RESERVA ANILLO SDH | |
| 13 | | punta | 13 | 13 | | | | | |
| 14 | | punta | 14 | 14 | | | | | |
| 15 | | punta | 15 | 15 | | | | | |
| 16 | | punta | 16 | 16 | | | | | |
| 17 | | punta | 17 | 17 | | | | | |
| 18 | | punta | 18 | 18 | | | | | |
| 19 | | punta | 19 | 19 | | | | | |
| 20 | | punta | 20 | 20 | | | | | |
| 21 | | punta | 21 | 21 | | | | | |
| 22 | | punta | 22 | 22 | | | | | |
| 23 | | punta | 23 | 23 | | | | | |
| 24 | | punta | 24 | 24 | | | | | |
| 25 | | punta | 25 | 25 | | | | | |
| 26 | | punta | 26 | 26 | | | | | |
| 27 | | punta | 27 | 27 | | | | | |
| 28 | | punta | 28 | 28 | | | | | |
| 29 | | punta | 29 | 29 | | | | | |
| 30 | | punta | 30 | 30 | | | | | |
| 31 | | punta | 31 | 31 | | | | | |
| 32 | | punta | 32 | 32 | | | | | |
| 33 | | punta | 33 | 33 | | | | | |
| 34 | | punta | 34 | 34 | | | | | |
| 35 | | punta | 35 | 35 | | | | | |
| 36 | | punta | 36 | 36 | | | | | |
| 37 | | punta | 37 | 37 | | | | | |
| 38 | | punta | 38 | 38 | | | | | |
| 39 | | punta | 39 | 39 | | | | | |
| 40 | | punta | 40 | 40 | | | | | |
| 41 | | punta | 41 | 41 | | | | | |
| 42 | | punta | 42 | 42 | | | | | |
| 43 | | punta | 43 | 43 | | | | | |
| 44 | | punta | 44 | 44 | | | | | |
| 45 | | punta | 45 | 45 | | | | | |
| 46 | | punta | 46 | 46 | | | | | |
| 47 | | punta | 47 | 47 | | | | | |
| 48 | | punta | 48 | 48 | | | | | |

| Localidad: SEDE F | | | | Tipo repartidor: NK | | Repartidor Nº 14 | | Tipo conector: FC/APC | |
|-------------------|-------------------------|------------|----------------|---------------------|-----------------------------------|------------------|---------------|------------------------------------|--|
| Procedencia | | Repartidor | | | Destino | | | | |
| Nº | Repartidor | Conector | Nº Fibra cable | Conector | Equipo | Conector | tipo conector | Servicio | |
| 1 | Repartidor 15 Sede G | 1 | 1 | 1 | Nokia DM-34 SEDE F dir. SEDE G | OUT | FC/APC | IN NOKIA DM-34 SEDE G dir. SEDE F | |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | | IN | FC/APC | OUT NOKIA DM-34 SEDE G dir. SEDE F | |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | RESERVA ANILLO PDH | |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | | | | RESERVA ANILLO PDH | |
| 5 | | punta | 5 | 5 | | | | | |
| 6 | | punta | 6 | 6 | | | | | |
| 7 | | punta | 7 | 7 | | | | | |
| 8 | | punta | 8 | 8 | | | | | |
| 9 | Repartidor 15 Sede G | 9 | 9 | 9 | XDM-SEDE F | X2 - OUT | FC/APC | X1 - IN XDM - SEDE G | |
| 10 | | 10 | 10 | 10 | | X2 - IN | FC/APC | X1 - OUT XDM - SEDE G | |
| 11 | | 11 | 11 | 11 | | | | RESERVA ANILLO SDH | |
| 12 | | 12 | 12 | 12 | | | | RESERVA ANILLO SDH | |
| 13 | | punta | 13 | 13 | | | | | |
| 14 | | punta | 14 | 14 | | | | | |
| 15 | | punta | 15 | 15 | | | | | |
| 16 | | punta | 16 | 16 | | | | | |
