



industriales
etsiit

Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial

Desarrollo del proyecto de ejecución de instalaciones para el despliegue de una red FTTH en un municipio de la región de Murcia.

TRABAJO FIN DE MASTER

MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Autor: Edison Jhovanny Sarango Macas

Director: José Luis Muñoz Lozano

Cartagena, junio 2021



Universidad
Politécnica
de Cartagena

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO.....	1
1.2. MOTIVACIÓN	1
2. ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO DE LA TECNOLOGÍA DE FIBRA ÓPTICA	1
2.1. ANTECEDENTES	1
2.1.1. SITUACIÓN ACTUAL.....	1
2.1.2. AMBITO NACIONAL.....	2
2.1.3. AMBITO INTERNACIONAL	3
2.2. FIBRA ÓPTICA.....	5
2.2.1 DEFINICIÓN.....	5
2.2.2 CONSTITUCIÓN.....	6
2.2.3. CLASIFICACION DE LA FIBRA	8
2.2.4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS	9
2.2.5. VENTAJAS.....	9
3. ESTUDIO DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS NECESARIAS EN EL DESPLIEGUE DE LA RED FTTH	10
3.1. TECNOLOGÍAS DE ACCESO POR FIBRA ÓPTICA.....	10
3.2. REDES FTTH	11
3.2.1 CONFIGURACIONES DE RED	12
3.2.2 REDES PON	12
3.3. REDES GPON.....	14
3.3.1. TOPOLOGÍA GPON.....	14
3.3.2. CANAL ASCENDENTE Y DESCENDENTE EN GPON.....	15
3.3.3 VENTAJAS DIFERENCIALES RED GPON	17
3.4. ESTRUCTURA DE LA RED DE ACCESO. HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA EL DESPLIEGUE DE LA RED FTTH	17
3.4.1. ESTRUCTURA DE LA RED DE ACCESO.....	17
3.4.2. ELEMENTOS NECESARIOS EN EL DESPLIEGUE	18
4. ESTABLECIMIENTO DE LOS CRITERIOS DE DESPLIEGUE DE RED FTTH .	18
4.1. CRITERIOS DE DESPLIEGUE.....	18
4.1.1. CANALIZADO.....	19
4.1.2. TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA.....	20
4.1.2.1 CABECERA.....	20
4.1.2.2. REDES DE ALIMENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN.....	20
4.1.2.3. ACOMETIDAS DE CLIENTE.....	21

4.1.2.4. MARCADO Y ETIQUETADO	21
4.1.2.5. ANCLAJES	22
4.1.2.6. OBTURACIÓN	22
4.1.3. CRITERIOS DE DIVISIÓN ÓPTICA	22
4.1.4. DIMENSIONADO DEL CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA.....	23
4.1.4.1. CABECERA.....	23
4.1.4.2. REDES DE ALIMENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN.....	23
4.1.4.3. RESERVA DE CABLE Y FIBRAS EN RED DE ALIMENTACIÓN.....	25
4.1.5. DIMENSIONADO DE CTOs (CAJAS ÓPTICAS TERMINALES)	26
4.1.5.1. CTOs EN INSTALACIONES DE EXTERIOR.....	26
4.1.5.2. CTOs EN INSTALACIONES DE INTERIOR.....	27
5. ELABORACIÓN DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO PARA DESPLIEGUE E INSTALACIÓN DE UNA RED FTTH PARA EL CASO DE ESTUDIO	29
5.1. PLANIFICACIÓN TEMPORAL DE LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN PARA EL DESPLIEGUE DE LA RED.....	29
5.2. ELABORACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN Y PLANOS PARA EL DESARROLLO DE LA OBRA.	31
5.2.1. ESCENARIO PARA EL DESPLIEGUE DE RED.....	31
5.2.2. ESTUDIO DE VIABILIDAD	33
5.2.3. SOLICITUD DE USO COMPARTIDO (SUC).....	35
5.2.4. DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	37
5.2.4.1. PLANO DE TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA	38
5.2.4.2. AREA DE INFLUENCIA DE CADA CAJA TERMINAL ÓPTICA... 39	
5.3. ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS TRÁMITES NECESARIOS PARA LA SOLICITUD DE LICENCIAS EN LOS ORGANISMOS COMPETENTES.....	41
5.4. ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	41
5.4.1 EQUIPOS UTILIZADOS	41
5.4.2. PRESUPUESTO.....	43
5.5. PREPARACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN JUSTIFICATIVA A GENERAR DURANTE EL SEGUIMIENTO DE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS	45
5.6. PREPARACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DE EJECUCIÓN DE INSTALACIONES A ENTREGAR AL OPERADOR PARA EL QUE SE REALIZA EL PROYECTO.....	45
5.6.1. AS BUILT Y CERTIFICACIÓN FINAL.....	45
5.6.2. CONTROL DE CALIDAD DE INSTALACIONES	48
6. CONCLUSIONES	58
ANEXOS.....	60

ANEXO 1: CÁLCULOS.....	60
ANEXO 2: ACUERDO MARCO	62
ANEXO 3: SOFTWARE EMPLEADO	65
ANEXO 4: HOJAS DE ESPECIFICACIONES	71
BIBLIOGRAFÍA	88

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Espectro visible por el ojo humano [7]	6
Ilustración 2 Partes de una fibra óptica [18].....	7
Ilustración 3 Partes de un cable de fibra óptica [19].....	7
Ilustración 4 Fibra óptica monomodo y multimodo [20]	9
Ilustración 5 Tipologías de red FTTx [21]	11
Ilustración 6 Topologías de red PON [22]	13
Ilustración 7 Topología GPON [23]	15
Ilustración 8 Transmisión de datos downstream [23]	16
Ilustración 9 Transmisión de datos upstream [23].....	16
Ilustración 10 Estructura de la red de acceso en FTTH [24].....	18
Ilustración 11 Criterios de división óptica	22
Ilustración 12 División óptica en despliegue residencial	23
Ilustración 13 Dimensionado de cables red de distribución.....	24
Ilustración 14 Huella de la localidad de Los Ramos (Murcia)	32
Ilustración 15 Huella de Red de Distribución J30005812	33
Ilustración 16 Escenario cálculo alcance máximo	60
Ilustración 17 Cronograma de Solicitud de Uso Compartido [3].....	64
Ilustración 18 Interfaz ESCAPEX	65
Ilustración 19 Registros y canalizaciones utilizadas.....	66
Ilustración 20 Interfaz NEON	67
Ilustración 21 Interfaz inicio proyecto GIS	68
Ilustración 22 Interfaz selección modelo GIS	69
Ilustración 23 Interfaz elementos de red GIS	69
Ilustración 24 Orden dibujo en GIS	70
Ilustración 25 Interfaz Excel	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estándares xPON [9].....	14
Tabla 2 Planificación del proyecto	30
Tabla 3 Área de influencia	34
Tabla 4 Datos SUC	37
Tabla 5 Área de influencia de cada CTO	39
Tabla 6 Presupuesto	44
Tabla 7 Medida de potencia óptica a la salida de la fuente en longitud de onda 1310... 48	
Tabla 8 Medidas de potencia óptica en cada CTO en longitud de onda 1310	49
Tabla 9 Medida de potencia óptica a la salida de la fuente en longitud de onda 1490... 49	
Tabla 10 Medida de potencia óptica en cada CTO en longitud de onda 1490.....	49
Tabla 11 Pérdidas en elementos de red.....	61

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Cobertura de fibra óptica en España. [4]	3
Gráfico 2 Redes de alta velocidad en distintos países a nivel mundial [6]	4
Gráfico 3 Cobertura de fibra óptica en distintos países a nivel europeo [4]	4
Gráfico 4 Tasa de penetración de tecnología FTTH en los hogares a nivel europeo [5] ..	5
Gráfico 5 SUC	36
Gráfico 6 Medida de reflectometría de la CTO 557623 en 1310 nm	50
Gráfico 7 Medida de reflectometría de la CTO 557623 en 1550 nm	51
Gráfico 8 Medida de reflectometría de la CTO 557624 en 1310 nm	51
Gráfico 9 Medida de reflectometría de la CTO 557624 en 1550 nm	52
Gráfico 10 Medida de reflectometría de la CTO 557625 en 1310 nm	52
Gráfico 11 Medida de reflectometría de la CTO 557625 en 1550 nm	53
Gráfico 12 Medida de reflectometría de la CTO 557626 en 1310 nm	53
Gráfico 13 Medida de reflectometría de la CTO 557626 en 1550 nm	54
Gráfico 14 Medida de reflectometría de la CTO 557627 en 1310 nm	54
Gráfico 15 Medida de reflectometría de la CTO 557627 en 1550 nm	55
Gráfico 16 Medida de reflectometría de la CTO 557628 en 1310 nm	55
Gráfico 17 Medida de reflectometría de la CTO 557628 en 1550 nm	56
Gráfico 18 Medida de reflectometría de la CTO 557629 en 1310 nm	56
Gráfico 19 Medida de reflectometría de la CTO 557629 en 1550 nm	57
Gráfico 20 Medida de reflectometría de la CTO 557630 en 1310 nm	57
Gráfico 21 Medida de reflectometría de la CTO 557630 en 1550 nm	58

RESUMEN

El trabajo fin de máster que se ha desarrollado versa sobre el despliegue de la red de fibra óptica, conocida por sus siglas en inglés como FTTH (fiber to the home), en una zona de un municipio de la región de Murcia. Es conocida la creciente necesidad en la sociedad actual de un adecuado sistema de comunicaciones, tanto a nivel personal, para disponer de una conexión de banda ancha de calidad en los hogares, como a nivel profesional, para facilitar el correcto flujo de datos en una empresa que interactúa con otras compañías. Es por esto por lo que hace unos años se inició la instalación de este tipo de red en España, y dado el gran éxito conseguido, tanto en calidad del servicio ofrecido a los clientes, como en la demanda de estos de dicho servicio, se ha posicionado como la tecnología de conexión de referencia en nuestro país, así como en otros países varios con un nivel de despliegue de dicha tecnología avanzado.

Así, en este trabajo se abordará los elementos, diferentes tecnologías, herramientas y la manera de proceder necesaria para la ejecución de un proyecto de despliegue de fibra óptica en una zona concreta.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO

El principal objeto del presente trabajo es el desarrollo del proyecto de ejecución de instalaciones para el despliegue de una red de fibra óptica (red FTTH) en un municipio de la Región de Murcia.

Para ello, se procede inicialmente a una revisión bibliográfica de esta tecnología. Posteriormente, el objetivo específico es el estudio de las diferentes tecnologías, herramientas y procedimientos necesarios para el despliegue de este tipo de red.

Seguidamente, se procederá a abordar el apartado de establecimiento de los criterios de despliegue de la red FTTH, centrandó el estudio de este apartado al caso particular de análisis de este trabajo.

Una vez desarrolladas estas tareas, se procederá a la elaboración del proyecto constructivo para el despliegue e instalación de una red de fibra óptica particularizado para el caso concreto analizado, objetivo final de este trabajo fin de estudios.

1.2. MOTIVACIÓN

Es conocido el incremento del desarrollo en la sociedad de la información, motivado, en parte, por la desregulación del Mercado de las Telecomunicaciones, y al desarrollo de servicios de internet innovadores en los últimos años, como lo es el acceso a internet mediante la fibra óptica. Así pues, en la sociedad actual hay una necesidad de disponer de unas redes de comunicaciones de una calidad adecuada y a un precio competente, siendo la fibra óptica una tecnología que se posiciona como futuro referente en el mercado de las Telecomunicaciones.

La motivación de la realización de este trabajo viene dada por el interés en el conocimiento de la tecnología de fibra óptica, de su instalación y despliegue en las zonas urbanas para el uso de la población.

2. ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO DE LA TECNOLOGÍA DE FIBRA ÓPTICA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. SITUACIÓN ACTUAL

La aparición de Internet es indudablemente una de las tecnologías de la información y la comunicación más relevantes del siglo XXI. Específicamente, tras su aparición en 1991, cuando aparece con el nombre de World Wide Web, y es a partir de ese instante en el que se comienza a desarrollar y mejorar la velocidad y acceso hasta el día de hoy. [9]

La tecnología conocida como fibra óptica se basa en un instrumento transmisor de información usando impulsos fotoeléctricos, mediante un hilo construido en base a materiales como plásticos o vidrios transparentes que le otorgan dicha característica. En concreto, está compuesta prácticamente por silicio, que es conocido por ser el segundo material más abundante en la corteza terrestre. Estos hilos son en efecto el medio de transmisión de la señal

Actualmente, gracias a la tecnología de fibra óptica, la calidad en cuanto a capacidad de transmisión de información o datos ha alcanzado unos niveles realmente altos. Es el medio de transmisión más potente capaz de cumplir con la exigente demanda de los clientes. Por esto, tanto grandes operadores como operadores locales han comenzado a realizar el despliegue de red constituida en su totalidad por dicha tecnología de fibra óptica, pues de esta manera cumplen con las necesidades de altas velocidades de transferencia de datos demandada.

Además, la tecnología de fibra óptica lleva asociada una continua mejora de sus características técnicas, así como la disminución de los costes involucrados en el despliegue de la red FTTH (fiber to the home). Otra ventaja que se suma al desarrollo de esta tecnología es que algunos de los nuevos edificios construidos en las poblaciones ya sean urbanizaciones, nuevos bloques de apartamentos, o edificios con fines comerciales, integran cableado estructurado de fibra óptica monomodo dado el bajo costo que tiene asociado, facilitando en parte la construcción de la red de acceso por fibra óptica. [9]

2.1.2. AMBITO NACIONAL

En cuanto al ámbito nacional, España es un referente en el panorama internacional en cuanto a despliegue de fibra óptica. En los últimos 10 años se ha dado la transición masiva de la tecnología ADSL con carencias muy notorias a una red de fibra óptica que ofrece una cobertura de mayor calidad. [17]

En cuanto al tipo de red de fibra usado en España, prácticamente en su totalidad los operadores, es el de red GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network, o Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit), del que se presentará información más detallada más adelante. Esta tipología de red ofrece velocidades entorno a los 2,5 Gbps de capacidad en sentido descendente y 1,22 Gbps en sentido ascendente. Prácticamente en todo el país se ofrece cobertura de fibra, tanto en pequeñas como grandes ciudades.

De acuerdo con las cifras presentadas por la “Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC)”, en España la cantidad de accesos desplegados denominados como de nueva generación, es decir, que pueden ofrecer 30 Mbps o más de velocidad, es de 59,4 millones a fecha de 2019, siendo la tecnología más empleada el FTTH con 48,6 millones de accesos instalados, mientras que el HFC o híbrido de coaxial y fibra, posee aproximadamente 10 millones de accesos. [17]

Sin embargo, la cobertura fibra óptica es muy distinta en las grandes ciudades y en los pequeños pueblos de zonas rurales. Según el último informe del “Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital”, aproximadamente 80% de la población tiene acceso a la tecnología de fibra óptica. La previsión es que el 93,45% de la población tenga acceso a internet de banda ancha en 2021. En la ilustración 2 se puede apreciar el porcentaje de cobertura de fibra óptica cubierta en las distintas provincias de España. [4]

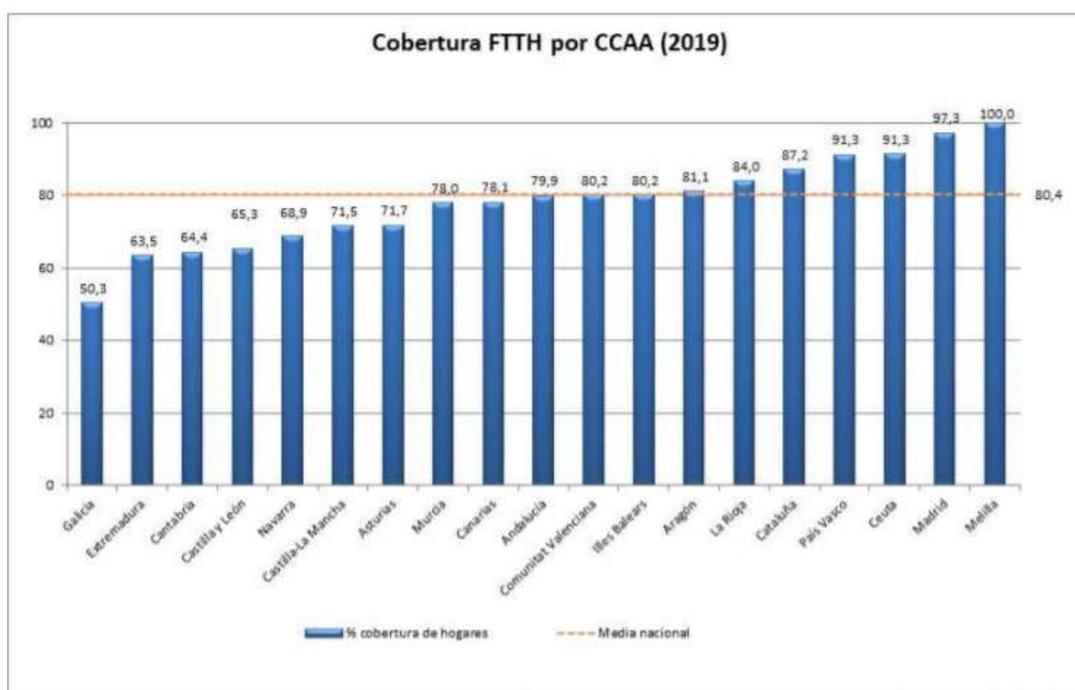


Gráfico 1 Cobertura de fibra óptica en España. [4]

2.1.3. AMBITO INTERNACIONAL

Con respecto al ámbito internacional, según el portal de banda ancha de la “Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos u OCDE”, nueve países de la OCDE cuentan con un porcentaje de aproximadamente el 50 % o más de acceso a internet por fibra óptica de alta velocidad.

Además, de 37 países incluidos en el estudio, se concluye que el acceso por fibra óptica en banda ancha se ha incrementado hasta el 27% a fecha de 30 junio de 2019, desde el 24 % del año anterior. Esto pone de manifiesto la aparición de una brecha amplia entre los diferentes países en el despliegue de fibra óptica.

