



Diseño de una red backhaul para el pirineo Catalán

Albert Calvo Perales

Master en Ingeniería de telecomunicaciones (UOC)

Área de comunicaciones ópticas

Josep Maria Fábrega

Profesor en Área de Comunicaciones ópticas

Diciembre 2020



Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada [3.0 España de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

GNU Free Documentation License (GNU FDL)

Copyright © Albert Calvo Perales

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.

A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

Copyright

© Albert Calvo Perales

Reservados todos los derechos. Está prohibido la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la impresión, la reprografía, el microfilme, el tratamiento informático o cualquier otro sistema, así como la distribución de ejemplares mediante alquiler y préstamo, sin la autorización escrita del autor o de los límites que autorice la Ley de Propiedad Intelectual.

FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	<i>Diseño de una red backhaul para el pirineo Catalán</i>
Nombre del autor:	<i>Albert Calvo Perales</i>
Nombre del consultor/a:	<i>Josep María Fàbrega Sánchez</i>
Nombre del PRA:	<i>José Antonio Morán Moreno</i>
Fecha de entrega (mm/aaaa):	01/2021
Titulación::	<i>Máster en Ingeniería de Telecomunicación</i>
Área del Trabajo Final:	<i>Comunicaciones ópticas</i>
Idioma del trabajo:	<i>Español</i>
Palabras clave	<i>Fibra óptica, WDM, tráfico de datos</i>
<p>Resumen del Trabajo (máximo 250 palabras): <i>Con la finalidad, contexto de aplicación, metodología, resultados i conclusiones del trabajo.</i></p>	
<p>El aumento de tráfico interanual en internet y la demanda de datos móviles se junta con la necesidad de llegar a todos los rincones de nuestra geografía con redes de transmisión robustas y con suficiente capacidad como para poder aguantar el aumento de tráfico los próximos años.</p> <p>Vamos a realizar un ejercicio de diseño de una red de transmisión en el pirineo catalán, donde se pretende recoger el tráfico de 12 comarcas del pirineo catalán. Para ellos se enlazarán sus capitales con 2 capitales de provincia que aglutinarán el tráfico.</p> <p>Se quiere diseñar desde el recorrido de la zanja que llevará el cable, definiendo el tipo de zanja, el tipo de cable, los repartidores ópticos, las cajas de empalme de fibra óptica, los conectores, pasando a los equipos DWDM y al cálculo del tráfico que deberíamos extraer en cada capital de comarca, así como la tarjetería del equipo DWDM que nos permita extraer este tráfico y el cálculo total de costes de cada uno de los apartados mencionados anteriormente. Veremos los incrementos interanuales a 5 años vista y las necesidades de material y económicas para poder extraer el tráfico de todas las comarcas.</p>	

Abstract (in English, 250 words or less):

The increase in interannual internet traffic and the demand for mobile data is coupled with the need to reach all corners of our geography with robust transmission networks with enough capacity to withstand the increase in traffic in the coming years.

We are going to carry out a design exercise for a transmission network in the Catalan Pyrenees, where we intend to collect the traffic from 12 regions of the Catalan Pyrenees. For them, their capitals will be linked with 2 provincial capitals that will bring together traffic.

We want to design from the route of the trench that the cable will carry, defining the type of trench, the type of cable, the optical distributors, the fiber optic junction boxes, the connectors, the DWDM equipment and the traffic calculation that we should extract in each region capital, as well as the cards of the DWDM devices that allows us to extract this traffic and the total cost calculation of each of the sections mentioned above. We will see the interannual increases to 5 years ahead and the material and economic needs to be able to extract the traffic from all the regions.

Índice

1.	Introducción	11
1.1	Palabras clave (keywords, máximo 7 ítems).....	11
1.2	Resumen de la propuesta.....	11
1.3	Justificación del interés y la relevancia de la propuesta.....	13
1.4	Explicación de la motivación personal.....	14
2.	Estado del Arte.....	15
2.1	La fibra óptica	15
2.2	Tipos de fibra óptica.....	15
2.3	Cables de fibra óptica	16
2.4	Estructura de un cable de fibra óptica	17
2.5	Tipos de tendidos de fibra	17
2.6	La multiplexacion por longitud de onda.....	18
3.	Objetivos y alcance	20
4.	Metodología y proceso de trabajo	20
5.	Planificación del trabajo.....	21
6.	Especificaciones de la obra civil y de elementos pasivos.....	22
6.1	La canalización entre municipios	22
6.2	El cable de fibra óptica	25
6.3	Sistema de tendido.....	27
6.4	La caja de empalme	28
6.5	Repartidor óptico y conectores.....	30
7.	Enlaces de la red de Transmisión.....	32
7.1	Enlace Lleida – Balaguer	33
7.2	Enlace Balaguer – Tremp	34
7.3	Enlace Tremp – Pont de Suert.....	35
7.4	Enlace Pont de Suert – Viella.....	36
7.5	Enlace Viella – Sort.....	37
7.6	Enlace Sort – La Seu de Urgell	38
7.7	Enlace La Seu de Urgell – Puigcerda.....	39
7.8	Enlace Puigcerda – Berga.....	40
7.9	Enlace Berga – Ripoll.....	41
7.10	Enlace Ripoll – Olot	42
7.11	Enlace Olot – Figueres.....	43
7.12	Enlace Figueres – Banyoles.....	44
7.13	Enlace Banyoles – Girona	45

7.14	Presupuesto total, plazos de la obra civil y fibra óptica	46
8.	El equipo DWDM	47
8.1	Modulación coherente	48
8.2	ROADM y COLORLESS.	49
8.3	Equipamiento a usar con Huawei 1800 V	50
8.3.1	Chasis Huawei OSN1800V	50
8.3.2	Controladora y matriz	51
8.3.3	Multiplexadora de supervisión.....	51
8.3.4	Tarjeta de supervisión	52
8.3.5	Amplificadores.....	52
8.3.6	Tarjetas Mux/Demux	52
8.3.7	Tarjeta de línea para OTN.....	54
8.3.8	Tarjetas transponedoras.....	55
8.3.9	Tarjeta analizadora de espectro.....	56
9.	Diseño de los equipos DWDM en los municipios	57
9.1	Balaguer.....	58
9.2	Tremp	61
9.3	El Pont de Suert.....	64
9.4	Viella	67
9.5	Sort	70
9.6	La Seu de Urgell.....	73
9.7	Puigcerda.....	76
9.8	Berga	79
9.9	Ripoll.....	82
9.10	Olot	85
9.11	Figueres.....	88
9.12	Banyoles	92
9.13	Lleida y Girona	95
9.14	Plan de frecuencias	96
9.15	Presupuesto final equipamiento	97
10.	Conclusiones	98
10.1	Conclusiones.....	98
10.2	Líneas futuras.....	99

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Refracción. Fuente Reference Guide Optic JDSU [5]	15
Ilustración 2 Reflexión. . Fuente Reference Guide Optic JDSU [5].....	15
Ilustración 3 Estructura de cable de fibra óptica.[6] Fuente Alcatel Networks	17
Ilustración 4 Ejemplo WDM. [7] Fuente community.fs.com	18
Ilustración 5 Ejemplo topología punto a punto. [8] Fuente monografias.com	19
Ilustración 6 Ejemplo topología en anillo. [8] Fuente monografias.com.....	19
Ilustración 7 Sección de la microzanja a realizar.....	22
Ilustración 9 Zanjadora realizando microzanja [9]. Fuente: microzanjas.com.....	23
Ilustración 8 Inserción de microducto en microzanja [9]. Fuente: microzanjas.com.	23
Ilustración 10 Asfaltado de microzanja. Fuente Xarxa Oberta de Catalunya [9]. Fuente: microzanjas.com	23
Ilustración 11 Dimensiones de una arqueta	24
Ilustración 12 Sistema de tendido por blowing.[11] Fuente gmptools.com	27
Ilustración 13 máquina de blowing. [12] Fuente www.utilityproducts.com	27
Ilustración 14 Caja de empalme.....	28
Ilustración 15 bandejas de fusión en caja de empalme	28
Ilustración 16 Dimensiones y puertos de la caja de empalme que usaremos. Fuente[13] Commscope	29
Ilustración 17 FOMS-FPS-HD. Fuente[14] Commscope	30
Ilustración 18 Pulidos de conectores.....	31
Ilustración 19 tipos de conectores.....	31
Ilustración 20 Recorrido de la red de fibra. Fuente Google Earth	32
Ilustración 21 Enlace Lleida – Balaguer. Fuente Google Earth.....	33
Ilustración 22 Enlace Balaguer – Tremp. Fuente Google Earth	34
Ilustración 23 Enlace Tremp – Pont de Suert. Fuente Google Earth	35
Ilustración 24 Enlace Pont de Suert – Viella. Fuente Google Earth	36
Ilustración 25 Enlace Viella – Sort. Fuente Google Earth	37
Ilustración 26 Enlace Sort – La Seu de Urgell. Fuente Google Earth	38
Ilustración 27 Enlace La Seu de Urgell – Puigcerda. Fuente Google Earth	39
Ilustración 28 Enlace Puigcerda – Berga. Fuente Google Earth.....	40
Ilustración 29 Enlace Berga – Ripoll. Fuente Google Earth.....	41
Ilustración 30 Enlace Ripoll – Olot. Fuente Google Earth	42
Ilustración 31 Enlace Olot – Figueres. Fuente Google Earth	43
Ilustración 32 Enlace Figueres – Banyoles. Fuente Google Earth.....	44
Ilustración 33 Enlace Banyoles – Girona. Fuente Google Earth	45
Ilustración 34 Ejemplo WDM [15] Fuente monografias.com	47
Ilustración 35 Ventanas de trabajo ópticas [16] Fuente Blogdepromax.com	48
Ilustración 36 Ejemplo de dispersión [17] https://ieeexplore.ieee.org/	48
Ilustración 37 Esquema modulación coherente. [18] Ilustración extraída de Huawei.....	48
Ilustración 38 ROADM. [19] Fuente Huawei.....	49
Ilustración 39 FOADM. [19] Fuente Huawei	49
Ilustración 40 colorless. [20] Fuente slideshare.net.....	49
Ilustración 41 colored. [20] Fuente slideshare.net	49

Ilustración 42 Funcionamiento básico partes WDM. [21]fuente Huawei.	50
Ilustración 43 Ejemplo de OSN1800V – Alimentación en continua. [22]Fuente Huawei.....	51
Ilustración 44 – Matriz TNF5UXCM. [22]Fuente Huawei	51
Ilustración 45 Multiplexadora de supervisión SFIU. [22]Fuente Huawei	51
Ilustración 46 Tarjeta de supervisión ST2. [22]Fuente Huawei	52
Ilustración 47 Amplificador TNF2OBU. [22]Fuente Huawei.....	52
Ilustración 48 filtro WSMD4. [22]Fuente Huawei	52
Ilustración 49 filtro WSMD9 [22]Fuente Huawei	53
Ilustración 50 Tarjeta de línea TNZ5UNS4. [22]Fuente Huawei.....	54
Ilustración 51 Tarjeta de tributario TTA. [22]Fuente Huawei.....	55
Ilustración 52 Tarjeta transponedora para señales de 100G TNF1LSC. [22]Fuente Huawei.....	56
Ilustración 53 Tarjeta TNF1OPM8 analizador de espectro óptico de 8 vías. [22]Fuente Huawei...	56
Ilustración 54 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Lleida.....	59
Ilustración 55 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Tremp	59
Ilustración 56 Conexionado de la Tarjetería en Balaguer.....	59
Ilustración 57 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Balaguer.....	62
Ilustración 58 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Pont de Suert	62
Ilustración 59 Conexionado de la Tarjetería en Tremp.....	62
Ilustración 60 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Tremp	65
Ilustración 61 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Viella	65
Ilustración 62 Conexionado de la Tarjetería en Pont de Suert.....	65
Ilustración 63 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Pont de suert	68
Ilustración 64 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Sort	68
Ilustración 65 Conexionado de la Tarjetería en Viella	68
Ilustración 63 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Viella	71
Ilustración 64 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a La Seu de Urgell.....	71
Ilustración 65 Conexionado de la Tarjetería en Sort.....	71
Ilustración 63 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Sort	74
Ilustración 64 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Puigcerda.....	74
Ilustración 65 Conexionado de la Tarjetería en La Seu de Urgell	74
Ilustración 63 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a La Seu de Urgell.....	77
Ilustración 64 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Berga	77
Ilustración 65 Conexionado de la Tarjetería en Puigcerda	77
Ilustración 63 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Puigcerda.....	80
Ilustración 64 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Ripoll.....	80
Ilustración 65 Conexionado de la Tarjetería en Berga.....	80
Ilustración 63 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Berga	83
Ilustración 64 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Olot.....	83
Ilustración 65 Conexionado de la Tarjetería en Ripoll	83
Ilustración 63 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Ripoll.....	86
Ilustración 64 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Figueres	86
Ilustración 65 Conexionado de la Tarjetería en Olot.....	86
Ilustración 63 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Olot.....	89
Ilustración 64 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Banyoles	89
Ilustración 65 Conexionado de la Tarjetería en Figueres	90
Ilustración 63 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Figueres	93
Ilustración 64 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Girona.....	93
Ilustración 65 Conexionado de la Tarjetería en Banyoles	93

Índice de tablas

Tabla 1 planificación del trabajo.....	21
Tabla 2 Tipos de fibra UIT-T.[10] Fuente community.fs.com	25
Tabla 3 Codigo de colores para cable de fibra.....	26
Tabla 4 Medidas del FOMS-FPS-HD. Fuente[14] Commscope.	30
Tabla 5 Características FOMS-FPS-HD Fuente[14] Commscope	31
Tabla 6 Cálculos Enlace Lleida – Balaguer	33
Tabla 7 Cálculos Enlace Balaguer – Tremp.....	34
Tabla 8 Cálculos Tremp – Pont de Suert	35
Tabla 9 Cálculos enlace Pont de Suert – Viella	36
Tabla 10 Cálculos enlace Viella – Sort.....	37
Tabla 11 Cálculos enlace Sort – La Seu de Urgell	38
Tabla 12 Cálculos enlace La Seu de Urgell - Puigcerda.....	39
Tabla 13 Cálculos enlace Puigcerda - Berga	40
Tabla 14 Cálculos enlace Berga – Ripoll.....	41
Tabla 15 Cálculos enlace Ripoll - Olot.....	42
Tabla 16 Cálculos enlace Olot – Figueres	43
Tabla 17 Cálculos enlace Figueres – Banyoles.....	44
Tabla 18 Cálculos enlace Banyoles – Girona	45
Tabla 19 Presupuesto total, plazos de la obra civil y fibra óptica.....	46
Tabla 20 Características de la tarjeta WSMD4. [22]Fuente Huawei.....	53
Tabla 21 Características de la tarjeta WSMD9. [22]Fuente Huawei.....	54
Tabla 22 Características de TNF1OPM8. [22]Fuente Huawei.....	56
Tabla 23 Cálculo de tráfico en Balaguer.....	58
Tabla 24 Cálculo de TTA en Balaguer	58
Tabla 25 Cálculo de UNS4 en Balaguer	58
Tabla 26 Presupuesto equipos Balaguer	60
Tabla 27 Cálculo de tráfico en Tremp	61
Tabla 28 Cálculo de TTA en Tremp	61
Tabla 29 Cálculo de UNS4 en Tremp.....	61
Tabla 30 Presupuesto equipos Tremp	63
Tabla 31 Cálculo de tráfico en Pont de Suert.....	64
Tabla 32 Cálculo de TTA en Pont de Suert	64
Tabla 33 Cálculo de UNS4 en Pont de Suert.....	64
Tabla 34 Presupuesto equipo Pont de Suert.....	66
Tabla 35 Cálculo de tráfico en Viella	67
Tabla 36 Cálculo de TTA en Viella	67
Tabla 37 Cálculo de UNS4 en Viella.....	67
Tabla 38 Presupuesto equipos Viella	69
Tabla 39 Cálculo de tráfico en Sort	70
Tabla 40 Cálculo de TTA en Sort	70
Tabla 41 Cálculo de UNS4 en Sort.....	70
Tabla 42 Presupuesto equipos Sort	72
Tabla 43 Cálculo de tráfico en La Seu de Urgell.....	73
Tabla 44 Cálculo de TTA en La Seu de Urgell.....	73
Tabla 45 Cálculo de UNS4 en La Seu de Urgell	73
Tabla 46 Presupuesto equipos La Seu de Urgell.....	75
Tabla 47 Cálculo de tráfico en Puigcerda	76

Tabla 48 Cálculo de TTA en Puigcerda.....	76
Tabla 49 Cálculo de UNS4 en Puigcerda.....	76
Tabla 50 Presupuesto equipos Puigcerda.....	78
Tabla 51 Cálculo de tráfico en Berga.....	79
Tabla 52 Cálculo de TTA en Berga	79
Tabla 53 Cálculo de UNS4 en Berga	79
Tabla 54 Presupuesto equipos Berga	81
Tabla 55 Cálculo de tráfico en Ripoll	82
Tabla 56 Cálculo de TTA en Ripoll.....	82
Tabla 57 Cálculo de UNS4 en Ripoll.....	82
Tabla 58 Presupuesto equipos Ripoll.....	84
Tabla 59 Cálculo de tráfico en Olot	85
Tabla 60 Cálculo de TNF1LSC en Olot.....	85
Tabla 61 Presupuesto equipos Olot.....	87
Tabla 62 Cálculo de tráfico en Figueres	88
Tabla 63 Cálculo de TTA en TNF1LSC	88
Tabla 64 Presupuesto equipos Figueres	91
Tabla 65 Cálculo de tráfico en Banyoles	92
Tabla 66 Cálculo de TTA en Banyoles	92
Tabla 67 Cálculo de UNS4 en Banyoles.....	92
Tabla 68 Presupuesto equipos Banyoles	94
Tabla 69 Presupuesto LLeida y Girona.....	95
Tabla 70 Plan de frecuencias	96

1. Introducción

1.1 Palabras clave (keywords, máximo 7 ítems)

Fibra óptica

Tráfico de datos

Multiplexación por longitud de onda

Atenuación óptica

Repartidor óptico

Nodo de conexión

Infraestructura de telecomunicaciones

1.2 Resumen de la propuesta

Se quiere realizar es el diseño de una red óptica de transmisión que abarque una parte importante, por no decir la parte principal del Pirineo catalán. Queremos poder extraer de cada municipio tanto el tráfico de red fija como el tráfico de red móvil, entendiendo por tráfico de red fija todo el tráfico que se genera con una última milla de conexiones cerradas o no radiadas y tráfico móvil todo el tráfico que se genera con una última milla de conexiones abiertas o radiadas. Para ello supondremos que mediante diferentes sistemas de transmisión, como podrían ser radioenlaces o enlaces de fibra MPLS, concentraremos en cada uno de los emplazamientos que utilizaremos como concentradores todo el tráfico del municipio o región. No es el propósito del trabajo llegar al detalle de ver las diferentes formas de concentrar tráfico, ni por la parte móvil ni por la parte fija, ni tampoco la jerarquía necesaria para ello. Únicamente diseñaremos para resolver el problema de la capacidad, que actualmente aumenta de una forma significativa anualmente.

Para ello, en primer lugar, se va a realizar el diseño del camino físico que debería seguir el cable de fibra. Para ello deberemos de ver el recorrido de la zanja con los conductos y el cable de fibra que uniría los diferentes municipios. En un proyecto de este tipo lo que supone el coste económico más elevado es la obra civil, que deberá ser un compromiso entre la capacidad que querríamos en conductos y capacidad del cable, lo que nos permitirá amortizar la obra alquilando conductos o fibras a terceros, y la inversión que podamos hacer en la obra. El recorrido va a suponer en muchos casos la robustez de los enlaces, los cuales formaran un anillo que permitirá tener doble camino a todos los municipios. Por lo tanto, vamos a evitar utilizar infraestructura aérea soportado por postes de madera

o hormigón, lo que haría que la infraestructura fuese vulnerable a fenómenos meteorológicos, accidentes de tránsito al ir en muchos casos la vía aérea junto a la carretera o incluso que pueda sufrir daños por actos vandálicos. También vamos a evitar alquilar líneas de terceros, como podrían ser fibras a compañías eléctricas, ya que en muchas ocasiones discurren por sus líneas de alta tensión y pueden tener problemas ante según que fenómenos meteorológicos o ante incidentes como fuegos forestales.

Una vez tengamos la parte física de la obra civil vamos a elegir un cable de fibra que nos permita su rápido tendido y que nos dé capacidad para poder alquilar fibras a terceros. También tendremos que elegir el tipo de fibra, que debe reunir las características adecuadas para que podamos utilizar los equipos de multiplexación de longitud de onda (DWDM) que hemos elegido. Ligado a estos cables vamos a tener que definir repartidores ópticos para acabar este cable en los emplazamientos donde querremos ubicar los equipos de transmisión.

La definición de los emplazamientos donde vayamos a ubicar los equipos la intentaremos simplificar utilizando infraestructura de terceros ya existente donde podamos pagar una huella, energía estabilizada segura y climatización. Actualmente poder utilizar infraestructura de terceros (principalmente del incumbente en este tipo de municipios), nos permite reducir costes en infraestructura y reducir el CAPEX de una forma significativa incrementando el OPEX, que a su vez también se reduce al no tener que hacer el mantenimiento de la infraestructura de terceros. También nos permite tener puntos de interconexión con otros operadores y poder buscar posibilidades de negocios, como en este caso sería el alquilar fibras a operadores o generar puntos de interconexión.

Una vez tengamos los emplazamientos, los cables y los repartidores pasaremos a realizar el cálculo de atenuación de cada uno de los enlaces, teniendo en cuenta todas las variables que intervienen.

Utilizaremos equipos de multiplexación de longitud de onda (DWDM) para la multiplexación de los servicios en cada uno de los municipios. Es muy importante la escalabilidad de estos equipos, así como un coste moderado. Con el continuo incremento del tráfico que se está viviendo en los últimos años se va a tener la necesidad de poder añadir nuevos canales en los enlaces de multiplexación de longitud de onda y posiblemente nuevos equipos en paralelo.

Para cada uno de estos equipos se verán todos los componentes que necesitaremos y su configuración para cumplir con las especificaciones de calidad y capacidad necesarias. Veremos en los equipos de

multiplexación de longitud de onda (DWDM) las capacidades de las transpondedoras, los amplificadores de línea, la supervisión de todos los equipos en banda, y las tarjetas multiplexadoras.

Generaremos un presupuesto para cada uno de los enlaces que incluirá desde la obra civil hasta el equipamiento necesario.

1.3 Justificación del interés y la relevancia de la propuesta

En determinadas zonas del Pirineo se juntan varios problemas en las redes de transmisión.

El problema más importante es que desde hace mucho no hay unas buenas infraestructuras de telecomunicaciones en lo que a redes de transmisión se refieren. Los factores por lo que pasa esto son diversos. Por un lado, tenemos una geografía complicada, lo que hace que tener que llegar a según qué sitios represente una inversión muy elevada. Esto hace que desde hace unos años se utilicen infraestructuras ‘frágiles’ ante según que fenómenos y que en muchísimas ocasiones tengamos municipios o zonas con único camino o infraestructura de acceso dejando a la población en ramal y con su aislamiento ante un corte de fibra. Muchos municipios del Pirineo están conectados por infraestructuras aéreas lo que produce cortes ante fenómenos meteorológicos o accidentes diversos. También tenemos conexiones por radioenlaces, pero actualmente y con el aumento constante de tráfico [1], esto supone es que, según que épocas del año, se tenga saturación de tráfico.

Este problema viene dado por es la baja densidad de población, lo que hace que en muchos casos el plan de negocio no salga para que pueda ser rentable.

Se ha llegado a una situación en la que se requiere una red de transmisión robusta. El aumento del tráfico y la necesidad que se tendrá de tener robustez en un futuro cercano con las nuevas aplicaciones que se van a imponer van a hacer necesaria redes de transmisión robustas por toda la geografía.

También tenemos que ver que, en el momento actual, con el aumento del teletrabajo [2] se va a generar una necesidad de tener una conexión fiable tanto en capacidad como en disponibilidad. Esta necesidad va a existir en muchos hogares debido al teletrabajo, el cual ha aumentado de forma exponencial, posiblemente para quedarse, y puede generar que haya un aumento de población en ciertas zonas rurales con poca población.

1.4 Explicación de la motivación personal

He basado toda mi carrera profesional en el ámbito de las operadoras de Telecomunicaciones. Siempre he estado trabajando en la misma operadora, fusión tras fusión (CTC, Menta, Auna cable, Auna, ONO, Vodafone), empezando a trabajar como técnico de operaciones en el año 2001 y ocupando diferentes puestos me ha hecho, desde mi punto de vista, poder tener una visión global de la operadora y sobretodo de la red de fibra y de la red de transmisión para poder, actualmente gestionar toda la red de fibra de Vodafone en Cataluña. Aunque he podido diseñar despliegue de red por toda Cataluña, siempre se me ha marcado los lugares y las formas de desplegar con las necesidades de la compañía, desde posibles índices de penetración, a utilizar infraestructura de terceros para abaratar costes y no tener que realizar infraestructura para troncales de fibra interurbana. Esto me ha hecho tener los conocimientos para poder llevar un diseño de esta envergadura, desde la zanja de obra civil, pasando por el tipo de cable, la forma de tender el cable, los repartidores de fibra óptica, los equipos de transmisión y los cálculos de atenuación en los vanos. Para mí, el realizar este trabajo final de master sobre una red de transmisión es una oportunidad de poder diseñar como realmente creo que se podría desplegar de forma correcta y robusta una red de transmisión capaz de soportar todo el tráfico que hoy en día generan tanto las comunicaciones fijas como móviles con posibilidades de escalado para ir aumentando la capacidad. Me motiva no tener que pensar en los intereses de una compañía para la que trabajo y pensar únicamente en la parte técnica.

El hecho de que haya elegido el Pirineo Catalán no es casualidad, ya que es una zona que conozco en profundidad al llevar desde mi adolescencia practicando montaña y escalada, pasando vacaciones y fines de semana y conociendo los diferentes sectores que conforman el Pirineo de Cataluña. El Pirineo no tiene una alta densidad de población, pero de forma estacional, ya sea en invierno con la temporada de esquí o en el periodo vacacional en verano, tiene, cada vez más, una demanda de tráfico (sobre todo móvil). Creo que el Covid-19, el cual aumentado de forma sustancial el tráfico en la red [3-4] puede también hacer que aumente el número de personas que se trasladan a zonas rurales para realizar teletrabajo y que es necesario que se tenga una buena infraestructura troncal de transmisión para poder asegurar que se puede trabajar con seguridad (o incluso estudiar). Seguramente en los próximos años veamos un cambio de hábitos y una nueva normalidad donde las nuevas tecnologías estarán, aun más si cabe, presentes en nuestras vidas y podrán darnos la oportunidad de poder vivir en zonas rurales al poder teletrabajar desde cualquier punto.

2. Estado del Arte

2.1 La fibra óptica

Podemos definir la fibra óptica como un hilo sólido, fino y flexible construido de sílice que actúa como una guía de ondas dieléctrica y que opera a frecuencias ópticas.

Cada fibra tiene un núcleo de óxido de silicio y zinc con un alto índice de refracción, el cual está rodeado de un revestimiento del mismo material con un índice de refracción menor, por lo que un haz de luz es guiado por dentro del núcleo mediante ángulos muy abiertos.

Los principios físicos que permiten el funcionamiento de la fibra óptica como medio de transmisión son, básicamente, la refracción y la reflexión.

Podemos definir la refracción como un cambio de dirección y velocidad que experimenta una onda cuando pasa de un medio a otro con diferentes índices de refracción. En el caso de la fibra óptica si $\alpha > \alpha_0$ la onda es totalmente refractada y no permanece en el núcleo de la fibra.