| 17 | Repartidor 1 CGR | 17 | 17 | 17 | CESION F - CGR | | FC/APC | CESION F - CGR | |
| 18 | | 18 | 18 | 18 | CESION F - CGR | | FC/APC | CESION F - CGR | |
| 19 | | 19 | 19 | 19 | CESION F - CGR | | FC/APC | CESION F - CGR | |
| 20 | | 20 | 20 | 20 | CESION F - CGR | | FC/APC | CESION F - CGR | |
| 21 | | punta | 21 | 21 | | | | | |
| 22 | | punta | 22 | 22 | | | | | |
| 23 | | punta | 23 | 23 | | | | | |
| 24 | | punta | 24 | 24 | | | | | |
| 25 | | punta | 25 | 25 | | | | | |
| 26 | | punta | 26 | 26 | | | | | |
| 27 | | punta | 27 | 27 | | | | | |
| 28 | | punta | 28 | 28 | | | | | |
| 29 | | punta | 29 | 29 | | | | | |
| 30 | | punta | 30 | 30 | | | | | |
| 31 | | punta | 31 | 31 | | | | | |
| 32 | | punta | 32 | 32 | | | | | |
| 33 | | punta | 33 | 33 | | | | | |
| 34 | | punta | 34 | 34 | | | | | |
| 35 | | punta | 35 | 35 | | | | | |
| 36 | | punta | 36 | 36 | | | | | |
| 37 | | punta | 37 | 37 | | | | | |
| 38 | | punta | 38 | 38 | | | | | |
| 39 | | punta | 39 | 39 | | | | | |
| 40 | | punta | 40 | 40 | | | | | |
| 41 | | punta | 41 | 41 | | | | | |
| 42 | | punta | 42 | 42 | | | | | |
| 43 | | punta | 43 | 43 | | | | | |
| 44 | | punta | 44 | 44 | | | | | |
| 45 | | punta | 45 | 45 | | | | | |
| 46 | | punta | 46 | 46 | | | | | |
| 47 | | punta | 47 | 47 | | | | | |
| 48 | | punta | 48 | 48 | | | | | |

| Localidad: SEDE G | | | | Tipo repartidor: NK | Repartidor Nº 15 | Tipo conector: FC/APC | | |
|-------------------|----------------------|----------|----------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------|------------------------------------|
| Nº | Procedencia | | Repartidor | | Destino | | | Servicio |
| | Repartidor | Conector | Nº Fibra cable | Conector | Equipo | Conector | tipo conector | |
| 1 | Repartidor 14 SEDE F | 1 | 1 | 1 | Nokia DM-34 SEDE G dir. SEDE F | IN | FC/APC | OUT NOKIA DM-34 SEDE F dir. SEDE G |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | | OUT | FC/APC | IN NOKIA DM-34 SEDE F dir. SEDE G |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | RESERVA ANILLO PDH |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | | | | RESERVA ANILLO PDH |
| 5 | | punta | 5 | 5 | | | | |
| 6 | | punta | 6 | 6 | | | | |
| 7 | | punta | 7 | 7 | | | | |
| 8 | | punta | 8 | 8 | | | | |
| 9 | Repartidor 14 SEDE F | 9 | 9 | 9 | XDM-SEDE G | X1 - IN | FC/APC | X2 - OUT XDM - SEDE F |
| 10 | | 10 | 10 | 10 | | X1 - OUT | FC/APC | X2 - IN XDM - SEDE F |
| 11 | | 11 | 11 | 11 | | | | RESERVA ANILLO SDH |
| 12 | | 12 | 12 | 12 | | | | RESERVA ANILLO SDH |
| 13 | | punta | 13 | 13 | | | | |
| 14 | | punta | 14 | 14 | | | | |
| 15 | | punta | 15 | 15 | | | | |
| 16 | | punta | 16 | 16 | | | | |
| 17 | Repartidor 14 SEDE F | fusión | 17 | - | CESION CGR – F (en paso) | | fusión | CESION CGR – F (en paso) |