Así, en la ilustración 1, los datos muestran que Lituania, Letonia, España y Nueva Zelanda se sitúan cerca de los países referentes en uso de fibra óptica como lo son Corea, Japón y los países nórdicos. Esto es gracias a una mezcla del aumento de competencia, unas excelentes políticas reguladoras e inversiones en materia de infraestructura. Como se

puede observar, Lituania, Suecia, Letonia, España, Islandia, Finlandia y Noruega aparecen con un acceso de fibra superior al 50%. [6]

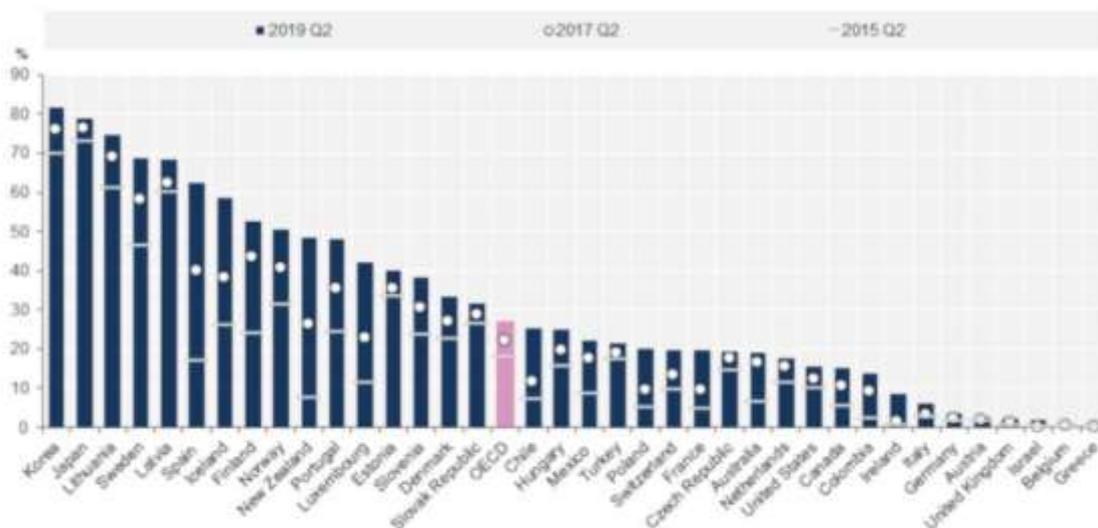


Gráfico 2 Redes de alta velocidad en distintos países a nivel mundial [6]

No obstante, de acuerdo con el “Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital”, como ya se ha presentado en el apartado anterior, el porcentaje de cobertura a nivel nacional es de aproximadamente el 80 %, destacando España a nivel europeo, como se puede apreciar en la gráfica 3, extraída del “Informe de la banda ancha en Europa a mediados de 2018”. [4]

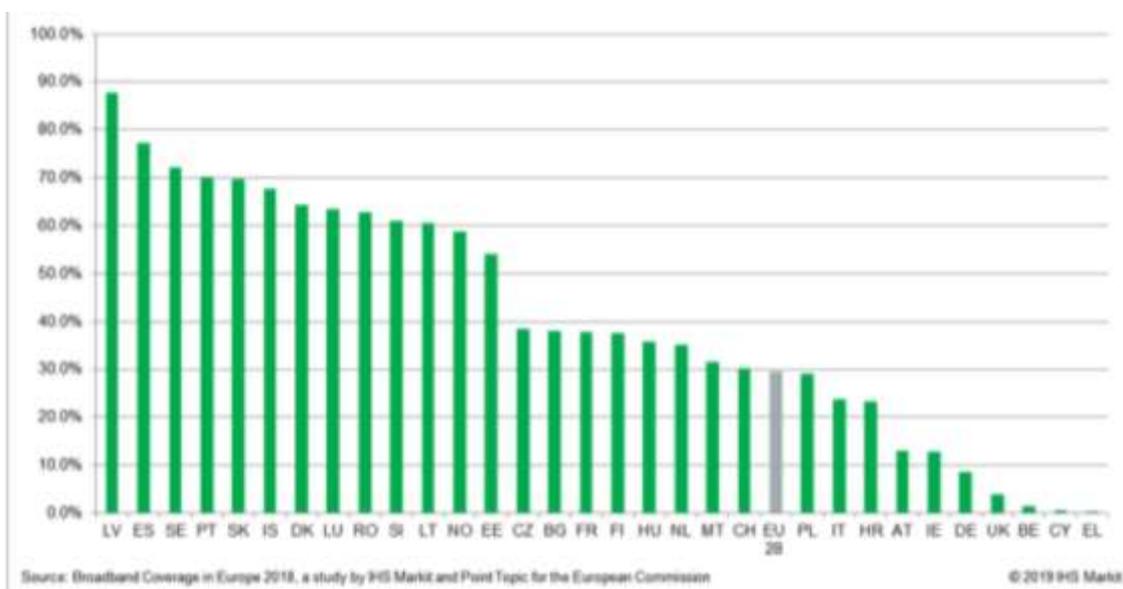


Gráfico 3 Cobertura de fibra óptica en distintos países a nivel europeo [4]

En cuanto a la tasa de penetración, en base a un informe del “Consejo Europeo de FTTH”, una entidad en la que se contó con la participación de 150 operadoras y empresas de índole tecnológica, en España más de 17,5 millones de viviendas cuentan con fibra hasta el hogar. Se puede apreciar en el gráfico 4 el estado actual a nivel europeo, donde España

figura con un 44% de penetración y con el tipo de tecnología FTTH únicamente, mientras se observa como el resto de los países aparte de una gran implantación de FTTH, cuentan además con una importante penetración de tecnología tipo FTTB (Fiber to the Building) Este concepto se explica más adelante. [5]

FTTH/B Ranking – European ranking

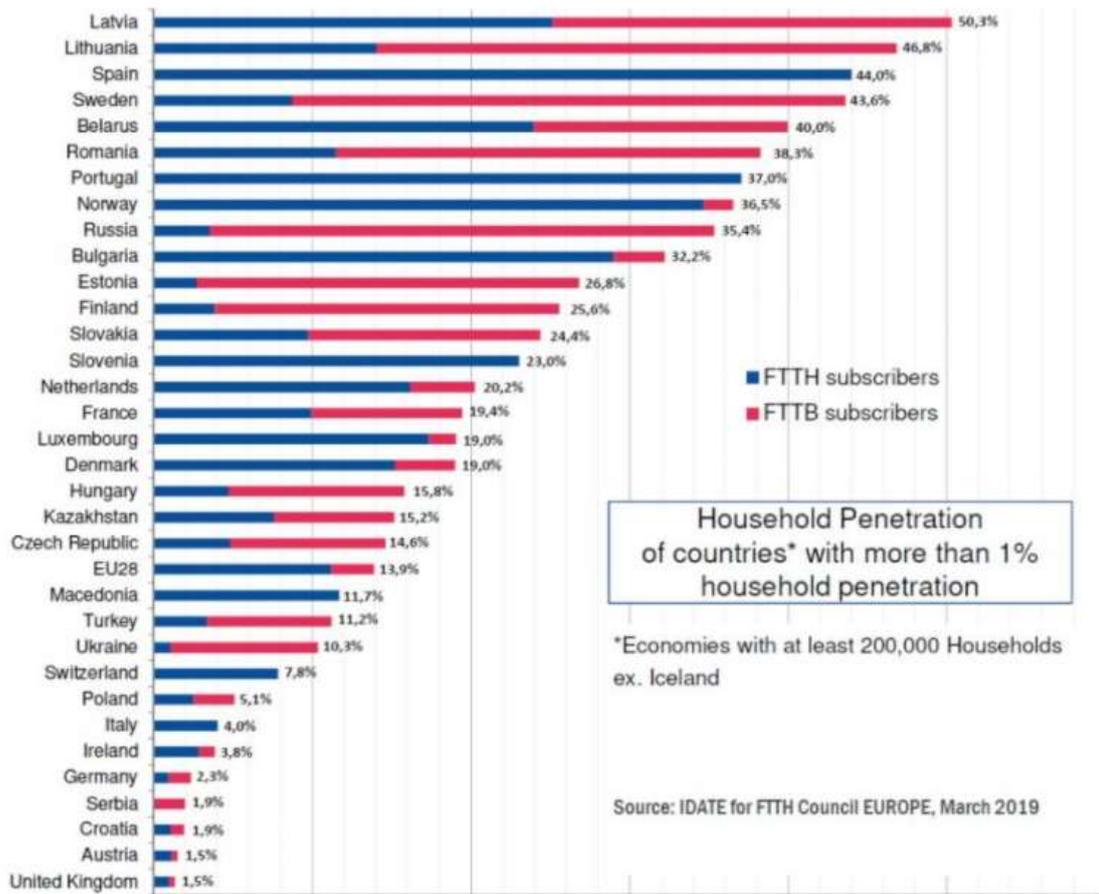


Gráfico 4 Tasa de penetración de tecnología FTTH en los hogares a nivel europeo [5]

2.2. FIBRA ÓPTICA

2.2.1 DEFINICIÓN

La fibra óptica se define como un elemento capaz de transmitir información mediante impulsos fotoeléctricos. Para ello, generalmente mediante un hilo con base de vidrio transparente u otros materiales de origen plástico con similares atributos, se transportan pulsos de luz que constituyen dicha información, que proviene de un circuito que transforma la señal digital a transmitir en señal luminosa, inyectándola en la fibra normalmente mediante un láser (o un led).

Mientras que en las comunicaciones convencionales como lo es el radio o cable se suele utilizar la frecuencia, es común que en las comunicaciones ópticas se use la longitud de onda y como unidad de medida los nanómetros. [7]

La fibra transporta la información en forma de rayos de luz normalmente en un rango no visible por el ojo humano, cuyo intervalo se puede observar en la ilustración 1. En concreto, en la fibra óptica el rango se encuentra entre 850 nm y 1550 nm, que es luz infrarroja invisible.

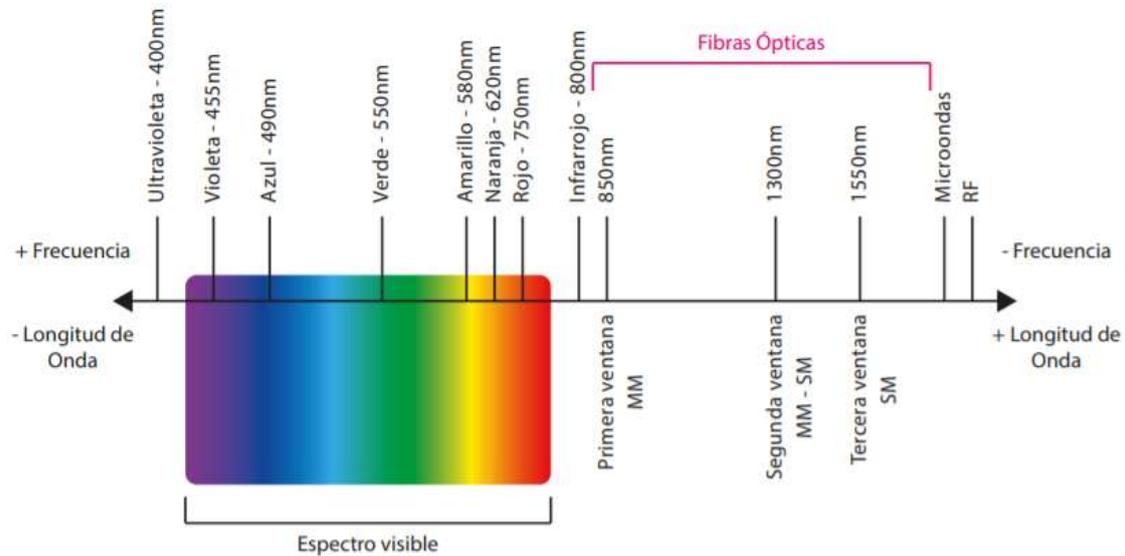


Ilustración 1 Espectro visible por el ojo humano [7]

En las comunicaciones de este tipo se usa partes del espectro electromagnético a los que se hace referencia mediante el término ventanas, que corresponden a las longitudes de onda de 850, 1300 y 1550 nm. [7]

2.2.2 CONSTITUCIÓN

Básicamente, una fibra óptica es un elemento fabricado por dos cilindros concéntricos de dos materiales con diferentes índices de refracción para aprovechar las leyes ópticas dentro del cable. Cada fibra óptica terminada posee un diámetro de tamaño menor que el diámetro de un cabello humano. La luz viajará a través de la fibra rebotando en la frontera entre estos dos cilindros.

En la ilustración 2 se puede observar las diferentes partes que constituyen una fibra óptica.

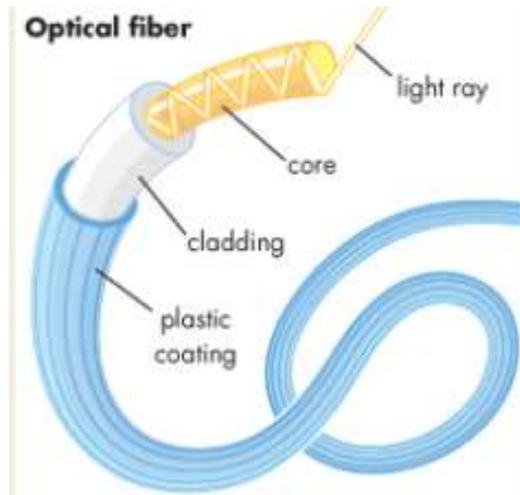


Ilustración 2 Partes de una fibra óptica [18]

- Núcleo: el núcleo o core, por el que se propaga la luz cumpliéndose la condición de que no se supere el ángulo crítico. El mayor diámetro que se especifica en estándares ANSI es 62,5 micras para este elemento. El núcleo es el elemento de la fibra que posee el índice de refracción máximo. [18]
- Revestimiento o cladding: es un elemento protector que cubre el núcleo evitando que la luz escape de la fibra. Está fabricado generalmente con un menor índice de refracción. De acuerdo con estándares ANSI el diámetro máximo para cualquier fibra será de 125 micras. [18]

En el mercado se puede encontrar diferentes cables de acuerdo con el número de fibras por las que está constituido.

Así, comercialmente nos encontramos con un aspecto de fibra como se presenta en la ilustración 3.

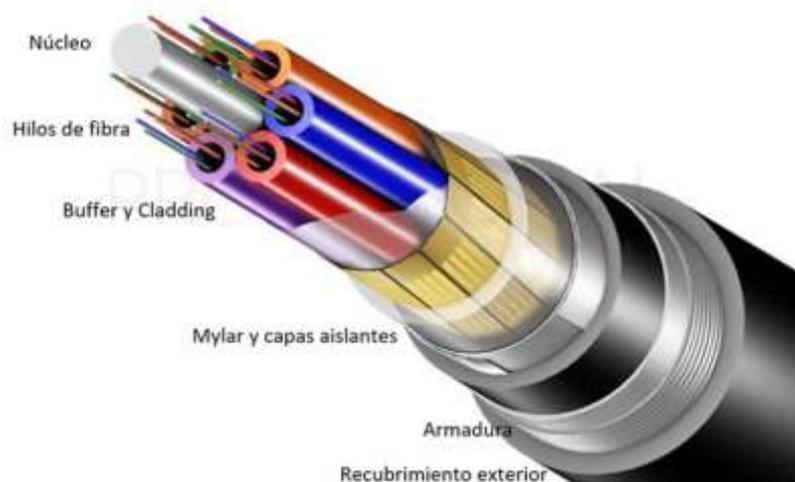


Ilustración 3 Partes de un cable de fibra óptica [19]

Se diferencian las siguientes partes:

- Núcleo: elemento principal cable de fibra óptica y situado en el centro, proporcionando soporte al cable y evitando el riesgo de deterioro de este.
- Drenaje de humedad: su función es conducir la humedad que pueda aparecer en el cable y expulsarla a través de este. Está presente en algunos cables.
- Hilos de fibra: fabricados generalmente por cristal de silicio o plástico de calidad extrema hacen la función de parte conductora en la fibra.
- Buffer y cladding: es una cubierta protectora aislante o recubrimiento que cubre los hilos de fibra. Está formado por un relleno de gel con la función de evitar que la luz escape de la fibra. Además, el buffer hace a su vez el papel de cubierta exterior, conteniendo el gel y la fibra.
- Cinta de Mylar (tereftalato de polietileno) y capas aislantes: cubierta protectora que cubre la totalidad de los buffers que componen la fibra. Dependiendo del material base de la fibra, puede tener componentes de naturaleza dieléctrica, es decir, no conductores.
- Recubrimiento ignifugo: recubrimiento resistente al fuego.
- Armadura: es una capa protectora que en los cables de mayores prestaciones suele estar constituido de hilos de Kevlar, destacando este elemento por su resistencia al fuego.
- Recubrimiento exterior: normalmente de plástico o PVC.

2.2.3. CLASIFICACION DE LA FIBRA

Las fibras ópticas pueden ser clasificadas atendiendo a diferentes criterios.

Por la protección secundaria:

- Estructura holgada: se distinguen agrupaciones de 6,8,10 y 12 fibras en el interior de la cubierta secundaria con holgura. Esta protección tiene un espesor de entre 1 a 3 milímetros, y generalmente está relleno de gel para evitar la humedad.
- Estructura densa: en este caso, cada una de las fibras está compuesta por una protección secundaria individual, de 900 micras generalmente.

Por la forma de propagación:

- Multimodo: posibilidad de transmisión en distintas frecuencias o modos, y en diferentes caminos. De acuerdo con la relación dependiente de los índices de refracción de los materiales, se puede distinguir entre fibras de índice escalonado, generalmente más baratas, pero con características de transmisión de menor calidad, y fibras de índice gradual, de mayor precio dado que presentan características de transmisión superiores.[20]
- Monomodo: transmisión de los pulsos de luz en una sola frecuencia o modo, y en un solo camino. Suelen ser fibras más caras dado que presentan las características de transmisión.[20]

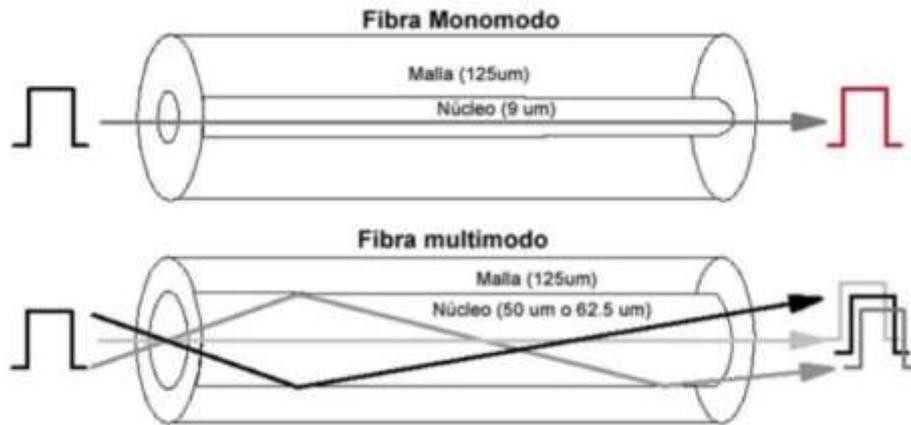


Ilustración 4 Fibra óptica monomodo y multimodo [20]

2.2.4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS

Referente a los parámetros característicos de las fibras ópticas, se distinguen entre dos tipos de parámetros.

Parámetros estáticos: son aquellos que tienen que ver tanto como con las características ópticas como las características geométricas de la fibra.

- Ópticos: donde influye el índice de refracción y la variabilidad de este dentro de la fibra, además de la energía lumínica que esta puede admitir.
- Geométricos: son parámetros relacionados de manera directa con el proceso de fabricación que lleva asociado la fibra óptica y en el que se determina las distintas tolerancias de esta.

Parámetros dinámicos: son aquellos que están relacionados con la transmisión de la información por la fibra.

- Atenuación: fenómeno que hace referencia a la disminución de potencia con la que llegan los pulsos a lo largo de la propagación por la fibra. Su efecto se debe a diversos factores.
- Dispersión temporal: las fibras pueden ser “deformadas” por sus propias características, alargándose los pulsos en el tiempo, lo que puede derivar en transmisiones erróneas.

2.2.5. VENTAJAS

Las principales ventajas asociadas a la tecnología de transmisión de información por fibra óptica son las siguientes:

- Flexibilidad para la realización de las instalaciones, pues debido al tamaño reducido, es posible la introducción de una gran cantidad de líneas de comunicaciones en cables de tamaño reducido.
- Gracias a la naturaleza dieléctrica que poseen las fibras ópticas, pueden ser empleadas en entornos muy contaminados electromagnéticamente, sin una pérdida considerable de la calidad de transmisión, no generando este medio de comunicación interferencias.

- Transmisión de información segura, con localización puntualizada de las posibles intrusiones en línea mediante comprobación de la caída de potencia recibida.
- Las velocidades de comunicación que se consiguen son bastante elevadas, debido a la naturaleza de la propia luz, además del transporte unos enormes volúmenes de información.
- Atenuación mínima, gracias a la cual es posible realizar líneas de transmisiones de información de considerable mayor longitud que con otros medios tradicionales.
- Mantenimiento de la línea de comunicación eficaz, pues debido a la posibilidad de uso de técnica de telemetría se puede localizar las posibles averías a distancia.

3. ESTUDIO DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS NECESARIAS EN EL DESPLIEGUE DE LA RED FTTH

3.1. TECNOLOGÍAS DE ACCESO POR FIBRA ÓPTICA

Las siglas FTTx hacen referencia a “Fiber to the...”, es decir, “Fibra hasta...”

Esto es debido a que se puede decidir en la instalación de la fibra óptica, el recorrido o tramo que estará constituido íntegramente por este medio de transmisión, es decir, desde la central del operador a un determinado nodo de la red de comunicaciones. Este punto final de red en cuestión está indicado mediante la última letra FTTx, “Fibra hasta x”. [21]

Se distinguen diferentes tecnologías de acceso por fibra óptica según donde se sitúe el punto de fin de comunicación por fibra.