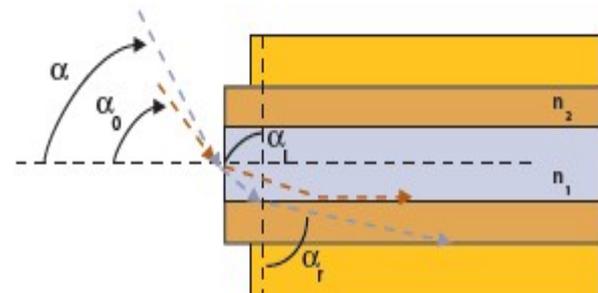


Ilustración 1 Refracción. Fuente Reference Guide Optic JDSU [5]

La reflexión es el cambio de dirección de un rayo de luz que experimenta una onda en un medio cuando incide sobre la superficie de otro medio. En el caso de la fibra óptica si $\alpha < \alpha_0$, entonces la onda es totalmente reflejada y permanece en el núcleo

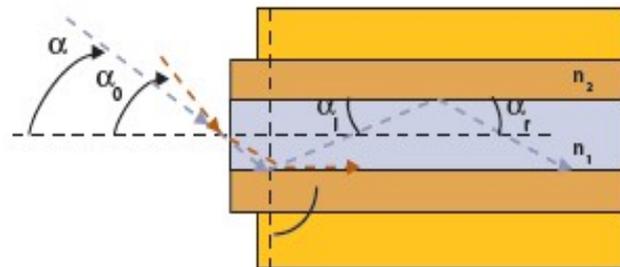


Ilustración 2 Reflexión. Fuente Reference Guide Optic JDSU [5]

2.2 Tipos de fibra óptica

Podemos hacer una primera división general de la fibra óptica en dos tipos, monomodo y multimodo. Las fibras monomodo serían aquellas por las que se transmite un solo modo a la vez, mientras las fibras multimodo transmiten varios modos a la vez. Actualmente, las fibras multimodo se usan, básicamente para conexión entre equipos con una distancia no superior a 500 metros, aunque su uso más común es conectar equipos en la misma sala o en el mismo edificio. Las fibras multimodo y los láseres asociados a ellas suelen tener un precio inferior a las monomodo, y se suelen usar para reducir costes vs a monomodo. Las fibras monomodo son las fibras usadas para lo denominado

‘planta externa’, ósea, conexasión exterior y de larga distancia, como pueden ser redes de acceso y troncal.

2.3 Cables de fibra óptica

Durante los últimos años hemos visto una importante evolución de los cables de fibra óptica, sobre todo con la aparición del FTTH y los cables de conexión en casa de cliente, al ser cables de bajo radio de curvatura, lo que permite evitar problemas de atenuaciones no deseadas a la hora de dar el alta de instalación y en el ciclo de vida de la instalación, quizá demasiado pronto para saber la duración de estos cables sin problemas, aunque hoy por hoy no se reportan incidencias destacables. También hemos visto la aparición de cables de 512 fibras para los arboles de FTTH, los cuales tienen una alta densidad de fibras con un diámetro ciertamente reducido. Esta evolución no solo se ha basado en los cables de acceso, sino también en los cables troncales.

Constructivamente un cable de fibra óptica está diseñado, básicamente, por una serie de capas protectoras que en el interior tienen un conjunto de tubos holgados los cuales tienen en su interior, a la vez, las fibras ópticas. Las fibras se distribuyen y cuentan por un código de colores que se aplica a los tubos y a las propias fibras.

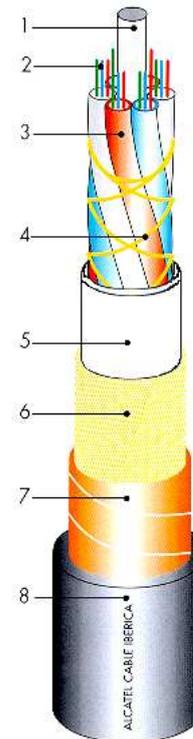
En los últimos años el aumento de fibras por cada tubo holgado, y la mejora en los materiales y en los procesos constructivos de la fibra ha hecho que el diámetro del cable de fibra se reduzca y que para nuevos despliegues se puedan usar zanjas más pequeñas, conductos más estrechos y al tender por técnicas como el Blowing, reducir notablemente el precio del metro lineal de zanja, que al final es lo más costoso del despliegue de una nueva troncal.

También tenemos que ser conscientes que con los nuevos equipos de multiplexación por longitud de onda, el número de fibras troncales necesarias para un operador se reduce notablemente, por lo que un cable que uno 2 municipios no requiere que tenga un número elevado de fibras para el operador que lo va a tender, aunque si que es cierto que para que estas obras sean rentables lo que se suele hacer es compartirla entre varios operadores, asignando un número de tubos entre varios operadores, o directamente el que realiza la obra es una empresa de infraestructuras que lo hace para alquilar a terceros.

Los cables de fibras suelen tener tubos de 8, 16, 24, 32, 48, 64, 80, 96, 128, 144, 256 y 512, utilizando los cables menores de 32 tubos holgados de 4 fibras, de 32 a 256 tubos de 8 fibras, los de 256 pueden usar tubos de 16 fibras y los de 512, tubos de 32 fibras. Los cables más usados para troncales suelen ser de 96 o 128 fibras, ya que el precio entre un cable de 64 y uno de 128 es mínimo.

2.4 Estructura de un cable de fibra óptica

1. Elemento resistente central dieléctrico.
2. Fibra óptica
3. Tubo holgado de material termoplástico, relleno de compuesto antihumedad.
4. Ligaduras para amarrado del núcleo.
5. Cinta bloqueante al paso de agua.
6. Capa de hilaturas de aramida.
7. Cinta de protección antirroedores.
8. Cubierta exterior de polietileno, color negro.



*Ilustración 3 Estructura de cable de fibra óptica.[6]
Fuente Alcatel Networks*

2.5 Tipos de tendidos de fibra

Existen diferentes sistemas para el tendido de un cable de fibra óptica, según el tipo de cable y las características del propio despliegue. No es lo mismo tender cable para la red de acceso que tender cable para red troncal. Por ejemplo, la infraestructura que tenemos en un municipio suele hacer que tendamos cable por fachada o por canalización con arquetas de registro que se pueden situar cada 50 o 70 metros, si no menos. En tendidos interurbanos podemos tener arquetas de registro cada 500 metros según las técnicas que utilicemos para tender o postes aéreos dedicados de hormigón o madera, así como torres de alta tensión por donde pasamos el cable de fibra en el interior del cable de tierra.

Dentro de los tipos de tendido que podemos tener en una canalización exterior podemos distinguir, básicamente, entre 4:

- Tendido Manual: En esta técnica la tracción del cable se realiza manualmente. Normalmente se hace de arqueta a arqueta, con una distancia que no suele superar los 100 metros, pasando

primero una guía rígida por la canalización, después un hilo guía que se ata a la punta del cable y se estira de él. Es la técnica más utilizada cuando tenemos canalización convencional. Normalmente las bobinas de cable son de 2km, ya que tender más de 2km de cable de esta forma es realmente costoso. Se suele replantear y empezar a tender el cable por el centro del recorrido.

- Tendido con cabestrante automático: Similar al anterior, pero en vez de tirar de forma manual se ata el hilo guía a un cabestrante automático. Este cabestrante tiene que tener un control de tensión ya que es una tarea delicada según el recorrido, que en las arquetas intermedias requiere de poleas y sistemas para evitar el roce del cable contra elementos de infraestructura. Es poco utilizado.
- Tendido por Floating: se tiene que tener todo el recorrido del tendido con un conducto continuo y sin aperturas intermedias. Se coloca una bomba de presión en el extremo del cable junto con el suministro de líquido (normalmente agua) que acompaña al cable que actúa de medio de transporte por dentro del conducto para el cable.
- Tendido por Blowing: Es similar al Floating, pero se inserta aire en vez de agua y mediante la insuflación se realiza el tendido del cable.

2.6 La multiplexación por longitud de onda

La multiplexación por longitud de onda es una tecnología que permite transmitir varias señales independientes por una sola fibra óptica mediante diversas portadoras ópticas de diferente longitud de onda.

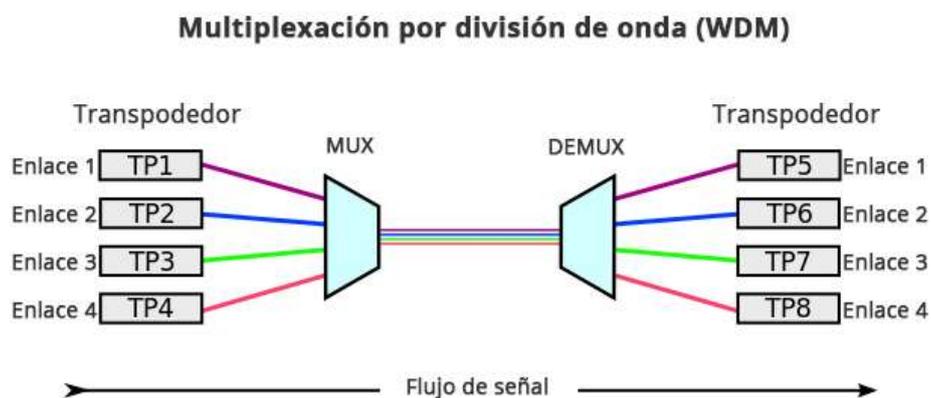


Ilustración 4 Ejemplo WDM. [7] Fuente community.fs.com

Inicialmente se empezó jugando con pasar por 2 fibras (rx y tx) los servicios de 2 equipos, transmitiendo en 2ª (1310nm) uno de ellos y el otro en 3ª (1550nm), usando multiplexoras y demultiplexoras pasivas externas. Después la tecnología fue evolucionando y empezaron a aparecer los primeros equipos CWDM (Coarse Wave Division Multiplexing), que usaban 8 canales con una

separación que solía ronda los 20 nm. Con la evolución tecnológica llegaron los equipos DWDM (Dense Wave División Multiplexing), donde aumentaron significativamente el número de canales que se podían usar, bajando la distancia entre portadoras. La evolución no ha sido solo en el número de canales, también hemos pasado de tener equipos de detección directa donde solo podíamos modular la onda óptica a través de la modulación de intensidad a tener equipos de detección coherente, que nos permiten extraer información acerca de la amplitud, de la frecuencia y de la fase de un portador óptico. Esto ha hecho que la capacidad de los canales y las distancias que podemos tener entre equipos aumenten de una forma considerable. La versatilidad de los nuevos equipos, la escalabilidad y la capacidad de los canales, nos permiten generar enlaces con unas capacidades inimaginables hace unos pocos años.

Para el proyecto es importante recordar las principales topologías que tenemos en enlaces WDM, básicamente punto a punto o en anillo.

La topología punto a punto no existe la protección de caminos. Normalmente en el nodo origen y en el nodo destino se extraen todos los servicios

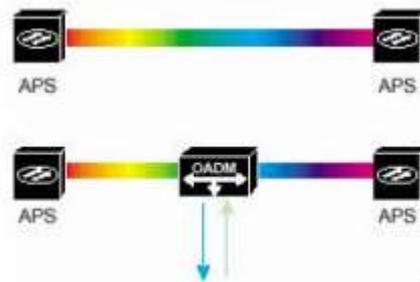


Ilustración 5 Ejemplo topología punto a punto. [8] Fuente monografias.com

En la topología en anillo tenemos una simetría que circula por todo el anillo, lo que permite que el tráfico de un nodo salga del origen por 2 caminos y llegue a su destino por 2 caminos totalmente disjuntos que, si el diseño físico se ha realizado correctamente, nos permitirá que no haya ningún solapamiento ni físico ni lógico en todo el recorrido origen destino.

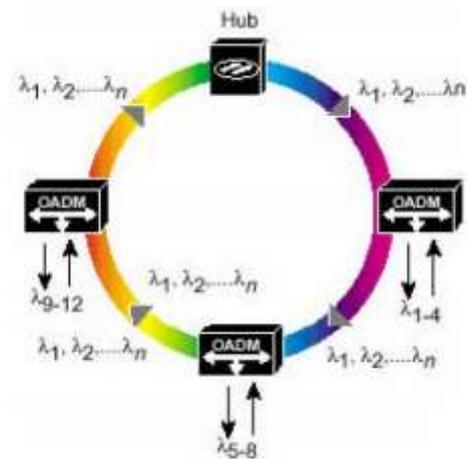


Ilustración 6 Ejemplo topología en anillo. [8] Fuente monografias.com

3. Objetivos y alcance

- Diseño de la topología DWDM para el despliegue en la zona seleccionada del pirineo.
- Diseño de la canalización y tendido entre municipios que permita enlaces robustos y de rápido tendido.
- Selección de los elementos pasivos para poder realizar los enlaces (cables, ODF, conectores...)
- Selección de los equipos de DWDM necesarios para poder ejecutar los enlaces entre municipios
- Cálculos para el diseño de los enlaces DWDM
-

4. Metodología y proceso de trabajo

Para este trabajo final de Master queremos realizar el diseño de una red troncal de transporte para la zona del pirineo catalán. Para la motivación y los objetivos vistos anteriormente, vamos a agrupar en tres grupos los trabajos que vamos a realizar

- Análisis de la zona geográfica y posibles soluciones topológicas:
 - o En esta etapa se hará un análisis de la solución que se quiere realizar en la zona geográfica que hemos seleccionado y revisaremos las posibles soluciones para poder realizar un anillo robusto que pueda agrupar todo el tráfico de la zona seleccionada pudiendo dar la robustez necesaria a la red.
- Elección de materiales tanto activos como pasivos:
 - o En esta etapa vamos a seleccionar los materiales que vamos a usar. Por un lado, los materiales pasivos, que van desde el cable de fibra con un número de fibras elegido adecuadamente, tipos de conectores, tipos de repartidores ópticos y demás elementos pasivos.
- Cálculos para el diseño de los enlaces DWDM:
 - o En este punto haremos todos los cálculos necesarios para poder diseñar los enlaces DWDM que unirán los diferentes municipios del anillo que queremos diseñar.

5. Planificación del trabajo



Tabla 1 planificación del trabajo

6. Especificaciones de la obra civil y de elementos pasivos

6.1 La canalización entre municipios

Básicamente se trabaja con 3 tipos de canalizaciones cuando queremos tender cables de fibra. Tenemos una canalización convencional con un ancho (obertura en la acera o calzada) de unos 400 mm de media, donde ponemos conductos de 40 a 125 mm por donde tendemos los cables. Este tipo de zanja la usamos en entornos urbanos y tiene un coste elevado, de hasta 150 euros el metro lineal. Después tenemos una zanja más pequeña que denominan minizanja, la cual lleva uno o varios tritubos (3 tubos de 40 mm unidos) y una anchura de unos 200 mm. La minizanja tiene un coste de unos 50 euros el metro líneas aproximadamente. Por último tenemos la microzanja, que se está utilizando actualmente en redes interurbanas y que tiene aproximadamente una anchura de 55 mm y un coste de 30 euros metro lineal. No es únicamente un tema de coste, sino también de tiempos de ejecución. Así como una canalización convencional puede ejecutar 20 metros diarios, la mini zanja unos 100 metros diarios y la microzanja unos 200 metros diarios, por lo que reducimos el tiempo de ejecución con la microzanja de una forma significativa.

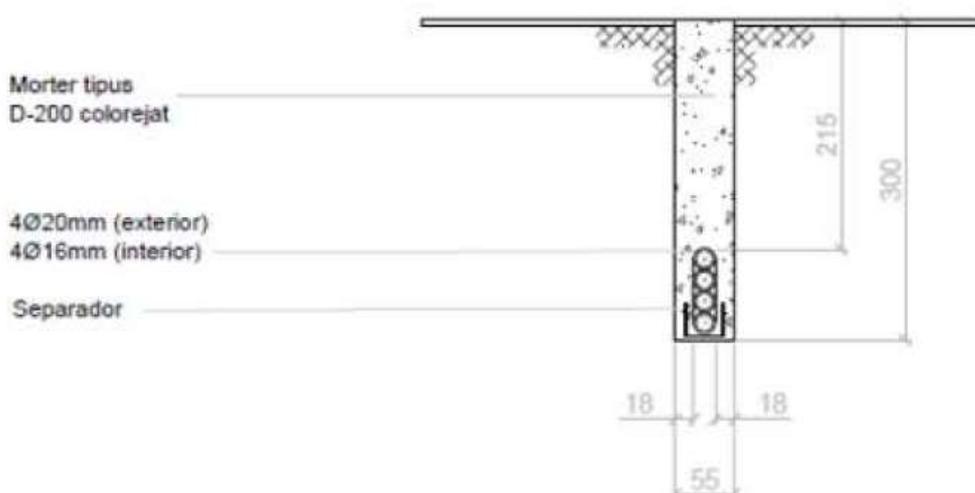


Ilustración 7 Sección de la microzanja a realizar

La especificación de la zanja que haremos será con un ancho de 55mm, una profundidad máxima de 300 mm y utilizaremos microductos de 20/16 mm. Dispondremos arquetas cada 1000 metros para hacer tendido por blowing.

Podemos observar en las siguientes fotografías como en el proceso de ejecución de la zanja, una zanjadora va generando la microzanja, la cual es vaciada de los residuos que se generan, se tiende inmediatamente después el microducto que nos permitirá pasar 4 cables y seguidamente se rellena con mortero y se tapa, quedando repuesto el asfalto el mismo día de una forma muy rápida.

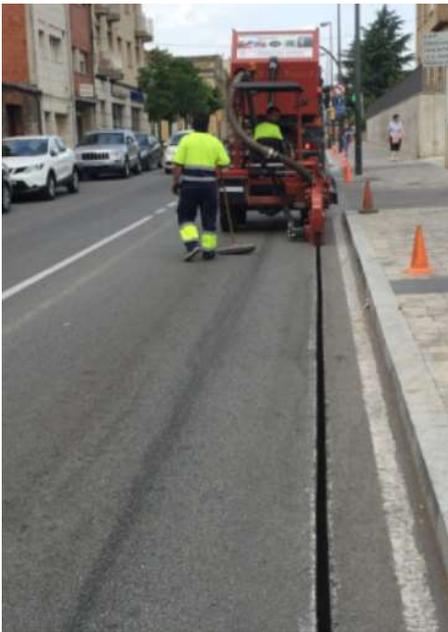


Ilustración 8 Zanjadora realizando microzanja [9]. Fuente: microzanjas.com



Ilustración 9 Inserción de microducto en microzanja [9]. Fuente: microzanjas.com.



Ilustración 10 Asfaltado de microzanja. Fuente Xarxa Oberta de Catalunya [9]. Fuente: microzanjas.com

Para la parte de las arquetas, tal y como hemos especificado, dispondremos arquetas cada 1000 metros. Estas arquetas tendrán unas medidas de 120 cm x 60 cm, lo que nos permitirá poder disponer allí donde sea necesario del espacio suficiente para poder poner caja de empalme. En este tipo de arquetas con estas dimensiones se puede instalar más de una caja de empalme, para futuros tendidos.

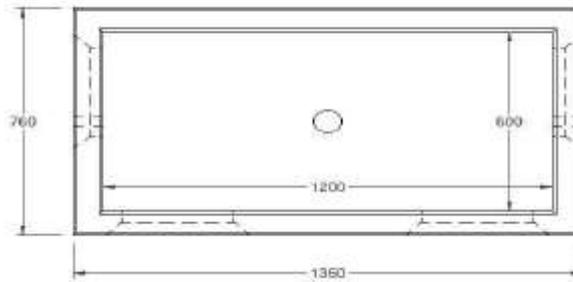


Ilustración 11 Dimensiones de una arqueta

El precio medio que hemos estimado para esta arqueta es de 500 euros, contando que algunas arquetas serán prefabricadas y otras arquetas se realizarán ‘in situ’, según la casuística en cada lugar donde tengamos que disponer la arqueta.

6.2 El cable de fibra óptica

Tal y como se ha comentado ya en el proyecto, vamos a utilizar un cable de 96 fibras ópticas. Se ha elegido este número de fibras porque vamos a tener futuras ampliaciones de nuevos equipos, por ejemplo, un enlace DWDM para servicios de empresas, y porque podremos usar una parte de las fibras para servicios de acceso que podamos ir insertando en el recorrido de la canalización, aprovechando esta misma en su paso por diferentes municipios. Vamos a definir el cable y un código de colores para fusionar y ordenar las fibras. Una de las características que va a tener que tener el cable es una anchura inferior a 16 mm, ya que el microducto que hacemos con la zanja es de 20/16 mm, lo que indica que tiene 20 mm en la parte externa y 16, de anchura en la parte interna. Es importante definir un cable con una sola cubierta y que no sea ignífugo, ya que esto nos daría problemas a la hora de hacer los tendidos por blowing, al generar mucha fricción a la hora de tenderlo por la doble cubierta y por el tratamiento ignífugo que se le da a este tipo de cables.

Uno de los puntos importantes es definir el tipo de fibra monomodo que vamos a utilizar. Actualmente tenemos varios tipos de fibra monomodo especificados por el UIT-T, siendo los principales G.652, G.653, G.654, G.655, G.656 y la G.657. En el siguiente cuadro podremos ver las principales características de las diferentes especificaciones de fibras monomodo:

UIT-T	Tipo de fibra	Longitud de onda especificada (nm)	Usos
G.652	Fibra de dispersión cero/de dispersión no desplazada, o SMF estándar	1310, 1550, 1625 ((excluidas C y D)	LAN, MAN, redes de acceso y transmisión CWDM.
G.653	Fibra óptica con corte desplazado	1310 a 1550	Sistemas de transmisión monomodo de larga distancia que utilizan amplificadores de fibra dopados con erbio (EDFA).
G.654	Fibra óptica con corte desplazado	1550	Sistemas submarinos de mayor ancho de banda y sistemas de retroceso.
G.655	Fibra óptica de dispersión desplazada no nula (NZDSF)	1550 a 1625	Sistemas submarinos de mayor ancho de banda y sistemas de retroceso.
G.656	Dispersión no nula para fibra de transporte óptico de banda ancha	1460 to 1625	Sistemas de largo recorrido que utilizan transmisión CWDM y DWDM en el rango de longitud de onda especificado.
G.657	Fibra óptica insensible a la pérdida ocasionada por curvaturas para redes de acceso	1260 a 1625	Redes de fibra para el hogar (FTTH).

Tabla 2 Tipos de fibra UIT-T.[10] Fuente community.fs.com

Vamos a elegir la G.652D, ya que es la más usada actualmente, nos permitirá usar sin problemas el equipo 1800 de Huawei y también usar otros rangos de fibra para enlaces de acceso. Vamos a definir un cable de la casa Drakka con una sola cubierta, de 96 fibras y G652D con un coste estimado de 1,5 euros metro. A continuación, vamos a ver el código de colores que usaríamos con dicho cable para ordenar las fibras y fusionarlas correctamente.

COLOREADO DE LAS FIBRAS

FIBRA	COLOR
1	Verde
2	Rojo
3	Azul
4	Amarillo
5	Gris
6	Violeta
7	Marrón
8	Naranja

COLOREADO DE LOS TUBOS

TUBO Nº	2 T	4 T	6 T	8 T	10 T	12 T	16 T
1	Blanco						
2	Rojo	Rojo	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Rojo
3		Azul	Rojo	Rojo	Blanco	Blanco	Azul
4		Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde
5			Azul	Azul	Rojo	Rojo	Blanco
6			Azul	Azul	Rojo	Rojo	Blanco
7				Verde	Azul	Azul	Blanco
8				Verde	Azul	Azul	Rojo
9					Verde	Azul	Rojo
10					Verde	Verde	Rojo
11						Verde	Azul
12						Verde	Azul
13							Azul
14							Verde
15							Verde
16							Verde

Tabla 3 Código de colores para cable de fibra

6.3 Sistema de tendido

Para esta red de fibra, utilizaríamos un tendido por Blowing. Este tipo de tendido es perfecto para el tipo de red que vamos a diseñar. Vamos a realizar microzanja, con grandes distancias entre las centrales que queremos conectar, con arquetas cada 1000 metros, con cables de 4000 metros. Para realizar el tendido colocaríamos la bobina de 4000 metros de cable en la arqueta que se encuentre justo en el centro de los 4000 metros de tendido que queramos realizar. Realizaremos el tendido por 'aire' de 2000 metros hacia un lado y otro del recorrido. EL cable saldrá por las arquetas que se encuentran a 1000 metros de distancia, donde una brigada recuperará los 1000 metros restantes de cable para desplazar la maquina a la arqueta en cuestión y resoplar los 1000 metros hasta la arqueta final de tendido. Esto sucederá hacia los 2 lados del tendido. Se puede tender fácilmente 4000 metros de cable en 1 día. El coste estimado de tendido es de 2 euros metro lineal.

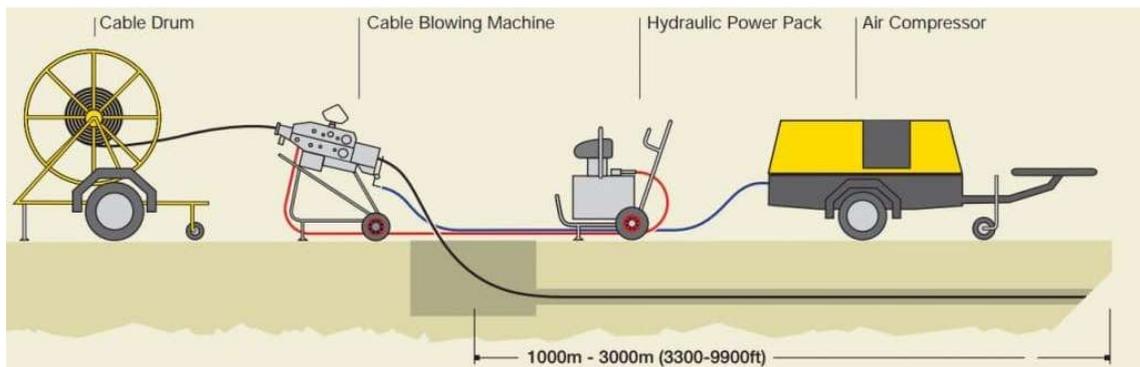


Ilustración 12 Sistema de tendido por blowing. [11] Fuente gmptools.com



Ilustración 13 máquina de blowing. [12] Fuente www.utilityproducts.com

6.4 La caja de empalme

La elección de una caja de empalme es, aunque pueda no parecerlo, una decisión muy importante a la hora de desplegar una red de fibra óptica. Con la elección de la caja de empalme vamos a definir las posibilidades de crecer en estos puntos con un número determinado de cables de fibra en el caso que queramos expandir la red. No solo tenemos que tener el tema de la cantidad de cables que entren en la caja, sino también de la gestión de la fibra en las bandejas de fusión. La forma de poder ordenar las fusiones por bandejas y la gestión de cada fibra desde que se despeinan en el tubo hasta que llegan a la fusión nos van a definir la rapidez en trabajar en la caja y la facilidad para que se produzcan averías o no por la incorrecta manipulación de la caja. Una caja sencilla de trabajar genera pocas averías de red. Un tanto por ciento elevado de las averías por corte de fibra que pueden producirse en una red de fibra óptica son por errores humanos al manipular las cajas de empalme y los repartidores ópticos.

En este sentido vamos a definir la caja de empalmes FIST-GCO2-BC6-NN de Raychen, que es una caja muy común y que da muy buen resultado. En la parte inferior tiene una serie de entradas (6) la cuales sirven para introducir los cables de fibra las cuales se quieren fusionar. También tiene una entrada oval que sirve para hacer una sangría de la manguera. Una sangría no es más que la segregación de solo algunas fibras de un cable de fibra óptica sin necesidad de cortar todo el cable de fibra. En el interior de la caja de empalme podemos observar que hay bandejas que sirven para albergar las fusiones de fibra.



Ilustración 14 Caja de empalme



Ilustración 15 bandejas de fusión en caja de empalme

En el modelo que vamos a utilizar, tenemos bandejas de hasta 12 fusiones de fibra, aunque al solerse usar cables con tubos de 8 fibras, lo que se suele usar es un tubo por bandeja, de una forma ordenada, lo que permite una correcta disposición de las bandejas por tubos de fibra. Para un cable de 96 fibras, que tendría 12 tubos, deberíamos tener un total de 12 bandejas, como podemos observar en la foto. Vamos a estimar un precio de 600 euros para la caja de empalme.