| 18 | | fusión | 18 | - | CESION CGR – F (en paso) | | fusión | CESION CGR – F (en paso) |
| 19 | | fusión | 19 | - | CESION CGR – F (en paso) | | fusión | CESION CGR – F (en paso) |
| 20 | | fusión | 20 | - | CESION CGR – F (en paso) | | fusión | CESION CGR – F (en paso) |
| 21 | | punta | 21 | 21 | | | | |
| 22 | | punta | 22 | 22 | | | | |
| 23 | | punta | 23 | 23 | | | | |
| 24 | | punta | 24 | 24 | | | | |
| 25 | | punta | 25 | 25 | | | | |
| 26 | | punta | 26 | 26 | | | | |
| 27 | | punta | 27 | 27 | | | | |
| 28 | | punta | 28 | 28 | | | | |
| 29 | | punta | 29 | 29 | | | | |
| 30 | | punta | 30 | 30 | | | | |
| 31 | | punta | 31 | 31 | | | | |
| 32 | | punta | 32 | 32 | | | | |
| 33 | | punta | 33 | 33 | | | | |
| 34 | | punta | 34 | 34 | | | | |
| 35 | | punta | 35 | 35 | | | | |
| 36 | | punta | 36 | 36 | | | | |
| 37 | | punta | 37 | 37 | | | | |
| 38 | | punta | 38 | 38 | | | | |
| 39 | | punta | 39 | 39 | | | | |
| 40 | | punta | 40 | 40 | | | | |
| 41 | | punta | 41 | 41 | | | | |
| 42 | | punta | 42 | 42 | | | | |
| 43 | | punta | 43 | 43 | | | | |
| 44 | | punta | 44 | 44 | | | | |
| 45 | | punta | 45 | 45 | | | | |
| 46 | | punta | 46 | 46 | | | | |
| 47 | | punta | 47 | 47 | | | | |
| 48 | | punta | 48 | 48 | | | | |

| Localidad: SEDE G | | | | Tipo repartidor: NK | | Repartidor Nº 16 | | Tipo conector: FC/APC | |
|-------------------|---------------------|----------|----------------|---------------------|--------------------------------|------------------|---------------|---------------------------------|--|
| Nº | Procedencia | | Repartidor | | Destino | | | Servicio | |
| | Repartidor | Conector | Nº Fibra cable | Conector | Equipo | Conector | tipo conector | | |
| 1 | Repartidor 1 CGR | 1 | 1 | 1 | Nokia DM-34 SEDE G dir. CGR | OUT | FC/APC | IN NOKIA DM-34 CGR dir. SEDE G | |
| 2 | | 2 | 2 | 2 | | IN | FC/APC | OUT NOKIA DM-34 CGR dir. SEDE G | |
| 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | RESERVA ANILLO PDH | |
| 4 | | 4 | 4 | 4 | | | | RESERVA ANILLO PDH | |
| 5 | | punta | 5 | 5 | | | | | |
| 6 | | punta | 6 | 6 | | | | | |
| 7 | | punta | 7 | 7 | | | | | |
| 8 | | punta | 8 | 8 | | | | | |
| 9 | Repartidor 1 CGR | 9 | 9 | 9 | XDM-SEDE G | X2 - OUT | FC/APC | X1 - IN XDM - CGR | |
| 10 | | 10 | 10 | 10 | | X2 - IN | FC/APC | X1 - OUT XDM - CGR | |
| 11 | | 11 | 11 | 11 | | | | RESERVA ANILLO SDH | |
| 12 | | 12 | 12 | 12 | | | | RESERVA ANILLO SDH | |
| 13 | | punta | 13 | 13 | | | | | |
| 14 | | punta | 14 | 14 | | | | | |
| 15 | | punta | 15 | 15 | | | | | |
| 16 | | punta | 16 | 16 | | | | | |
| 17 | Repartidor 1 CGR | fusión | 17 | - | CESION CGR - F (en paso) | | fusión | CESION CGR - F (en paso) | |
| 18 | | fusión | 18 | - | CESION CGR - F (en paso) | | fusión | CESION CGR - F (en paso) | |