FTTN (Fiber To The Node): tecnología de fibra hasta el nodo. En este caso la red de transmisión está compuesta por fibra óptica hasta el nodo o central local del operador de telecomunicaciones encargado de ofrecer el acceso. Generalmente, esta central local del operador se encuentra en las inmediaciones del vecindario al que se va a dar servicio de infraestructura FTTN, y a partir de dicho punto se utiliza cableado de cobre o de coaxial de longitudes entre 500 a 1000 metros, donde terminaría la estructura de red en las instalaciones finales del cliente.

FTTC (Fiber To The Cabinet): tecnología de fibra hasta la cabina. En este caso la estructura es similar a el tipo FTTN, con la diferencia de que la cabina o armario en el que se encuentra el punto de cambio de red de fibra a cobre o coaxial está más cerca del cliente final. En general, las longitudes de cableado de este tramo final son de 300 metros.

FTTB (Fiber to The Building): fibra hasta el edificio. En este tipo de estructura de red, la fibra óptica termina en un punto de distribución que puede ser tanto en el interior como en las inmediaciones de la edificación final a la que se va a servir. A partir de este punto, el acceso a la vivienda final del usuario se da mediante cable de cobre o coaxial.

FTTH (Fiber to the Home): tecnología de fibra hasta el hogar. Es el tipo de red en el cual la fibra óptica cubre toda la red de comunicaciones, desde la central del operador hasta el interior del domicilio final del cliente al que se provee de servicio. Debido a su

estructura total de comunicación mediante fibra, es la que presenta la mejor calidad y capacidad de transmisión, al no existir la limitación del cobre o coaxial.

Para el caso de estudio en el que se centra este trabajo, la estructura usada es la red descrita de tipo FTTH.

En la ilustración 5 se puede observar un resumen gráfico la distribución de los distintos tipos de redes FTTx descritos.

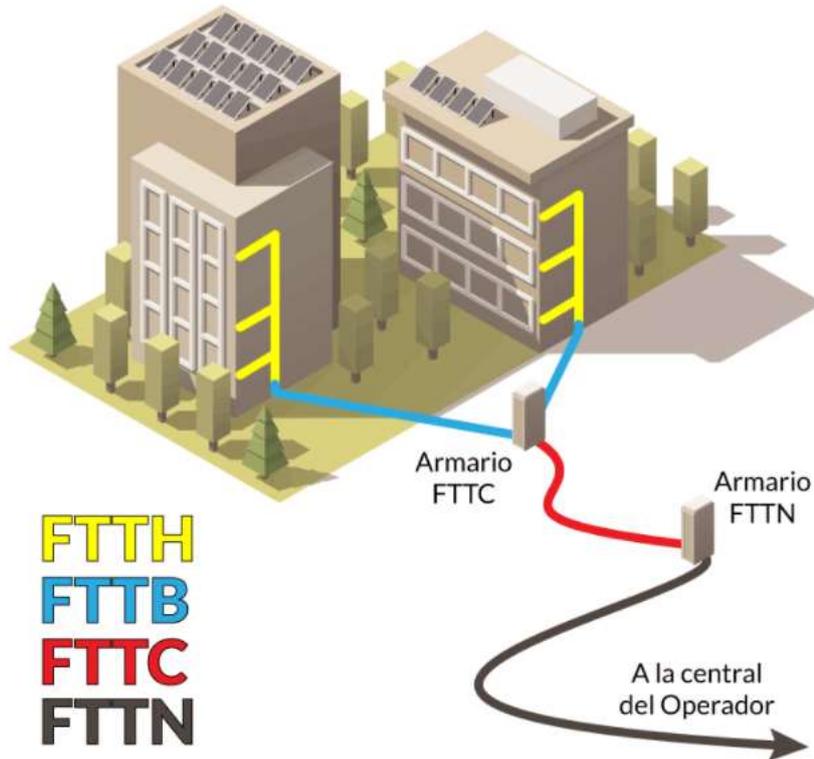


Ilustración 5 Tipologías de red FTTx [21]

3.2. REDES FTTH

A continuación, se presenta en profundidad las redes de comunicaciones integradas totalmente por fibra óptica, es decir, las redes FTTH, en las que se centra el caso de estudio.

Como ya se ha presentado, las redes FTTH transmiten la información desde la central del operador, al que se hará referencia de ahora en adelante como OLT (Optical Line Termination), y el domicilio del cliente al que se hará referencia con el término ONT (Optical Network Termination).

Cabe señalar que las redes de esta tipología presentan dos tipologías diferenciadas:

- Redes PON (Passive Optical Networks): en este caso la red es de carácter pasivo, es decir, no se requiere de componentes activos en central y cliente final.

- Redes AON (Active Optical Network): en este caso la red es de carácter activo, en la que sí que se requieren de componentes activos en puntos intermedios de la red.

La red en la que se centra el caso de estudio es de tipo PON, por las ventajas que presenta, y en la actualidad es la más usada.

3.2.1 CONFIGURACIONES DE RED

Se presenta a continuación algunas de las configuraciones más usadas para las redes FTTH.

Configuración Punto a Punto.

En este caso la conexión entre la OLT y la ONT se realiza mediante enlaces dedicados de una o más fibras ópticas. Esta configuración no es muy empleada ya que, al tener un enlace independiente para cada usuario, se incrementa el coste de la red y el número de fibras necesarias a medida que se incrementa el número de clientes. Este tipo de configuración no requiere el uso compartido de recursos de la red y admite grandes distancias entre la ONT y la OLT. Comúnmente es empleada a petición de empresas u organismos oficiales que demandan gran ancho de banda, así como altos requerimientos de seguridad en sus servicios.

Configuración Punto a Multipunto.

La configuración de red usada por las redes PON, es la configuración Punto a Multipunto. Este tipo de configuración es la más extendida y en la que se basan las redes FTTH. En esta configuración se colocan componentes de bifurcación óptica entre la OLT y las ONT. De esta manera, la cantidad de fibras necesarias es mucho menor en comparación con otras configuraciones como la configuración punto a punto, en las que la conexión entre la OLT y la ONT se realiza mediante enlaces dedicados de una o más fibras ópticas. Con estas redes, se logra una estructura sencilla y de coste económico menor, que permite interconectar una OLT con muchas ONT a través de unos pequeños divisores ópticos pasivos llamados splitters.

3.2.2 REDES PON

Como ya se ha adelantado, la red PON es un tipo de red óptica pasiva, entre la central de telefonía (OLT, equipo de terminación de línea óptica) hasta el hogar (ONT, unidad de red óptica). En esta tipología de red el único elemento que hay, es el elemento transmisor de la información a través de haces de luz, esto es, las fibras ópticas.

Dado que las fibras ópticas están limitadas comercialmente por longitudes dadas, para longitudes largas se realizan comúnmente fusiones entre dichas fibras, lo que se conoce como empalmes.

Cada una de las fibras que tienen origen en central de telefonía se bifurcan hasta un máximo de 64 fibras y cada una de ellas llega hasta el cliente final. El elemento que se encargará de la bifurcación es el divisor óptico u “splitter”.

La razón por la cual la mayor parte de los despliegues de fibra óptica hasta el hogar actualmente se llevan a cabo con esta tipología es la significativa reducción de costes que conlleva eliminar componentes activos, tanto en el despliegue como en el mantenimiento posterior de la infraestructura.

Cabe mencionar que, dentro de las redes PON, se diferencian diferentes topologías básicas de red: configuración en estrella o árbol, configuración en Bus, configuración en anillo. Se puede apreciar el esquema de estas configuraciones en la ilustración 6. [22]

La topología empleada para el diseño y despliegue de red en este caso de estudio, es la topología en árbol. Es la que tiene mejor adaptación a los entornos urbanos, en los que las ONT asociadas a una OLT están relativamente cerca, con lo que las distancias existentes entre el divisor óptico y las OLT tienen un valor similar, consiguiendo un reparto de forma uniforme de las señales. No obstante, debido a la gran flexibilidad para realizar modificaciones que presenta, el principal problema que presenta es la parada de todo el sistema ante posibles roturas de fibras o fallos en tramos iniciales.

La topología en bus separa más los equipos ONT que son atendidos por una OLT y es más usado en entornos rurales.

La topología en anillo es una extensión del tipo de red en bus, pero con dos fibras en la base troncal proporcionando una protección extra ante posibles errores en algún componente.

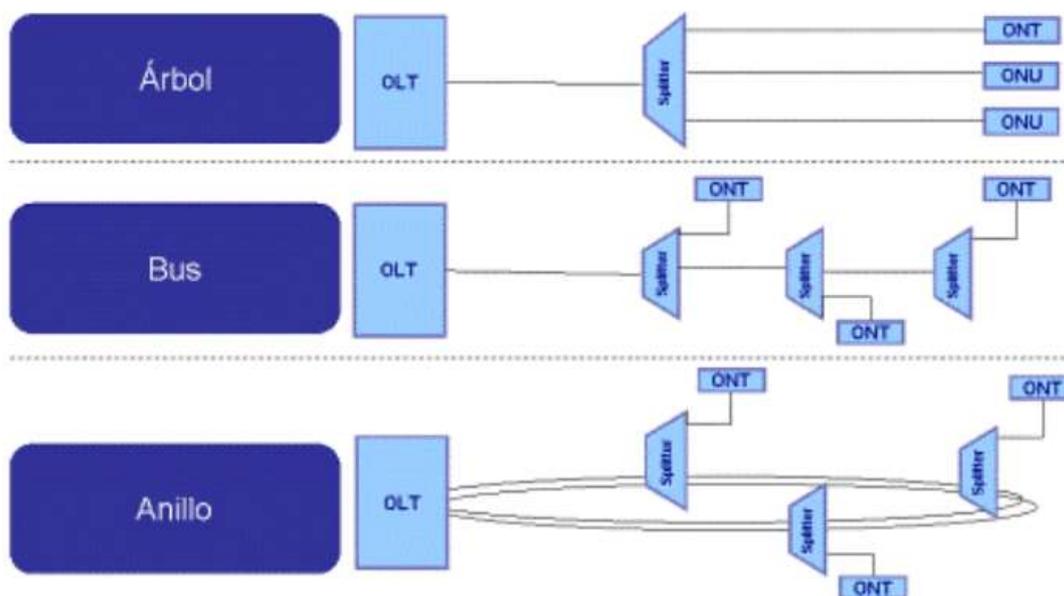


Ilustración 6 Topologías de red PON [22]

Dentro de las redes PON, se distinguen diferentes estándares con diferentes características, conocidos como estándares BPON, EPON y GPON. Las características asociadas a cada estándar se pueden observar en la tabla 1.

Tabla 1 Estándares xPON [9]

CARACTERÍSTICA	BPON	EPON	GPON
Estándar	ITU-T G.983.x[IEEE 802.2ah	ITU-T G.984.x
Velocidades de Transmisión (Mbps)	Down: 155, 622, 1244 Up: 155, 622 Mbps	Down: 1244 Down: 1244	Down: 1244, 2488 Up: 155, 622, 1244, 2488
Tipo de Fibra	Monomodo (ITU-T G.652)	Monomodo (ITU-T G.652)	Monomodo (ITU-T G.652)
Número de Fibras por ONT	1 ó 2	1	1 ó 2
Longitudes de onda de funcionamiento	Para 1 Fibra: <ul style="list-style-type: none"> Down: 1480-1500 nm Up: 1260-1360 nm Video: 1550 nm Para 2 Fibras: <ul style="list-style-type: none"> Down: 1260-1360 nm Up: 1260-1360 nm Video: 1550-1560 nm 	<ul style="list-style-type: none"> Down: 1480-1500 nm Up: 1260-1460 nm Video: 1550-560 nm 	Para 1 Fibra: <ul style="list-style-type: none"> Down: 1480-1500 nm Up: 1260-1360 nm Video: 1550-1560 nm Para 2 Fibras: <ul style="list-style-type: none"> Down: 1260-1360 nm Up: 1260-1360 nm Video: 1550-1560 nm
Nº máximo splitters por OLT	32	16	128
Alcance Máximo Entre OLT-ONT	20 km	10 (prev. 20) km	60 km
Distancia máxima entre ONTs	20 km	10 (prev. 20) km	20 km
Pérdidas de inserción máxima	0 dB	15/20 dB	15/20/25 dB
Modo de Tráfico entre OLT y ONT	ATM	Ethernet	ATM, Ethernet, TDM
Arquitectura de transmisión	Asimétrica, Simétrica	Ethernet (simétrica)	Asimétrica, Simétrica
Ráfaga		Laser ON/OFF: 512 ns Conf. AGC y CDR: 400 ns	Guarda: 25.6 ns Preámbulo: 35.2 ns

Dado las múltiples ventajas que presenta la tipología GPON, este es el estándar más utilizado hoy en día en los despliegues de red FTTH, que será el empleado en el despliegue que se estudiará en el presente trabajo y que se describe en el siguiente apartado.

3.3. REDES GPON

3.3.1. TOPOLOGÍA GPON

El término GPON, cuyas siglas en inglés hacen referencia a, “Gigabit-capable Passive Optical Network” se refiere a las redes PON con capacidad Gigabit. La ITU-T (International Telecommunications Union – Telecommunications Sector) comienza a

trabajar con la tecnología GPON en 2003. Se presenta esta tecnología como la óptima para el acceso de clientes en zonas residenciales en cuanto a redes compuestas íntegramente por fibra basadas en tecnologías PON. A partir de ese momento ha ido evolucionando con continuas actualizaciones.[9]

La red GPON, como ya se ha explicado, está compuesta de dos elementos principales activos, la OLT (Optical Line Terminal), ubicada en la cabecera del operador, y las ONT (Optical Network Terminal) ubicadas en las instalaciones de cliente, conectadas mediante la fibra óptica.

La topología Punto a Multipunto entre la OLT y las ONT, se consigue mediante la instalación de pequeños divisores o repartidores ópticos pasivos, también llamados “splitters”. Estos elementos reparten la señal a su entrada en varias salidas cuando la señal viaja de la OLT a las ONT, y combinan de igual manera las señales ópticas, cuando el tráfico viaja en sentido contrario. De esta manera se crea un canal bidireccional entre los extremos usando una misma fibra óptica.

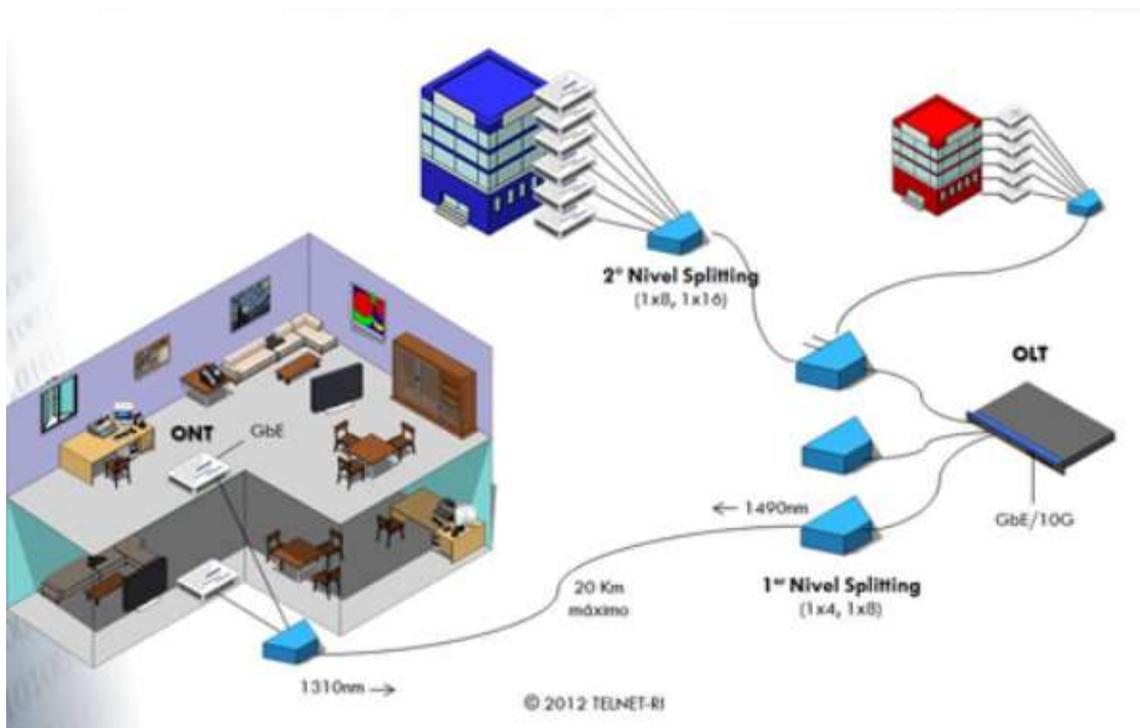


Ilustración 7 Topología GPON [23]

3.3.2. CANAL ASCENDENTE Y DESCENDENTE EN GPON

La red GPON usa multiplexación por división de longitud de onda (Wavelength Division Multiplexing: WDM), permitiendo comunicación bidireccional, esto es, upstream y downstream, usando una única fibra.

En sentido **downstream**, los paquetes de datos se transmiten en modo broadcast. La central de telefonía envía por cada fibra la información multiplexada en 1490 nm de longitud de onda. Esta información, mediante los divisores ópticos o “splitters”, se bifurca sin modificar el contenido de dichos paquetes (elemento pasivo), esto es, los datos de información que entran por una fibra llegan a todas las ONT (usuarios o clientes finales).