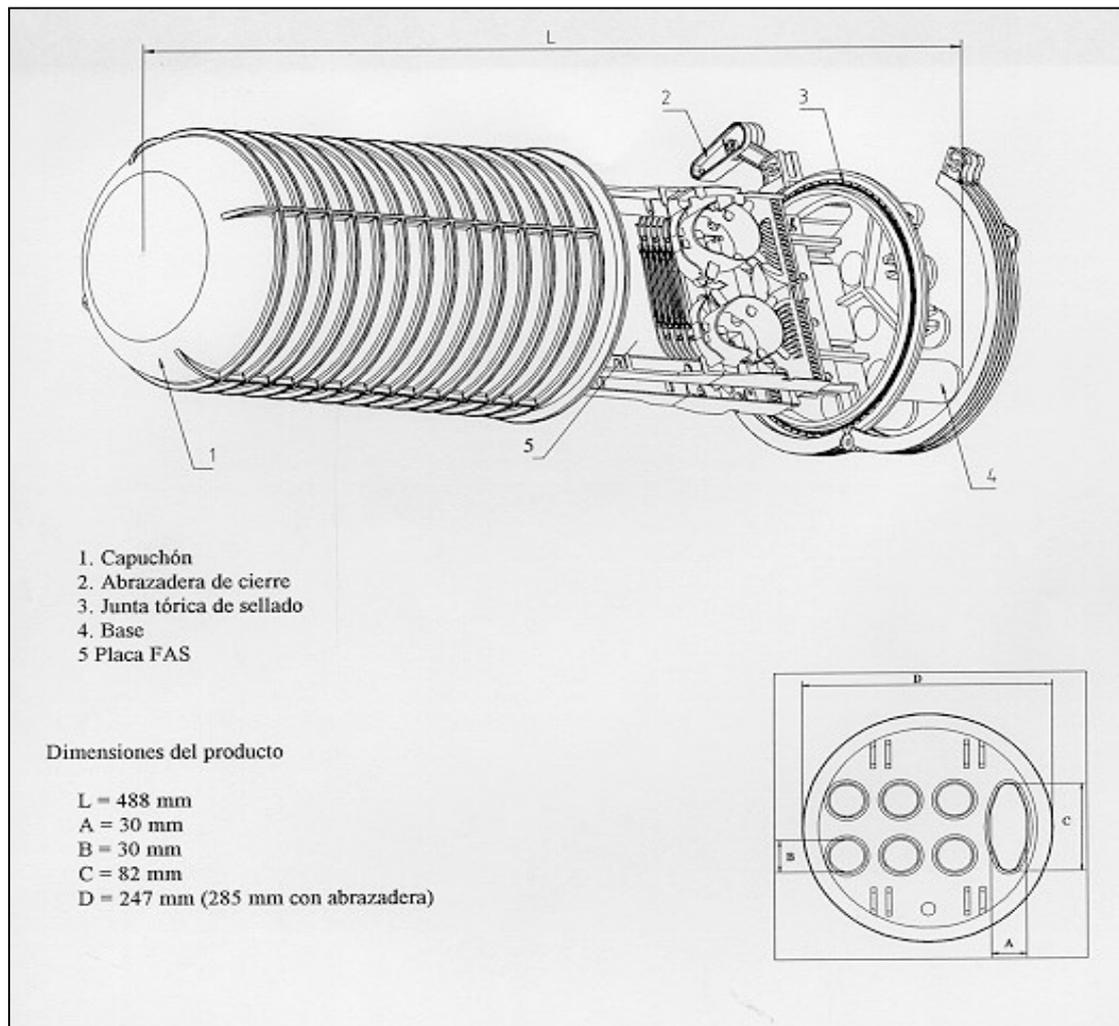


Ilustración 16 Dimensiones y puertos de la caja de empalme que usaremos. Fuente[13] Commscope

6.5 Repartidor óptico y conectores

Vamos a necesitar un repartidor óptico para acabar el cable de fibra óptica a conector y poder dar paso a nuestros equipos. Tal y como hemos explicado en la introducción, se van a instalar los equipos de transmisión y el repartidor óptico en una central de un tercero, por lo que nos interesa tener un repartidor óptico compacto, que se pueda instalar en un rack fácilmente y que integre en el mismo cuerpo tanto las bandejas de fusión para acabar el cable a pigtail (conector), como la parte de conectores, ya que se suelen tener las bandejas de fusión y las de conectores en cuerpos diferentes. Es importante encontrar un repartidor óptico que se pueda abrir fácilmente para tener acceso a la parte donde se ubican las fusiones, ya que de cara al mantenimiento del repartidor es recomendable no afectar al servicio ante una reparación de una sola fibra, ya que, según la disposición de las bandejas de fusión, en algunos repartidores es necesario desconectar algunas fibras para poder acceder a las bandejas de fusión.

Hemos optado por el repartidor FOMS-FPS-HD de la marca Commscope, ya que reúne todos estos requisitos y en 2 unidades de altura, con 19 pulgadas de ancho se puede instalar en cualquier rack de telecomunicaciones. Este tendrá un coste estimado de 950 euros.

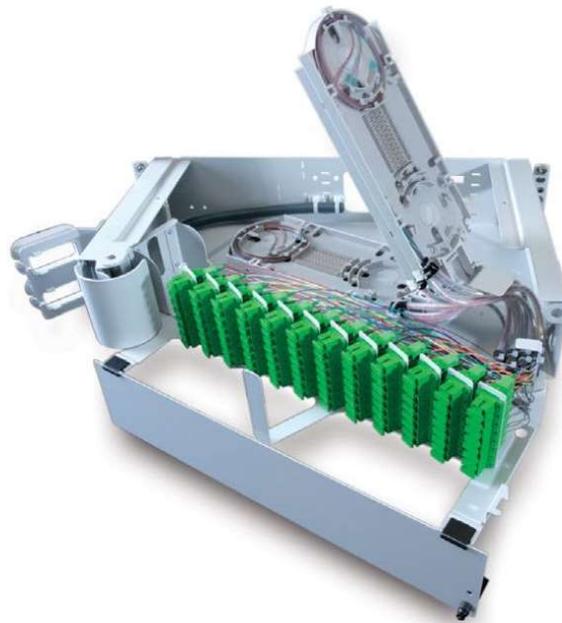


Ilustración 17 FOMS-FPS-HD. Fuente[14] Commscope

Measurements	19" Chassis Standard 1HU Version	2HU Version
Width (with/without mounting brackets)	481 / 444mm	481 / 444mm
Height	44 mm	88 mm
HU-Height Units	[requires 1x19" HU]	[requires 2x19" HU]
Depth	280mm	280mm

Tabla 4 Medidas del FOMS-FPS-HD. Fuente[14] Commscope.

Description	FOMS-FPS-HD Splice & Patch	Patch Only
Number of FOOSC A splicing trays	2 or 4 for 1HU	NA(b)
	4 or 8 for 2HU	
FOOSC A splicing tray capacity	12 or 24	NA
Incoming cable	2	NA
Patch panel capacity (1HU / 2HU)	48/96	48/96
Patch cord length inside the shelf – from the trumpet till the back side of the patch panel (a)	N/A	0.50-0.90m
Patch cord length inside the shelf – from the trumpet till the front side of the patch panel (a)	0.06-0.40m	0.06-0.40m

Tabla 5 Características FOMS-FPS-HD Fuente[14] Commscope

Una vez tenemos definido el repartidor óptico, tenemos que definir el tipo de conector que vamos a utilizar. En el mercado tenemos muchos tipos de conectores y de pulidos. El pulido es la forma en la que se acaba la punta cerámica del conector. Existe, básicamente, 3 tipos de pulido:

- Contacto físico (Physical Contact)
- Contacto ultra físico (Ultra Physical Contact)
- Contacto físico angular (Angled Physical Contact)

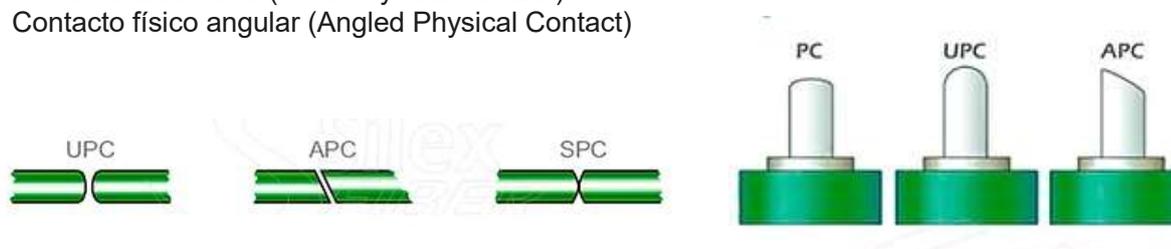


Ilustración 18 Pulidos de conectores

Aunque las pérdidas de inserción suelen ser las mismas para los tres, en torno a 0,3 dB por conector (nosotros supondremos 0,5 en los cálculos) la diferencia más notable es por las pérdidas de retorno óptico, ósea, la reflexión de vuelta, la cual es la luz que se refleja hacia la fuente que la genera, la cual puede dañar la fuente e interrumpir la señal. Para los pulidos PC son de unos -40 dB, para los pulidos UPC son unos -50 dB y para los APC son unos -60 dB.

A nivel de tipos de conectores tenemos muchos tipos diferentes en el mercado, aunque los más utilizados son los FC, los LC y los SC. Hace unos años los FC se utilizaban en equipamiento y repartidores ópticos, aunque con el paso de los años el conector LC ha sustituido al conector FC en casi todo el equipamiento (con pulido PC). El conector SC es el que más se utiliza para repartidores de planta externa o de terminación de cable de fibra óptica que conectan una central con el exterior.



Ilustración 19 tipos de conectores

Nosotros vamos a elegir conectores SC/APC para la finalización de nuestros cables de fibra.

7. Enlaces de la red de Transmisión

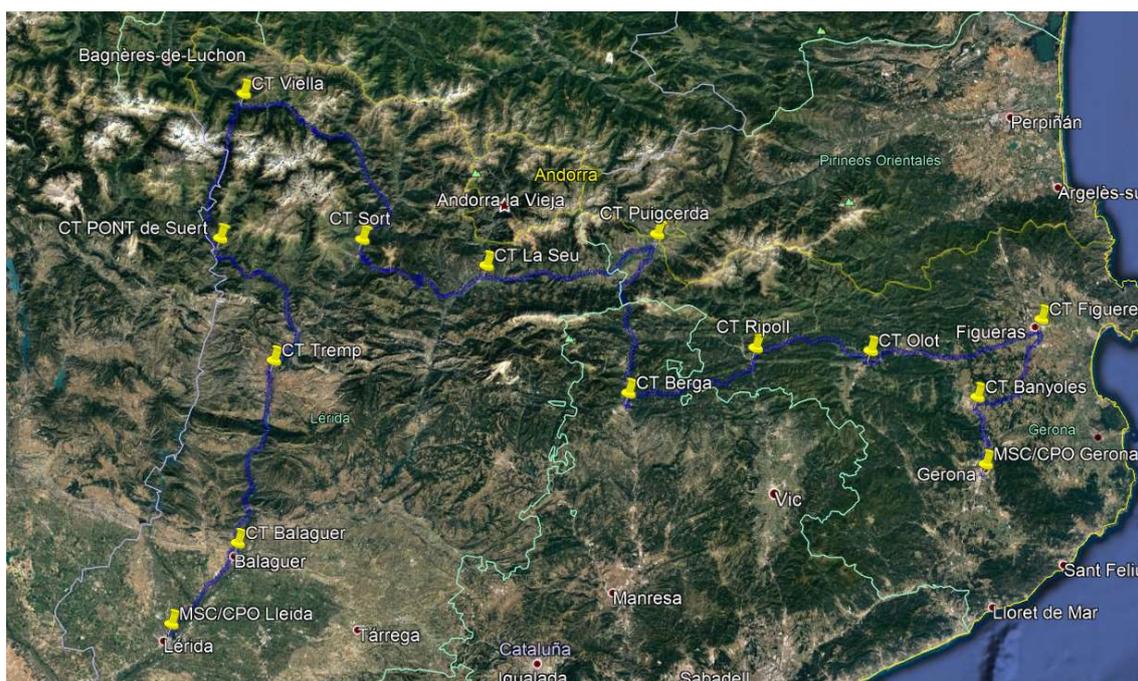


Ilustración 20 Recorrido de la red de fibra. Fuente Google Earth

Una vez definido el tipo de microzanja, las arquetas, sistemas de tendido y los materiales que vamos a utilizar, vamos a proceder a ver los recorridos y los cálculos de distancia, atenuación, coste de la parte de obra civil y fibra y los plazos de entrega. Las consideraciones que vamos a tener en cuenta son:

- Vamos a suponer 0,25 dB/km de atenuación del cable, 0,15 dB por fusión y 0,5 por conector. Cuando se hagan los ajustes de los enlaces DWDM presuponemos que se tendrá en cuenta el envejecimiento de la red y le daremos un margen de ganancia para compensar las futuras pérdidas.
- La distancia calculada sobre MAPS/GIS le aplicamos un 10 % extra para compensar la gestión del cable en las arquetas, el extra de cable en las cajas de empalme para poder extraer la caja fuera de la arqueta y la reserva de 50 metros que se va dejando cada 2 arquetas para fusinar en caso de avería o para una posible sangría del cable.
- No contamos el coste de las medidas reflectométricas ya que las incluiremos en los servicios de la puesta en marcha del equipo.
- Dentro del precio por metro de la zanja y el tendido contamos los costes de la ingeniería que lleva el proyecto.
- En los plazos de entrega definimos la microzanja como plazo teniendo en cuenta que trabaja una brigada en cada enlace y que las arquetas y otros trabajos se realizan en paralelo.

7.1 Enlace Lleida – Balaguer

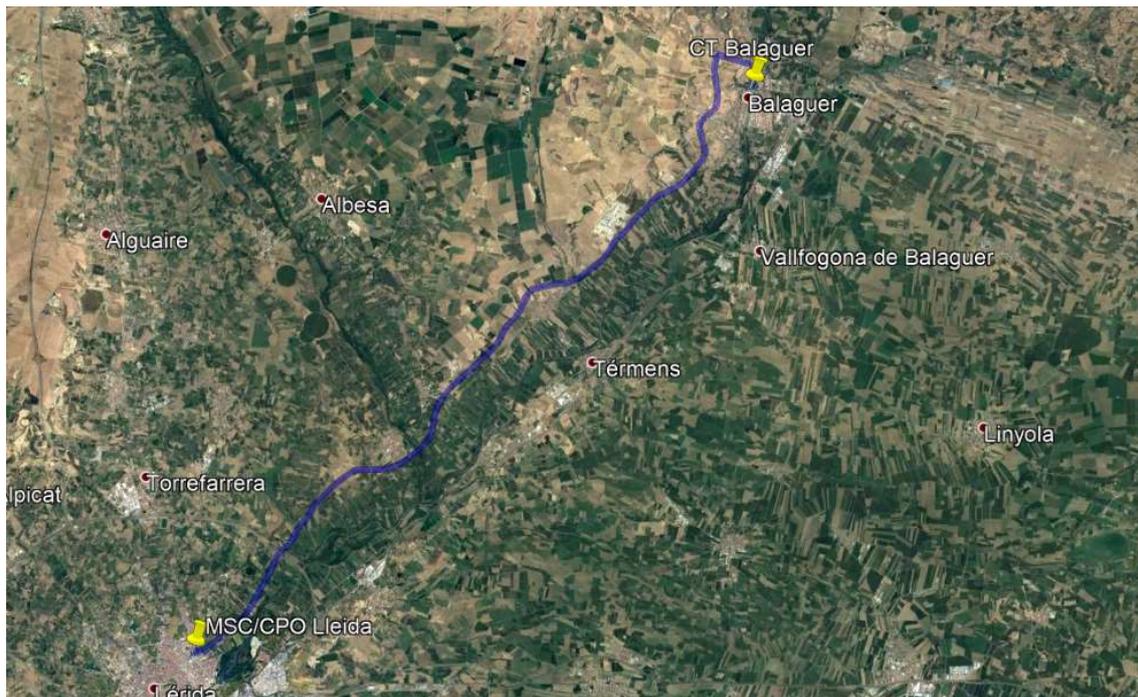


Ilustración 21 Enlace Lleida – Balaguer. Fuente Google Earth

ORIGEN - DESTINO	
LLEIDA - BALAGUER	
Distancia Medida GIS (metros)	27640
Distancia calculada Real (Metros)= Distancia medida en gis * 1,1	30404
CALCULO ATENUACIÓN	
Numero de empalmes = Distancia calculada Real (Metros)/4000 metros por Bobina de cable	8
Atenuación fibra = Distancia calculada Real (Metros) * 0,25 dB/km (dB)	7,601
Atenuación fusiones recorrido = Numero de empalmes * 0,15dB (dB)	1,2
atenuaciones extremos = (0,15 dB fusion a pigtail + 0,5dB por enfrentador de conector)x2 (en cada extremo) (dB)	2,3
Total atenuación recorrido (dB)	11,101
CALCULO COSTE ENLACE	
Total arquetas	31
Total repartidores opticos	2
total coste microzanja (30 euros metro lineal)	912.120,00 €
total coste arquetas (500 euros arqueta)	15.500,00 €
total coste caja de empalme (600 euros/caja de empalme)	4.800,00 €
total coste fusiones (10 euros x fusión/ 96 fusiones por caja de empalme o por repartidor óptico)	31.680,00 €
total coste cable (1,5 euros/ metro)	45.606,00 €
total coste tendido Blowing (2 euros/metro lineal)	60.808,00 €
Total coste ODF (numero de repartidor óptico * 950 euros/repartidor óptico)	1.900,00 €
Total coste	1.072.414,00 €
Dias necesarios para ejecutar la zanja (200 m/dia) (dias)	153

Tabla 6 Cálculos Enlace Lleida – Balaguer

7.2 Enlace Balaguer – Tremp

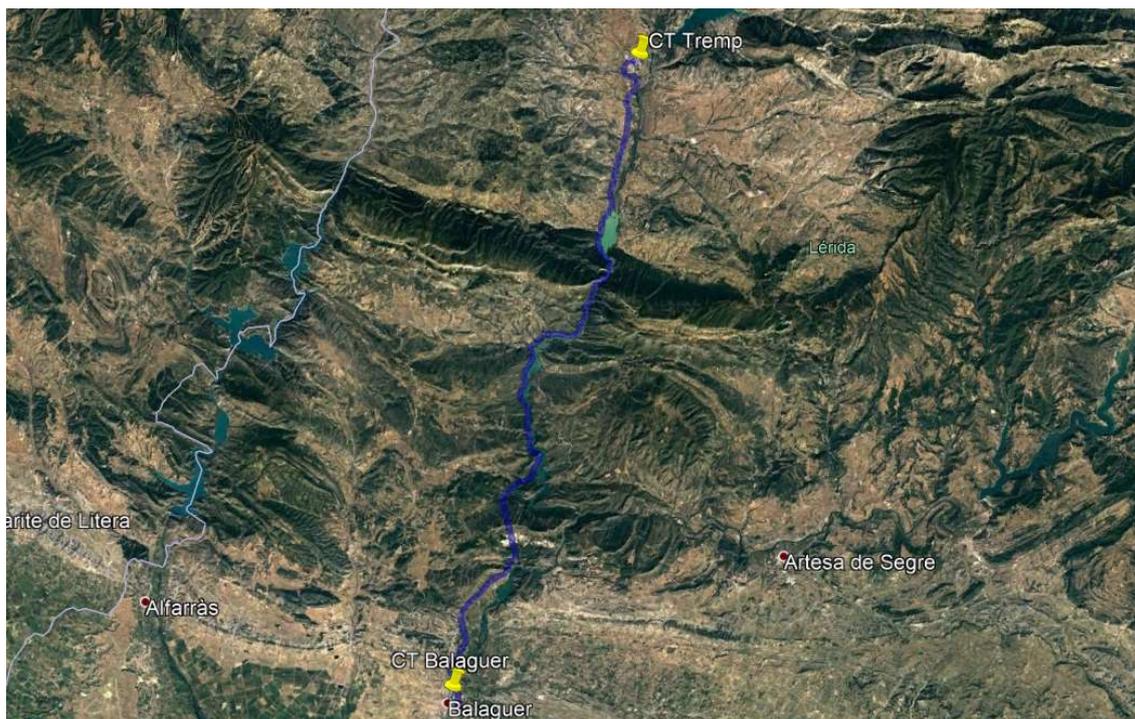


Ilustración 22 Enlace Balaguer – Tremp. Fuente Google Earth

ORIGEN - DESTINO	
BALAGUER - TREMP	
Distancia Medida GIS (metros)	52190
Distancia calculada Real (Metros)= Distancia medida en gis * 1,1	57409
CALCULO ATENUACIÓN	
Numero de empalmes = Distancia calculada Real (Metros)/4000 metros por Bobina de cable	15
Atenuación fibra = Distancia calculada Real (Metros) * 0,25 dB/km (dB)	14,35225
Atenuación fusiones recorrido = Numero de empalmes * 0,15dB (dB)	2,25
atenuaciones extremos = (0,15 dB fusion a pigtail + 0,5dB por enfrentador de conector)x2 (en cada extremo) (dB)	2,3
Total atenuación recorrido (dB)	18,90225
CALCULO COSTE ENLACE	
Total arquetas	58
Total repartidores opticos	2
total coste microzanja (30 euros metro lineal)	1.722.270,00 €
total coste arquetas (500 euros arqueta)	29.000,00 €
total coste caja de empalme (600 euros/caja de empalme)	9.000,00 €
total coste fusiones (10 euros x fusión/ 96 fusiones por caja de empalme o por repartidor óptico)	57.600,00 €
total coste cable (1,5 euros/ metro)	86.113,50 €
total coste tendido Blowing (2 euros/metro lineal)	114.818,00 €
Total coste ODF (numero de repartidor óptico * 950 euros/repartidor óptico)	1.900,00 €
Total coste	2.020.701,50 €
Dias necesarios para ejecutar la zanja (200 ml/dia) (dias)	288

Tabla 7 Cálculos Enlace Balaguer – Tremp

7.3 Enlace Tremp – Pont de Suert

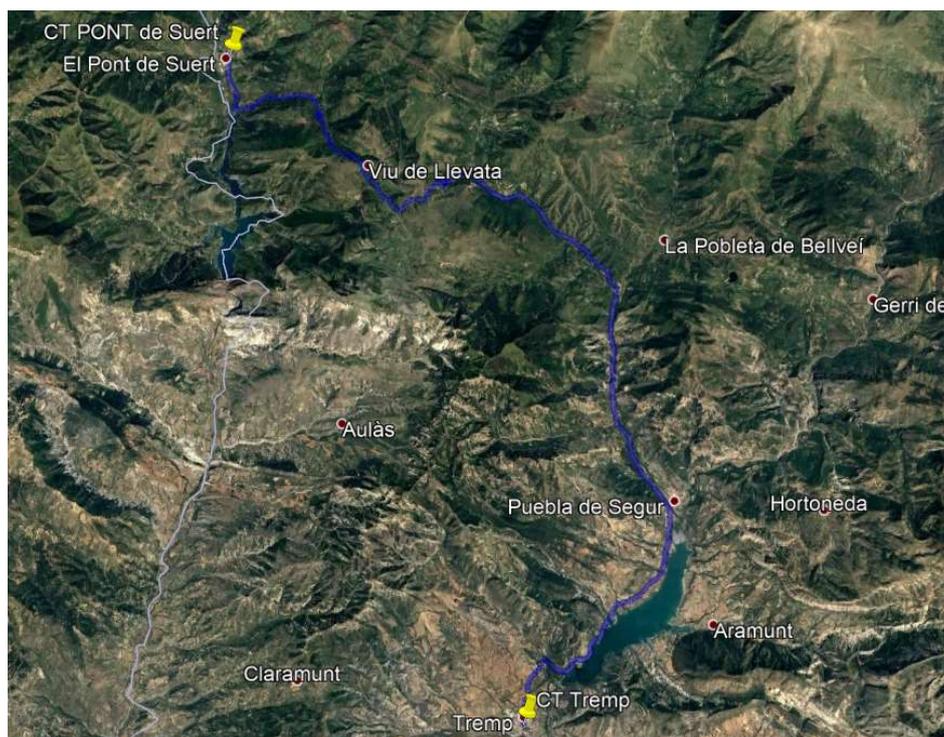


Ilustración 23 Enlace Tremp – Pont de Suert. Fuente Google Earth

ORIGEN - DESTINO	
TREMP – PONT DE SUERT	
Distancia Medida GIS (metros)	51400
Distancia calculada Real (Metros)= Distancia medida en gis * 1,1	56540
CALCULO ATENUACIÓN	
Numero de empalmes = Distancia calculada Real (Metros)/4000 metros por Bobina de cable	15
Atenuación fibra = Distancia calculada Real (Metros) * 0,25 dB/km (dB)	14,135
Atenuación fusiones recorrido = Numero de empalmes * 0,15dB (dB)	2,25
atenuaciones extremos = (0,15 dB fusion a pigtail + 0,5dB por enfrentador de conector)x2 (en cada extremo) (dB)	2,3
Total atenuación recorrido (dB)	18,685
CALCULO COSTE ENLACE	
Total arquetas	57
Total repartidores opticos	2
total coste microzanja (30 euros metro lineal)	1.696.200,00 €
total coste arquetas (500 euros arqueta)	28.500,00 €
total coste caja de empalme (600 euros/caja de empalme)	9.000,00 €
total coste fusiones (10 euros x fusión/ 96 fusiones por caja de empalme o por repartidor óptico)	56.640,00 €
total coste cable (1,5 euros/ metro)	84.810,00 €
total coste tendido Blowing (2 euros/metro lineal)	113.080,00 €
Total coste ODF (numero de repartidor óptico * 950 euros/repartidor óptico)	1.900,00 €
Total coste	1.990.130,00 €
Dias necesarios para ejecutar la zanja (200 ml/día) (días)	283

Tabla 8 Cálculos Tremp – Pont de Suert

7.4 Enlace Pont de Suert – Viella

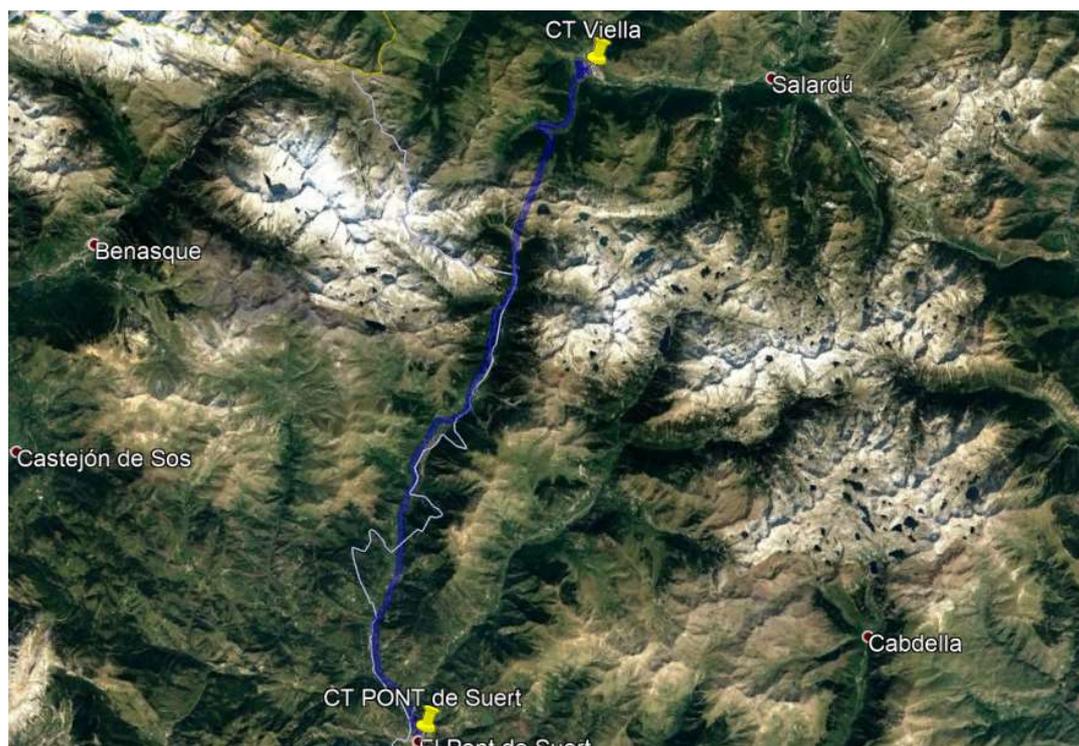


Ilustración 24 Enlace Pont de Suert – Viella. Fuente Google Earth

ORIGEN - DESTINO	
PONT DE SUERT - VIELLA	
Distancia Medida GIS (metros)	40358
Distancia calculada Real (Metros)= Distancia medida en gis * 1,1	44393,8
CALCULO ATENUACIÓN	
Numero de empalmes = Distancia calculada Real (Metros)/4000 metros por Bobina de cable	12
Atenuación fibra = Distancia calculada Real (Metros) * 0,25 dB/km (dB)	11,09845
Atenuación fusiones recorrido = Numero de empalmes * 0,15dB (dB)	1,8
atenuaciones extremos = (0,15 dB fusión a pigtail + 0,5dB por enfrentador de conector)x2 (en cada extremo) (dB)	2,3
Total atenuación recorrido (dB)	15,19845
CALCULO COSTE ENLACE	
Total arquetas	45
Total repartidores opticos	2
total coste microzanja (30 euros metro lineal)	1.331.814,00 €
total coste arquetas (500 euros arqueta)	22.500,00 €
total coste caja de empalme (600 euros/caja de empalme)	7.200,00 €
total coste fusiones (10 euros x fusión/ 96 fusiones por caja de empalme o por repartidor óptico)	45.120,00 €
total coste cable (1,5 euros/ metro)	66.590,70 €
total coste tendido Blowing (2 euros/metro lineal)	88.787,60 €
Total coste ODF (numero de repartidor óptico * 950 euros/repartidor óptico)	1.900,00 €
Total coste	1.563.912,30 €
Dias necesarios para ejecutar la zanja (200 ml/dia) (días)	222