| 19 | | fusión | 19 | - | CESION CGR - F (en paso) | | fusión | CESION CGR - F (en paso) | |
| 20 | | fusión | 20 | - | CESION CGR - F (en paso) | | fusión | CESION CGR - F (en paso) | |
| 21 | | punta | 21 | 21 | | | | | |
| 22 | | punta | 22 | 22 | | | | | |
| 23 | | punta | 23 | 23 | | | | | |
| 24 | | punta | 24 | 24 | | | | | |
| 25 | | punta | 25 | 25 | | | | | |
| 26 | | punta | 26 | 26 | | | | | |
| 27 | | punta | 27 | 27 | | | | | |
| 28 | | punta | 28 | 28 | | | | | |
| 29 | | punta | 29 | 29 | | | | | |
| 30 | | punta | 30 | 30 | | | | | |
| 31 | | punta | 31 | 31 | | | | | |
| 32 | | punta | 32 | 32 | | | | | |
| 33 | | punta | 33 | 33 | | | | | |
| 34 | | punta | 34 | 34 | | | | | |
| 35 | | punta | 35 | 35 | | | | | |
| 36 | | punta | 36 | 36 | | | | | |
| 37 | | punta | 37 | 37 | | | | | |
| 38 | | punta | 38 | 38 | | | | | |
| 39 | | punta | 39 | 39 | | | | | |
| 40 | | punta | 40 | 40 | | | | | |
| 41 | | punta | 41 | 41 | | | | | |
| 42 | | punta | 42 | 42 | | | | | |
| 43 | | punta | 43 | 43 | | | | | |
| 44 | | punta | 44 | 44 | | | | | |
| 45 | | punta | 45 | 45 | | | | | |
| 46 | | punta | 46 | 46 | | | | | |
| 47 | | punta | 47 | 47 | | | | | |
| 48 | | punta | 48 | 48 | | | | | |

11. Bibliografía

- [1] International Telecommunication Union. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO MÚLTIPLEX MIC PRIMARIO QUE FUNCIONA A 2048 kbit/s. Recomendación ITU-T G.732
- [2] International Telecommunication Union. NETWORK NODE INTERFACE FOR THE SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY (SDH). Recomendación ITU-T G.707
- [3] International Telecommunication Union. GENERIC FRAMING PROCEDURE. Recomendación ITU-T G.7041/Y.1303
- [4] International Telecommunication Union. ESQUEMA DE AJUSTE DE LA CAPACIDAD DEL ENLACE PARA SEÑALES CONCATENADAS VIRTUALES. Recomendación ITU-T G.7042/Y.1305
- [5] International Telecommunication Union. CARACTERÍSTICAS DE TEMPORIZACIÓN DE LOS RELOJES DE REFERENCIA PRIMARIOS. Recomendación ITU-T G.811
- [6] International Telecommunication Union. REQUISITOS DE TEMPORIZACIÓN DE RELOJES SUBORDINADOS ADECUADOS PARA UTILIZACIÓN COMO RELOJES DE NODO EN REDES DE SINCRONIZACIÓN. Recomendación ITU-T G.812
- [7] International Telecommunication Union. ARQUITECTURA DE REDES DE TRANSPORTE BASADAS EN LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA. Recomendación ITU-T G.803
- [8] International Telecommunication Union. CARACTERÍSTICAS DE TEMPORIZACIÓN DE RELOJES SUBORDINADOS DE EQUIPOS DE LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA. Recomendación ITU-T G.813
- [9] International Telecommunication Union. PHYSICAL/ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF HIERARCHICAL DIGITAL INTERFACES. Recomendación ITU-T G.703