La ONT será la encargada por tanto de seleccionar la información correspondiente a cada cliente en cuestión (elemento activo), mediante el uso de “Técnicas de seguridad AES (Advanced Encryption Standard)”. En la ilustración 8 se puede observar esta configuración de transmisión de datos.[9]

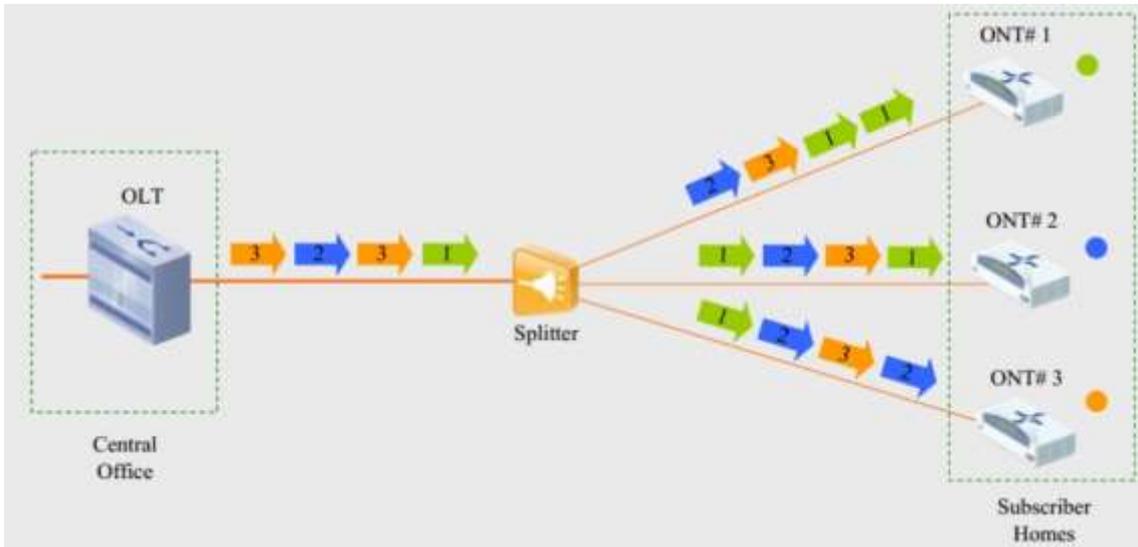


Ilustración 8 Transmisión de datos downstream [23]

En sentido **upstream**, los paquetes de datos de cada usuario se transmiten en modo TDMA (Time Division Multiple Access, acceso múltiple por división en el tiempo). Cada ONT se encarga de enviar la información a la central de telefonía en 1310 nm de longitud de onda, desde las dependencias de cliente o usuario final, en un instante determinado y una tras otra, de modo que a la OLT de la central de telefonía le llega toda la información conjunta de todas las ONT instaladas en dependencias de cliente. Una vez la OLT recibe la información, se encarga de separarla (elemento activo) asegurando que la transmisión sea sin colisiones. En la ilustración 9 se puede observar esta configuración de transmisión de datos. [9]

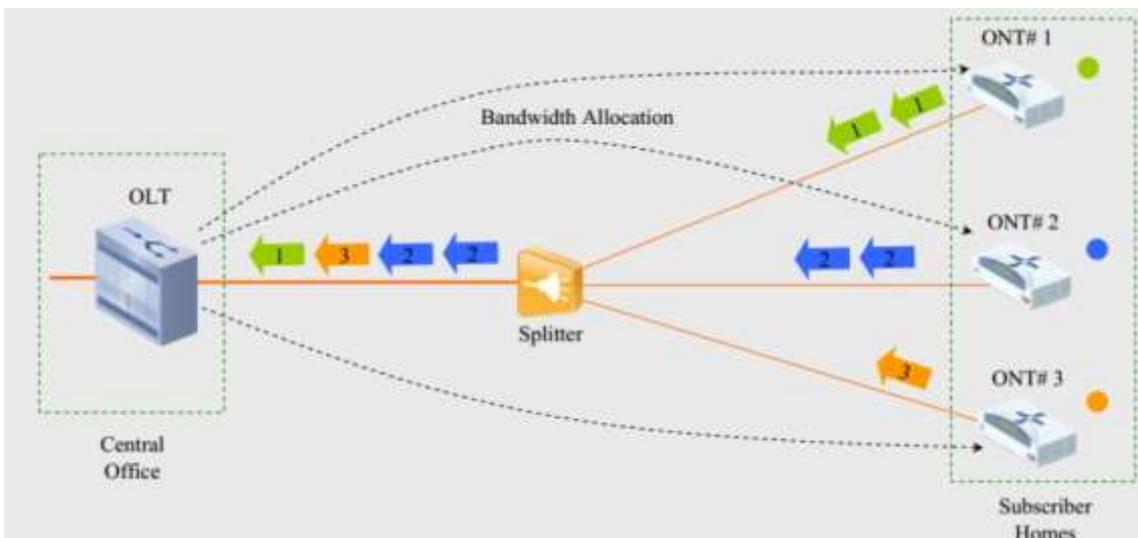


Ilustración 9 Transmisión de datos upstream [23]

3.3.3 VENTAJAS DIFERENCIALES RED GPON

Las redes GPON se caracteriza por una serie de ventajas diferenciales con respecto a los otros estándares xPON y otras tecnologías de acceso en general:

- La primera ventaja, es la referente a mejor ancho de banda y posibilidad de mayor alcance de las instalaciones en cuanto a distancia. El medio transmisor, en este caso óptico, es notoriamente mayor a la limitación de ancho de banda y distancia de otras alternativas de red como la ADSL.
- Mayor rendimiento económico. Se disminuye la inversión en fibra óptica ya que con el uso de una fibra se puede atender a muchos usuarios, y mediante el elemento OLT, con el uso de 1 puerto en dicho elemento.
- Seguridad. La información en la fibra óptica viaja cifrada mediante el sistema AES (Advanced Encryption Standard).
- Excelente calidad de servicio. GPON dispone de unas características que garantizan el ancho de banda necesario para cada cliente final.
- Facilidad en operación y mantenimiento. El modelo de gestión de la red GPON facilita enormemente el control remoto del aparataje en instalaciones de usuario.

3.4. ESTRUCTURA DE LA RED DE ACCESO. HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA EL DESPLIEGUE DE LA RED FTTH

3.4.1. ESTRUCTURA DE LA RED DE ACCESO

En el diseño de la red de acceso por fibra óptica se diferencian las siguientes partes que se describen a continuación:

- **Cabecera:** lugar en el que se realiza la puesta a punto del elemento activo denominado OLT, así como la instalación los organizadores de fibras (ODF) requeridos para la clasificación de las fibras contenidas en el cableado de la red principal o de alimentación, ya que es el elemento en el que terminan dichos cables.
- **Red de Alimentación (RA):** este tramo de red es el que está comprendido desde la cámara de registro a la salida de central hasta la cámara en que tiene lugar el primer reparto de señal o división óptica de cable principal.
- **Red de Distribución (RD):** este tramo incluye la parte de red entre la cámara de registro final y la caja terminal óptica. Generalmente se compone de cableado de capacidades distintas dependiendo del lugar al que se va a dar cobertura. Los divisores ópticos se encuentran instalados en las cajas terminales ópticas.
- **Red de Dispersión:** este parte de la red incluye el tramo que va desde la caja terminal óptica hasta la roseta óptica que se encuentra ubicada en las dependencias de la vivienda final. Está compuesto de cableado de acometida y la roseta óptica.

En la ilustración 10 se presenta visualmente la estructura de la red de acceso.

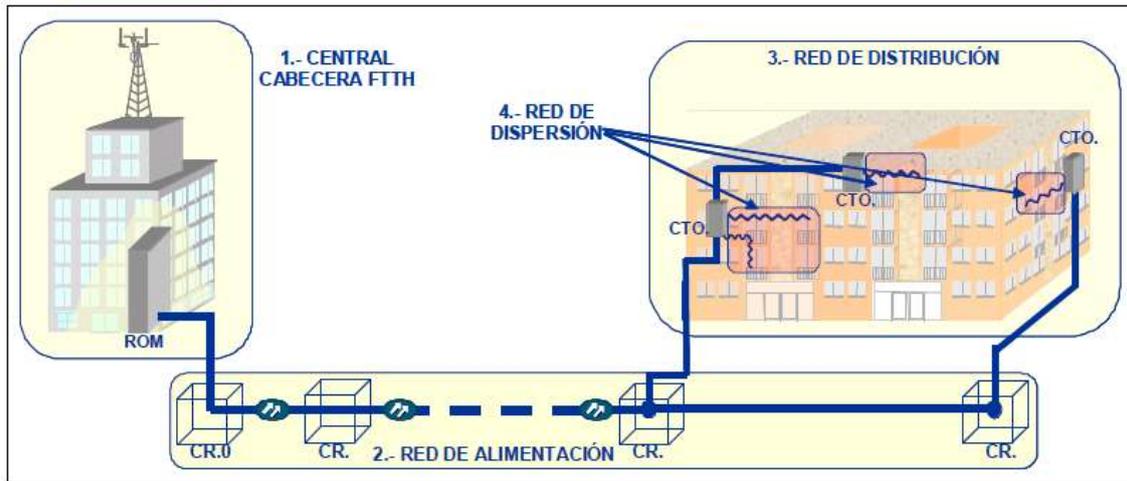


Ilustración 10 Estructura de la red de acceso en FTTH [24]

3.4.2. ELEMENTOS NECESARIOS EN EL DESPLIEGUE

En el despliegue de la red de acceso FTTH se diferencian los siguientes elementos que se indican a continuación:

- OLT (Optical Line Termination).
- Cables de fibra con capacidades variadas.
- Repartidores ópticos o “splitters”.
- Cajas de terminación, distribución y empalme.
- CTOs: cajas terminales ópticas.
- ONT (Optical Network Termination): elemento en inmediaciones de usuario.

Todos estos elementos están sujetos a procedimientos y criterios de despliegue que serán desarrollados en el apartado 4 de este trabajo.

4. ESTABLECIMIENTO DE LOS CRITERIOS DE DESPLIEGUE DE RED FTTH

En este apartado se presentan las especificaciones necesarias en el despliegue de una red de tipología FTTH, centrando el desarrollo en el caso particular de estudio.

4.1. CRITERIOS DE DESPLIEGUE

En el proyecto de despliegue de red FTTH, será necesario realizar actuaciones en las diferentes partes o tramos en que se divide la red. Estas partes se han descrito en el apartado 3.4.1. Es decir, se realizarán trabajos en cabecera, red de alimentación, red de distribución y red de dispersión.

Al iniciar el proyecto se definirá las Cámara de Registro (CR) conocidas como de frontera, a partir de las que se realizarán acometidas por salida lateral para la conexión de

los edificios clientes. Las cámaras de registro actúan como límite entre Redes de Alimentación y Redes de Distribución.

Así pues, en cada árbol se diferenciarán actuaciones referentes a las distintas partes en que se divide la red, que se presentan a continuación:

- Realización de una actuación en la Cabecera.
- Realización de una actuación de red de alimentación.
- Realización de un número variable de actuaciones en la Red de Distribución, estando asociada cada una de estas actuaciones a una salida lateral, un pedestal, a fachada, o a interior del domicilio cliente, de tal manera que se cubra un número de unidades inmobiliarias a las que se puede acceder desde una misma cámara de registro.
- Realización de un número variable de actuaciones en la Red de Dispersión. Estas actuaciones estarán asociadas a un pedestal, a una caja terminal óptica (CTO) o caja de derivación (CD).

Para el proyecto caso de estudio se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- En cuanto a la actuación de la cabecera, se acudirá a la regulación OBA “Oferta de acceso al bucle de abonado”, tal y como marca el gobierno de España y la CNMC “Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia”. Esta regulación estatal, garantiza la competencia y dicta que Telefónica debe prestar determinados servicios. Por tanto, se solicita la ubicación del equipamiento de cabecera en cualquier central de Telefónica, a través de lo que se conoce como acuerdo MARCO.
- Se presenta como objeto final de este proyecto una actuación concreta de red de distribución.
- La actuación relativa a la red de alimentación no será objeto final de este proyecto. No obstante, es necesaria para conectar con la actuación de red de distribución objeto de estudio, realizándose trabajos en el empalme frontera que conecta la red de distribución y red de alimentación. Por tanto, se presentará el proceso de diseño de una forma genérica.
- Las actuaciones relativas a la red de dispersión quedan fuera del alcance de este proyecto, ya que el proceso de alta a cliente se realiza bajo demanda de servicio por parte de estos.

4.1.1. CANALIZADO

En cuanto a tendido canalizado, la red desplegada usará siempre que sea posible las canalizaciones MARCO de Telefónica presentes en el escenario de despliegue. La solicitud de uso de las canalizaciones de Telefónica se hará mediante Solicitud de Uso Compartido (SUC).

Según esta normativa puede solicitarse a Telefónica el uso y ocupación de conductos y subconductos, y el paso o instalación de equipos en registros de diferentes tipos (cámaras de registro, arquetas y postes).

La obra nueva se llevará a cabo únicamente donde no exista tubos instalados en canalización MARCO, o bien exista saturación de compartición de tubos.

Por otra parte, si es necesaria la ejecución de una nueva salida lateral se instalarán 2 tubos de Ø 63 o 110 mm, dependiendo de la tipología existente o del número de cables a tender.

Igualmente, para pedestales, se instalarán, como mínimo 4 conductos de 63mm.

4.1.2. TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA

Todos los tendidos de cables deberán hacerse respetando los radios de curvatura especificados por el fabricante de estos.

4.1.2.1 CABECERA

Para el caso de estudio, la cabecera estará situada en el municipio de Beniaján, en la Región de Murcia. A partir de esta cabecera, se extenderá el cableado requerido para la estructura de red de alimentación, conformando este cableado y nuestra cabecera la estructura de red de alimentación.

4.1.2.2. REDES DE ALIMENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN

Se diferencian los siguientes tipos de tendido de fibra óptica en los despliegues de este tipo de red. Su uso estará sujeto a criterios de diseño y construcción.

Tendidos canalizados

De acuerdo con la normativa MARCO, “el tendido de los cables de fibra óptica en canalización se realizará en el interior de un subconducto vacante de Ø 40 mm, y de manera excepcional en subconductos de Ø 32 mm, tanto para conductos cedidos por Telefónica como para infraestructura propia.

En el caso de que no exista ningún subconducto vacante deben previamente tenderse 2-3 subconductos, nuevos, según proceda, por un tubo libre de Ø 90, 100, 110 ó 125 mm.

En canalizaciones y salidas laterales los tubos de Telefónica pueden ser también de Ø 63 mm. En estos casos el tendido se hará directamente en el tubo de Ø 63 mm, sin subconductar.” [3]

En salidas a fachada sin tubos libres se hará uso del conducto que estuviera menos ocupado.

En el caso de que se vaya a hacer uso de infraestructura cedida por Telefónica, será necesario previamente solicitar la SUC (Solicitud de Uso Compartido). Esta solicitud debe complementarse con replanteos a pie de calle, de manera que se confirme su posibilidad de uso y con los correspondientes trabajos de provisión certificados.

Tendidos aéreos

Se pretende que la realización de tendidos en pasos aéreos sea la mínima posible, pero en caso de ser necesario, se usarán las trazas (no las infraestructuras) existentes de

Telefónica, siempre instalando anclajes y herrajes de fijación a paredes propios, en los extremos de dicho paso.

En todos los casos el uso de estos elementos se regirá por las directrices particulares del municipio afectado por la instalación de la red, con la solicitud de los correspondientes permisos.

Tendidos por fachada

Los tendidos por fachada se realizarán siempre por conducto vacante, salvo saturación o impedimento por permiso, manteniendo en todo momento los criterios y normativa de Telefónica para salidas laterales. En caso de saturación, se planteará la instalación de nuevo lateral, para dar capacidad a las necesidades de despliegue.

En los tendidos por fachada, este discurrirá de forma paralela al cableado existente.

Tendidos en instalaciones de interior

El tendido de cable de fibra por interior discurrirá en los conductos existentes de la propia edificación. Además, las CTOs (cajas de derivación), se instalarán en los registros existentes que se han habilitado para este fin.

4.1.2.3. ACOMETIDAS DE CLIENTE

Tanto para cometidas internas y externas, en el tramo entre el acceso a las inmediaciones de usuario final a la roseta óptica, el cableado deberá tenderse por conductos libres si estos existen, con el uso de grapas en el rodapié o usando molduras de escayola o un elemento similar, acordando la instalación previamente con el cliente.

Para el caso de acometidas de exterior, el cableado de acceso al usuario se instala desde la caja terminal óptica hasta el punto de acceso en el domicilio cliente, mediante un pasamuros, optimizando el espacio empleado siempre y cuando sea posible. La instalación de acometidas por canalización que no pertenezca a la red de dispersión no se contemplará. Tampoco se permitirán acometidas por pasos aéreos, con excepción de servicio a edificios individuales aislados con paso aéreo hasta un máximo de 7 metros.

Para el caso de acometidas de interior el cableado se instalará siempre y cuando sea posible, en la infraestructura existente en las instalaciones de este, realizándose los trabajos de albañilería pertinentes cuando no sea posible.

Como ya se ha mencionado previamente, por realizarse bajo demanda del cliente el proceso de activación del servicio, queda fuera de este proyecto las actuaciones correspondientes a la red de dispersión.

4.1.2.4. MARCADO Y ETIQUETADO

Se etiquetará convenientemente cada uno de los puntos de la red, con etiquetas plásticas adecuadas a cada ámbito de despliegue (interior, exterior).

En concreto, se realizará marcado y etiquetado en los siguientes casos:

- A la entrada y salida de arquetas y cámaras.
- A la entrada y salida de cada elemento de red, esto es, rosetas ópticas, cajas terminales ópticas, cables de diferentes capacidades...

4.1.2.5. ANCLAJES

Los distintos elementos usados en el despliegue se fijarán adecuadamente en la instalación, para garantizar la durabilidad y seguridad. Se deben usar las siguientes herramientas:

- Grapas para fijación de cables en cámaras y arquetas.
- Grapas para fijación de cables en general.
- Anclajes propios en cajas terminales ópticas, cajas de empalme, cajas de derivación...
- Pasos aéreos, con fijaciones y herrajes propios.

4.1.2.6. OBTURACIÓN

Por normativa, se obturará convenientemente todos los puntos de paso de los cables de fibra óptica, tanto en la red de acceso como de dispersión.

4.1.3. CRITERIOS DE DIVISIÓN ÓPTICA

Se empleará una relación de división óptica o splitting de 1:64, distribuida en 2 etapas diferenciadas: 1:4 y 1:16. Esto significa que a partir de cada fibra que conectará con la OLT en cabecera, se podrá dar servicio a 64 clientes.

En función del entorno de instalación, que puede ser residencial o empresarial, se distingue entre división directa o inversa respectivamente en dos etapas:

Relación	Nivel 1	Nivel 2
Directa (Residencial)	1:4	1:16
Inversa (Empresarial)	1:16	1:4

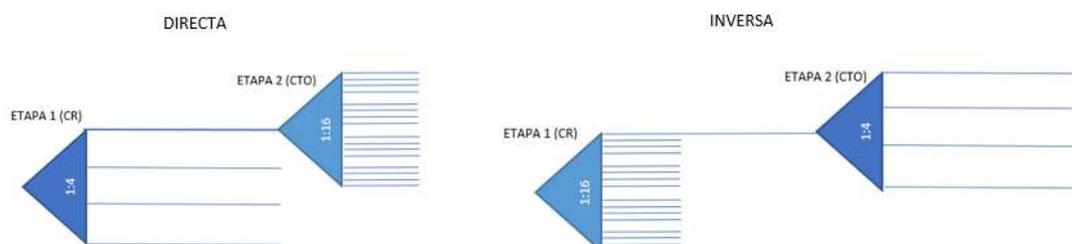


Ilustración 11 Criterios de división óptica

Cabe que mencionar que, se permitirán relaciones de división diferentes dentro de un mismo proyecto, si éste está formado por edificios mixtos, de alta y baja/media densidad,

siempre y cuando cada una se aplique sobre elementos de red diferenciados, cables y cajas de empalme. Si esta división no es posible se aplicará por defecto una relación directa o residencial.

En el caso de estudio, se presenta el caso de división directa en despliegue residencial. Se diferenciarán las siguientes dos etapas de división:

- Etapa 1: 1:4. La división se llevará a cabo en cámara de registro (CR) o arqueta (AR).
- Etapa 2: 1:16. La división se llevará a cabo en la caja terminal óptica (CTO) o caja de empalme.

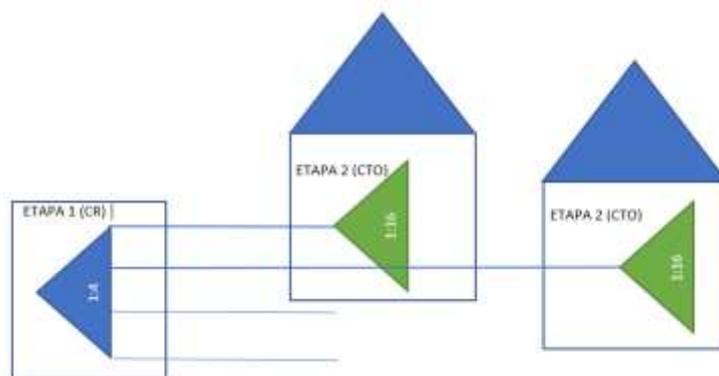


Ilustración 12 División óptica en despliegue residencial

El diseño se realizará, de acuerdo con el número de edificios a los que se dará servicio en el primer nivel de división, es decir, según el número de domicilios de cliente que se atenderán y teniendo en cuenta las verticales en las que se agruparán.

4.1.4. DIMENSIONADO DEL CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA

4.1.4.1. CABECERA

Desde la cabecera de red se construirá el árbol de fibra óptica, estableciendo generalmente una capacidad del cable en el inicio de la red de 64 fibras ópticas (64 FO).

4.1.4.2. REDES DE ALIMENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN

El dimensionado de cableado de las redes de alimentación y distribución, se llevará a cabo desde el conjunto de domicilios cliente más alejados de la cabecera hacia esta, de manera que se tenga en cuenta en todo momento los requerimientos calculados en las salidas laterales a cada edificio cliente o agrupación de edificios.

De esta manera, las redes de alimentación y distribución se tratarán de manera independiente, pero en el dimensionado de red de alimentación se estará teniendo en cuenta y cubriendo los requerimientos de la red de distribución.