Tabla 9 Cálculos enlace Pont de Suert – Viella

7.5 Enlace Viella – Sort

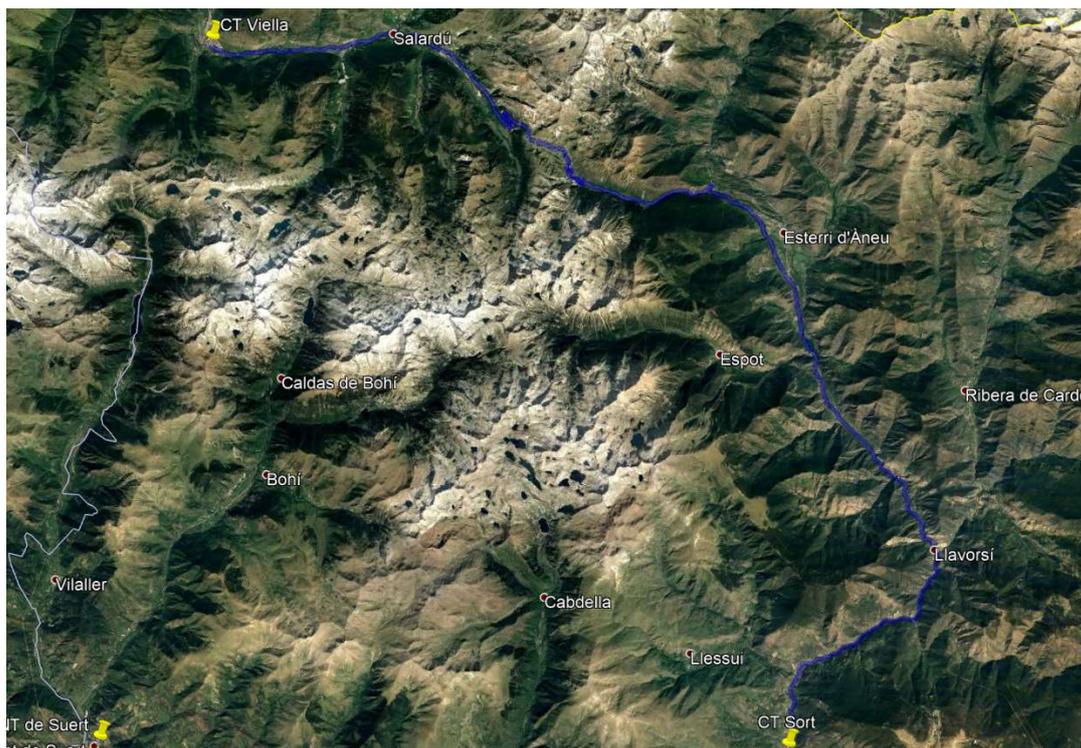


Ilustración 25 Enlace Viella – Sort. Fuente Google Earth

ORIGEN - DESTINO	
VIELLA – SORT	
Distancia Medida GIS (metros)	72300
Distancia calculada Real (Metros)= Distancia medida en gis * 1,1	79530
CALCULO ATENUACIÓN	
Numero de empalmes = Distancia calculada Real (Metros)/4000 metros por Bobina de cable	20
Atenuación fibra = Distancia calculada Real (Metros) * 0,25 dB/km (dB)	19,8825
Atenuación fusiones recorrido = Numero de empalmes * 0,15dB (dB)	3
atenuaciones extremos = (0,15 dB fusion a pigtail + 0,5dB por enfrentador de conector)x2 (en cada extremo) (dB)	2,3
Total atenuación recorrido (dB)	25,1825
CALCULO COSTE ENLACE	
Total arquetas	80
Total repartidores opticos	2
total coste microzanja (30 euros metro lineal)	2.385.900,00 €
total coste arquetas (500 euros arqueta)	40.000,00 €
total coste caja de empalme (600 euros/caja de empalme)	12.000,00 €
total coste fusiones (10 euros x fusión/ 96 fusiones por caja de empalme o por repartidor óptico)	78.720,00 €
total coste cable (1,5 euros/ metro)	119.295,00 €
total coste tendido Blowing (2 euros/metro lineal)	159.060,00 €
Total coste ODF (numero de repartidor óptico * 950 euros/repartidor óptico)	1.900,00 €
Total coste	2.796.875,00 €
Dias necesarios para ejecutar la zanja (200 ml/dia) (dias)	398

Tabla 10 Cálculos enlace Viella – Sort

7.6 Enlace Sort – La Seu de Urgell

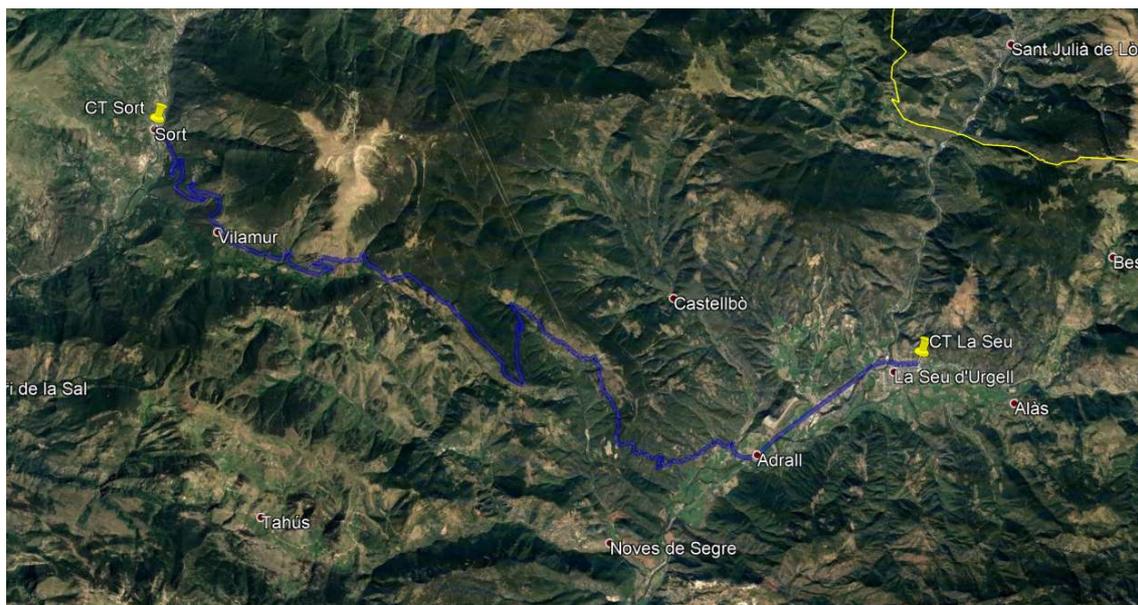


Ilustración 26 Enlace Sort – La Seu de Urgell. Fuente Google Earth

ORIGEN - DESTINO	
SORT – LA SEU DE URGELL	
Distancia Medida GIS (metros)	51878
Distancia calculada Real (Metros)= Distancia medida en gis * 1,1	57065,8
CALCULO ATENUACIÓN	
Numero de empalmes = Distancia calculada Real (Metros)/4000 metros por Bobina de cable	15
Atenuación fibra = Distancia calculada Real (Metros) * 0,25 dB/km (dB)	14,26645
Atenuación fusiones recorrido = Numero de empalmes * 0,15dB (dB)	2,25
atenuaciones extremos = (0,15 dB fusion a pigtail + 0,5dB por enfrentador de conector)x2 (en cada extremo) (dB)	2,3
Total atenuación recorrido (dB)	18,81645
CALCULO COSTE ENLACE	
Total arquetas	58
Total repartidores opticos	2
total coste microzanja (30 euros metro lineal)	1.711.974,00 €
total coste arquetas (500 euros arqueta)	29.000,00 €
total coste caja de empalme (600 euros/caja de empalme)	9.000,00 €
total coste fusiones (10 euros x fusión/ 96 fusiones por caja de empalme o por repartidor óptico)	57.600,00 €
total coste cable (1,5 euros/ metro)	85.598,70 €
total coste tendido Blowing (2 euros/metro lineal)	114.131,60 €
Total coste ODF (numero de repartidor óptico * 950 euros/repartidor óptico)	1.900,00 €
Total coste	2.009.204,30 €
Dias necesarios para ejecutar la zanja (200 ml/dia) (dias)	286

Tabla 11 Cálculos enlace Sort – La Seu de Urgell

7.7 Enlace La Seu de Urgell – Puigcerda

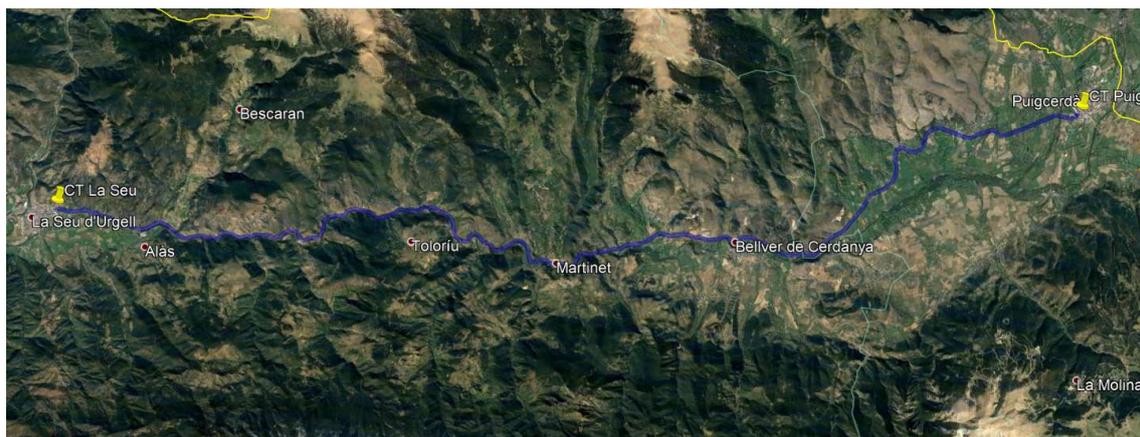


Ilustración 27 Enlace La Seu de Urgell – Puigcerda. Fuente Google Earth

ORIGEN - DESTINO	
LA SEU DE URGELL – PUIGCERDA	
Distancia Medida GIS (metros)	46084
Distancia calculada Real (Metros)= Distancia medida en gis * 1,1	50692,4
CALCULO ATENUACIÓN	
Numero de empalmes = Distancia calculada Real (Metros)/4000 metros por Bobina de cable	13
Atenuación fibra = Distancia calculada Real (Metros) * 0,25 dB/km (dB)	12,6731
Atenuación fusiones recorrido = Numero de empalmes * 0,15dB (dB)	1,95
atenuaciones extremos = (0,15 dB fusion a pigtail + 0,5dB por enfrentador de conector)x2 (en cada extremo) (dB)	2,3
Total atenuación recorrido (dB)	16,9231
CALCULO COSTE ENLACE	
Total arquetas	51
Total repartidores opticos	2
total coste microzanja (30 euros metro lineal)	1.520.772,00 €
total coste arquetas (500 euros arqueta)	25.500,00 €
total coste caja de empalme (600 euros/caja de empalme)	7.800,00 €
total coste fusiones (10 euros x fusión/ 96 fusiones por caja de empalme o por repartidor óptico)	50.880,00 €
total coste cable (1,5 euros/ metro)	76.038,60 €
total coste tendido Blowing (2 euros/metro lineal)	101.384,80 €
Total coste ODF (numero de repartidor óptico * 950 euros/repartidor óptico)	1.900,00 €
Total coste	1.784.275,40 €
Días necesarios para ejecutar la zanja (200 ml/día) (días)	254

Tabla 12 Cálculos enlace La Seu de Urgell - Puigcerda

7.8 Enlace Puigcerda – Berga

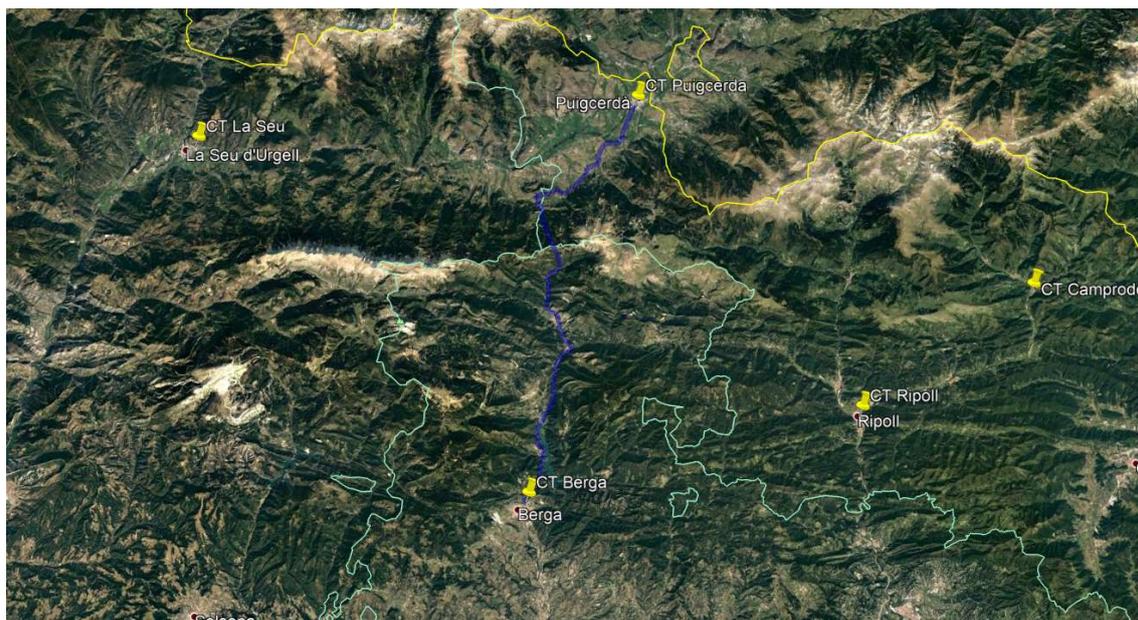


Ilustración 28 Enlace Puigcerda – Berga. Fuente Google Earth

ORIGEN - DESTINO	
PUIGCERDA – BERGA	
Distancia Medida GIS (metros)	47212
Distancia calculada Real (Metros)= Distancia medida en gis * 1,1	51933,2
CALCULO ATENUACIÓN	
Numero de empalmes = Distancia calculada Real (Metros)/4000 metros por Bobina de cable	13
Atenuación fibra = Distancia calculada Real (Metros) * 0,25 dB/km (dB)	12,9833
Atenuación fusiones recorrido = Numero de empalmes * 0,15dB (dB)	1,95
atenuaciones extremos = (0,15 dB fusion a pigtail + 0,5dB por enfrentador de conector)x2 (en cada extremo) (dB)	2,3
Total atenuación recorrido (dB)	17,2333
CALCULO COSTE ENLACE	
Total arquetas	52
Total repartidores opticos	2
total coste microzanja (30 euros metro lineal)	1.557.996,00 €
total coste arquetas (500 euros arqueta)	26.000,00 €
total coste caja de empalme (600 euros/caja de empalme)	7.800,00 €
total coste fusiones (10 euros x fusión/ 96 fusiones por caja de empalme o por repartidor óptico)	51.840,00 €
total coste cable (1,5 euros/ metro)	77.899,80 €
total coste tendido Blowing (2 euros/metro lineal)	103.866,40 €
Total coste ODF (numero de repartidor óptico * 950 euros/repartidor óptico)	1.900,00 €
Total coste	1.827.302,20 €
Días necesarios para ejecutar la zanja (200 ml/día) (días)	260

Tabla 13 Cálculos enlace Puigcerda - Berga

7.9 Enlace Berga – Ripoll

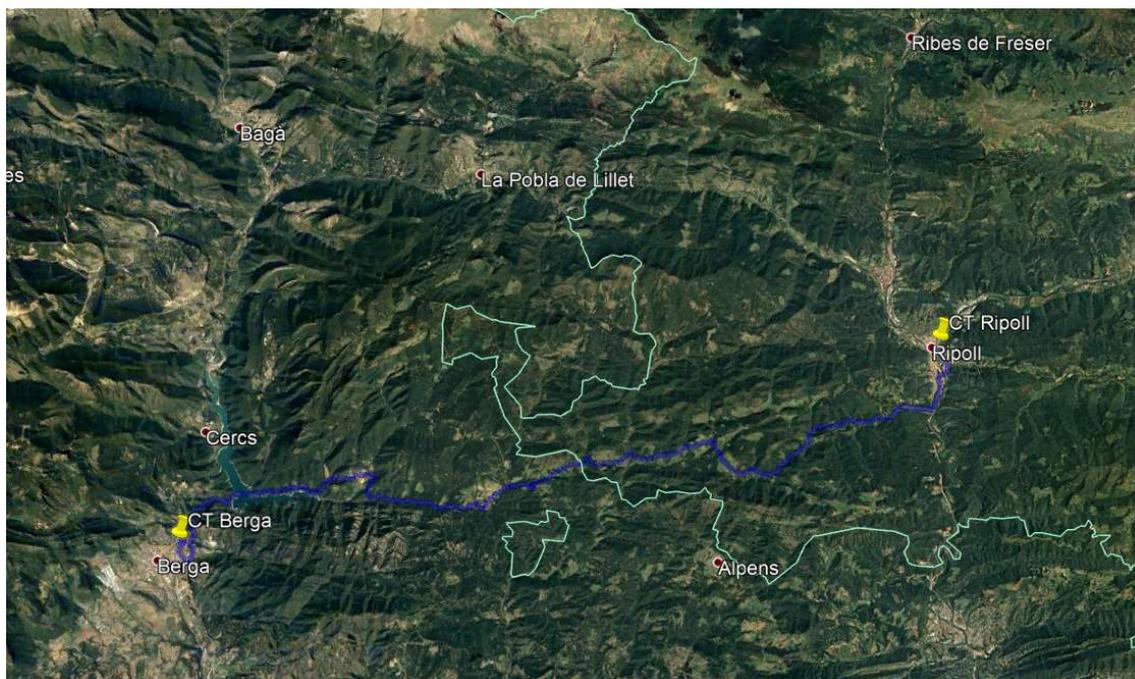


Ilustración 29 Enlace Berga – Ripoll. Fuente Google Earth

ORIGEN - DESTINO	
BERGA – RIPOLL	
Distancia Medida GIS (metros)	44092
Distancia calculada Real (Metros)= Distancia medida en gis * 1,1	48501,2
CALCULO ATENUACIÓN	
Numero de empalmes = Distancia calculada Real (Metros)/4000 metros por Bobina de cable	13
Atenuación fibra = Distancia calculada Real (Metros) * 0,25 dB/km (dB)	12,1253
Atenuación fusiones recorrido = Numero de empalmes * 0,15dB (dB)	1,95
atenuaciones extremos = (0,15 dB fusion a pigtail + 0,5dB por enfrentador de conector)x2 (en cada extremo) (dB)	2,3
Total atenuación recorrido (dB)	16,3753
CALCULO COSTE ENLACE	
Total arquetas	49
Total repartidores opticos	2
total coste microzanja (30 euros metro lineal)	1.455.036,00 €
total coste arquetas (500 euros arqueta)	24.500,00 €
total coste caja de empalme (600 euros/caja de empalme)	7.800,00 €
total coste fusiones (10 euros x fusión/ 96 fusiones por caja de empalme o por repartidor óptico)	48.960,00 €
total coste cable (1,5 euros/ metro)	72.751,80 €
total coste tendido Blowing (2 euros/metro lineal)	97.002,40 €
Total coste ODF (numero de repartidor óptico * 950 euros/repartidor óptico)	1.900,00 €
Total coste	1.707.950,20 €
Dias necesarios para ejecutar la zanja (200 ml/dia) (dias)	243

Tabla 14 Cálculos enlace Berga – Ripoll

7.10 Enlace Ripoll – Olot

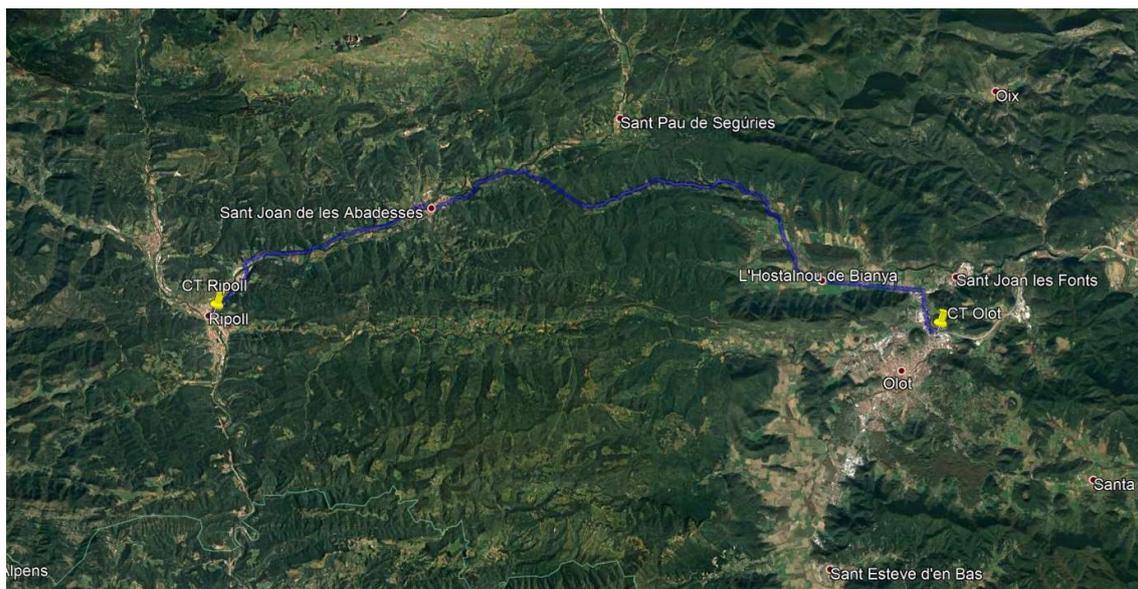


Ilustración 30 Enlace Ripoll – Olot. Fuente Google Earth

ORIGEN - DESTINO	
RIPOLL – OLOT	
Distancia Medida GIS (metros)	32500
Distancia calculada Real (Metros)= Distancia medida en gis * 1,1	35750
CALCULO ATENUACIÓN	
Numero de empalmes = Distancia calculada Real (Metros)/4000 metros por Bobina de cable	9
Atenuación fibra = Distancia calculada Real (Metros) * 0,25 dB/km (dB)	8,9375
Atenuación fusiones recorrido = Numero de empalmes * 0,15dB (dB)	1,35
atenuaciones extremos = (0,15 dB fusion a pigtail + 0,5dB por enfrentador de conector)x2 (en cada extremo) (dB)	2,3
Total atenuación recorrido (dB)	12,5875
CALCULO COSTE ENLACE	
Total arquetas	36
Total repartidores opticos	2
total coste microzanja (30 euros metro lineal)	1.072.500,00 €
total coste arquetas (500 euros arqueta)	18.000,00 €
total coste caja de empalme (600 euros/caja de empalme)	5.400,00 €
total coste fusiones (10 euros x fusión/ 96 fusiones por caja de empalme o por repartidor óptico)	36.480,00 €
total coste cable (1,5 euros/ metro)	53.625,00 €
total coste tendido Blowing (2 euros/metro lineal)	71.500,00 €
Total coste ODF (numero de repartidor óptico * 950 euros/repartidor óptico)	1.900,00 €
Total coste	1.259.405,00 €
Dias necesarios para ejecutar la zanja (200 ml/dia) (dias)	179

Tabla 15 Cálculos enlace Ripoll - Olot

7.11 Enlace Olot – Figueres

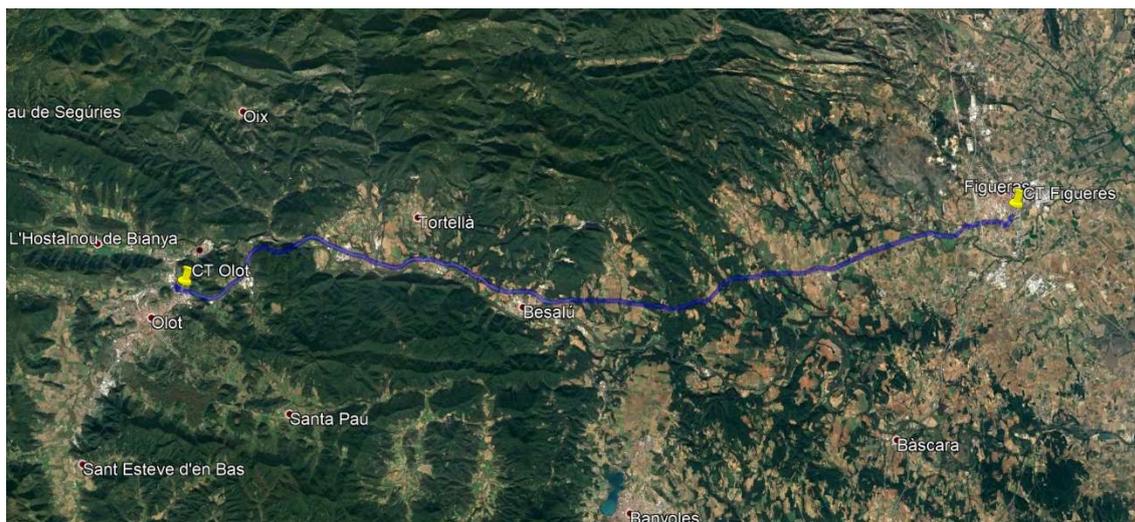


Ilustración 31 Enlace Olot – Figueres. Fuente Google Earth

ORIGEN - DESTINO	
OLOT – FIGUERES	
Distancia Medida GIS (metros)	43950
Distancia calculada Real (Metros)= Distancia medida en gis * 1,1	48345
CALCULO ATENUACIÓN	
Numero de empalmes = Distancia calculada Real (Metros)/4000 metros por Bobina de cable	13
Atenuación fibra = Distancia calculada Real (Metros) * 0,25 dB/km (dB)	12,08625
Atenuación fusiones recorrido = Numero de empalmes * 0,15dB (dB)	1,95
atenuaciones extremos = (0,15 dB fusión a pigtail + 0,5dB por enfrentador de conector)x2 (en cada extremo) (dB)	2,3
Total atenuación recorrido (dB)	16,33625
CALCULO COSTE ENLACE	
Total arquetas	49
Total repartidores opticos	2
total coste microzanja (30 euros metro lineal)	1.450.350,00 €
total coste arquetas (500 euros arqueta)	24.500,00 €
total coste caja de empalme (600 euros/caja de empalme)	7.800,00 €
total coste fusiones (10 euros x fusión/ 96 fusiones por caja de empalme o por repartidor óptico)	48.960,00 €
total coste cable (1,5 euros/ metro)	72.517,50 €
total coste tendido Blowing (2 euros/metro lineal)	96.690,00 €
Total coste ODF (numero de repartidor óptico * 950 euros/repartidor óptico)	1.900,00 €
Total coste	1.702.717,50 €
Dias necesarios para ejecutar la zanja (200 ml/dia) (dias)	242