De manera general, las capacidades de cables a utilizar son las siguientes:

- En red de alimentación se utilizarán cables de 64, 128, 256 y 512 fibras.
- En red de distribución se utilizarán cables de 8, 16, 32, 64, y excepcionalmente 128 fibras.

RED DE DISTRIBUCIÓN

En el caso del dimensionamiento de los cables de distribución habrá que tener en cuenta el total de UUII que se van a servir desde la Caja Terminal Óptica (CTO) que da servicio a un edificio (o grupo de edificios), y arrastrar desde éste, hacia la cámara de registro frontera, el número de fibras indicadas en la tabla siguiente:

UUII Edificio	Arrastre fibras hasta CR
1-48	4
49-96	8
97-192	16
193-288	24
289-384	32

Ilustración 13 Dimensionado de cables red de distribución

Únicamente generan arrastre de fibras los edificios en los que se instale una CTO o caja de empalme con divisor de segundo nivel; el arrastre de las CTOs sin divisor se tendrá en cuenta en la CTO en que se encuentre el divisor que las alimenta.

El arrastre se realiza teniendo en cuenta las fibras necesarias para abastecer los requerimientos de inicio del despliegue (índice de penetración mínimo del 40-50%), además de reserva para instalación futura como ampliación de red hasta el 100% de las UUII.

Aspectos a tener en cuenta:

- El cable de mayor capacidad a usar en la red de distribución es de 64 fibras ópticas. En el caso de que al hacer el arrastre se obtuviera como resultado un uso necesario de más de 64 fibras ópticas, se procederá al diseño de números de cables requeridos para servir a la totalidad de las UUII incluidas.
- Minimización del número de fusiones de fibras a realizar mediante la segregación por sangrado en cada caja terminal óptica de las fibras calculadas en el arrastre. De esta manera, las fibras se prolongarán a lo largo de todas las cajas terminales ópticas y empalmes anteriores hasta el empalme frontera, en donde tiene lugar únicamente la fusión de las fibras requeridas para alimentar a los divisores de las

cajas terminales instaladas. Las demás fibras de los cables quedan en paso hacia el punto más lejano de la red.

De esta manera, se podrá alimentar a los divisores de las cajas terminales ópticas conectadas en un misma actuación de red de distribución, así como para la conexión de otras cajas terminales ópticas sin divisor.

Así pues, en cada CTO, las fibras calculadas de acuerdo al arrastre quedará de la siguiente manera:

- Fusión de la primera fibra al divisor como fibra activa.
- Reserva de las demás fibras en punta en la propia CTO, en calidad de fibras de reserva para posibles ampliaciones futuras.

Las fibras designadas para las CTOs en cuestión quedarán anotadas en el cableado de paso:

- Fibra activa: la que está presente en el cable de entrada pero no en el de salida.
- Fibras de reserva: conjunto de fibras entre la fibra activa de la CTO y la fibra activa de la CTO anterior.

RED DE ALIMENTACIÓN

Como ya se presentó al inicio de este capítulo, la actuación relativa a la red de alimentación no será objeto final de este proyecto. No obstante, es necesaria para conectar con la actuación de red de distribución objeto de estudio, realizándose trabajos en el empalme frontera que conecta la red de distribución y red de alimentación. Por tanto, se presentará el proceso de diseño de una forma genérica.

El dimensionamiento de los cables para la red de alimentación se lleva a cabo considerando las fibras necesarias para alimentar las diferentes salidas laterales conectando con empalmes frontera.

El cálculo de la capacidad de los diferentes cables se hará realizando previamente un estudio de la sectorización de la huella.

Según el criterio de división óptica ya presentado, se asignará en cada cámara de registro frontera un número de fibras equivalente al 3% de UUII atendidas desde la misma, redondeado al entero superior, fijándose un mínimo de 4 fibras. La razón es la capacidad de cada fibra óptica de servir a 64 clientes, con lo que el tanto por ciento de fibras para servir una UUII es aproximadamente 1,56 %. Cada tramo de cable deberá absorber las necesidades en la cámaras de registro fronteras a la que llegue, más las acumuladas de todas las cámaras de registro fronteras posteriores.

4.1.4.3. RESERVA DE CABLE Y FIBRAS EN RED DE ALIMENTACIÓN

Cabe mencionar que un aspecto significativo a tener en cuenta es, que, por criterios de mantenimiento y posibles futuras ampliaciones de la estructura de red, se asignará una reserva de cableado de 5 metros en las cámaras de paso, con 2 metros en el caso de arqueta

de paso, 25 metros en cámaras con empalmes frontera, y 20 metros en arquetas con empalme frontera.

En el caso de fibras óptica de reserva, para red de alimentación se asignarán 16 fibras en reserva operativa hasta el final de la red.

4.1.5. DIMENSIONADO DE CTOs (CAJAS ÓPTICAS TERMINALES)

Las cajas terminales ópticas son los puntos de la red de distribución a partir de los cuales se da servicio a los edificios, constituyendo el punto final de dicha red de distribución.

Estos elementos pueden ser de interior o de exterior, y con divisor preinstalado o sin él. Para el dimensionado de CTOs, el modelo a utilizar en el escenario concreto asegurará un índice de penetración del 50% de las UUII de la zona concreta que se va a cubrir con red de fibra óptica.

Dependiendo del entorno de ubicación de la CTO, así como por el tendido de acometidas que saldrán de la misma, quedará definida si esta es de interior o de exterior.

En el caso en el que en la zona del despliegue ya exista red de otro operador, se facilita en la medida de lo posible el intercambio de acometidas de los operadores, valorándose la posibilidad de adecuación de la ubicación y número de las CTOs.

4.1.5.1. CTOs EN INSTALACIONES DE EXTERIOR

Las CTOs de exterior son aquellas que se instalan en las fachadas de los edificios, ya sea en la fachada de edificio o en patio interior. A estos elementos llegará cableado procedente de otras CTOs o bien de salidas laterales desde tendido canalizado.

También se contempla en este apartado la instalación en exterior de CTO en azotea. No obstante, se recurrirá a utilizar esta opción solo en el caso de no poder hacer uso de la fachada o patio interior de edificios. Esto puede ser debido a preferencias de los propietarios del edificio o por causas técnicas, como la facilidad de continuidad de cableado desde la azotea de otro edificio inmediato anterior y adyacente.

Para el caso de estudio concreto, esto es, para el despliegue en una zona residencial en la que la CTO de exterior da servicio a una agrupación de edificios, se buscará que:

- Sea de fácil acceso, evitando restricciones privativas del edificio en el que se localice. Por ejemplo, evitar instalación en azoteas no compartidas, en cuyo caso se procederá a la instalación de una CTO para cada finca.
- La longitud de las acometidas a cliente sea óptima, no superando los 150 metros en fachada.
- Se faciliten las tareas de mantenimiento e instalación, garantizando espacio libre suficiente en el entorno de instalación de cada CTO.
- Las CTOs deben estar ubicadas de tal manera que permitan llegar a todos los clientes de la finca con la red de dispersión.
- La instalación de la CTO debe asegurar el futuro acceso a los salones de los domicilios cliente, ya que es en este habitáculo es en el que se lleva a cabo la instalación final a cliente.

- Las CTO utilizadas deben estar homologadas, permitiendo equiparlas con divisores ópticos de segundo nivel (1:16) así como la conexión con la red de dispersión final con el domicilio cliente por medio de conectores.

Además, se procederá a la generación de agrupaciones de fincas con el fin de lograr la optimización del número de CTOs a utilizar, de manera que el cálculo de arrastres en Red de distribución sea sobre las UUII de dichas agrupaciones.

4.1.5.2. CTOs EN INSTALACIONES DE INTERIOR

Dependiendo de la reglamentación I.C.T., por sus siglas, "Infraestructura Común de Telecomunicaciones", se distinguen dentro de instalaciones de interior los dos tipos de estructura que se detallan a continuación, tal y como se recoge en dicha reglamentación:

1. Edificios que cumplen con la reglamentación I.C.T.

Estas edificaciones fueron construidas a partir de dicho reglamento, que atiende al "Real Decreto 279/1999, de 22 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de los edificios y de la actividad de instalación de equipos y sistemas de telecomunicaciones".

Para los edificios incluidos en este apartado, es obligatorio el uso de las "Infraestructuras comunes de telecomunicaciones" en lugar del uso de instalaciones de telecomunicaciones fuera de estas.

En el anexo IV, se presentan las "Especificaciones técnicas mínimas de las edificaciones en materia de telecomunicaciones". En este anexo, se recogen los siguientes elementos de interés:

- "Arqueta I.C.T.: Es el recinto que permite establecer la unión entre las redes de alimentación de los servicios de telecomunicación de los distintos operadores y la infraestructura común de telecomunicación del inmueble. Se encuentra en la zona exterior del inmueble y a ella confluyen, por un lado, las canalizaciones de los distintos operadores y, por otro, la canalización externa de la ICT del inmueble. Su construcción corresponde a la propiedad del inmueble".
- "Canalización de enlace.

Para el caso de inmuebles de viviendas y teniendo en cuenta el lugar por el que se acceda al inmueble, se define como:

- a) Para la entrada al inmueble por la parte inferior, es la que soporta los cables de la red de alimentación desde el punto de entrada general hasta el

registro principal ubicado en el recinto de instalaciones de telecomunicaciones inferior (RITI).

b) Para la entrada al inmueble por la parte superior, es la que soporta los cables que van desde los sistemas de captación hasta el recinto de instalaciones de telecomunicaciones superior (RITS), entrando en el inmueble mediante el correspondiente elemento pasamuros”.

- “Registros secundarios: lugar en el que se instalarán los puntos de distribución y sirven para conectar la canalización principal, que une el R.I.T.I. con los registros secundarios y con el R.I.T.S., con la canalización secundaria, que une los registros secundarios con los registros de terminación de red (red de dispersión)”.
- “Registros de Terminación de Red: se ubican en el interior del domicilio del usuario y conectan los registros secundarios con las canalizaciones interiores del usuario.”
- “Canalización interior de usuario: conecta los registros de terminación de red con los registros de toma donde se alojan las tomas de usuario.”

Así pues, las cajas terminales ópticas se instalarán en el interior del R.I.T.I. o sala destinada para tal fin. La red de distribución llegará a este habitáculo mediante el elemento “arqueta I.C.T.” antes presentada.

La red llegará a las inmediaciones de usuario a través de las canalizaciones principales del edificio, a partir las cajas terminales ópticas, instalando el cableado necesario desde estas y conectando con los registros secundarios en los que se llevará a cabo la instalación de cajas de distribución de interior. Desde estas cajas de distribución, se segregan las fibras que dan servicio en el interior de los domicilios de cliente a través de las canalizaciones secundarias.

Como criterio a seguir, se instalará una caja de distribución de interior en edificios que superen las 4 plantas de altura, de tal manera que al menos exista un equipo cada cuatro plantas. Además, en el caso de CTOs de interior con vertical estructurada, el dimensionamiento se realizará de manera que cubra el 100% del total de UUII de las que consta el edificio.

2. Edificio con infraestructura de interior que no cumple la reglamentación I.C.T.

Este apartado aplica a aquellos edificios construidos antes del lanzamiento de dicho reglamento. Generalmente, poseen registros, canalizaciones y en ocasiones espacios donde llevar a cabo la instalación del equipamiento necesario.

No obstante, será necesaria previa a la instalación, realizar una evaluación de las instalaciones del edificio para garantizar que las instalaciones son adecuadas, tanto en espacio como en conservación. En concreto, será de especial interés comprobar que el espacio disponible en los conductos es adecuado para la instalación de cableado, y que los registros existentes cuentan con espacio suficiente para la instalación de cajas terminales ópticas y cajas de distribución de interior.

En el caso en que tras evaluación de las instalaciones se concluya la necesidad de realizar pequeñas adecuaciones, como ampliación de registros, canalizaciones, o

instalación de nueva canalización, esta se llevará a cabo con el correspondiente estudio y evaluación económica de las operaciones a realizar, así como con el correspondiente consentimiento de los propietarios de las viviendas.

Para finalizar con este apartado, se presentan las dos topologías a emplear en instalaciones de interior, cumpla o no cumpla con la normativa I.C.T. el edificio de cliente en que se lleva a cabo la instalación.

- Solución para edificios con más de 4 plantas. En este caso, se adopta solución modular. Desde los puertos de las cajas terminales ópticas, se extenderá cableado por canalización vertical, instalando además las cajas de derivación necesarias en las plantas, desde las cuales saldrán acometidas a domicilio final, evitando la saturación de verticales. El criterio para seguir es, la instalación del al menos una caja de derivación por cada 4 plantas, y cubriendo el 100% de los clientes de la zona de influencia.
- Solución para edificios con menos de 4 plantas. En este caso, se adopta una solución modular compacta. En este caso, la caja terminal óptica se instala en la sala R.I.T.I. o recinto de telecomunicaciones habilitado para tal fin, y es desde esta desde la que sale la acometida directamente hasta cada domicilio cliente final. Se asegurará que se puedan atender al 100 % de los clientes de la zona de influencia.

5. ELABORACIÓN DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO PARA DESPLIEGUE E INSTALACIÓN DE UNA RED FTTH PARA EL CASO DE ESTUDIO

En este capítulo se presenta la aplicación de los criterios de despliegue de red descritos en el capítulo anterior, para un caso real de estudio de un despliegue de red FTTH.

5.1. PLANIFICACIÓN TEMPORAL DE LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN PARA EL DESPLIEGUE DE LA RED.

En este apartado se presenta la planificación temporal de las fases necesarias para llevar a cabo la construcción de la red. Estas fases quedan documentadas en los siguientes apartados.

5.2. ELABORACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN Y PLANOS PARA EL DESARROLLO DE LA OBRA.

5.2.1. ESCENARIO PARA EL DESPLIEGUE DE RED

La primera tarea por realizar es la definición de la huella objetivo, en la que se determina el área a servir en el despliegue de red y que se cubrirá con cobertura FTTH.

Así, antes de proceder con la elaboración de la documentación y planos para el desarrollo de la obra, se selecciona como huella general la localidad de Los Ramos, perteneciente al municipio de Murcia, en la provincia de Murcia, presentada en la ilustración 14.

Para el caso de estudio específico, se ha seleccionado un conjunto de viviendas pertenecientes a la huella general de Los Ramos, que será el escenario de despliegue de la Red de Distribución de este proyecto. De ahora en adelante nos referiremos a este escenario de despliegue como actuación de Red de Distribución J30005812, puesto que como se presentó en los criterios de despliegue, el despliegue en un municipio tiene asociado un número variables de actuaciones de Red de Distribución, dependiendo del número de habitantes del municipio principalmente. Este escenario se presenta en la ilustración 15.

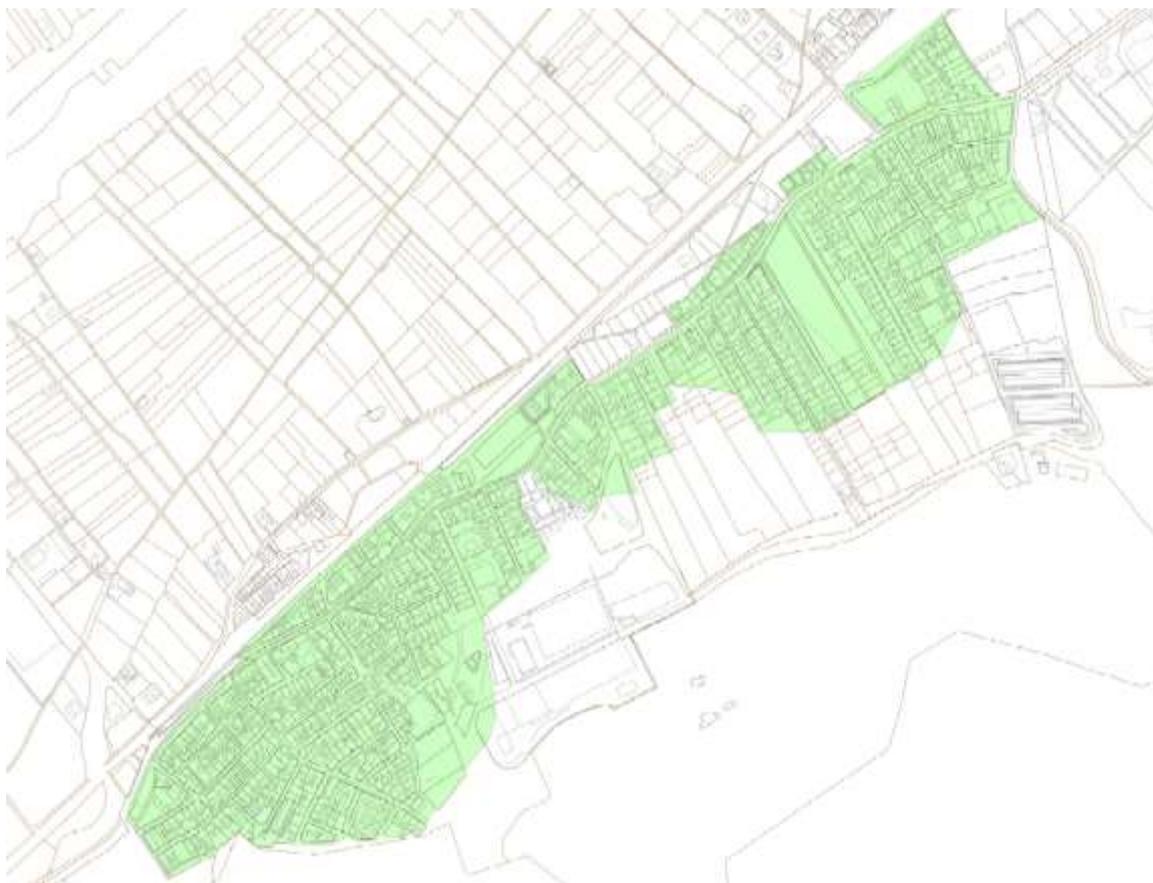


Ilustración 14 Huella de la localidad de Los Ramos (Murcia)



Ilustración 15 Huella de Red de Distribución J30005812

5.2.2. ESTUDIO DE VIABILIDAD

En esta fase se lleva a cabo replanteos en campo, de manera que se obtiene la viabilidad del tendido de fibra y el área de influencia. Con esta información, se determina el número de UUII finales que incluye el despliegue, además de la ubicación de estas y la tipología que tienen. La obtención de estos datos permite la realización de diseños viables, siendo imprescindible en la elaboración de proyectos de despliegue de red de telecomunicaciones

Tras el replanteo en campo, se verifica que nuestra zona cubierta con la red de distribución será accesible mediante una salida de una cámara de registro de telefónica. En dicha cámara estará alojado el Empalme Frontera, que en el plano de tendido de fibra óptica se denota como elemento 321-E0022. En este elemento estará instalado el divisor de primer nivel perteneciente a la Red de Alimentación, y que es necesario para la alimentación de los divisores de segundo nivel para la Red de Distribución.

Además, dado que todo el tendido de fibra óptica que discurre por canalizado es posible llevarlo a cabo usando infraestructura de Telefónica, no es necesario la realización de obra civil.

El resto de los tramos de tendido de fibra son tendidos de interior y fachada.

Así, tras la realización del replanteo se obtiene un total de 86 UUII a las que se dará cobertura, siendo atendidas por tendido de interior y con la realización de acometidas

directas de la CTO a la UUII correspondiente, ya que ninguno de los edificios de la zona de despliegue de Red de Distribución supera las 4 plantas. Además, se comprueba que se dispone de suficiente canalización para la instalación del cableado y atender el 100% de las altas finales a cliente.

Finalmente, se presenta el área de influencia obtenido.

Tabla 3 Área de influencia

Calle	Número	CP	Letra	Planta	Ubicación CTO
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00008	30589		Bajo	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00012	30589		Bajo	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00014	30589		Bajo	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00014	30589		Bajo	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00014	30589		1	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00014	30589		1	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00014	30589		2	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00014	30589		2	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00014	30589		3	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00014	30589		3	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00016	30589		Bajo	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00016	30589		Bajo	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00016	30589		1	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00016	30589		1	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00016	30589		2	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00016	30589		2	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00016	30589		3	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00016	30589		3	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00018	30589	A	Bajo	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00018	30589	A	Bajo	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00018	30589	A	1	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00018	30589	A	1	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00018	30589	A	2	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00018	30589	A	2	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00018	30589	A	3	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00018	30589	A	3	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00018	30589	B	Bajo	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00018	30589	B	Bajo	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00018	30589	B	1	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00018	30589	B	1	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00018	30589	B	2	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00018	30589	B	2	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00018	30589	B	3	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00018	30589	B	3	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00020	30589	A	Bajo	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00020	30589	A	Bajo	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00020	30589	A	1	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00020	30589	A	1	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00020	30589	A	2	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00020	30589	A	2	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00020	30589	A	3	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00020	30589	A	3	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00020	30589	B	Bajo	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00020	30589	B	Bajo	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00020	30589	B	1	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00020	30589	B	1	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00020	30589	B	2	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00020	30589	B	2	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00020	30589	B	3	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00020	30589	B	3	RITI
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00022	30589		Bajo	Fachada
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00024	30589		Bajo	Fachada
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00025	30589		Bajo	Fachada

Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00026	30589		Bajo	Fachada
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00028	30589		Bajo	Fachada
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00030	30589		Bajo	Fachada
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00032	30589		Bajo	Fachada
Enrique Tierno Galvan (Los Ramos)	00034	30589		Bajo	Fachada
Francisco Rabal (LOS RAMOS)	00029	30589		Bajo	Fachada
Francisco Rabal (LOS RAMOS)	00031	30589		Bajo	Fachada
Francisco Rabal (LOS RAMOS)	00033	30589		Bajo	Fachada
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		Bajo	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		Bajo	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		1	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		1	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		1	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		1	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		1	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		1	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		2	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		2	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		2	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		2	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		2	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		2	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		2	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		3	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		3	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		3	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		3	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		3	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		3	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		3	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		3	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		4	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		4	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		4	RITI
Murcia (Los Ramos)	00158	30589		4	RITI

5.2.3. SOLICITUD DE USO COMPARTIDO (SUC)

A continuación, se presenta la Solicitud de Uso Compartido (SUC) necesaria para el uso de infraestructura de Telefónica.

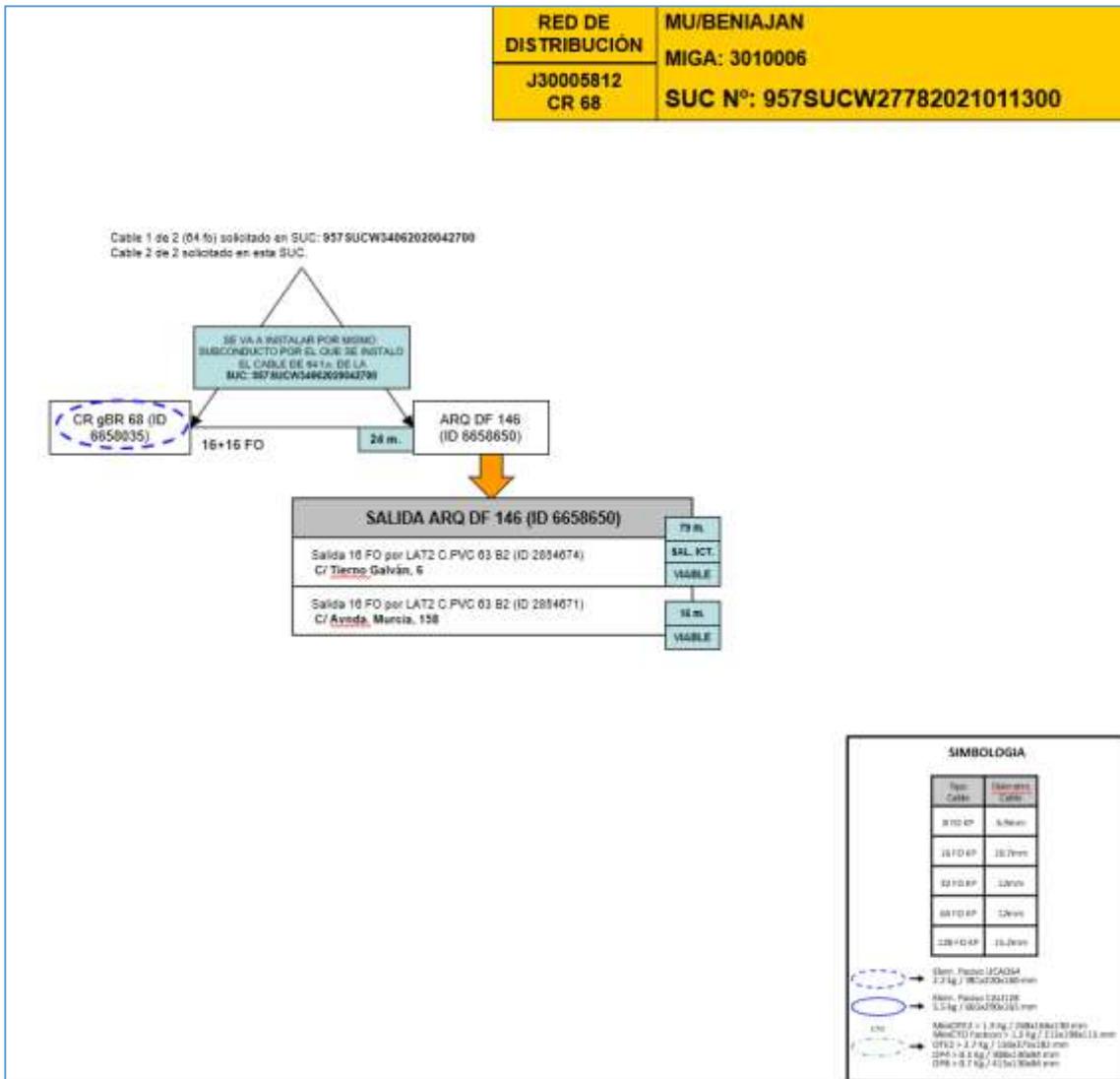


Gráfico 5 SUC

En esta solicitud de uso compartido, se referencia la solicitud de la cámara de registro, en la que se instalará la caja de empalme frontera entre Red de Alimentación y Red de Distribución. Además, se solicita el paso de tendido canalizado por arqueta, siendo el número de solicitudes de este tipo de dos, ya que serán dos cables los que discurran por esta arqueta.

Los datos que hay que introducir en NEON, programa utilizado para la realización de Solicitud de Uso Compartido son los que aparecen a continuación:

Tabla 4 Datos SUC

Número Registro	Tipología registro	Identificación de registro o Poste	Uso	Cables Capacidad/Diámetro
1	CR GEN	CR gBR 68	P	16 FO. /10.7 mm + 16 FO. /10.7 mm
2	ARQ DF	ARQ DF	S	16 FO. /10.7 mm
3	ARQ DF	ARQ DF	S	16 FO. /10.7 mm

En el [Anexo 2](#) de este proyecto se presenta información ampliada referente al Acuerdo MARCO. Además, en el [Anexo 3](#) se puede ampliar información referente a la SUC de este proyecto.

5.2.4. DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

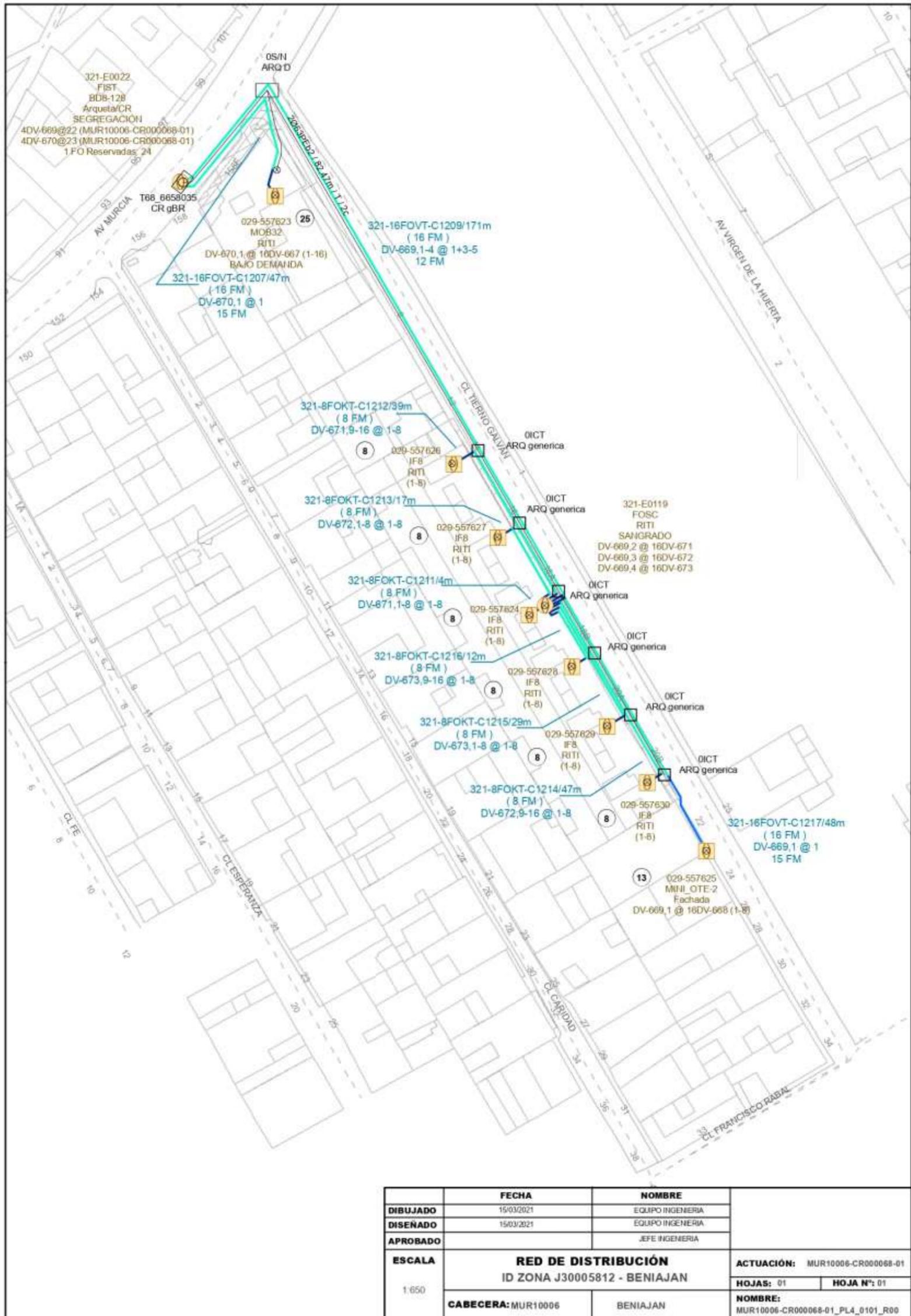
En este apartado se presenta el diseño de la Red de Distribución del proyecto, acorde con los requerimientos especificados para el despliegue de la red. Además, este diseño se apoya en la actividad de replanteo llevada a cabo previamente en campo.

Una vez obtenidos los permisos necesarios, y con la obtención viable de la Solicitud de Uso Compartido, se obtienen los siguientes documentos.

1. Plano de tendido de fibra óptica, al que se le conoce como plano 4 o PL4.
2. Área de influencia de cada caja terminal óptica (CTO).

5.2.4.1. PLANO DE TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA

A continuación, se presenta el plano de tendido de fibra óptica.



5.3. ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS TRÁMITES NECESARIOS PARA LA SOLICITUD DE LICENCIAS EN LOS ORGANISMOS COMPETENTES.

El primer documento por presentar a las autoridades competentes, en este caso el ayuntamiento del que depende nuestra zona de estudio es el Plan General de Despliegue de Los Ramos. Esta sería una fase previa a la realización de la red de distribución objeto de este proyecto. Por tanto, se da por sentado que ya se dispondría a la hora de la ejecución de las instalaciones de la red de distribución, de la correspondiente Licencia del Ayuntamiento para la construcción de nuestra red, habiéndose realizado los pagos correspondientes, que por norma general se estima entorno al 1% del presupuesto de ejecución material general.

Por otro lado, otro requisito es contar con los permisos de propietarios particulares por cuyos domicilios discurre el tendido de fibra. Para el caso de estudio, se cuenta con la totalidad de los permisos necesarios para el despliegue de la red.

Además, es importante comentar que la obra civil se pretende evitar siempre que sea posible, usando en su defecto red de telefónica ya existente, mediante la correspondiente Solicitud de Uso Compartido de Infraestructura de Telefónica (SUC). De esta manera se consigue el beneficio económico al evitar retrasos por solicitudes de permisos de obra, y el correspondiente sobrecoste que tendría realizar una nueva obra civil.

5.4. ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO

5.4.1 EQUIPOS UTILIZADOS

En primer lugar, se describen los equipos que conforman infraestructura de la red y las soluciones adoptadas para cada uno de ellos eligiendo fabricante homologado.

Cabecera

En la cabecera del operador se instalarán los dos equipos siguientes:

- **OLT:** este equipo es el punto activo de la red, y desde el que inician su recorrido las fibras ópticas hacia los destinos cliente finales. Las conexiones se realizan mediante el Rack G-PON del que dispone el equipo OLT. Para la realización de nuestra red se elige el equipo de Huawei, Huawei SmartAX MA5680T OLT. Para más información, se adjunta la hoja de características de este equipo en el [Anexo 4](#) de este proyecto.
- **Organizador de fibras:** también conocido como armario repartidor ODF. En este equipo se almacenan las fibras provenientes de la red de alimentación, y por conexión con latiguillos, se unen a los puertos G-PON de la OLT. Se elige el fabricante Electroson Telecomunicación, en concreto el equipo Repartidor óptico modular (ROM 600) 288 FO. Se adjunta la hoja de características del equipo en el [Anexo 4](#).

Cableado

Los cables que se usan en el despliegue de red de fibra óptica deben cumplir con la especificación **ITU-T G.652.D**, y con la norma **UNE-EN IEC 60793-2-50:2019** en la que se presentan especificaciones que deben cumplir estos cables. Dicha normativa específica los requerimientos técnicos de las fibras ópticas para que se dé una transmisión de señal a baja atenuación lo óptima posible, en las longitudes de onda de interés, 1310 nm y 1490 nm.

Se diferencian dos tipos de configuraciones en los cables de fibra óptica:

- Estructura holgada: de mayor tamaño, en la que las fibras se agrupan y se protegen mediante tubos semirrígidos. Es un cable multi-fibra ignífugo con fibra óptica monomodo tipo G.652D para “Despliegue en las redes de Alimentación y Distribución”, allí donde existan recorridos por interior. La cubierta usada puede ser KT (kevlar Termoplástico) o TKT(Termoplástico-Kevlar-Termoplástico).
- Estructura compacta: de menor tamaño, en la que las fibras se agrupan en microtubos, proporcionando mayor flexibilidad al cable, así como mayor operabilidad en instalación. La cubierta protectora en este caso es VT (Fibra de vidrio-Termoplástico).

Así, se usará para la Red de Distribución cable tanto de estructura holgada y compacta, dependiendo de la aplicación concreta, según disponibilidad de espacio principalmente.

Para la construcción de la red de telecomunicaciones del proyecto, se han optado por los fabricantes Silex Fiber para el cable de estructura holgada y CablesCom para el de estructura compacta.

En el [Anexo 4](#) de este proyecto se encuentran las hojas de características de los cables de distintas capacidades a usar en nuestro despliegue.

Cajas de empalme

En cuanto a cajas de empalme, para la realización de nuestra red en concreto serán necesarios dos elementos de este tipo. Por un lado, para el enlace entre la Red de Alimentación con nuestra Red de Distribución se instalará una caja de empalme con tipología torpedo FIST, de la marca Cofitel. Como ya se ha mencionado previamente, en este elemento quedará instalado el divisor de primer nivel o splitter 1:4.

Por otro lado, en concreto en nuestra red de distribución se instalará una caja de empalme tipo FOOSC en RITI, también del fabricante Cofitel.

Se presenta en el [Anexo 4](#) del proyecto las hojas de especificaciones de estos elementos.

CTOs (cajas terminales ópticas)

Las CTOs empleadas serán del fabricante Cofitel. En estas cajas terminales ópticas se instalará la segunda etapa de división óptica 1:16.

En cuanto a cajas terminales ópticas de exterior, en nuestra red se instalarán una caja de este tipo, con 8 conectores reforzados y señalización de puerto 1, del fabricante Electroson Telecomunicación. En concreto se usará el modelo CTO-EXT-REFOR8-S1.

En cuanto a cajas terminales de interior, en nuestra red se instalarán varias cajas de este tipo. El fabricante elegido es Cofitel. Se elige una caja tipo armario terminal de empalme y reparto para 32 fibras, y 6 cajas murales de empalme y reparto para 8 fibras, cuya referencia es FDB0208.

Las hojas de características de estos elementos se encuentran en el [Anexo 4](#).

Splitters o divisores ópticos

Los Splitters usados son de la empresa Silex Fiber. Estos elementos se instalan en la caja de empalme de tipo torpedo que aloja el splitter de primer nivel y en las CTOs donde se aloja el divisor de segundo nivel.

Se presenta la hoja de características de estos elementos en el [Anexo 4](#).

Cables conectores

Estos elementos son necesarios para realizar la conexión entre la OLT y ODF, además de para la conexión en cajas terminales ópticas en el proceso de altas a usuario final. Se ha optado por el uso de latiguillos monofibra del fabricante Silex Fiber.

En el [Anexo 4](#) se encuentra la hoja de características de estos elementos.

Accesorios

Será necesario además el uso de elementos auxiliares como grapas, tubo corrugado para proteger los cables de fibra en los conductos canalizados y herramientas de inflado TDUX, utilizados para obturar conductos. El proveedor elegido para el tubo corrugado es Conext y Commscope para los TDUX.

Se presenta la hoja de características de estos accesorios en el [Anexo 4](#).

5.4.2. PRESUPUESTO

A continuación, se presenta el presupuesto del proyecto.