Tabla 16 Cálculos enlace Olot – Figueres

7.12 Enlace Figueres – Banyoles

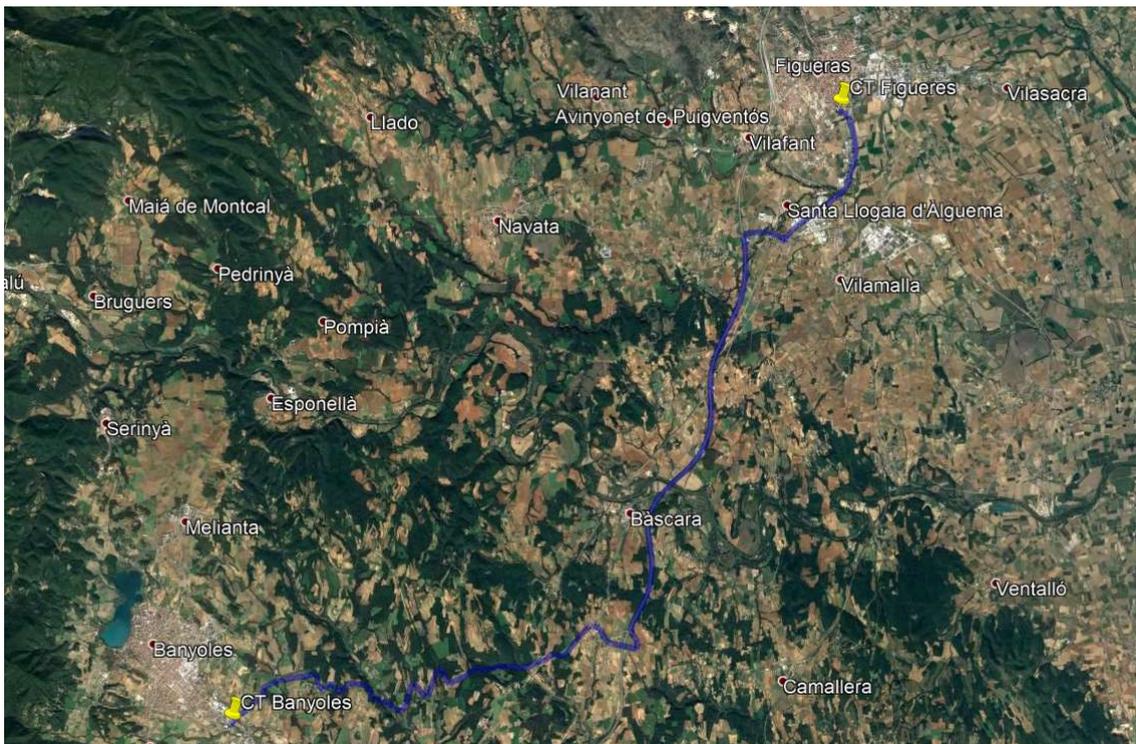


Ilustración 32 Enlace Figueres – Banyoles. Fuente Google Earth

ORIGEN - DESTINO	
FIGUERES – BANYOLES	
Distancia Medida GIS (metros)	32019
Distancia calculada Real (Metros)= Distancia medida en gis * 1,1	35220,9
CALCULO ATENUACIÓN	
Numero de empalmes = Distancia calculada Real (Metros)/4000 metros por Bobina de cable	9
Atenuación fibra = Distancia calculada Real (Metros) * 0,25 dB/km (dB)	8,805225
Atenuación fusiones recorrido = Numero de empalmes * 0,15dB (dB)	1,35
atenuaciones extremos = (0,15 dB fusion a pigtail + 0,5dB por enfrentador de conector)x2 (en cada extremo) (dB)	2,3
Total atenuación recorrido (dB)	12,455225
CALCULO COSTE ENLACE	
Total arquetas	36
Total repartidores opticos	2
total coste microzanja (30 euros metro lineal)	1.056.627,00 €
total coste arquetas (500 euros arqueta)	18.000,00 €
total coste caja de empalme (600 euros/caja de empalme)	5.400,00 €
total coste fusiones (10 euros x fusión/ 96 fusiones por caja de empalme o por repartidor óptico)	36.480,00 €
total coste cable (1,5 euros/ metro)	52.831,35 €
total coste tendido Blowing (2 euros/metro lineal)	70.441,80 €
Total coste ODF (numero de repartidor óptico * 950 euros/repartidor óptico)	1.900,00 €
Total coste	1.241.680,15 €
Dias necesarios para ejecutar la zanja (200 ml/dia) (días)	177

Tabla 17 Cálculos enlace Figueres – Banyoles

7.13 Enlace Banyoles – Girona

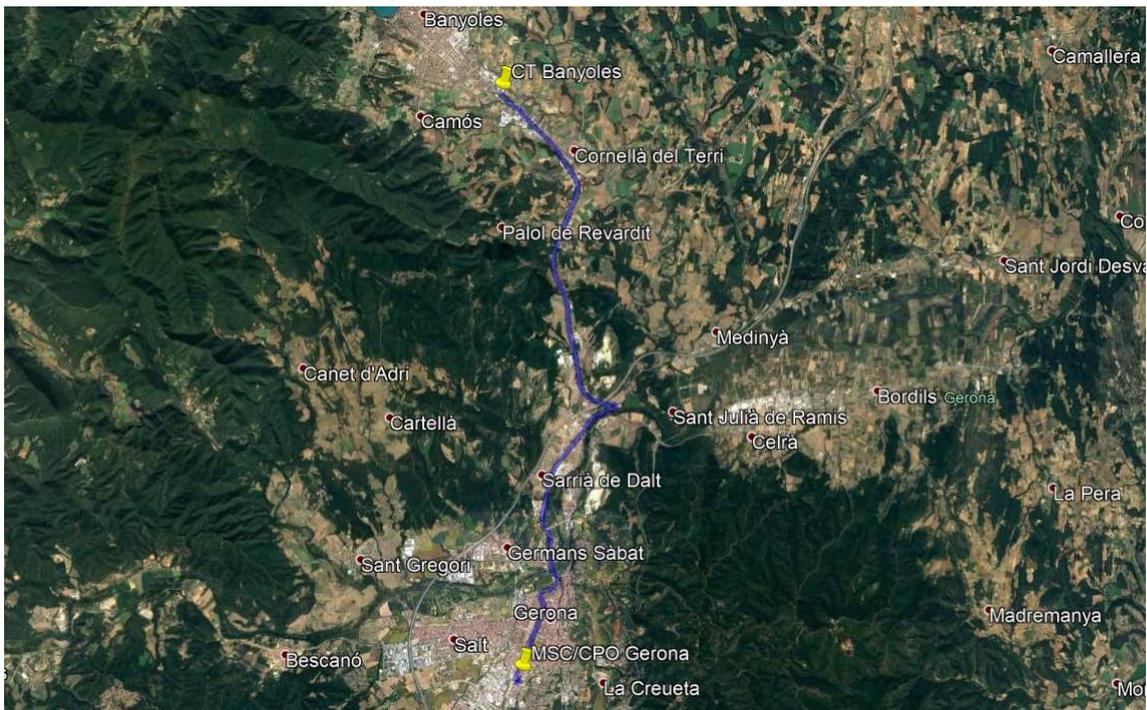


Ilustración 33 Enlace Banyoles – Girona. Fuente Google Earth

ORIGEN - DESTINO	
BANYOLES - GIRONA	
Distancia Medida GIS (metros)	18873
Distancia calculada Real (Metros)= Distancia medida en gis * 1,1	20760,3
CALCULO ATENUACIÓN	
Numero de empalmes = Distancia calculada Real (Metros)/4000 metros por Bobina de cable	6
Atenuación fibra = Distancia calculada Real (Metros) * 0,25 dB/km (dB)	5,190075
Atenuación fusiones recorrido = Numero de empalmes * 0,15dB (dB)	0,9
atenuaciones extremos = (0,15 dB fusion a pigtail + 0,5dB por enfrentador de conector)x2 (en cada extremo) (dB)	2,3
Total atenuación recorrido (dB)	8,390075
CALCULO COSTE ENLACE	
Total arquetas	21
Total repartidores opticos	2
total coste microzanja (30 euros metro lineal)	622.809,00 €
total coste arquetas (500 euros arqueta)	10.500,00 €
total coste caja de empalme (600 euros/caja de empalme)	3.600,00 €
total coste fusiones (10 euros x fusión/ 96 fusiones por caja de empalme o por repartidor óptico)	22.080,00 €
total coste cable (1,5 euros/ metro)	31.140,45 €
total coste tendido Blowing (2 euros/metro lineal)	41.520,60 €
Total coste ODF (numero de repartidor óptico * 950 euros/repartidor óptico)	1.900,00 €
Total coste	733.550,05 €
Dias necesarios para ejecutar la zanja (200 ml/dia) (dias)	104

Tabla 18 Cálculos enlace Banyoles – Girona

7.14 Presupuesto total, plazos de la obra civil y fibra óptica

Enlace	Origen	Destino	Presupuesto	Dias laborales ejecucion obra civil	Dias Naturales ejecucion obra civil	Dias Tramites licencias	Dias Opción 1 zanjadora/enlace	Dias Opcion 2 zanjadoras/enlace
1	Lleida	Balaguer	1.072.414,00 €	153	215	180	395	288
2	Balaguer	tremp	2.020.701,50 €	288	404	180	584	382
3	tremp	El Pont de suert	1.990.130,00 €	283	397	180	577	379
4	El Pont de suert	Viella	1.563.912,30 €	222	311	180	491	336
5	Viella	Sort	2.796.875,00 €	398	558	180	738	459
6	Sort	La Seu d'Urgell	2.009.204,30 €	286	401	180	581	381
7	La Seu d'Urgell	Puigcerda	1.784.275,40 €	254	356	180	536	358
8	Puigcerda	Berga	1.827.302,20 €	260	364	180	544	362
9	Berga	Ripoll	1.707.950,20 €	243	341	180	521	351
10	Ripoll	Olot	1.259.405,00 €	179	251	180	431	306
11	Olot	Figueres	1.702.717,50 €	242	339	180	519	350
12	Figueres	Banyoles	1.241.680,15 €	177	248	180	428	304
13	Banyoles	Girona	733.550,05 €	104	146	180	326	253

Total OC + fibra	21.710.117,60 €
------------------	-----------------

Plazo maximo dias naturales	738	459
--------------------------------	-----	-----

Tabla 19 Presupuesto total, plazos de la obra civil y fibra óptica

8. El equipo DWDM

Recordamos que la tecnología WDM (Wavelength Division Multiplexing) es una tecnología que permite introducir varias señales ópticas en una misma fibra, siempre que cada señal tenga una longitud de onda distinta.

Sus principales ventajas son:

- Reducir el número de fibras necesarias.
- Optimizar las ópticas de los equipos clientes.

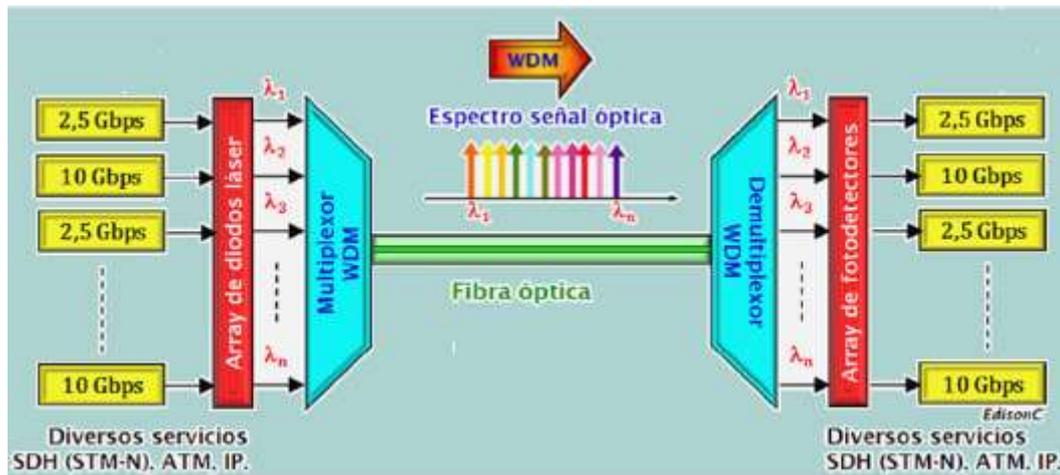


Ilustración 34 Ejemplo WDM [15] Fuente monografias.com

Básicamente tenemos 2 tipos de equipos en tecnología WDM, que son la CWDM y DWDM. La tecnología CWDM cada vez se usa menos y en entornos metropolitanos se suele usar ya la DWDM. Las principales características de cada una de ellas son:

CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing):

- Longitudes de onda de gran ancho espectral.
- Suelen usarse 8 longitudes de onda
- El entorno de uso es metropolitano

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing):

- Longitudes de onda de reducido ancho espectral.
- Se pueden usar hasta 80 longitudes de onda.
- Se puede usar tanto en redes de corta distancia como en redes de larga distancia.

En nuestro proyecto vamos a usar tecnología **DWDM**, ya que el escenario que estamos diseñando es interurbano, requiere dar servicio, como mínimo a 16 municipios, con lo que, como mínimo

deberíamos de usar 16 canales, con lo que no nos serviría de saque el hecho de usar CWDM al tener normalmente, un máximo de 8 canales

8.1 Modulación coherente

Sabemos que los equipos DWDM multiplexan las señales ópticas en la zona de tercera ventana, lo que tiene la ventaja de tener una menor atenuación, pero produce la desventaja de tener que compensar la dispersión cromática con las limitaciones que ello conlleva.

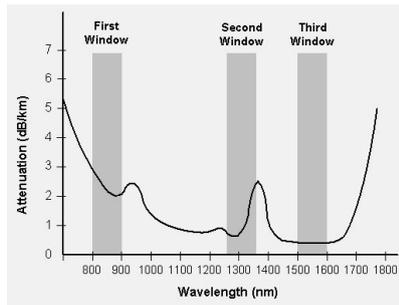


Ilustración 35 Ventanas de trabajo ópticas [16] Fuente Blogdepromax.com

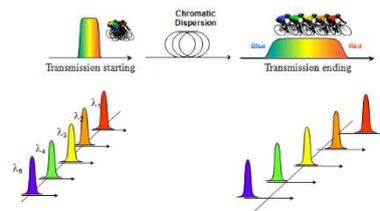


Ilustración 36 Ejemplo de dispersión [17] <https://ieeexplore.ieee.org/>

El equipo que vamos a utilizar permite canales ópticos de 2,5Gb/s, 10Gb/s, 40Gb/s y 100Gb/s. A partir de 10Gb/s es necesario compensar la dispersión. Para eliminar el problema, vamos a usar una configuración de detección coherente. Las modulaciones coherentes son muy robustas a los efectos de la dispersión. Para ello, a nivel de equipo, vamos a usar los láseres de las transpondedoras en el lado coloreado con detección coherente. Un ejemplo de estas modulaciones sería PDM-QPSK (polarization division multiplexing - quadrature phase shift keying), donde podemos observar en el siguiente gráfico que gracias al tipo de modulación y al uso de un láser de referencia en la recepción el sistema se vuelve mucho más robusto y eliminaría el problema de la dispersión.

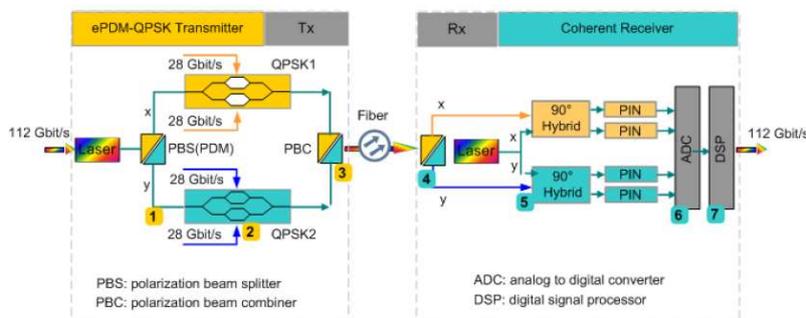


Ilustración 37 Esquema modulación coherente. [18] Ilustración extraída de Huawei

8.2 ROADM y COLORLESS.

En la configuración de nuestro equipo, Huawei 1800 V, vamos a disponer el equipo en configuración ROADM. En un escenario clásico, FOADM, se extraen un número de canales y los demás los dejan en paso. Estos canales, normalmente son de una banda en concreto. Una configuración ROADM permiten configurar qué canales se quieren extraer en local y cuáles se dejan en paso. Con esta configuración, y sabiendo que nuestros SFP (láseres) de las tarjetas transpondedoras que miran hacia el lado de la multiplexadora/demultiplexadora son sintonizables, podemos llegar a cambiar un servicio de canal en ventana de corte sin necesidad de enviar a nadie a realizar la operation en la central donde tenemos el equipo. Esta configuración también nos permite poder tener muchísima mas flexibilidad de bajar diferentes canales en cada una de las centrales sin tener la obligación de jugar con multiplexoras de diferentes subbandas, con el inconveniente de dar paso a los canales que no se usan en cada una de las subbandas.

FOADM (M40/D40)

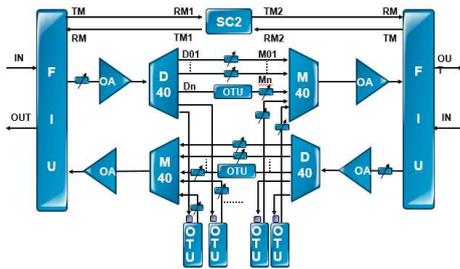


Ilustración 39 FOADM. [19]Fuente Huawei

ROADM (WSMD4+WSMD4)

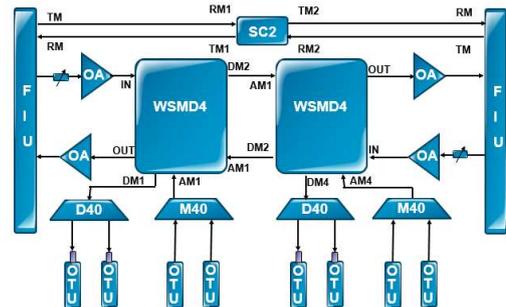


Ilustración 38 ROADM. [19]Fuente Huawei

También utilizaremos una configuración colorless. Por lo general, si usamos multiplexores y demultiplexores, aunque las ópticas de canal sean sintonizables hay que cablearlos al puerto correspondiente. La tecnología colorless permite dejar cableados los puertos de línea a la tarjeta mux/demux y seleccionar cualquier canal óptico.

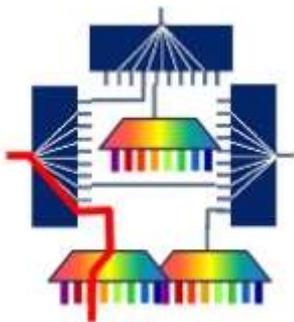


Ilustración 41 colored. [20] Fuente slideshare.net

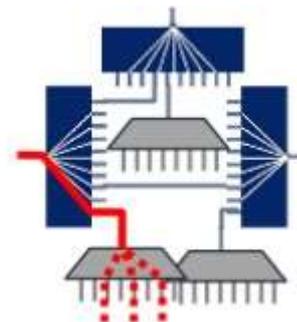


Ilustración 40 colorless. [20] Fuente slideshare.net

8.3 Equipamiento a usar con Huawei 1800 V

Vamos a repasar los principales elementos del equipo a usar, repasando sus principales características:

- Chasis con alimentación, ventilación forzada y matriz.
- Tarjetas de supervisión
- Tarjetas transpondedoras, muxpondedoras.
- Tarjetas OTN (cliente y líneas).
- Multiplexoras y demultiplexoras.
- Amplificadores.

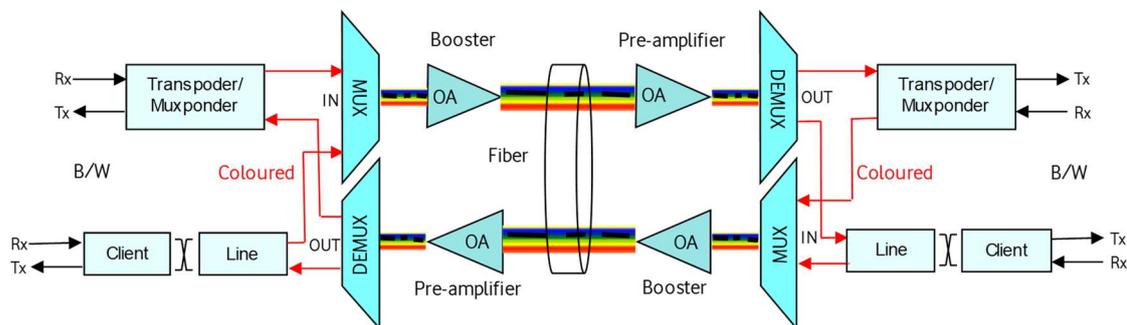


Ilustración 42 Funcionamiento básico partes WDM. [21]fuente Huawei.

8.3.1 Chasis Huawei OSN1800V

Dentro del pack del chasis del DWDM de Huawei 1800 vamos a contar que viene el chasis, los ventiladores, ya que el equipo tiene una ventilación forzada que coge el aire por el lado derecho y refrigera el equipo de derecha a izquierda, sacando el aire caliente por la izquierda y las tarjetas de alimentación, las cuales las vamos a definir en corriente continua (-54 V). Aunque el equipo tiene doble tarjeta de energía para ir con dos alimentaciones y también se equipa con redundancia de controladora, vamos a utilizar un chasis para cada lado del anillo, para tener una redundancia total y no depender de un único chasis. La recomendación es que el chasis junto con el repartidor óptico que miran a un lado del anillo se ponga en un rack individual, por lo que tendremos 2 racks, cada uno con los equipos que miran a un lado del anillo, y el cableado óptico que interconecta los dos chasis, correctamente dispuesto por una canaleta para fibra óptica o utilizando un cable preconectorizado que haga de espejo entre los racks.

El equipo ocupa 5 U de altura y se puede instalar en racks de 600 mm de anchura x 300 mm de profundidad.

- El espaciado entre portadoras suele ser 50GHz, lo que permite llegar a 80 canales ópticos.
- 15 slots universales (tarjetas de tráfico)
- 50Gb/s de capacidad hacia matriz por slot.
- 700Gb/s de capacidad de matriz OTN. También da capacidad de cross-conexión SDH y packet.
- Protección 1+1 de matriz y controladora
- Protección 1+1 de ventiladores.

- Dimensiones: 221 (mm) x 442 (mm) x 220 (mm).

-



Ilustración 43 Ejemplo de OSN1800V – Alimentación en continua. [22]Fuente Huawei

La instalación y puesta en marcha irá dentro de los servicios que se le pedirá al fabricante en cada municipio.

8.3.2 Controladora y matriz

a tarjeta TNF5UXCM es una controladora OTN. Vamos a instalar 2, para tener redundancia de tarjetería. Las tarjetas OTN compatibles son TNF6TTA, TNF5TQX, TNF5TOA, TNF5ND2 y TNF5NS4.



Ilustración 44 – Matriz TNF5UXCM. [22]Fuente Huawei

8.3.3 Multiplexadora de supervisión

Vamos a llevar la supervisión de toda la red en banda, por lo que vamos a tener que insertar la supervisión de cada uno de los equipos en la propia señal del equipo DWDM. Para ello dispondremos de un acoplador que se llama SFIU: Permite multiplexar y demultiplexar el canal de supervisión de los canales de tráfico. Es la última tarjeta antes de la salida hacia la calle de la señal óptica.



Ilustración 45 Multiplexadora de supervisión SFIU. [22]Fuente Huawei

8.3.4 Tarjeta de supervisión

Como hemos comentado en la SFIU, vamos a llevar la supervisión del equipo en banda y la tarjeta ST2 Crea 2 canales de supervisión, mirando cada uno de ellos hacia un lado del anillo. Esta tarjeta mira directamente a la SFIU.



Ilustración 46 Tarjeta de supervisión ST2. [22]Fuente Huawei

8.3.5 Amplificadores

Vamos a utilizar la tarjeta TNF2OBU como amplificadora. En la configuración clásica ponemos una tarjeta preamplificadora en origen y una amplificadora en destino. La TNF2OBU tiene unos márgenes de MAX -3dBm IN and 20dBm OUT, Gain 23dB, With EVOA.



Ilustración 47 Amplificador TNF2OBU. [22]Fuente Huawei

8.3.6 Tarjetas Mux/Demux

Vamos a tener básicamente 2 tipos de tarjetas multiplexora/demultiplexora, según la cantidad de tráfico que vayamos a insertar en cada municipio:

La tarjeta WSMD4 es una multiplexora/demultiplexora ideal para equipos de poca inserción/extracción de tráfico: Se ponen dos WSMD4 y se permite insertar/extraer hasta 4 canales ópticos de cada una de las dos vías del equipo. El equipo es configurable y se puede seleccionar de los 40 canales cuáles son los 4 que se desean extraer. Los demás se dejan en paso. Este es el esquema de la configuración (no es necesario usar multiplexoras).



Ilustración 48 filtro WSMD4. [22]Fuente Huawei

Item	Unit	Value
Optical channels	-	40
Adjacent channel spacing	GHz	100
Insertion loss	AMx-OUT	<= 8
	IN-DMx	<= 8
Maximum channel insertion loss difference	dB	1.5
Operating wavelength range	nm	1529.16 to 1560.61
-1dB spectral width	nm	> 0.32
Port isolation	dB	> 25
Extinction ratio	dB	>= 35
Reconfiguration time	s	<= 3
Maximum reflectance	dB	-30
Directivity	dB	30
Polarization dependence loss	dB	<= 1
Attenuation range of each of adding wavelength	dB	0-15
Attenuation precision of each of adding wavelength	dB	<= 1 (0 to 10 dB), <= 1.5 (> 10 dB)
Dimension	-	4

Tabla 20 Características de la tarjeta WSMD4. [22]Fuente Huawei

La tarjeta WSMD9 es una multiplexora/demultiplexora ideal para equipos de inserción/extracción de tráfico media: Se ponen dos WSMD9 y se permite insertar/extraer hasta 9 canales ópticos de cada una de las dos vías del equipo. El equipo es configurable y se puede seleccionar de los 40 canales cuáles son los 9 que se desean extraer. Los demás se dejan en paso. Este es el esquema de la configuración (no es necesario usar multiplexoras).



Ilustración 49 filtro WSMD9 [22]Fuente Huawei

Item (ROADM)	Unit	Value
Optical channels	-	80
Adjacent channel spacing	GHz	50
Insertion loss	AMx-OUT	<= 8
	IN-DMx	<= 12
Maximum channel insertion loss difference	dB	1.5
Operating wavelength range	nm	1529 to 1561
-1dB spectral width	nm	> 0.2
Port isolation	dB	> 25
Extinction ratio	dB	> 35
Reconfiguration time	s	<= 3
Maximum reflectance	dB	-30
Directivity	dB	> 30
Polarization dependence loss	dB	<= 1
Attenuation range of each of adding wavelength	dB	0 to 15
Attenuation precision of each of adding wavelength	dB	<= 1 (0 to 10 dB), <= 1.5 (> 10 dB)
Dimension	-	9

Tabla 21 Características de la tarjeta WSMD9. [22]Fuente Huawei

8.3.7 Tarjeta de línea para OTN

Como se ha explicado anteriormente, una de las posibles funciones de las matrices OTN es la compactación del tráfico de los puertos ópticos de las tarjetas transpondedoras, en nuestro caso vamos a tener la mayoría de municipios con conexionado de puertos de 10G entre los equipos MPLS, y el equipo DWDM. La salida de todo este tráfico hacia los filtros lo vamos a realizar mediante la tarjeta TNZ5UNS4, la cual tiene un interface de 100G sintonizable, lo que nos va a permitir, junto con los filtros que tenemos, poder cambiar de canal desde el gestor en remoto, sin necesidad de desplazar a un técnico a las centrales. Sus principales características son:

- Tarjeta de línea.
- Capacidad hacia matriz de 100Gb/s.
- 1 puertos de línea 100G (OTU4) OCh.



Ilustración 50 Tarjeta de línea TNZ5UNS4. [22]Fuente Huawei

8.3.8 Tarjetas transponedoras

Vamos a definir 2 tipos de tarjetas transponedoras. Por un lado, una tarjeta que va a permitir hasta 4 puertos de 10Gb/s, que son las velocidades de puerto que vamos a usar. Por otro lado, una tarjeta de 100G que no pasaría por la matriz OTN y que nos va a ser útil para los municipios donde tengamos gran cantidad de tráfico.

La tarjeta tributaria TTA nos va a permitir, en nuestro caso, insertar hasta 4 puertos de 10Gb/s en la matriz OTN, aunque se le pueden poner puertos de diferentes velocidades.. Sus principales características son:

- Tarjeta de tributario.
- Capacidad hacia matriz de 40Gb/s.
- 1 puertos clientes multirate: FE, GE, 10GE (WAN y LAN), SDH (STM-1/4/16/64), OTU (OTU1, OTU2, OTU2e), Fiber Channel (FC100, FC200, FC400, FC800, FC1200).
- Mapeo de las señales cliente en ODU0, ODU1, ODU2, ODU2e y ODUflex.
- Usa módulos enchufables SFP y SFP+.

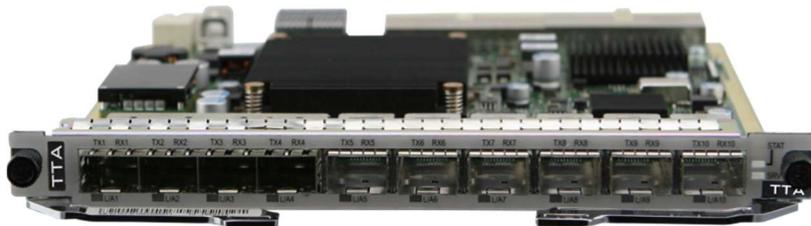


Ilustración 51 Tarjeta de tributario TTA. [22]Fuente Huawei

Vamos a usar la tarjeta transponedora TNF1LSC para los municipios donde tengamos gran cantidad de tráfico y queramos sacar 100G de tráfico directamente sin pasar por OTN. Sus principales características son:

- Tarjeta transponedora para señales de 100G.
- Cliente: 100GE y OTU4.
- Línea: 100G (OTU4) OCh.
- Usa módulos enchufables CFP2 para cliente y CFP para línea.
- Ya no se suministra. Reemplazada por la LDCA.



Ilustración 52 Tarjeta transponedora para señales de 100G TNF1LSC. [22]Fuente Huawei

8.3.9 Tarjeta analizadora de espectro

La tarjeta TNF1OPM8 es un analizador de espectro óptico de 8 vías y permite monitorizar la potencia de los canales ópticos. Normalmente se usa para ver dicha potencia a la entrada de los amplificadores.

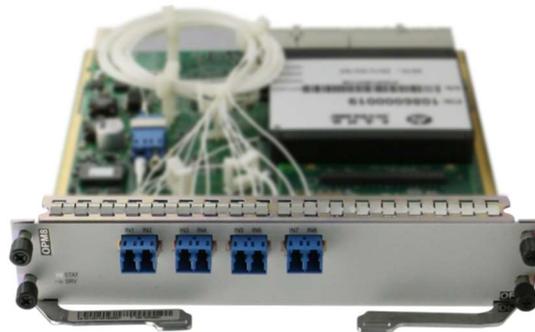


Ilustración 53 Tarjeta TNF1OPM8 analizador de espectro óptico de 8 vías. [22]Fuente Huawei

Item	Unit	Value
Operating wavelength range	nm	1529 to 1561
Detect range for single channel optical power	dBm	-30 to -10
Detected accuracy for optical power	dB	±1.5
Channel spacing	GHz	50/100
Numbers of optical interface	pcs	8

Tabla 22 Características de TNF1OPM8. [22]Fuente Huawei

9. Diseño de los equipos DWDM en los municipios

Una vez ya se conoce el equipo que vamos a utilizar y tenemos todos los enlaces de fibra de repartidor óptico a repartidor óptico con las atenuaciones, vamos a proceder a realizar el diseño de los equipos en cada uno de los 12 municipios donde vamos a instalar equipos.

Lo primero que vamos a revisar en cada municipio son las necesidades de tráfico que va a tener ese municipio en el año en curso y en los próximos años. Para ello vamos a tomar una serie de consideraciones:

- Cada municipio es capital de comarca, por lo que entendemos que hay anillos de acceso que concentran el tráfico de toda la comarca en la capital y desde la capital procedemos a sacar el tráfico hacia capitales provinciales.
- Vamos a calcular una penetración del 100%. Esto significa que vamos a dar servicio a todos los hogares. Esto podría ser porque somos en el escenario somos un monopolio o porque somos un operador neutro y sacamos el tráfico para después entregarlo a un tercero.
- Según el INE en cada hogar viven de media 2,5 personas, por lo que vamos a calcular el número de hogares con el número de población de la provincia dividido 2,5. Datos de Población obtenidos del INE.
- Para calcular el tráfico que genera un hogar en la red de transmisión, vamos a contar una media de 3 Mb/s por hogar. Este dato es aproximado y lo he podido obtener al trabajar en una operadora. El dato puede parecer bajo, pero se aproxima mucho a la realidad.
- Vamos a suponer que las OLT de FTTH o equipos que de acceso tipo CMTS, DSLAM... tienen una única salida, por lo que optamos por instalar un equipo MPLS en cada central, el cual nos va a dar una capa de control sobre el tráfico y nos va a permitir realizar 2 túneles y tener todo el tráfico por 2 caminos. Esto también se podría realizar a nivel WDM con una tarjeta de redundancia óptica, pero al acabar el tráfico en diferentes municipios hemos optado por utilizar equipos MPLS.
- El cálculo del tráfico móvil es un mucho más complicado que el Fijo y se acostumbra a realizar por estadísticas en cada emplazamiento y en cada época del año (en zonas de costa el tráfico es mayor en verano y en zonas de montaña en época de esquí). Como tampoco es objeto de este proyecto el estudio del tráfico móvil, vamos a definir que es un 10% del tráfico fijo.
- Vamos a plantearnos un escenario para los próximos 5 años, calculando un incremento del 30% del tráfico interanual. Vamos a definir el equipo para que pueda aguantar el incremento de tráfico los próximos 5 años
- A partir del tráfico calculado, vamos a definir el número de canales de 100G que vamos a necesitar en cada municipio. En un principio vamos a ir conexionando con puerto de 10G, ya que el incremento va a ser año a año y los SFP de 100G son aún muy caros, tanto en el equipo MPLS como en el equipo DWDM. Si encontramos algún municipio que requiera mucho tráfico, optaremos por trabajar directamente con 100G
- El tráfico lo acabaremos tanto el Lleida como en Gerona. Vamos a realizarlo así para tener redundancia de cabecera, y si tuviéramos un problema en alguna de las 2 centrales, como un corte de energía o un incendio, la otra central asumiría todo el tráfico.

Vamos a instalar un chasis de DWDM para cada uno de los lados del anillo. De esta forma vamos a tener redundancia de equipo, no solo de tarjeta. Para cada municipio vamos a revisar:

- Cálculo de tráfico
- Tarjetas de tributarios/transpondedoras necesarias
- Presupuesto del equipo
- Layout de los equipos y Esquema de conexionado

9.1 Balaguer

Balaguer es la capital de la comarca de la Noguera, con una población de 38206 habitantes, con lo que podemos definir los siguientes cálculos:

Municipio	Balaguer
Comarca	Noguera
Poblacion total comarca (2019)	38206
penetracion (suponemos el 100%)	1,0
hogares (2,5 habitantes por hogar según INE)	15282
trafico fijo en backhaul = numero de horages x 3Mb/s por hogar	45847
trafico movil en backhaul = trafico fijo *0,1	4585
total trafico 2021	50432
trafico 2022 (incremento 30% anual)	65561
trafico 2023 (incremento 30% anual)	85230
trafico 2024 (incremento 30% anual)	110799
trafico 2025 (incremento 30% anual)	144039
Numero de canales de 100G preasignados = Trafico 2025 / 100000	2

Tabla 23 Cálculo de tráfico en Balaguer

Con estos cálculos y viendo las magnitudes de tráfico para los próximos años, iremos a una solución con tarjetas TTA. Las necesidades para cada lado del anillo serán:

Número de TTA para el 2021 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	2
Número de TTA para el 2022 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	2
Número de TTA para el 2023 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	3
Número de TTA para el 2024 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	3
Número de TTA para el 2025 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	4

Tabla 24 Cálculo de TTA en Balaguer

A su vez vamos a ver que necesidades de tarjetas de línea TNZ5UNS4 vamos a necesitar en cada lado del anillo para poder sacar el tráfico hacia los filtros:

Número de TNZ5UNS4 para 2021 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2022 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2023 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2024 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	2
Número de TNZ5UNS4 para 2025 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	2

Tabla 25 Cálculo de UNS4 en Balaguer

La disposición de la tarjetería en los equipos y su conexionado sería la siguiente:

FAN	7	TNF1WSMD4		14	OBU
	6			13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)		12	ST2
	4			11	
	16	TNF5UCXM			
	15	TNF5UCXM			
	3	TNZ5UNS4 (2024)		10	TTA (2021)
	2			9	TTA (2021)
	1	DSFIU		8	TTA (2023)
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 54 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Lleida

FAN	7	TNF1WSMD4		14	OBU
	6			13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)		12	TNF1OPM8
	4			11	
	16	TNF5UCXM			
	15	TNF5UCXM			
	3	TNZ5UNS4 (2024)		10	TTA (2021)
	2			9	TTA (2021)
	1	DSFIU		8	TTA (2023)
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 55 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Tremp

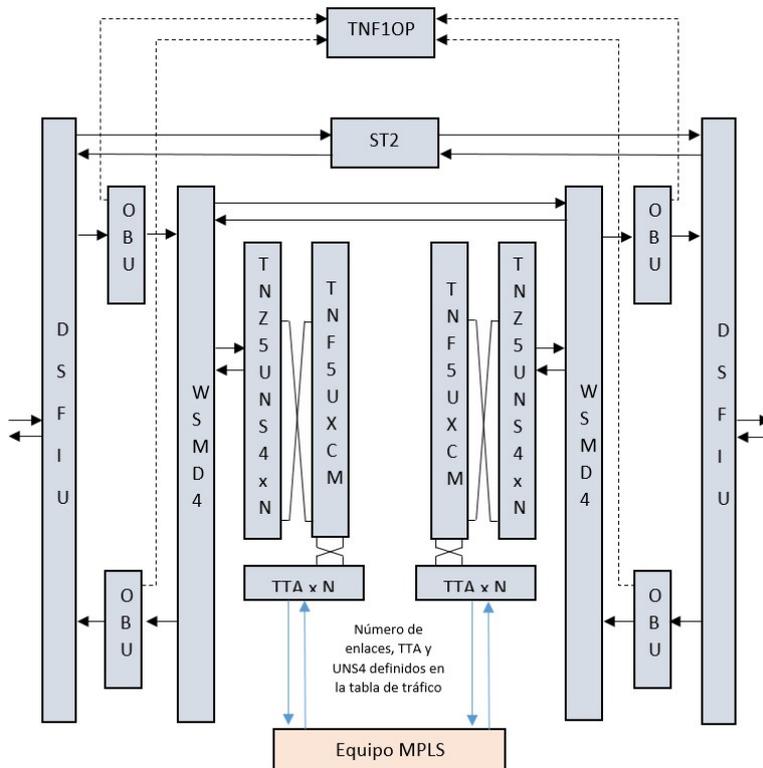


Ilustración 56 Conexión de la Tarjetería en Balaguer

Una vez tenemos clara el tráfico y la tarjetería necesaria para los próximos 5 años, vamos a realizar el cálculo del presupuesto necesario para los próximos 5 años. Los precios son orientativos

Presupuesto equipos Balaguer	
Presupuesto 2021	NUMERO DE TARJETAS
Chasis	2
DSFIU	2
OBU	4
WSMD4	2
TNZ5UNS4	2
TNF5UXCM	2
TTA	4
ST2	1
TNF1OPM8	1
Total 2021	114.100 €

Presupuesto 2022	NUMERO DE TARJETAS
Total 2022	0 €

Presupuesto 2023	NUMERO DE TARJETAS
TTA	2
Total 2023	10.000 €

Presupuesto 2024	NUMERO DE TARJETAS
TTA	2
TNZ5UNS4	2
Total 2024	34.000 €

Presupuesto 2025	NUMERO DE TARJETAS
TNZ5UNS4	2
Total 2025	24.000 €
Total 5 años	182.100 €

Total 5 años	182100
---------------------	---------------

Tabla 26 Presupuesto equipos Balaguer

9.2 Tremp

Tremp es la capital de la comarca de la Pallars Jussá, con una población de 12932 habitantes, con lo que podemos definir los siguientes cálculos:

Municipio	Tremp
Comarca	Pallars Jussá
Poblacion total comarca (2019)	12932
penetracion (suponemos el 100%)	1,0
hogares (2,5 habitantes por hogar según INE)	5173
trafico fijo en backhaul = numero de horages x 3Mb/s por hogar	15518
trafico movil en backhaul = trafico fijo *0,1	1552
total trafico 2021	17070
trafico 2022 (incremento 30% anual)	22191
trafico 2023 (incremento 30% anual)	28849
trafico 2024 (incremento 30% anual)	37503
trafico 2025 (incremento 30% anual)	48754
Numero de canales de 100G preasignados = Trafico 2025 / 100000	1

Tabla 27 Cálculo de tráfico en Tremp

Con estos cálculos y viendo las magnitudes de tráfico para los próximos años, iremos a una solución con tarjetas TTA. Las necesidades para cada lado del anillo serán:

Número de TTA para el 2021 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2022 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2023 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2024 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2025 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	2

Tabla 28 Cálculo de TTA en Tremp

A su vez vamos a ver que necesidades de tarjetas de línea TNZ5UNS4 vamos a necesitar en cada lado del anillo para poder sacar el tráfico hacia los filtros:

Número de TNZ5UNS4 para 2021 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2022 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2023 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2024 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2025 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1

Tabla 29 Cálculo de UNS4 en Tremp

La disposición de la tarjetería en los equipos y su conexionado sería la siguiente:

FAN	7	TNF1WSMD4			14	OBU
	6	TNF1WSMD4			13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)			12	ST2
	4	TNZ5UNS4 (2021)			11	
	16	TNF5UCXM				
	15	TNF5UCXM				
	3				10	TTA (2021)
	2				9	TTA (2025)
	1	DSFIU			8	
	17	PIU	18	PIU	19	

Ilustración 57 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Balaguer

FAN	7	TNF1WSMD4			14	OBU
	6	TNF1WSMD4			13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)			12	TNF1OPM8
	4	TNZ5UNS4 (2021)			11	
	16	TNF5UCXM				
	15	TNF5UCXM				
	3				10	TTA (2021)
	2				9	TTA (2025)
	1	DSFIU			8	
	17	PIU	18	PIU	19	

Ilustración 58 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Pont de Suert

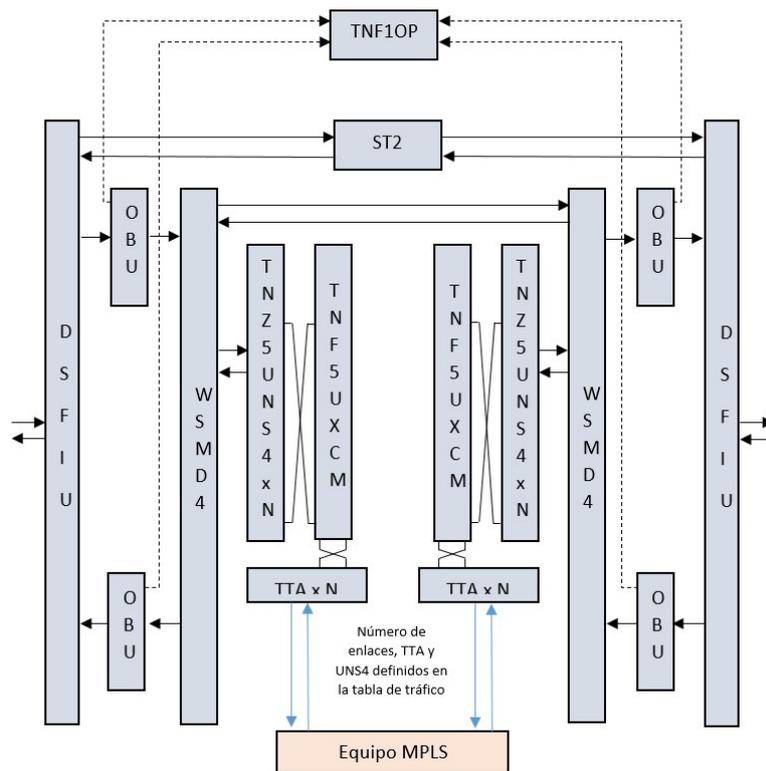


Ilustración 59 Conexionado de la Tarjetería en Trempl

Una vez tenemos clara el tráfico y la tarjetería necesaria para los próximos 5 años, vamos a realizar el cálculo del presupuesto necesario para los próximos 5 años, Los precios son orientativos.

Presupuesto equipos Tresp	
Presupuesto 2021	NUMERO DE TARJETAS
Chasis	2
DSFIU	2
OBU	4
WSMD4	2
TNZ5UNS4	2
TNF5UXCM	2
TTA	2
ST2	1
TNF1OPM8	1
Total 2021	110.900 €
Presupuesto 2022	NUMERO DE TARJETAS
Total 2022	0 €
Presupuesto 2023	NUMERO DE TARJETAS
Total 2023	0 €
Presupuesto 2024	NUMERO DE TARJETAS
Total 2024	0 €
Presupuesto 2025	NUMERO DE TARJETAS
TTA	2
Total 2025	10.000 €
Total 5 años	120.900 €

Tabla 30 Presupuesto equipos Tresp

9.3 El Pont de Suert

Pont de Suert es la capital de la comarca de la Alta Ribagorsa, con una población de 3813 habitantes, con lo que podemos definir los siguientes cálculos:

Municipio	El Pont de suert
Comarca	Alta Ribagorsa
Poblacion total comarca (2019)	3813
penetracion (suponemos el 100%)	1,0
hogares (2,5 habitantes por hogar según INE)	1525
trafico fijo en backhaul = numero de horages x 3Mb/s por hogar	4576
trafico movil en backhaul = trafico fijo *0,1	458
total trafico 2021	5033
trafico 2022 (incremento 30% anual)	6543
trafico 2023 (incremento 30% anual)	8506
trafico 2024 (incremento 30% anual)	11058
trafico 2025 (incremento 30% anual)	14375
Numero de canales de 100G preasignados = Trafico 2025 / 100000	1

Tabla 31 Cálculo de tráfico en Pont de Suert

Con estos cálculos y viendo las magnitudes de tráfico para los próximos años, iremos a una solución con tarjetas TTA. Las necesidades para cada lado del anillo serán:

Número de TTA para el 2021 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2022 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2023 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2024 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2025 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1

Tabla 32 Cálculo de TTA en Pont de Suert

A su vez vamos a ver que necesidades de tarjetas de línea TNZ5UNS4 vamos a necesitar en cada lado del anillo para poder sacar el tráfico hacia los filtros:

Número de TNZ5UNS4 para 2021 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2022 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2023 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2024 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2025 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1

Tabla 33 Cálculo de UNS4 en Pont de Suert

La disposición de la tarjetería en los equipos y su conexionado sería la siguiente:

FAN	7	TNF1WSMD4		14	OBU
	6	TNF1WSMD4		13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)		12	ST2
	4	TNZ5UNS4 (2021)		11	
	16	TNF5UCXM			
	15	TNF5UCXM			
	3			10	TTA (2021)
	2			9	
	1	DSFIU		8	
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 60 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Tresp

FAN	7	TNF1WSMD4		14	OBU
	6	TNF1WSMD4		13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)		12	ST2
	4	TNZ5UNS4 (2021)		11	
	16	TNF5UCXM			
	15	TNF5UCXM			
	3			10	TTA (2021)
	2			9	
	1	DSFIU		8	
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 61 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Viella

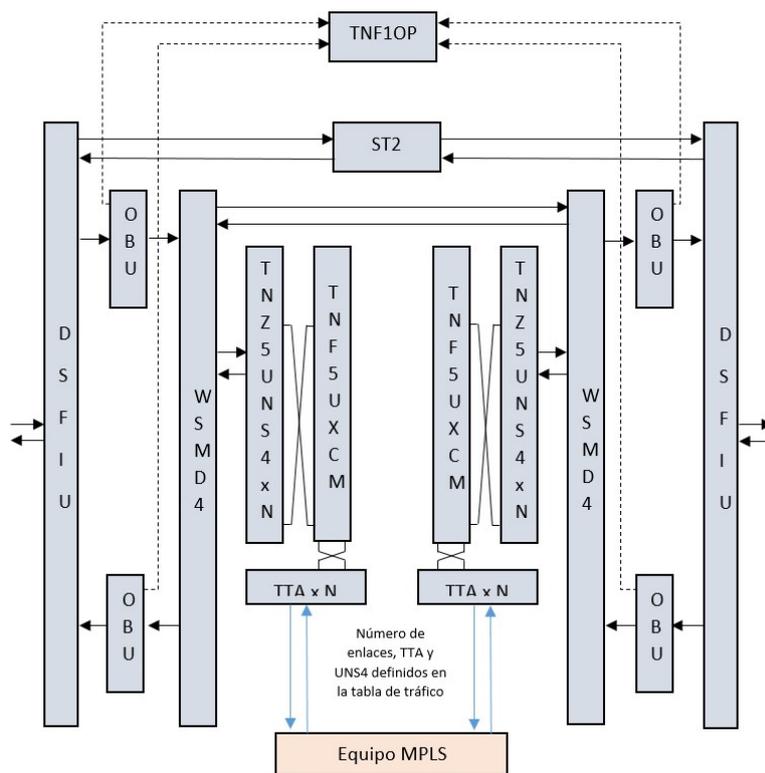


Ilustración 62 Conexionado de la Tarjetería en Pont de Suert

Una vez tenemos clara el tráfico y la tarjetería necesaria para los próximos 5 años, vamos a realizar el cálculo del presupuesto necesario para los próximos 5 años, Los precios son orientativos

Presupuesto equipos Pont de Suert	
Presupuesto 2021	NUMERO DE TARJETAS
Chasis	2
DSFIU	2
OBU	4
WSMD4	2
TNZ5UNS4	2
TNF5UXCM	2
TTA	2
ST2	1
TNF1OPM8	1
Total 2021	110.900 €

Presupuesto 2022	NUMERO DE TARJETAS
Total 2022	0 €

Presupuesto 2023	NUMERO DE TARJETAS
Total 2023	0 €

Presupuesto 2024	NUMERO DE TARJETAS
Total 2024	0 €

Presupuesto 2025	NUMERO DE TARJETAS
Total 2025	0 €
Total 5 años	110900

Tabla 34 Presupuesto equipo Pont de Suert

9.4 Viella

Viella es la capital de la comarca de la Aran, con una población de 9867 habitantes, con lo que podemos definir los siguientes cálculos:

Municipio	Viella
Comarca	Aran
Poblacion total comarca (2019)	9867
penetracion (suponemos el 100%)	1,0
hogares (2,5 habitantes por hogar según INE)	3947
trafico fijo en backhaul = numero de hogares x 3Mb/s por hogar	11840
trafico movil en backhaul = trafico fijo *0,1	1184
total trafico 2021	13024
trafico 2022 (incremento 30% anual)	16932
trafico 2023 (incremento 30% anual)	22011
trafico 2024 (incremento 30% anual)	28615
trafico 2025 (incremento 30% anual)	37199
Numero de canales de 100G preasignados = Trafico 2025 / 100000	1

Tabla 35 Cálculo de tráfico en Viella

Con estos cálculos y viendo las magnitudes de tráfico para los próximos años, iremos a una solución con tarjetas TTA. Las necesidades para cada lado del anillo serán:

Número de TTA para el 2021 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2022 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2023 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2024 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2025 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1

Tabla 36 Cálculo de TTA en Viella

A su vez vamos a ver que necesidades de tarjetas de línea TNZ5UNS4 vamos a necesitar en cada lado del anillo para poder sacar el tráfico hacia los filtros:

Número de TNZ5UNS4 para 2021 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2022 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2023 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2024 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2025 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1

Tabla 37 Cálculo de UNS4 en Viella

La disposición de la tarjetería en los equipos y su conexionado sería la siguiente:

FAN	7	TNF1WSMD4		14	OBU
	6	TNF1WSMD4		13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)		12	ST2
	4	TNZ5UNS4 (2021)		11	
	16			TNF5UCXM	
	15			TNF5UCXM	
	3			10	TTA (2021)
	2			9	
	1	DSFIU		8	
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 63 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Pont de Suert

FAN	7	TNF1WSMD4		14	OBU
	6	TNF1WSMD4		13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)		12	TNF1OPM8
	4	TNZ5UNS4 (2021)		11	
	16			TNF5UCXM	
	15			TNF5UCXM	
	3			10	TTA (2021)
	2			9	
	1	DSFIU		8	
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 64 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Sort

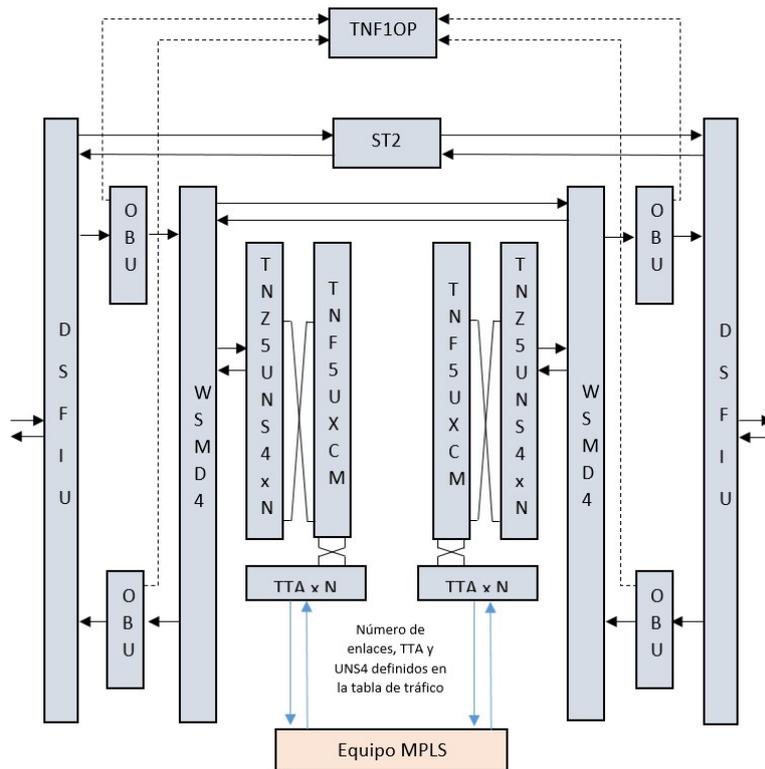


Ilustración 65 Conexionado de la Tarjetería en Viella

Una vez tenemos clara el tráfico y la tarjetería necesaria para los próximos 5 años, vamos a realizar el cálculo del presupuesto necesario para los próximos 5 años, Los precios son orientativos

Presupuesto equipos Viella	
Presupuesto 2021	NUMERO DE TARJETAS
Chasis	2
DSFIU	2
OBU	4
WSMD4	2
TNZ5UNS4	2
TNF5UXCM	2
TTA	2
ST2	1
TNF1OPM8	1
Total 2021	110.900 €

Presupuesto 2022	NUMERO DE TARJETAS
Total 2022	0 €

Presupuesto 2023	NUMERO DE TARJETAS
Total 2023	0 €

Presupuesto 2024	NUMERO DE TARJETAS
Total 2024	0 €

Presupuesto 2025	NUMERO DE TARJETAS
Total 2025	0 €
Total 5 años	110900

Tabla 38 Presupuesto equipos Viella

9.5 Sort

Sort es la capital de la comarca de la Pallars Sobirà, con una población de 6897 habitantes, con lo que podemos definir los siguientes cálculos:

Municipio	Sort
Comarca	Pallars Sobirà
Poblacion total comarca (2019)	6897
penetracion (suponemos el 100%)	1,0
hogares (2,5 habitantes por hogar según INE)	2759
trafico fijo en backhaul = numero de horages x 3Mb/s por hogar	8276
trafico movil en backhaul = trafico fijo *0,1	828
total trafico 2021	9104
trafico 2022 (incremento 30% anual)	11835
trafico 2023 (incremento 30% anual)	15386
trafico 2024 (incremento 30% anual)	20002
trafico 2025 (incremento 30% anual)	26002
Numero de canales de 100G preasignados = Trafico 2025 / 100000	1

Tabla 39 Cálculo de tráfico en Sort

Con estos cálculos y viendo las magnitudes de tráfico para los próximos años, iremos a una solución con tarjetas TTA. Las necesidades para cada lado del anillo serán:

Número de TTA para el 2021 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2022 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2023 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2024 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2025 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1

Tabla 40 Cálculo de TTA en Sort

A su vez vamos a ver que necesidades de tarjetas de línea TNZ5UNS4 vamos a necesitar en cada lado del anillo para poder sacar el tráfico hacia los filtros:

Número de TNZ5UNS4 para 2021 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2022 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2023 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2024 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2025 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1

Tabla 41 Cálculo de UNS4 en Sort

La disposición de la tarjetería en los equipos y su conexionado sería la siguiente:

FAN	7	TNF1WSMD4			14	OBU
	6	TNF1WSMD4			13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)			12	ST2
	4	TNZ5UNS4 (2021)			11	
	16	TNF5UCXM				
	15	TNF5UCXM				
	3				10	TTA (2021)
	2				9	
	1	DSFIU			8	
	17	PIU	18	PIU	19	

Ilustración 66 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Viella

FAN	7	TNF1WSMD4			14	OBU
	6	TNF1WSMD4			13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)			12	TNF1OPM8
	4	TNZ5UNS4 (2021)			11	
	16	TNF5UCXM				
	15	TNF5UCXM				
	3				10	TTA (2021)
	2				9	
	1	DSFIU			8	
	17	PIU	18	PIU	19	

Ilustración 67 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a La Seu de Urgell

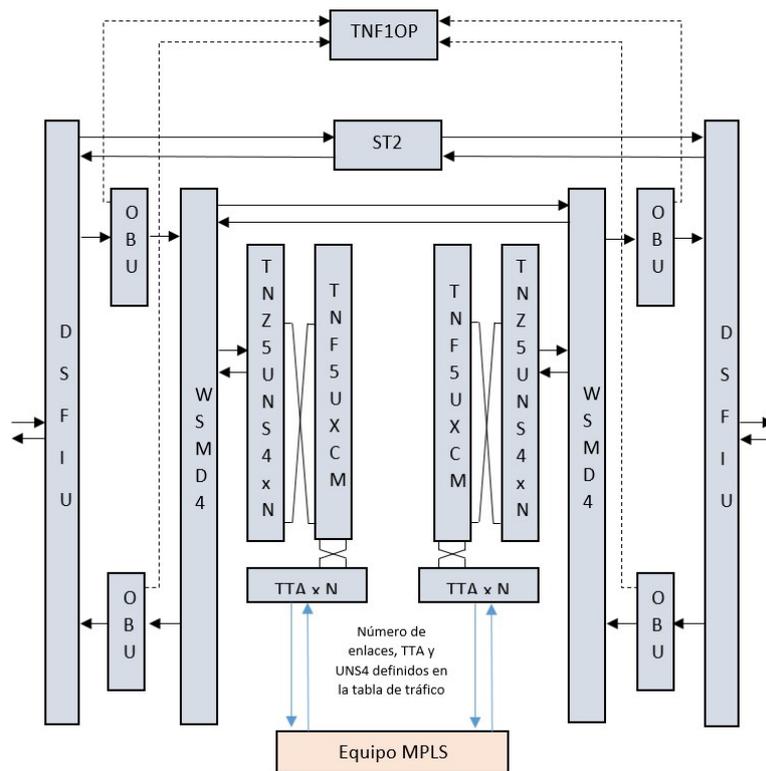


Ilustración 68 Conexión de la Tarjetería en Sort

Una vez tenemos clara el tráfico y la tarjetería necesaria para los próximos 5 años, vamos a realizar el cálculo del presupuesto necesario para los próximos 5 años, Los precios son orientativos

Presupuesto equipos Sort	
Presupuesto 2021	NUMERO DE TARJETAS
Chasis	2
DSFIU	2
OBU	4
WSMD4	2
TNZ5UNS4	2
TNF5UXCM	2
TTA	2
ST2	1
TNF1OPM8	1
Total 2021	110.900 €

Presupuesto 2022	NUMERO DE TARJETAS
Total 2022	0 €

Presupuesto 2023	NUMERO DE TARJETAS
Total 2023	0 €

Presupuesto 2024	NUMERO DE TARJETAS
Total 2024	0 €

Presupuesto 2025	NUMERO DE TARJETAS
Total 2025	0 €
Total 5 años	110900

Tabla 42 Presupuesto equipos Sort

9.6 La Seu de Urgell

La Seu de Urgell es la capital de la comarca del Alt Urgell, con una población de 20201 habitantes, con lo que podemos definir los siguientes cálculos:

Municipio	La Seu d'Urgell
Comarca	Alt Urgel
Poblacion total comarca (2019)	20201
penetracion (suponemos el 100%)	1,0
hogares (2,5 habitantes por hogar según INE)	8080
trafico fijo en backhaul = numero de horages x 3Mb/s por hogar	24241
trafico movil en backhaul = trafico fijo *0,1	2424
total trafico 2021	26665
trafico 2022 (incremento 30% anual)	34665
trafico 2023 (incremento 30% anual)	45064
trafico 2024 (incremento 30% anual)	58584
trafico 2025 (incremento 30% anual)	76159
Numero de canales de 100G preasignados = Trafico 2025 / 100000	1

Tabla 43 Cálculo de tráfico en La Seu de Urgell

Con estos cálculos y viendo las magnitudes de tráfico para los próximos años, iremos a una solución con tarjetas TTA. Las necesidades para cada lado del anillo serán:

Número de TTA para el 2021 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2022 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2023 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	2
Número de TTA para el 2024 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	2
Número de TTA para el 2025 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	2

Tabla 44 Cálculo de TTA en La Seu de Urgell

A su vez vamos a ver que necesidades de tarjetas de línea TNZ5UNS4 vamos a necesitar en cada lado del anillo para poder sacar el tráfico hacia los filtros:

Número de TNZ5UNS4 para 2021 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2022 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2023 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2024 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2025 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1

Tabla 45 Cálculo de UNS4 en La Seu de Urgell

La disposición de la tarjetería en los equipos y su conexionado sería la siguiente:

FAN	7	TNF1WSMD4		14	OBU
	6	TNF1WSMD4		13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)		12	ST2
	4	TNZ5UNS4 (2021)		11	
	16			TNF5UCXM	
	15			TNF5UCXM	
	3			10	TTA (2021)
	2			9	TTA (2023)
	1	DSFIU		8	
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 69 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Sort

FAN	7	TNF1WSMD4		14	OBU
	6	TNF1WSMD4		13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)		12	TNF1OPM8
	4	TNZ5UNS4 (2021)		11	
	16			TNF5UCXM	
	15			TNF5UCXM	
	3			10	TTA (2021)
	2			9	TTA (2023)
	1	DSFIU		8	
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 70 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Puigcerda

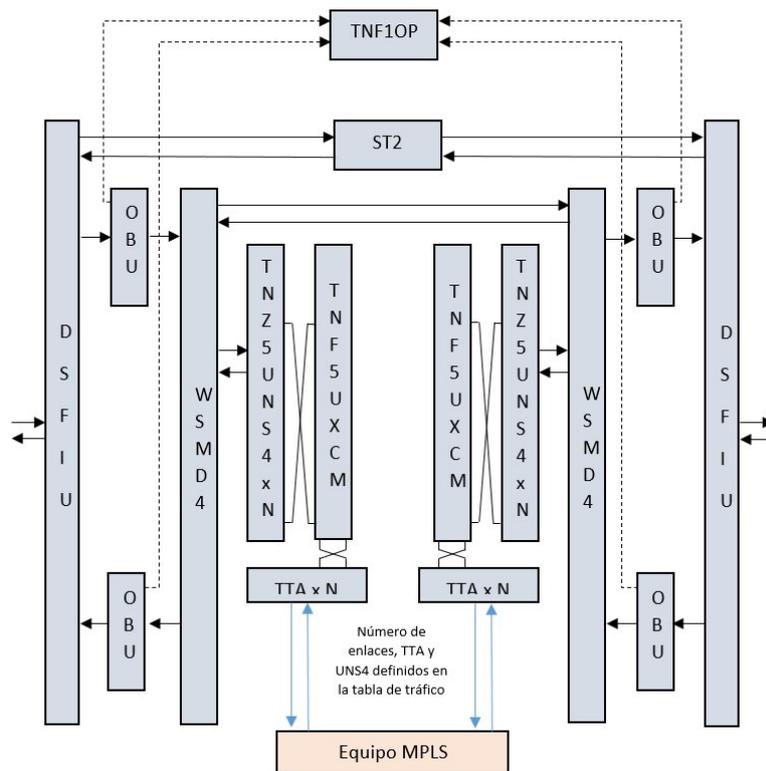


Ilustración 71 Conexionado de la Tarjetería en La Seu de Urgell

Una vez tenemos clara el tráfico y la tarjetería necesaria para los próximos 5 años, vamos a realizar el cálculo del presupuesto necesario para los próximos 5 años, Los precios son orientativos

Presupuesto equipos La Seu de Urgell	
Presupuesto 2021	NUMERO DE TARJETAS
Chasis	2
DSFIU	2
OBU	4
WSMD4	2
TNZ5UNS4	2
TNF5UXCM	2
TTA	2
ST2	1
TNF1OPM8	1
Total 2021	110.900 €

Presupuesto 2022	NUMERO DE TARJETAS
Total 2022	0 €

Presupuesto 2023	NUMERO DE TARJETAS
TTA	2
Total 2023	10.000 €

Presupuesto 2024	NUMERO DE TARJETAS
Total 2024	0 €

Presupuesto 2025	NUMERO DE TARJETAS
Total 2025	0 €
Total 5 años	120900

Tabla 46 Presupuesto equipos La Seu de Urgell

9.7 Puigcerda

Puigcerda es la capital de la comarca de la Cerdaña, con una población de 6897 habitantes, con lo que podemos definir los siguientes cálculos:

Municipio	Puigcerda
Comarca	Cerdanya
Poblacion total comarca (2019)	17695
penetracion (suponemos el 100%)	1,0
hogares (2,5 habitantes por hogar según INE)	7078
trafico fijo en backhaul = numero de horages x 3Mb/s por hogar	21234
trafico movil en backhaul = trafico fijo *0,1	2123
total trafico 2021	23357
trafico 2022 (incremento 30% anual)	30365
trafico 2023 (incremento 30% anual)	39474
trafico 2024 (incremento 30% anual)	51316
trafico 2025 (incremento 30% anual)	66711
Numero de canales de 100G preasignados = Trafico 2025 / 100000	1

Tabla 47 Cálculo de tráfico en Puigcerda

Con estos cálculos y viendo las magnitudes de tráfico para los próximos años, iremos a una solución con tarjetas TTA. Las necesidades para cada lado del anillo serán:

Número de TTA para el 2021 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2022 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2023 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2024 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	2
Número de TTA para el 2025 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	2

Tabla 48 Cálculo de TTA en Puigcerda

A su vez vamos a ver que necesidades de tarjetas de línea TNZ5UNS4 vamos a necesitar en cada lado del anillo para poder sacar el tráfico hacia los filtros:

Número de TNZ5UNS4 para 2021 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2022 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2023 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2024 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2025 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1

Tabla 49 Cálculo de UNS4 en Puigcerda

La disposición de la tarjetería en los equipos y su conexionado sería la siguiente:

FAN	7	TNF1WSMD4		14	OBU
	6	TNF1WSMD4		13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)		12	ST2
	4	TNZ5UNS4 (2021)		11	
	16			TNF5UCXM	
	15			TNF5UCXM	
	3			10	TTA (2021)
	2			9	TTA (2024)
	1	DSFIU		8	
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 72 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a La Seu de Urgell

FAN	7	TNF1WSMD4		14	OBU
	6	TNF1WSMD4		13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)		12	TNF1OPM8
	4	TNZ5UNS4 (2021)		11	
	16			TNF5UCXM	
	15			TNF5UCXM	
	3			10	TTA (2021)
	2			9	TTA (2024)
	1	DSFIU		8	
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 73 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Berga

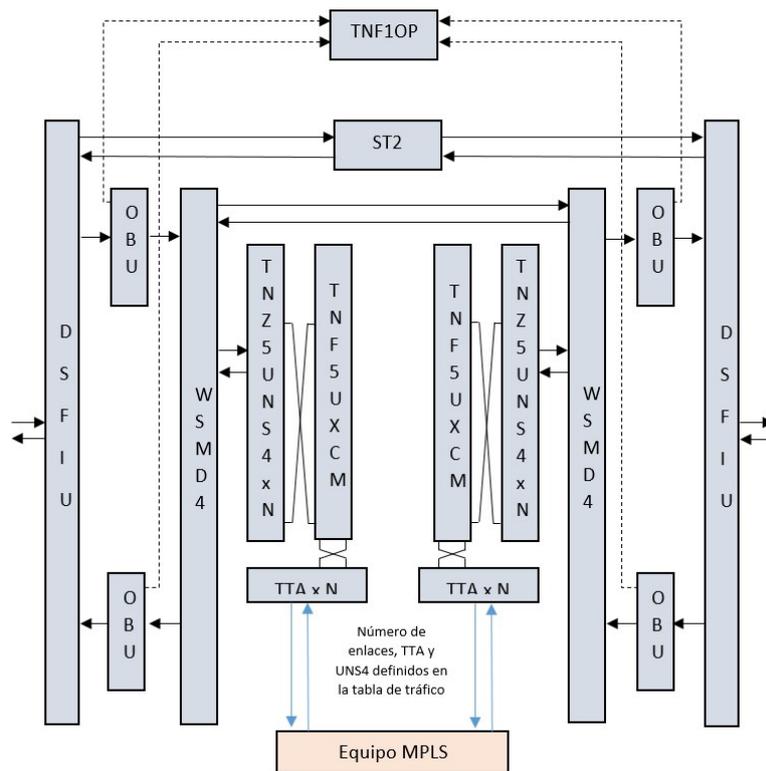


Ilustración 74 Conexión de la Tarjetería en Puigcerda

Una vez tenemos clara el tráfico y la tarjetería necesaria para los próximos 5 años, vamos a realizar el cálculo del presupuesto necesario para los próximos 5 años, Los precios son orientativos

Presupuesto equipos Puigcerda	
Presupuesto 2021	NUMERO DE TARJETAS
Chasis	2
DSFIU	2
OBU	4
WSMD4	2
TNZ5UNS4	2
TNF5UXCM	2
TTA	2
ST2	1
TNF1OPM8	1
Total 2021	110.900 €

Presupuesto 2022	NUMERO DE TARJETAS
Total 2022	0 €

Presupuesto 2023	NUMERO DE TARJETAS
Total 2023	0 €

Presupuesto 2024	NUMERO DE TARJETAS
TTA	2
Total 2024	10.000 €

Presupuesto 2025	NUMERO DE TARJETAS
Total 2025	0 €
Total 5 años	120900

Tabla 50 Presupuesto equipos Puigcerda

9.8 Berga

Berga es la capital de la comarca del Bergueda, con una población de 38980 habitantes, con lo que podemos definir los siguientes cálculos:

Municipio	Berga
Comarca	Bergueda
Poblacion total comarca (2019)	38980
penetracion (suponemos el 100%)	1,0
hogares (2,5 habitantes por hogar según INE)	15592
trafico fijo en backhaul = numero de horages x 3Mb/s por hogar	46776
trafico movil en backhaul = trafico fijo *0,1	4678
total trafico 2021	51454
trafico 2022 (incremento 30% anual)	66890
trafico 2023 (incremento 30% anual)	86957
trafico 2024 (incremento 30% anual)	113044
trafico 2025 (incremento 30% anual)	146957
Numero de canales de 100G preasignados = Trafico 2025 / 100000	2

Tabla 51 Cálculo de tráfico en Berga

Con estos cálculos y viendo las magnitudes de tráfico para los próximos años, iremos a una solución con tarjetas TTA. Las necesidades para cada lado del anillo serán:

Número de TTA para el 2021 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	2
Número de TTA para el 2022 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	2
Número de TTA para el 2023 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	3
Número de TTA para el 2024 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	3
Número de TTA para el 2025 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	4

Tabla 52 Cálculo de TTA en Berga

A su vez vamos a ver que necesidades de tarjetas de línea TNZ5UNS4 vamos a necesitar en cada lado del anillo para poder sacar el tráfico hacia los filtros:

Número de TNZ5UNS4 para 2021 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2022 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2023 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2024 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	2
Número de TNZ5UNS4 para 2025 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	2

Tabla 53 Cálculo de UNS4 en Berga

La disposición de la tarjetería en los equipos y su conexionado sería la siguiente:

FAN	7	TNF1WSMD4		14	OBU
	6	TNF1WSMD4		13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)		12	ST2
	4	TNZ5UNS4 (2021)		11	
	16	TNF5UCXM			
	15	TNF5UCXM			
	3	TNZ5UNS4 (2024)		10	TTA (2021)
	2	TNZ5UNS4 (2024)		9	TTA (2021)
	1	DSFIU		8	TTA (2023)
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 75 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Puigcerda

FAN	7	TNF1WSMD4		14	OBU
	6	TNF1WSMD4		13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)		12	TNF1OPM8
	4	TNZ5UNS4 (2021)		11	
	16	TNF5UCXM			
	15	TNF5UCXM			
	3	TNZ5UNS4 (2024)		10	TTA (2021)
	2	TNZ5UNS4 (2024)		9	TTA (2021)
	1	DSFIU		8	TTA (2023)
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 76 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Ripoll

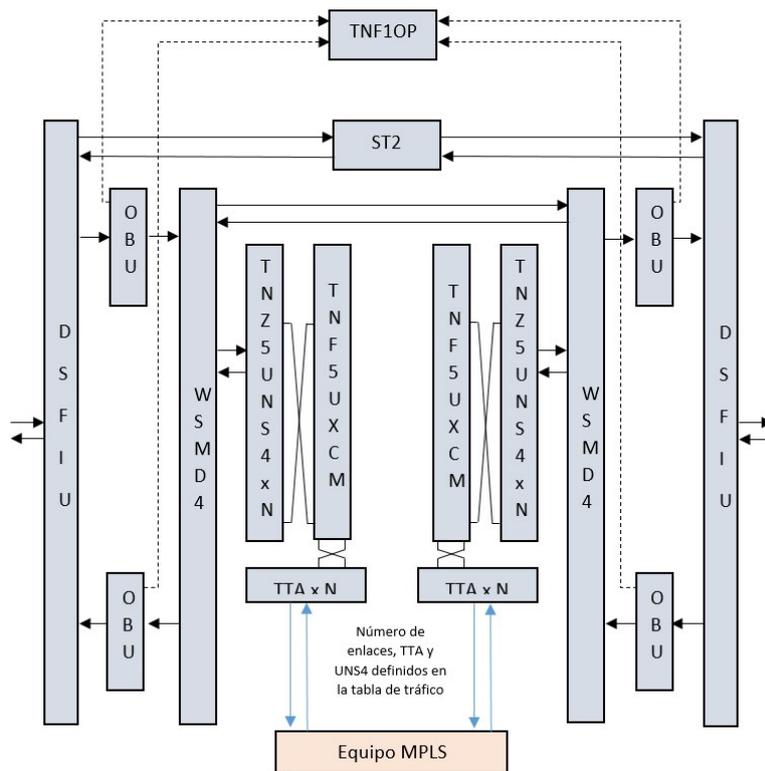


Ilustración 77 Conexionado de la Tarjetería en Berga

Una vez tenemos clara el tráfico y la tarjetería necesaria para los próximos 5 años, vamos a realizar el cálculo del presupuesto necesario para los próximos 5 años, Los precios son orientativos

Presupuesto equipos Berga	
Presupuesto 2021	NUMERO DE TARJETAS
Chasis	2
DSFIU	2
OBU	4
WSMD4	2
TNZ5UNS4	2
TNF5UXCM	2
TTA	4
ST2	1
TNF1OPM8	1
Total 2021	114.100 €

Presupuesto 2022	NUMERO DE TARJETAS
Total 2022	0 €

Presupuesto 2023	NUMERO DE TARJETAS
TTA	2
Total 2023	10.000 €

Presupuesto 2024	NUMERO DE TARJETAS
TNZ5UNS4	2
Total 2024	24.000 €

Presupuesto 2025	NUMERO DE TARJETAS
TTA	2
Total 2025	10.000 €
Total 5 años	158.100 €

Tabla 54 Presupuesto equipos Berga

9.9 Ripoll

Ripoll es la capital de la comarca del Ripolles, con una población de 24874 habitantes, con lo que podemos definir los siguientes cálculos:

Municipio	Ripoll
Comarca	Ripolles
Poblacion total comarca (2019)	24874
penetracion (suponemos el 100%)	1,0
hogares (2,5 habitantes por hogar según INE)	9950
trafico fijo en backhaul = numero de horages x 3Mb/s por hogar	29849
trafico movil en backhaul = trafico fijo *0,1	2985
total trafico 2021	32834
trafico 2022 (incremento 30% anual)	42684
trafico 2023 (incremento 30% anual)	55489
trafico 2024 (incremento 30% anual)	72136
trafico 2025 (incremento 30% anual)	93776
Numero de canales de 100G preasignados = Trafico 2025 / 100000	1

Tabla 55 Cálculo de tráfico en Ripoll

Con estos cálculos y viendo las magnitudes de tráfico para los próximos años, iremos a una solución con tarjetas TTA. Las necesidades para cada lado del anillo serán:

Número de TTA para el 2021 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	1
Número de TTA para el 2022 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	2
Número de TTA para el 2023 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	2
Número de TTA para el 2024 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	2
Número de TTA para el 2025 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	3

Tabla 56 Cálculo de TTA en Ripoll

A su vez vamos a ver que necesidades de tarjetas de línea TNZ5UNS4 vamos a necesitar en cada lado del anillo para poder sacar el tráfico hacia los filtros:

Número de TNZ5UNS4 para 2021 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2022 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2023 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2024 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2025 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1

Tabla 57 Cálculo de UNS4 en Ripoll

La disposición de la tarjetería en los equipos y su conexionado seria la siguiente:

FAN	7	TNF1WSMD4		14	OBU
	6			13	OBU
	5	TNZ5UNSA (2021)		12	ST2
	4			11	
	16			TNF5UCXM	
	15			TNF5UCXM	
	3			10	TTA (2021)
	2			9	TTA (2022)
	1	DSFIU		8	TTA (2025)
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 78 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Berga

FAN	7	TNF1WSMD4		14	OBU
	6			13	OBU
	5	TNZ5UNSA (2021)		12	TNF1OPM8
	4			11	
	16			TNF5UCXM	
	15			TNF5UCXM	
	3			10	TTA (2021)
	2			9	TTA (2022)
	1	DSFIU		8	TTA (2025)
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 79 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Olot

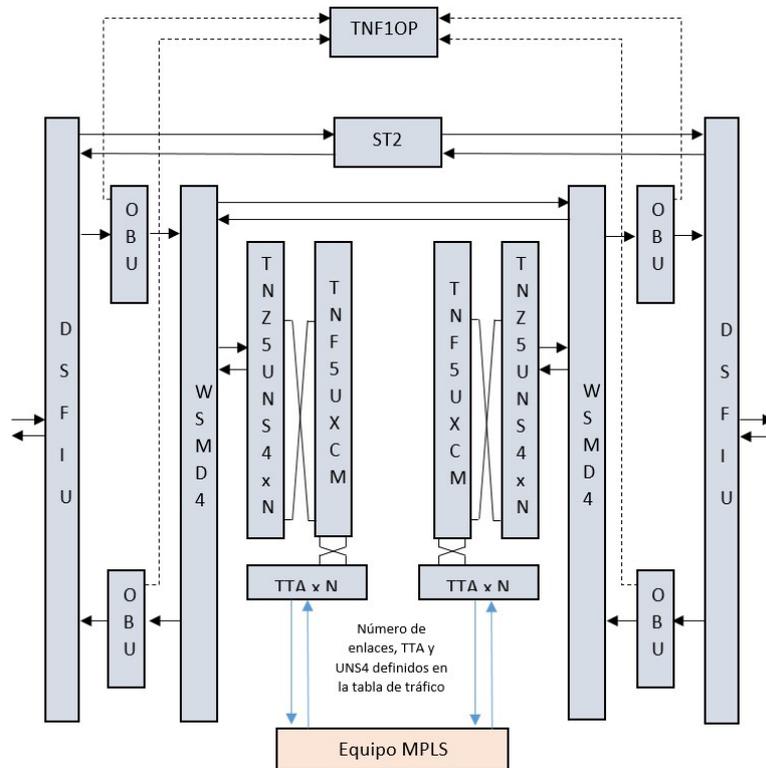


Ilustración 80 Conexión de la Tarjetería en Ripoll

Una vez tenemos clara el tráfico y la tarjetería necesaria para los próximos 5 años, vamos a realizar el cálculo del presupuesto necesario para los próximos 5 años, Los precios son orientativos

Presupuesto equipos Ripoll	
Presupuesto 2021	NUMERO DE TARJETAS
Chasis	2
DSFIU	2
OBU	4
WSMD4	2
TNZ5UNS4	2
TNF5UXCM	2
TTA	2
ST2	1
TNF1OPM8	1
Total 2021	110.900 €

Presupuesto 2022	NUMERO DE TARJETAS
TTA	2
Total 2022	10.000 €

Presupuesto 2023	NUMERO DE TARJETAS
Total 2023	0 €

Presupuesto 2024	NUMERO DE TARJETAS
Total 2024	0 €

Presupuesto 2025	NUMERO DE TARJETAS
TTA	2
Total 2025	10.000 €
Total 5 años	130.900 €

Tabla 58 Presupuesto equipos Ripoll

9.10 Olot

Olot es la capital de la comarca de la Garrotxa, con una población de 55579 habitantes, con lo que podemos definir los siguientes cálculos:

Municipio	Olot
Comarca	Garrotxa
Poblacion total comarca (2019)	55579
penetracion (suponemos el 100%)	1,0
hogares (2,5 habitantes por hogar según INE)	22232
trafico fijo en backhaul = numero de horages x 3Mb/s por hogar	66695
trafico movil en backhaul = trafico fijo *0,1	6669
total trafico 2021	73364
trafico 2022 (incremento 30% anual)	95374
trafico 2023 (incremento 30% anual)	123986
trafico 2024 (incremento 30% anual)	161181
trafico 2025 (incremento 30% anual)	209536
Numero de canales de 100G preasignados = Trafico 2025 / 100000	3

Tabla 59 Cálculo de tráfico en Olot

Con estos cálculos y viendo las magnitudes de tráfico para los próximos años, iremos a una solución con tarjetas TNF1LSC, las cuales son transpondedoras que tienen un puerto que mira hacia el lado blanco y negro o cliente, que en nuestro caso es el equipo MPLS y otro lado que mira hacia el filtro. Las necesidades para cada lado del anillo serán:

Número de TNF1LSC para 2021 (cada TNF1LSC permite 100Gb/s)	1
Número de TNF1LSC para 2022 (cada TNF1LSC permite 100Gb/s)	1
Número de TNF1LSC para 2023 (cada TNF1LSC permite 100Gb/s)	2
Número de TNF1LSC para 2024 (cada TNF1LSC permite 100Gb/s)	2
Número de TNF1LSC para 2025 (cada TNF1LSC permite 100Gb/s)	3

Tabla 60 Cálculo de TNF1LSC en Olot

La disposición de la tarjetería en los equipos y su conexionado sería la siguiente:

FAN	7	WSMD9		14	OBU
	6	WSMD9		13	OBU
	5	TNF1LSC		12	ST2
	4	TNF1LSC		11	
	16	TNF5UCXM			
	15	TNF5UCXM			
	3	TNF1LSC		10	TNF1LSC
	2	TNF1LSC		9	
	1	DSFIU		8	
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 81 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Ripoll

FAN	7	WSMD9		14	OBU
	6	WSMD9		13	OBU
	5	TNF1LSC		12	TNF1OPM8
	4	TNF1LSC		11	
	16	TNF5UCXM			
	15	TNF5UCXM			
	3	TNF1LSC		10	TNF1LSC
	2	TNF1LSC		9	
	1	DSFIU		8	
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 82 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Figueres

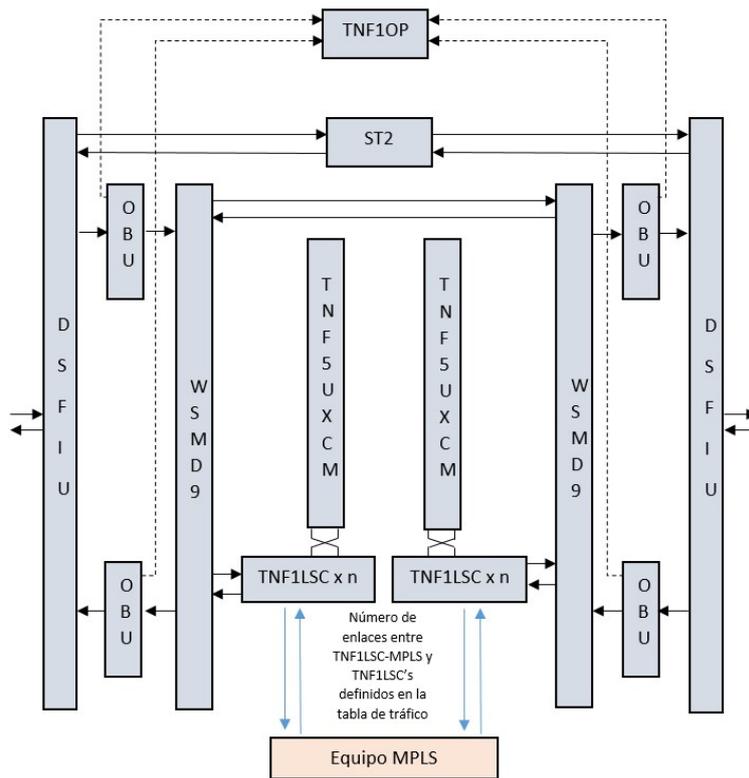


Ilustración 83 Conexionado de la Tarjetería en Olot

Una vez tenemos clara el tráfico y la tarjetería necesaria para los próximos 5 años, vamos a realizar el cálculo del presupuesto necesario para los próximos 5 años, Los precios son orientativos

Presupuesto equipos olot	
Presupuesto 2021	NUMERO DE TARJETAS
Chasis	2
DSFIU	2
OBU	4
WSMD9	2
TNF5UXCM	2
TNF1LSC	2
ST2	1
TNF1OPM8	1
Total 2021	131.700 €

Presupuesto 2022	NUMERO DE TARJETAS
Total 2022	0 €

Presupuesto 2023	NUMERO DE TARJETAS
TNF1LSC	2
Total 2023	40.000 €

Presupuesto 2024	NUMERO DE TARJETAS
Total 2024	0 €

Presupuesto 2025	NUMERO DE TARJETAS
TNF1LSC	2
Total 2025	40.000 €
Total 5 años	211.700 €

Tabla 61 Presupuesto equipos Olot

9.11 Figueres

Figueres es la capital de la comarca del Alt Emporda, con una población de 136981 habitantes, con lo que podemos definir los siguientes cálculos:

Municipio	Figueres
Comarca	Alt emporda
Poblacion total comarca (2019)	136981
penetracion (suponemos el 100%)	1,0
hogares (2,5 habitantes por hogar según INE)	54792
trafico fijo en backhaul = numero de horages x 3Mb/s por hogar	164377
trafico movil en backhaul = trafico fijo *0,1	16438
total trafico 2021	180815
trafico 2022 (incremento 30% anual)	235059
trafico 2023 (incremento 30% anual)	305577
trafico 2024 (incremento 30% anual)	397250
trafico 2025 (incremento 30% anual)	516425
Numero de canales de 100G preasignados = Trafico 2025 / 100000	6

Tabla 62 Cálculo de tráfico en Figueres

Con estos cálculos y viendo las magnitudes de tráfico para los próximos años, iremos a una solución con tarjetas TNF1LSC, las cuales son transpondedoras que tienen un puerto que mira hacia el lado blanco y negro o cliente, que en nuestro caso es el equipo MPLS y otro lado que mira hacia el filtro. Las necesidades para cada lado del anillo serán:

Número de TNF1LSC para 2021 (cada TNF1LSC permite 100Gb/s)	2
Número de TNF1LSC para 2022 (cada TNF1LSC permite 100Gb/s)	3
Número de TNF1LSC para 2023 (cada TNF1LSC permite 100Gb/s)	4
Número de TNF1LSC para 2024 (cada TNF1LSC permite 100Gb/s)	4
Número de TNF1LSC para 2025 (cada TNF1LSC permite 100Gb/s)	6

Tabla 63 Cálculo de TTA en TNF1LSC

La disposición de la tarjetería en los equipos y su conexionado sería la siguiente:

FAN	7	WSMD9		14	OBU
	6			13	OBU
	5	TNF1LSC		12	ST2
	4			11	
	16	TNF5UCXM			
	15	TNF5UCXM			
	3	TNF1LSC		10	TNF1LSC
	2			9	
	1	DSFIU		8	TNF1LSC
17	PIU	18	PIU	19	

FAN	7			14	
	6			13	
	5	TNF1LSC		12	
	4			11	
	16	TNF5UCXM			
	15	TNF5UCXM			
	3	TNF1LSC		10	
	2			9	
	1			8	
17	PIU	18	PIU	19	

Ilustración 84 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Olot

FAN	7	WSMD9		14	OBU
	6			13	OBU
	5	TNF1LSC		12	TNF1OPM8
	4			11	
	16	TNF5UCXM			
	15	TNF5UCXM			
	3	TNF1LSC		10	TNF1LSC
	2			9	
	1	DSFIU		8	TNF1LSC
17	PIU	18	PIU	19	

FAN	7			14	
	6			13	
	5	TNF1LSC		12	
	4			11	
	16	TNF5UCXM			
	15	TNF5UCXM			
	3	TNF1LSC		10	
	2			9	
	1			8	
17	PIU	18	PIU	19	

Ilustración 85 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Banyoles

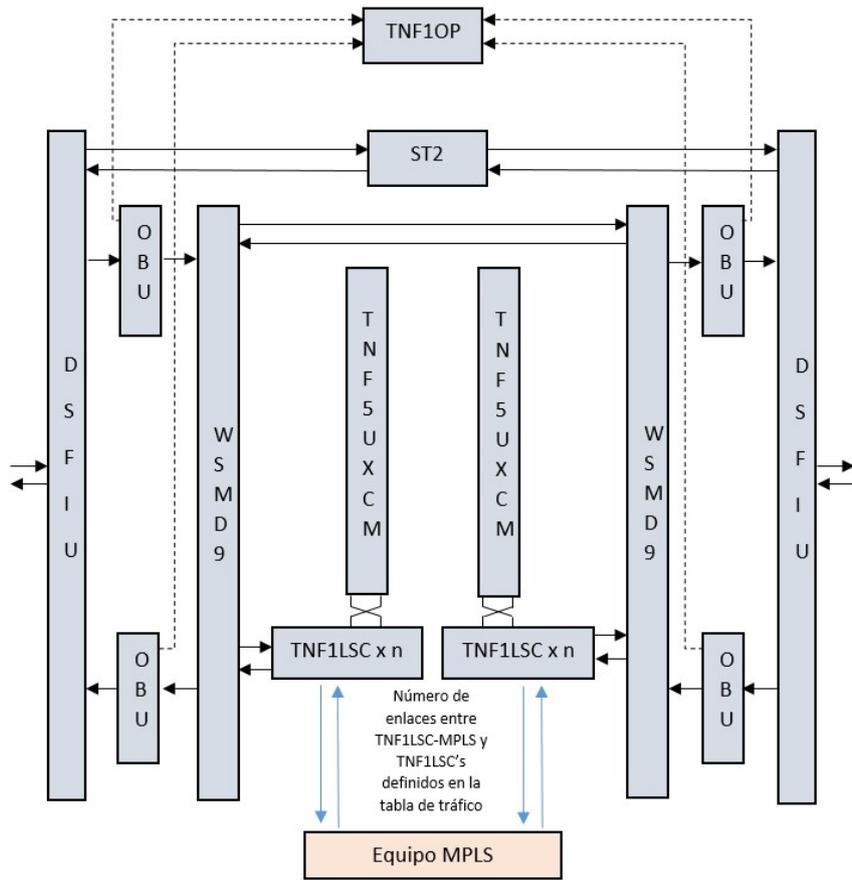


Ilustración 86 Conexión de la Tarjetería en Figueres

Una vez tenemos clara el tráfico y la tarjetería necesaria para los próximos 5 años, vamos a realizar el cálculo del presupuesto necesario para los próximos 5 años, Los precios son orientativos

Presupuesto equipos Figueres	
Presupuesto 2021	NUMERO DE TARJETAS
Chasis	2
DSFIU	2
OBU	4
WSMD9	2
TNF5UXCM	2
TNF1LSC	4
ST2	1
TNF1OPM8	1
Total 2021	171.700 €

Presupuesto 2022	NUMERO DE TARJETAS
TNF1LSC	2
Total 2022	40.000 €

Presupuesto 2023	NUMERO DE TARJETAS
TNF1LSC	2
Total 2023	40.000 €

Presupuesto 2024	NUMERO DE TARJETAS
Total 2024	0 €

Presupuesto 2025	NUMERO DE TARJETAS
TNF1LSC	4
Total 2025	80.000 €
Total 5 años	331.700 €

Tabla 64 Presupuesto equipos Figueres

9.12 Banyoles

Banyoles es la capital de la comarca del Pla del Estany, con una población de 31810 habitantes, con lo que podemos definir los siguientes cálculos:

Municipio	Banyoles
Comarca	Pla del Estany
Poblacion total comarca (2019)	31810
penetracion (suponemos el 100%)	1,0
hogares (2,5 habitantes por hogar según INE)	12724
trafico fijo en backhaul = numero de horages x 3Mb/s por hogar	38172
trafico movil en backhaul = trafico fijo *0,1	3817
total trafico 2021	41989
trafico 2022 (incremento 30% anual)	54586
trafico 2023 (incremento 30% anual)	70962
trafico 2024 (incremento 30% anual)	92250
trafico 2025 (incremento 30% anual)	119925
Numero de canales de 100G preasignados = Trafico 2025 / 100000	2

Tabla 65 Cálculo de tráfico en Banyoles

Con estos cálculos y viendo las magnitudes de tráfico para los próximos años, iremos a una solución con tarjetas TTA. Las necesidades para cada lado del anillo serán:

Número de TTA para el 2021 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	2
Número de TTA para el 2022 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	2
Número de TTA para el 2023 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	2
Número de TTA para el 2024 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	3
Número de TTA para el 2025 (cada TTA va a permitir 4 puertos de 10 Gb/s)	3

Tabla 66 Cálculo de TTA en Banyoles

A su vez vamos a ver que necesidades de tarjetas de línea TNZ5UNS4 vamos a necesitar en cada lado del anillo para poder sacar el tráfico hacia los filtros:

Número de TNZ5UNS4 para 2021 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2022 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2023 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2024 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	1
Número de TNZ5UNS4 para 2025 (cada TNZ5UNS4 permite 100Gb/s)	2

Tabla 67 Cálculo de UNS4 en Banyoles

La disposición de la tarjetería en los equipos y su conexionado sería la siguiente:

FAN	7	TNF1WSMD4		14	OBU
	6	TNF1WSMD4		13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)		12	ST2
	4	TNZ5UNS4 (2021)		11	
	16	TNF5UCXM			
	15	TNF5UCXM			
	3	TNZ5UNS4 (2025)		10	TTA (2021)
	2	TNZ5UNS4 (2025)		9	TTA (2021)
	1	DSFIU		8	TTA (2024)
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 87 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Figueres

FAN	7	TNF1WSMD4		14	OBU
	6	TNF1WSMD4		13	OBU
	5	TNZ5UNS4 (2021)		12	TNF1OPM8
	4	TNZ5UNS4 (2021)		11	
	16	TNF5UCXM			
	15	TNF5UCXM			
	3	TNZ5UNS4 (2025)		10	TTA (2021)
	2	TNZ5UNS4 (2025)		9	TTA (2021)
	1	DSFIU		8	TTA (2024)
	17	PIU	18	PIU	19

Ilustración 88 Disposición de la tarjetería en el equipo que se enfrenta a Girona

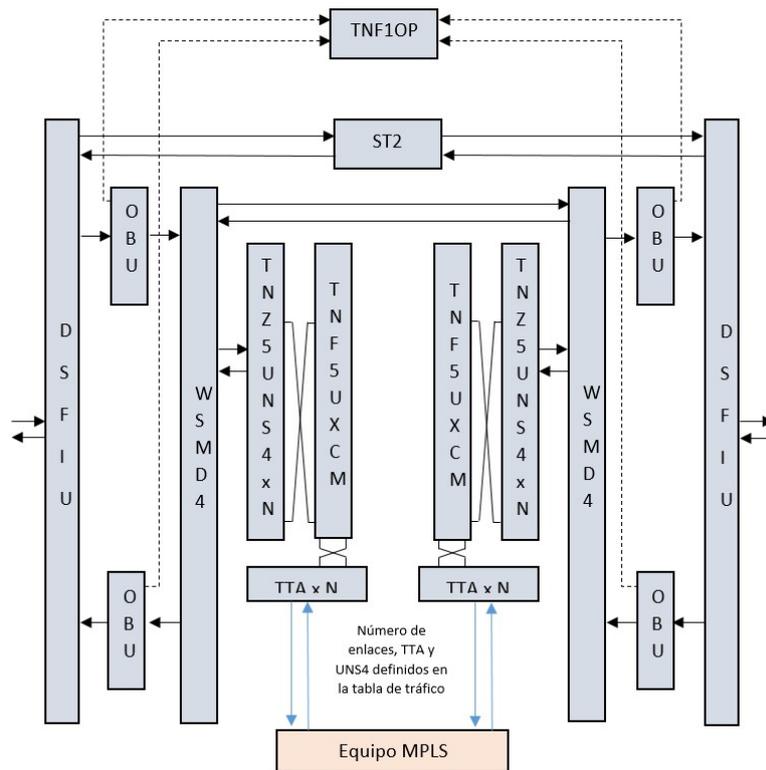


Ilustración 89 Conexión de la Tarjetería en Banyoles

Una vez tenemos clara el tráfico y la tarjetería necesaria para los próximos 5 años, vamos a realizar el cálculo del presupuesto necesario para los próximos 5 años, Los precios son orientativos

Presupuesto equipos Olot	
Presupuesto 2021	NUMERO DE TARJETAS
Chasis	2
DSFIU	2
OBU	4
WSMD9	2
TNF5UXCM	2
TNF1LSC	4
ST2	1
TNF1OPM8	1
Total 2021	123.700 €

Presupuesto 2022	NUMERO DE TARJETAS
TNF1LSC	2
Total 2022	40.000 €

Presupuesto 2023	NUMERO DE TARJETAS
TNF1LSC	2
Total 2023	40.000 €

Presupuesto 2024	NUMERO DE TARJETAS
Total 2024	0 €

Presupuesto 2025	NUMERO DE TARJETAS
TNF1LSC	4
Total 2025	80.000 €
Total 5 años	283.700 €

Tabla 68 Presupuesto equipos Banyoles

9.13 Lleida y Girona

Tal y como hemos explicado, acabaremos todo el tráfico en 2 centros, una redundante del otro. Los equipos que deberíamos instalar en estos centros no van a ser 1800 V, puesto que los posibles 40 canales ocuparían muchos submódulos y el conexionado no sería fácil de trabajar. El equipo de Huawei totalmente compatible sería el 9800, un equipo con un bastidor mucho más grande que el del 1800 y que nos permite muchísima más capacidad de tarjetería y de procesado. Aunque no vamos a entrar en el detalle de estos equipos, sí que vamos a contar con para el presupuesto el coste que tendría en el bajar todo el tráfico para llevarlo hacia un equipo MPLS donde se entregue todo y se pueda llevar el tráfico hacia nivel 3. Vamos a estimar que el equipo para poder hacer los cálculos de presupuesto unos 40000 euros por el chasis y tarjetería básica del equipo, 3000 euros para los filtros, que van a ser pasivos y despeñaran los 40 canales, ya que es un punto terminal y 15000 euros por cada canal de 100G:

Presupuesto equipos Lleida			
Presupuesto 2021	NUMERO DE TARJETAS	PRECIO UNITARIO (euros)	TOTAL (euros)
Chasis y basico	1	40.000 €	40.000 €
filtros	1	3.000 €	3.000 €
transpondedoras 100 G	13	15.000 €	195.000 €
Total 2021			238.000 €

Presupuesto 2022	NUMERO DE TARJETAS	PRECIO UNITARIO (euros)	TOTAL (euros)
transpondedoras 100 G	1	15.000 €	15.000 €
Total 2022			15.000 €

Presupuesto 2023	NUMERO DE TARJETAS	PRECIO UNITARIO (euros)	TOTAL (euros)
transpondedoras 100 G	2	15.000 €	30.000 €
Total 2023			30.000 €

Presupuesto 2024	NUMERO DE TARJETAS	PRECIO UNITARIO (euros)	TOTAL (euros)
transpondedoras 100 G	2	15.000 €	30.000 €
Total 2024			0 €

Presupuesto 2025	NUMERO DE TARJETAS	PRECIO UNITARIO (euros)	TOTAL (euros)
transpondedoras 100 G	4	15.000 €	60.000 €
Total 2025			60.000 €
Total 5 años			343.000 €

Presupuesto equipos Girona			
Presupuesto 2021	NUMERO DE TARJETAS	PRECIO UNITARIO (euros)	TOTAL (euros)
Chasis y basico	1	40.000 €	40.000 €
filtros	1	3.000 €	3.000 €
transpondedoras 100 G	13	15.000 €	195.000 €
Total 2021			238.000 €

Presupuesto 2022	NUMERO DE TARJETAS	PRECIO UNITARIO (euros)	TOTAL (euros)
transpondedoras 100 G	1	15.000 €	15.000 €
Total 2022			15.000 €

Presupuesto 2023	NUMERO DE TARJETAS	PRECIO UNITARIO (euros)	TOTAL (euros)
transpondedoras 100 G	2	15.000 €	30.000 €
Total 2023			30.000 €

Presupuesto 2024	NUMERO DE TARJETAS	PRECIO UNITARIO (euros)	TOTAL (euros)
transpondedoras 100 G	2	15.000 €	30.000 €
Total 2024			0 €

Presupuesto 2025	NUMERO DE TARJETAS	PRECIO UNITARIO (euros)	TOTAL (euros)
transpondedoras 100 G	4	15.000 €	60.000 €
Total 2025			60.000 €
Total 5 años			343.000 €

Tabla 69 Presupuesto Lleida y Girona

9.14 Plan de frecuencias

Vamos a asignar los canales para cada municipio. Como se había comentado el equipo 1800 V permite trabajar con un máximo de 80 canales, aunque la configuración básica son 40. Nosotros vamos a trabajar con 40 canales. Vamos a asignar para un escenario a 5 años vista, dejando los canales sobrantes en reservas para futuras ampliaciones.

Canal	Frecuencia (THz)	municipio
2	196	Balaguer
4	195,9	Balaguer
6	195,8	tremp
8	195,7	El Pont de suert
10	195,6	Viella
12	195,5	Sort
14	195,4	La Seu d'Urgell
16	195,3	Puigcerda
18	195,2	Berga
20	195,1	Berga
22	195	Ripoll
24	194,9	Ripoll
26	194,8	Olot
28	194,7	Olot
30	194,6	Olot
32	194,5	Figueres
34	194,4	Figueres
36	194,3	Figueres
38	194,2	Figueres
40	194,1	Figueres
42	194	Figueres
44	193,9	Figueres
46	193,8	Banyoles
48	193,7	reserva
50	193,6	reserva
52	193,5	reserva
54	193,4	reserva
56	193,3	reserva
58	193,2	reserva
60	193,1	reserva
62	193	reserva
64	192,9	reserva
66	192,8	reserva
68	192,7	reserva
70	192,6	reserva
72	192,5	reserva
74	192,4	reserva
76	192,3	reserva
78	192,2	reserva
80	192,1	reserva

Tabla 70 Plan de frecuencias

9.15 Presupuesto final equipamiento

Municipio	2021	2022	2023	2024	2025	Total
Lleida	238.000,00 €	15.000,00 €	30.000,00 €	30.000,00 €	60.000,00 €	373.000,00 €
Balaguer	114.100,00 €	0,00 €	10.000,00 €	34.000,00 €	24.000,00 €	182.100,00 €
tremp	110.900,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	10.000,00 €	120.900,00 €
Pont de Suert	110.900,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	110.900,00 €
Viella	110.900,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	110.900,00 €
Sort	110.900,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	110.900,00 €
La Seu d'Urgell	110.900,00 €	0,00 €	10.000,00 €	0,00 €	0,00 €	120.900,00 €
Puigcerda	110.900,00 €	0,00 €	0,00 €	10.000,00 €	0,00 €	120.900,00 €
Berga	114.100,00 €	0,00 €	10.000,00 €	24.000,00 €	10.000,00 €	158.100,00 €
Ripoll	110.900,00 €	10.000,00 €	0,00 €	0,00 €	10.000,00 €	130.900,00 €
Olot	131.700,00 €	0,00 €	40.000,00 €	0,00 €	40.000,00 €	211.700,00 €
Figueres	171.700,00 €	40.000,00 €	40.000,00 €	0,00 €	80.000,00 €	331.700,00 €
Banyoles	74.100,00 €	0,00 €	0,00 €	3.200,00 €	24.000,00 €	283.700,00 €
Girona	238.000,00 €	15.000,00 €	30.000,00 €	30.000,00 €	60.000,00 €	373.000,00 €

Total	2.739.600,00 €
-------	----------------

10. Conclusiones

10.1 Conclusiones

Después de realizar el diseño de esta red de transmisión podemos ver llegar a las siguientes conclusiones:

- La utilización de microzanja en vez de una canalización normal reduce muchísimo (más de un 70%) el coste de la canalización. El disponer de esta canalización y de arquetas de registro cada 1000 metros nos permite realizar un tendido mecánico (blowing), acortando el tiempo de tendido.
- Realizar la zanja con 4 conductos nos permite la posibilidad de poder alquilar conductos a otros operadores y amortizar la inversión en un plazo más corto de tiempo.
- Con la tecnología actual, con 2 o 4 fibras podríamos extraer todos los servicios actuales (2 fibras para el diseño que hemos realizado y 2 extras por si queremos montar un equipo DWDM para servicios de empresas y operadores). Este diseño sería robusto, ya que tendríamos una red canalizada, sin los problemas que nos podrían dar los enlaces aéreos, y con doble camino a todas las centrales. Si vemos la inversión necesaria, es lógico que los operadores tiendan a realizar tramos compartiendo gastos o tramos por suministradores de fibra oscura.
- Al poder usar el cable de fibra tanto para servicios de acceso como servicios troncales, la fibra monomodo G652D es una buena opción.
- Con el incremento de tráfico actual, para poblaciones o zonas con baja población, con enlaces de 10G se tiene recorrido para poder extraer el tráfico durante los próximos años. En poblaciones de mayor población, el usar puertos de 100G ya es necesario y justifica el coste. En ciudades grandes ya se podrían usar puertos de 200G y hasta 400G.
- Tener la posibilidad de seleccionar el canal de los filtros y tener OTN en todos los equipos nos permite poder operar desde el gestor de red y evitar desplazamientos para poder hacer cambio de frecuencias o ajustar la red, lo cual también nos lo permite el usar analizadores de red en los propios equipos.
- Los costes que tenemos al realizar el diseño son de 21,7 millones de euros en la parte de infraestructura y unos 2 millones de euros en la parte de equipamiento. Vemos que en el despliegue la parte de infraestructura es 10 veces más cara que la parte de equipamiento. Se debe de ver el beneficio que se podría sacar al alquiler de fibras o al alquiler de conductos. Este es modelo de los operadores neutros. Cabe destacar que, aunque se suele ir a buscar el despliegue en zonas más pobladas para rentabilizar la inversión más rápidamente, actualmente con los nuevos despliegues de 5G y FTTH, tenemos la necesidad de llegar a todos los puntos de la geografía con fibra, por lo que las zonas más despobladas también requieren esta inversión.
- Con el equipo que hemos elegido vemos que podemos continuar ampliando capacidad como mínimo 5 años más.

10.2 Líneas futuras

- Diseño de la red de acceso FTTH en una comarca aprovechando la obra civil diseñada para la red de backhaul.
- Diseño de la red de acceso para estaciones base de 4G y 5G en una comarca. Ver el coste del despliegue de fibra vs el de radioenlace.
- Diseño de la capa MPLS en una comarca para agrupar el acceso y llevarlo hacia la red DWDM.
- Diseño y estudio de las necesidades de empresas en el pirineo catalán y la tecnología para poder darles servicio.

Bibliografía

- [1] <http://www.tynmagazine.com/trafico-de-internet-movil-crece-58-anual/>
- [2] <https://www.equiposytalento.com/noticias/2020/06/26/el-79-de-las-empresas-mantendran-el-teletrabajo-despues-del-covid-19>
- [3] <https://www.expansion.com/economia-digital/companias/2020/03/17/5e70d4e0e5fdeadf0d8b4589.html>
- [4] <https://www.telefonica.com/es/web/sala-de-prensa/-/telefonica-registra-durante-la-crisis-del-covid-19-un-crecimiento-en-su-trafico-de-internet-equivalente-al-de-todo-el-ano-pasado>
- [5] https://www.normann-engineering.com/support/white_papers/fiberguide1-bk-fop-tm-ae.pdf
- [6] <https://www.al-enterprise.com/en/products/wan>
- [7] <https://community.fs.com/es/blog/wdm-technology-basis-cwdm-vs-dwdm.html>
- [8] <https://www.monografias.com/trabajos103/multiplexacion-multicanalizacion/multiplexacion-multicanalizacion.shtml>
- [9] <https://microzanjas.com/la-microzanja-y-la-minizanja-no-solo-para-fibra-optica/11739/>
- [10] <https://community.fs.com/es/blog/is-g652-single-mode-fiber-your-right-choice.html>
- [11] <https://www.gmptools.com/fiber-jetter-seo/>
- [12] <https://www.utilityproducts.com/test-measurement/article/16002760/fiber-optic-cable-blowing-put-to-the-test>
- [13] <https://es.commscope.com/product-type/cabinets-panels-enclosures/closures-terminals/fiber-splice-closures/>
- [14] <http://alforqan.net/images/Products/Fiber%20Optic%20Solutions/FOMS-FPS-HD-High-Density-Front-Patching-Splicing-Shelf-PS-318730EU.pdf>
- [15] <https://www.monografias.com/trabajos103/tecnologia-wdm/tecnologia-wdm.shtml>
- [16] <https://blogdepromax.wordpress.com/2014/02/28/historia-de-la-fibra-optica-iii-transmision/>
- [17] <https://ieeexplore.ieee.org/document/6914194>
- [18] https://info.support.huawei.com/network/ptmngsys/Web/WDMkg/en/61_coherent.html
- [19] <https://forum.huawei.com/enterprise/en/introduction-to-common-wdm-signal-flows/thread/532261-875>
- [20] <https://www.slideshare.net/AnujMalik/implications-of-super-channels-on-cdc-roadm-architectures>
- [21] https://info.support.huawei.com/network/ptmngsys/Web/WDMkg/en/index_1.html
- [22] <https://e.huawei.com/se/products/enterprise-transmission-access/transmission/wdm/osn-1800>