Tabla 6 Presupuesto

MATERIALES			PRECIO UNITARIO	UDS. DISEÑO	PPTO DISEÑO
REFERENCIA	UD	DESCRIPCIÓN	€	Uds.	€
				1.147,00	4.151,20
101014J	m	Cable Interior KT-8	0,75	200	150
101074J	m	Cable Interior compacto G657A2 KT/VT-16	1,50	310	465
102011J	ud	Kit de sellado para puerto circular FIST	6,00	2	12
102013J	ud	Bandeja Splitter 1:4 para caja FIST	3,50	2	7
102003J	ud	Caja de Empalme FIST para 128 fusiones	150,00	1	150
102018JT	ud	Caja de Empalme	80,00	1	80
102040J	ud	Caja de derivación óptica	30,00	6	180
102047J	ud	Splitter 1:16 fuera de bandeja (genérico).	5,00	3	15
102048J	ud	Repartidor óptico modular (ROM 600) 288 FO	350,00	1	350
102049J	ud	OLT (Terminal de Línea óptica)	2.500,00	1	2500
102085J	ud	CTO mini Interior módulo de operador, Dotación: divisor 1:16 con 16 adaptadores SC/APC	65,00	1	65
102091J	ud	Caja Terminal miniOTE2-8 con 1 splitter 1:16 y 8 puertos de salida conectorizados	32,50	1	32,5
300075	ud	TDUX 63	1,00	13	13
300076	ud	TDUX 32	0,80	10	8
544817	ud	TDUX 110	1,50	2	3
5002500	ud	Tubo corrugado 25 mm	0,30	209	62,7
540501	ud	Grapa	0,10	335	33,5
J5	ud	Etiquetas	0,50	49	24,5
TAREAS DE INSTALACIÓN			PRECIO UNITARIO	UDS. DISEÑO	PPTO DISEÑO
REFERENCIA	UD	DESCRIPCIÓN	€/Ud	Uds.	€
				719,00	3.008,43
201008J	m	Tendido de 1 cable de f.o. de hasta 32 fibras por subconducto existente en canalización	1,12	420,00	470,40
201018J	m	Tendido de 1 cable de f.o. de hasta 64 fibras en interior de edificio	2,01	70,00	140,70
201027J	ud	Preparación de un extremo de un cable holgado de cualquier capacidad	24,19	12,00	290,28
201028J	ud	Preparación de un extremo de un cable compacto de cualquier capacidad	24,19	4,00	96,76
201030J	ud	Preparación de sangrado en un cable compacto de cualquier capacidad	24,65	6,00	147,90
201035J	ud	Preparar microtubo de un cable compacto ya preparado	1,23	2,00	2,46
201036J	ud	Sangrado de un microtubo de un cable compacto	1,23	1,00	1,23
201037J	ud	Obturación de 1 cable de diferentes capacidades en subconducto de Ø40 mm o Ø32 mm mediante obturador inflable tipo T-DUX o similar, incluyendo suministro del obturador	16,28	14,00	227,92
201039J	ud	Obturación de 1 conducto de Ø63 mm mediante obturador inflable tipo T-DUX o similar, incluyendo suministro del obturador	21,40	6,00	128,40
201043J	ud	Etiquetado de cable de f.o. mediante etiqueta, incluyendo suministro de la etiqueta	0,43	18,00	7,80
201052J	m	Tendido de 1 cable de f.o. en edificio (fachada, azotea, patio interior)	4,20	20,00	84,00
202001J	ud	Instalación en arqueta o cámara de registro de caja de empalme o terminal con divisor	27,35	1,00	27,35
202002J	ud	Instalación de bandeja con splitter 1:4 en la caja de empalme tipo FIST o similar	2,40	2,00	4,80
202004J	ud	Instalación de kit de sellado termorretráctil en la caja de empalme tipo FIST o similar	4,40	2,00	8,80
202005J	ud	Instalación mural de caja de empalme o terminal	5,49	1,00	5,49
202009J	ud	Instalación de kit de sellado no-termorretráctil en la caja de empalme o terminal	3,80	1,00	3,80
202011J	ud	Instalación en interior de módulo de operador o similar	20,78	1,00	20,78
202013J	ud	Instalación en interior de caja de derivación óptica, o similar	8,20	6,00	49,20
202027J	ud	Manipulación de tubo salida poste o fachada	13,50	1,00	13,50
202030J	ud	Instalación en la caja de empalme o terminal de splitter de cualquier capacidad	4,20	3,00	12,60
202032J	ud	Manipulación de caja de empalme existente en Arqueta/Cámara de Registro	25,00	1,00	25,00
202045J	ud	Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en cualquier ubicación (salvo vertical interior) hasta 8 fo	10,52	60,00	631,20
202046J	ud	Realización de un empalme de fusión entre 2 fibras ópticas monomodo en cualquier ubicación (salvo vertical interior) entre 9 fo y hasta 128 fo	9,65	51,00	492,15
203001J	ud	Medida OTDR de 1 f.o. en 2 longitudes de onda	10,62	8,00	84,96
203004J	ud	Medida de pérdida de inserción de 1 f.o. en 2 longitudes de onda	3,87	8,00	30,96
PRESUPUESTO TOTAL					7.159,63€

5.5. PREPARACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN JUSTIFICATIVA A GENERAR DURANTE EL SEGUIMIENTO DE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Durante la ejecución de los trabajos necesarios para la construcción de la red, se llevará un control en todo momento de que las tareas se llevan a cabo con todas las medidas de seguridad pertinentes. Para ello, periódicamente un auditor interno realizará tareas de control.

Por otro lado, una vez se ha construido la red de fibra óptica, es necesario corroborar los trabajos realizados en campo, de manera que se verifique que la instalación de equipos y tendido de cableado es acorde al diseño realizado inicialmente.

Para ello, es necesario llevar a cabo trabajos de control tanto en campo como mediante material fotográfico de los elementos instalados durante la construcción de la red, de manera que se cumpla en la medida de lo posible con la planificación de ejecución de trabajos y diseño de la red.

En el apartado siguiente se presenta esta documentación de control que finalmente es entregada al operador para el cual se construye la red de telecomunicaciones.

5.6. PREPARACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DE EJECUCIÓN DE INSTALACIONES A ENTREGAR AL OPERADOR PARA EL QUE SE REALIZA EL PROYECTO.

Una vez se ha finalizado la instalación de la red de fibra óptica, se procedería a la entrega de documentación al operador para el que se realiza el proyecto. Esta etapa se conoce como entrega As Built.

En dicha etapa se entregan los planos de diseño con las correspondientes modificaciones que hayan podido surgir durante la ejecución de los trabajos de construcción, así como material fotográfico con los elementos instalados en la red. Dicho material para entregar será el referente a cableado, cajas de empalme y cajas terminales ópticas.

Además, es necesario la entrega de las medidas de calidad para certificar la correcta instalación de los equipos.

5.6.1. AS BUILT Y CERTIFICACIÓN FINAL

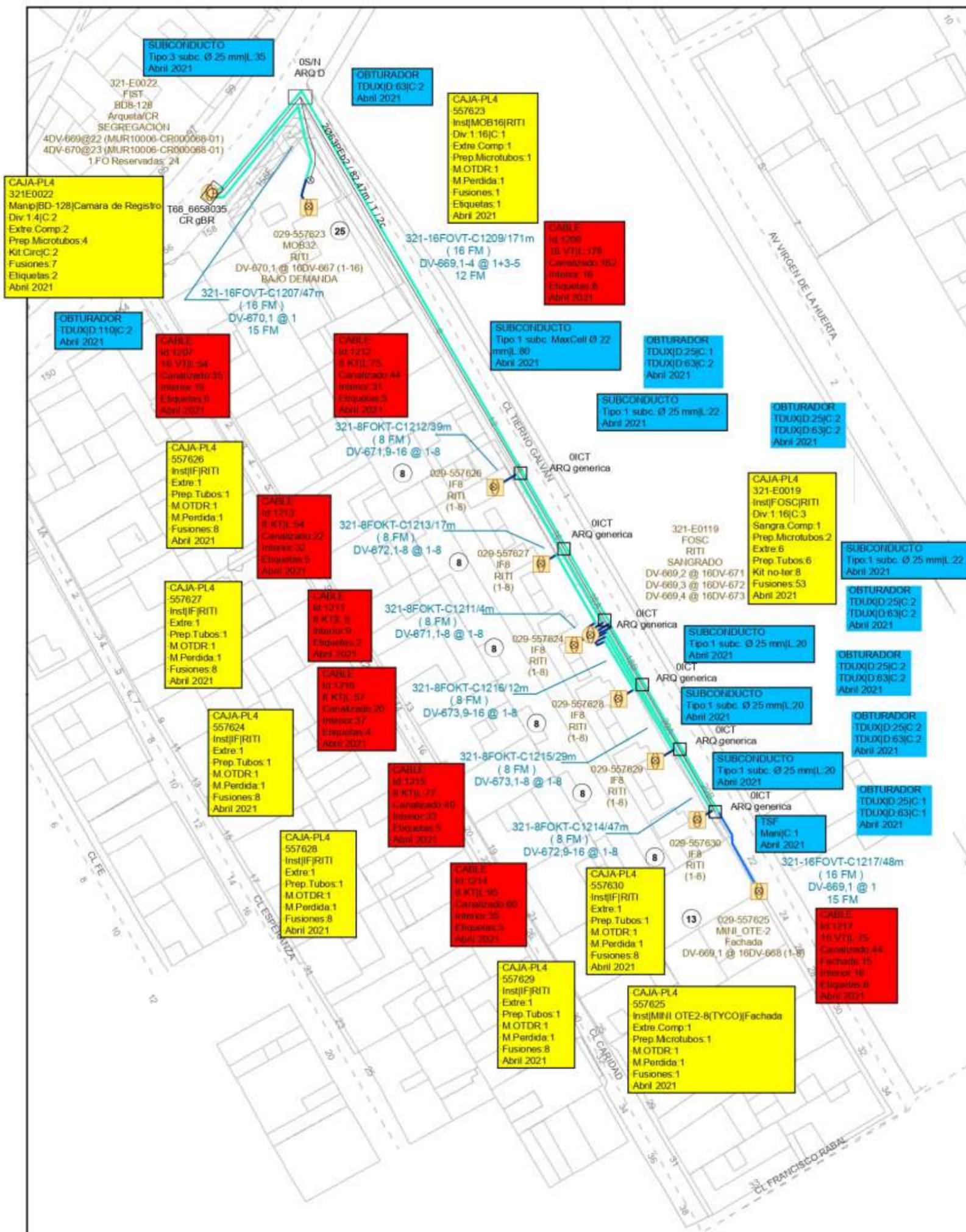
Previo a la finalización del proceso de certificación y control de la nueva infraestructura ejecutada, el constructor de la red aporta la documentación necesaria para la puesta en marcha de la explotación comercial de dicha infraestructura.

Así, se aportará los planos conocidos como “As Built” actualizados con las posibles modificaciones sobre el diseño inicial, de tal manera que quede reflejada la situación final de las instalaciones en la documentación técnica.

Estos planos se aportan de manera digital, quedando señalado mediante etiquetado en el plano los trabajos finales realizados en cada uno de los equipos. Estos trabajos son tenidos en cuenta para la certificación económica.

Se presenta a continuación el plano As Built correspondiente a la ejecución de instalaciones de este proyecto.

Plano As Built



	FECHA	NOMBRE	
DIBUJADO	14/04/2021	EQUIPO INGENIERIA	
DISEÑADO	14/04/2021	EQUIPO INGENIERIA	
APROBADO		JEFE INGENIERIA	
ESCALA	RED DE DISTRIBUCIÓN		ACTUACIÓN: MUR10006-CR000068-01
1:650	ID ZONA J30005812 - BENIAJAN		HOJAS: 01 HOJA N°: 01
	CABECERA: MUR10006	BENIAJAN	NOMBRE: MUR10006-CR000068-01_PL4_0101_R00

5.6.2. CONTROL DE CALIDAD DE INSTALACIONES

Para garantizar la correcta operabilidad de la infraestructura construida, se entregarán medidas de aceptación. Estas medidas son:

Medidas de potencia óptica

Consiste en la medida de la diferencia entre los niveles de entrada y salida del enlace bajo prueba, para lo cual se requiere el uso de una fuente y un medidor de potencia óptica. Se realizarán de extremo a extremo, entre el ODF y la CTO. Las medidas se realizarán en las longitudes de onda 1310 nm y 1490 nm.

En primer lugar, se mide la potencia óptica en la salida de la fuente, mediante el uso de latiguillos. Este valor se denotará como P_0 (dBm).

Seguidamente, con los latiguillos conectados a los equipos de medida se realizan las medidas del tramo de fibra concreto, denotando este valor como P_1 (dBm).

De esta manera, el valor de la atenuación final en el tramo se obtiene mediante el cálculo siguiente:

$$A(dB) = P_0 - P_1$$

Para asegurar la validez de la medida, al final del proceso se vuelve a medir la potencia de la fuente óptica P_0 (dBm), de tal manera que el valor no varíe con respecto a la medida inicial en más de 0,3 dBm.

Se comprobará que el valor de $A(dB) < 32 \text{ dBm}$. En el [Anexo 1](#) referente a cálculos se encuentra más información con respecto a la justificación de los niveles de aceptación de medidas de potencia.

De esta manera, finalizado el despliegue de la red se han tomado las medidas de potencia requeridas, y se ha procedido a la comprobación de valores admisibles. En las tablas 7,8,9 y 10, se observan los valores obtenidos para cada caja terminal óptica y de la fuente, quedando verificada la comprobación de potencia óptica.

Tabla 7 Medida de potencia óptica a la salida de la fuente en longitud de onda 1310

Fuente	
Lectura ref. inicial [dBm]:	-9,66
Lectura ref. final [dBm]:	-9,40
Diferencia [dBm]:	0,26

Tabla 8 Medidas de potencia óptica en cada CTO en longitud de onda 1310

Medida de potencia en longitud de onda 1310								
CTO					ODF			
Nº elemento	Nº identificativo	Puerto	Lectura	A[dB]	ODF	Mod.	puerto	fibra
1	029-30-557623	1	-29,69	20,03	ODFF3010006MUR002	1	23	23
2	029-30-557624	1	-32,08	22,42	ODFF3010006MUR002	1	22	22
3	029-30-557625	1	-30,87	21,21	ODFF3010006MUR002	1	22	22
4	029-30-557626	1	-31,51	21,85	ODFF3010006MUR002	1	22	22
5	029-30-557627	1	-31,19	21,53	ODFF3010006MUR002	1	22	22
6	029-30-557628	1	-31,3	21,64	ODFF3010006MUR002	1	22	22
7	029-30-557629	1	-31,41	21,75	ODFF3010006MUR002	1	22	22
8	029-30-557630	1	-31,93	22,27	ODFF3010006MUR002	1	22	22

Tabla 9 Medida de potencia óptica a la salida de la fuente en longitud de onda 1490

Fuente	
Lectura ref. inicial [dBm]:	-8,90
Lectura ref. final [dBm]:	-8,71
Diferencia [dBm]:	0,19

Tabla 10 Medida de potencia óptica en cada CTO en longitud de onda 1490

Medida de potencia en longitud de onda 1490								
CTO					ODF			
N.º elemento	N.º identificativo	Puerto	Lectura	At [dB]	ODF	Mod.	puerto	fibra
1	029-30-557623	1	-28,87	19,97	ODFF3010006MUR002	1	23	23
2	029-30-557624	1	-31,23	22,33	ODFF3010006MUR002	1	22	22
3	029-30-557625	1	-30,02	21,12	ODFF3010006MUR002	1	22	22
4	029-30-557626	1	-30,71	21,81	ODFF3010006MUR002	1	22	22
5	029-30-557627	1	-30,34	21,44	ODFF3010006MUR002	1	22	22
6	029-30-557628	1	-30,4	21,5	ODFF3010006MUR002	1	22	22
7	029-30-557629	1	-30,56	21,66	ODFF3010006MUR002	1	22	22
8	029-30-557630	1	-31,07	22,17	ODFF3010006MUR002	1	22	22

Medidas de reflectometría OTDR

Se realizarán medidas de reflectometría mediante un equipo OTDR, por sus siglas “Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo”, unidireccionales desde el extremo del cliente, una vez finalizada la Red de Distribución. La toma de datos será la medida de una fibra activa por caja terminal óptica, en el primer puerto activo de la caja.

Las medidas obtenidas permiten realizar un análisis de la continuidad que tiene el tramo de fibra, de manera que permita identificar defectos, obteniendo de manera gráfica atenuaciones y distancias. A partir de estas gráficas a lo largo de la instalación, el personal técnico es capaz de identificar un mal conexionado debido a una posible fusión

defectuosa, a un doblez de la fibra, un posible corte de la fibra o si se trata de un final de línea.

Para fibra monomodo estándar, regido por la ITU-T G.652, estas medidas se realizarán, en las longitudes de onda 1310 nm y 1550 nm. Además, entre el OTDR y la fibra objeto de medición se instalará una bobina de lanzamiento con una longitud mínima de 800 metros. Esta bobina consiste básicamente en una fibra enrollada y depositada en una caja con conector de entrada y salida. Así, será relevante tener en cuenta la distancia de esta bobina para despreciar los valores obtenidos en la gráfica en esta distancia referente a la bobina de apoyo.

Además, es importante la anchura de pulso empleado para la toma de datos, siendo recomendable usar el menor posible para incrementar la resolución en distancia. No obstante, se debe garantizar a su vez una relación señal a ruido adecuado en el extremo opuesto de la fibra objeto de análisis.

Para la entrega de documentación final al operador, se han adjuntado las medidas OTDR de cada una de las cajas terminales ópticas, y en las dos longitudes de onda mencionadas.

Se presenta los gráficos OTDR de las cajas terminal ópticas instaladas en nuestra red de distribución:

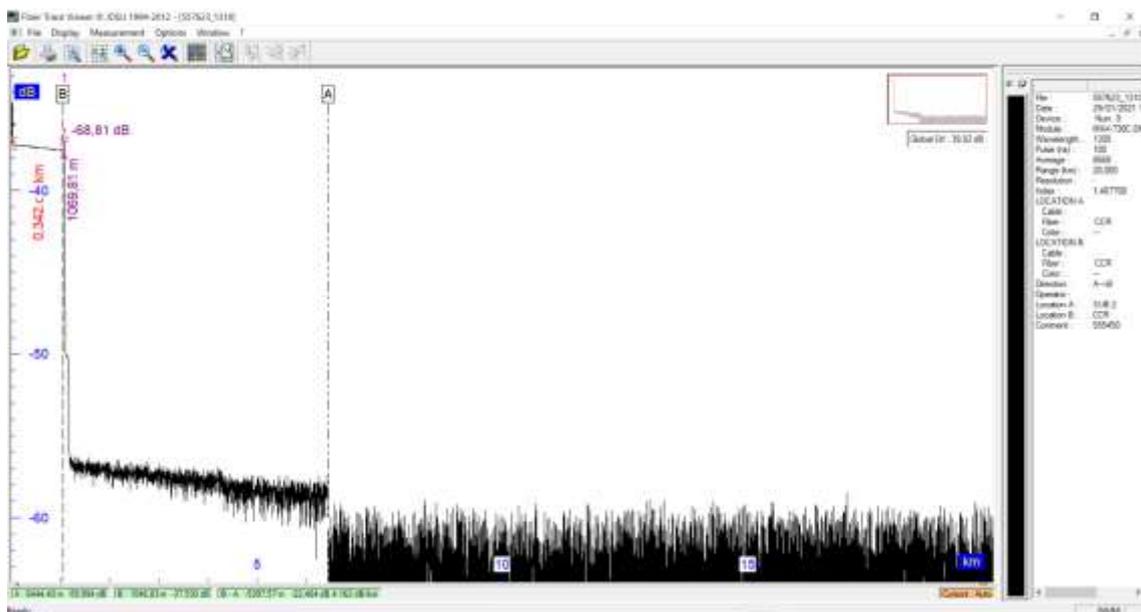


Gráfico 6 Medida de reflectometría de la CTO 557623 en 1310 nm

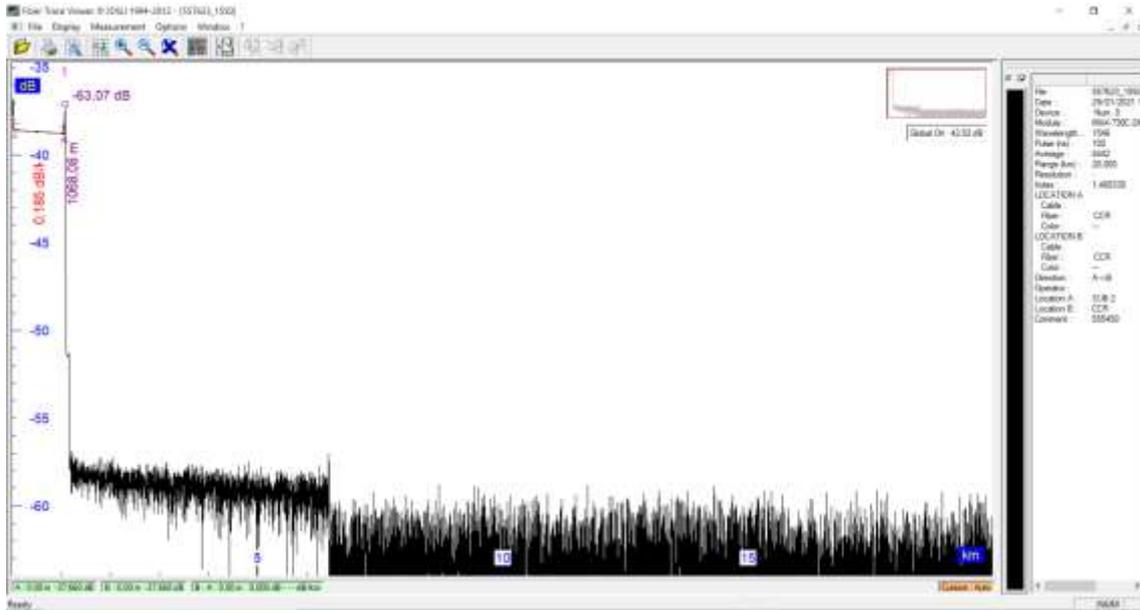


Gráfico 7 Medida de reflectometría de la CTO 557623 en 1550 nm

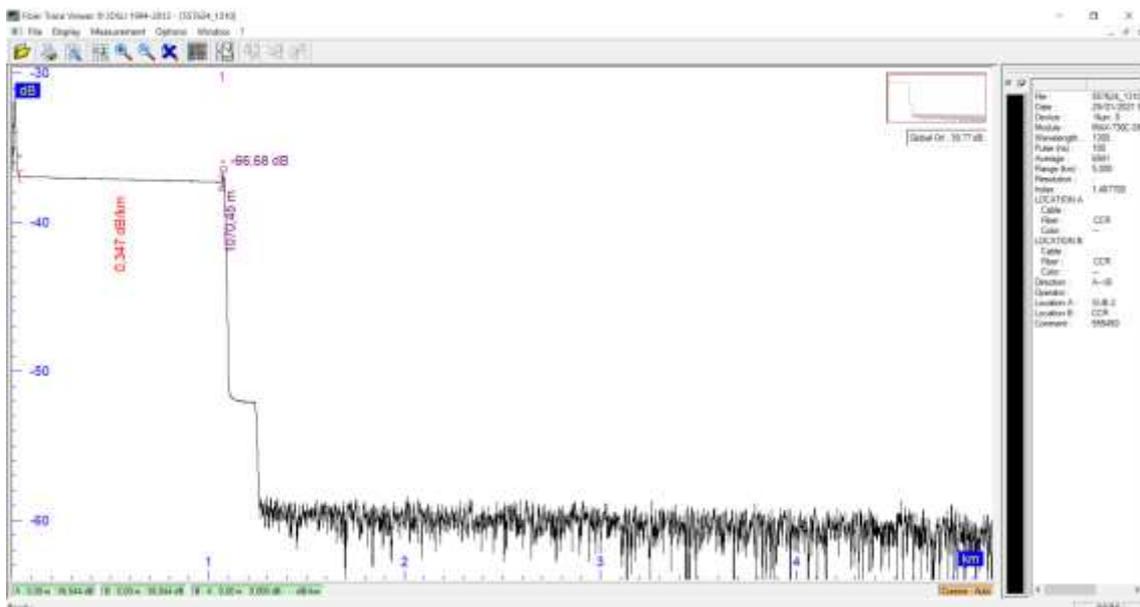


Gráfico 8 Medida de reflectometría de la CTO 557624 en 1310 nm



Gráfico 9 Medida de reflectometría de la CTO 557624 en 1550 nm

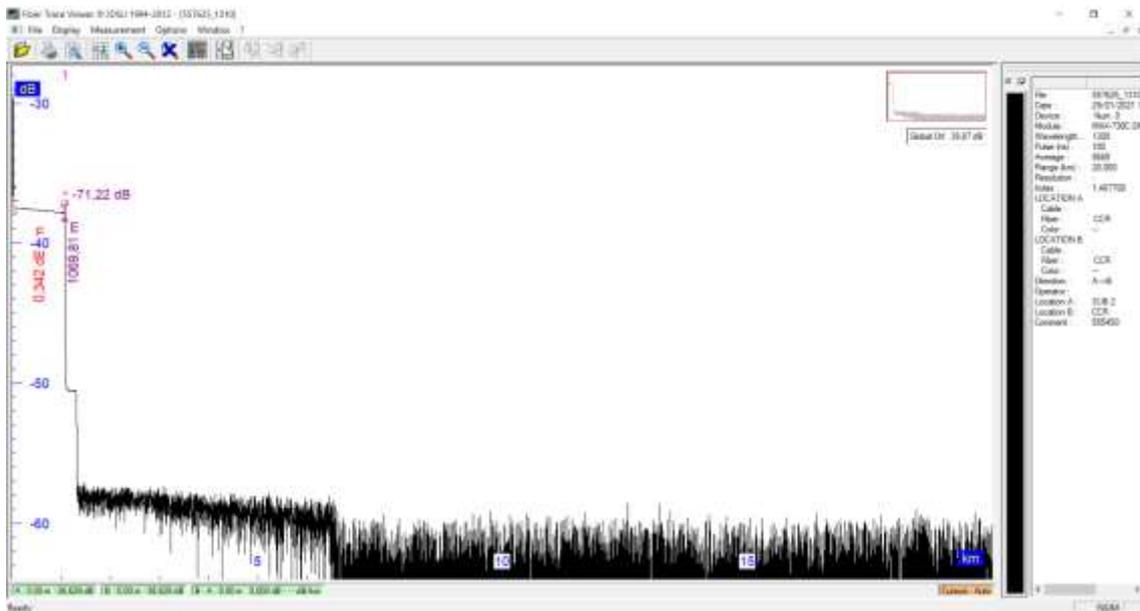


Gráfico 10 Medida de reflectometría de la CTO 557625 en 1310 nm



Gráfico 11 Medida de reflectometría de la CTO 557625 en 1550 nm



Gráfico 12 Medida de reflectometría de la CTO 557626 en 1310 nm

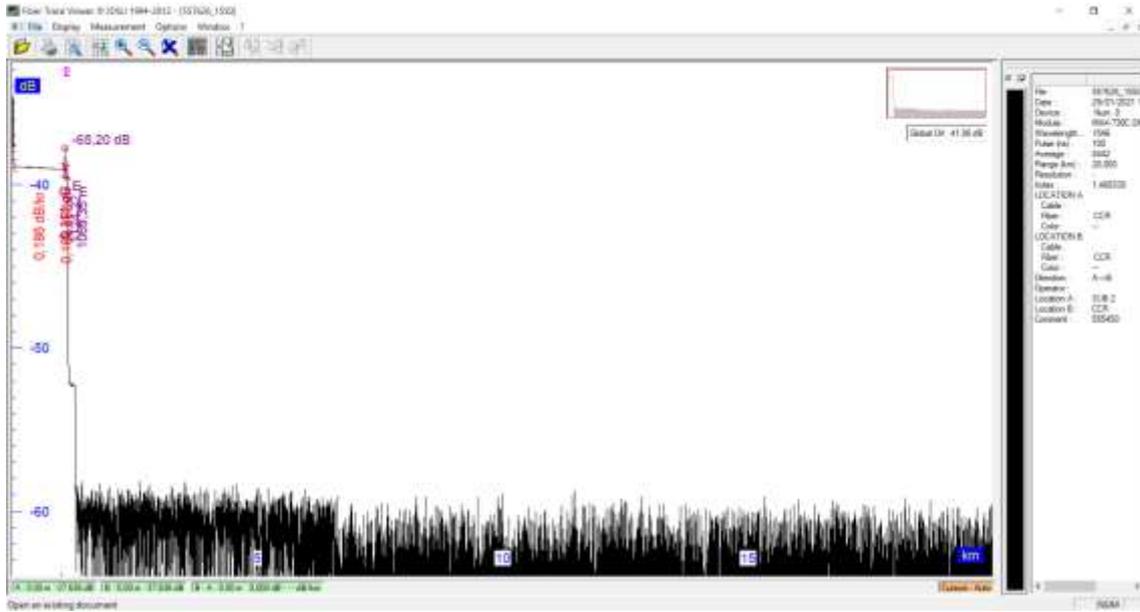


Gráfico 13 Medida de reflectometría de la CTO 557626 en 1550 nm



Gráfico 14 Medida de reflectometría de la CTO 557627 en 1310 nm

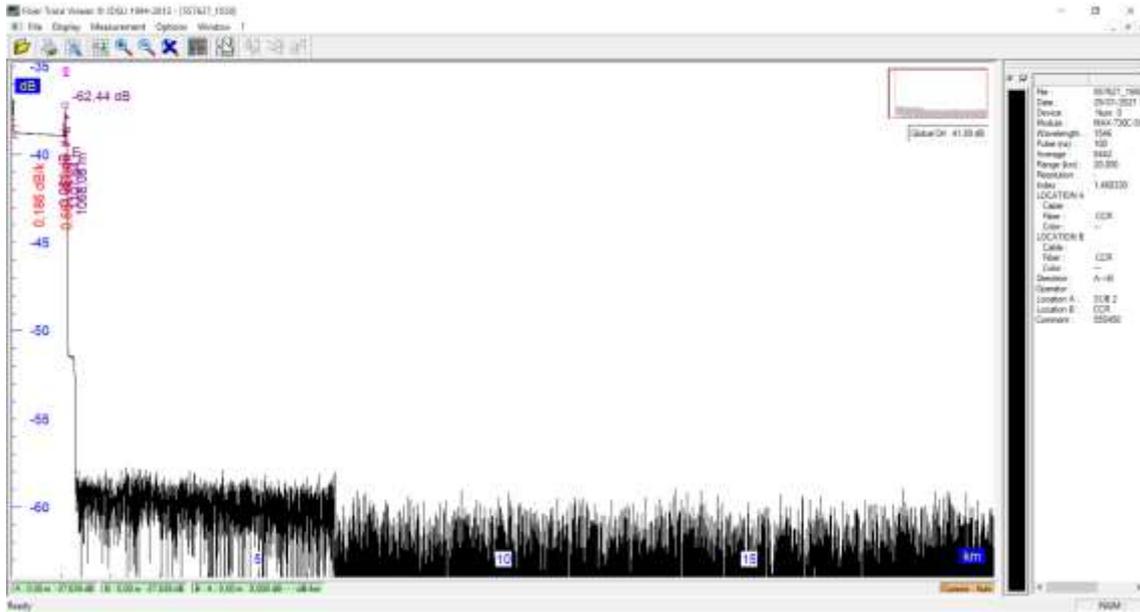


Gráfico 15 Medida de reflectometría de la CTO 557627 en 1550 nm

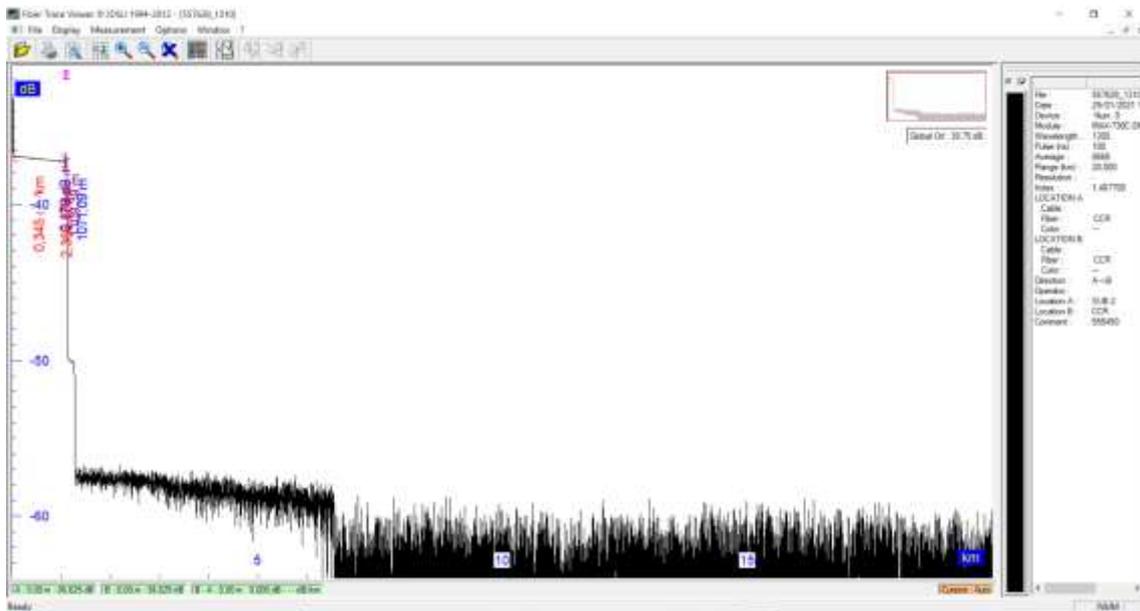


Gráfico 16 Medida de reflectometría de la CTO 557628 en 1310 nm



Gráfico 17 Medida de reflectometría de la CTO 557628 en 1550 nm



Gráfico 18 Medida de reflectometría de la CTO 557629 en 1310 nm



Gráfico 19 Medida de reflectometría de la CTO 557629 en 1550 nm

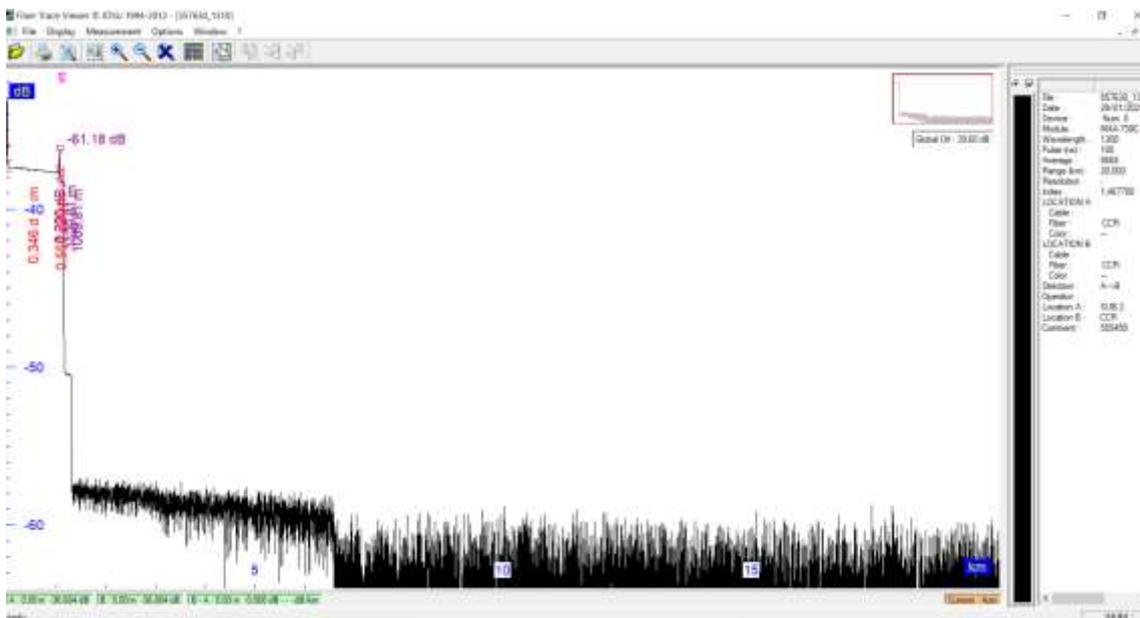


Gráfico 20 Medida de reflectometría de la CTO 557630 en 1310 nm



Gráfico 21 Medida de reflectometría de la CTO 557630 en 1550 nm

6. CONCLUSIONES

La implementación de la red de fibra óptica en la zona de despliegue del proyecto permitirá que los hogares incluidos en el área de influencia cuenten con una red de alta velocidad y de calidad, pues se han corroborado las medidas de control de calidad exigidas para la certificación de la red construida. De esta manera los usuarios finales podrán disfrutar de servicios con una conexión de banda ancha, requerida por los clientes en la actualidad.

Además, con la puesta en marcha de red de esta tipología, se obtienen numerosas ventajas asociadas a una red FTTH, como lo es el ahorro de costes asociados al propio despliegue, al disminuir con la tecnología de fibra óptica espacio y peso, pues la fibra óptica es bastante más compacta que el cobre, mayor calidad del servicio, mayor cobertura y menores costes de mantenimiento futuro.

Para el desarrollo de este proyecto de despliegue de red de fibra óptica, se ha llevado a cabo inicialmente un estudio bibliográfico con las características y especificaciones de la tecnología de fibra óptica. Posteriormente se han especificado los criterios a tener en cuenta a la hora de realizar el despliegue de la red de esta tipología, para finalmente presentar el desarrollo de un proyecto concreto de red de fibra óptica en el que se ha puesto en práctica el estudio teórico llevado a cabo previamente.

Para continuar, es necesario señalar la importancia que tiene la actividad de replanteo en campo para la comprobación de la viabilidad de instalación de elementos de red, pues con ello se asegura evitar retrasos por posibles rediseños futuros, lo que acarrea incrementos en el presupuesto e inconvenientes en los plazos de entrega planificados.

Para finalizar, he de añadir que ha sido grato trabajar con este proyecto, permitiendo la oportunidad de poner en práctica conocimientos adquiridos durante los estudios de máster, en concreto en aquellas relacionadas con la dirección y ejecución de un proyecto

de ingeniería, realizando la planificación de las tareas necesarias para llevarlo a cabo, usando los recursos humanos y técnicos al alcance, así como la gestión técnica y económica del mismo.

ANEXOS

ANEXO 1: CÁLCULOS

En este apartado se describe los cálculos que justifican el diseño de la red de fibra óptica y con los que se comprueban la viabilidad en cuanto a diseño de esta.

Para ello se definen dos conceptos, el balance óptico y el alcance máximo. Por un lado, con el balance óptico se obtendrá la pérdida máxima admisible, esto es, la atenuación máxima posible de extremo a extremo, de OLT situada en central de operador a ONT en dependencias de cliente y viceversa. Por otro lado, con el alcance máximo se obtiene la longitud máxima teórica permitida en la red a construir.

El cálculo del alcance máximo permitido se obtendrá para el peor de los escenarios posibles. En el caso de red de fibra óptica, es aquel escenario que mayores pérdidas tenga. De esta manera, el cálculo se realizará teniendo en cuenta el sentido ascendente de transmisión de datos, es decir, de ONT a OLT, ya que la potencia con la que se transmite en este caso es menor.

Así, se presenta el escenario más desfavorable, que será aquel que tenga un número mayor de elementos fijos en la red, y para el que se realizan los cálculos. Este escenario será el de red de dispersión en interior, con vertical estructurada, en la que se instalan caja terminal óptica de interior y caja de derivación en planta. En la ilustración 16 se presenta dicho escenario. [8]

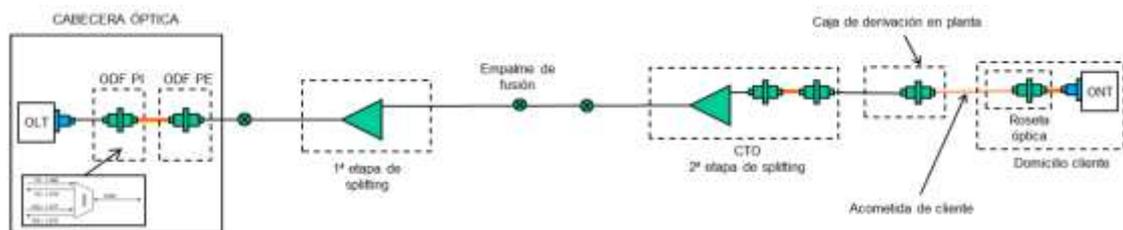


Ilustración 16 Escenario cálculo alcance máximo

Para el cálculo del balance óptico se tendrán en cuenta:

- Potencia transmitida (Launch Power) por la OLT y la ONT (P_t): Este valor de potencia depende del equipo empleado. Se usará el valor usual del láser de tipología C, siendo la potencia de 5 dBm.
- Sensibilidad en la recepción de la OLT y ONT (S): es la mínima potencia de señal que el equipo es capaz de recibir y procesar correctamente. De igual manera, depende de la clase del equipo utilizado. Se usará el valor usual de -27 dBm.
- Pérdidas en la red (A).
- Pérdidas en elementos de red presentados en la ilustración 16, con los valores máximos usuales recogidos en la tabla 11:

Tabla 11 Pérdidas en elementos de red

Elemento de red	Ud	Pérdida máxima
Conector	dB	0,5
Empalmes	dB	0,2
Fibra de 1550 nm	dB/Km	0,24
Fibra de 1490 nm	dB/Km	0,24
Fibra de 1310 nm	dB/Km	0,37
Splitter 1:4	dB	7,5
Splitter 1:16	dB	13,8

Conocidas las pérdidas que se presentan en los elementos de red, el cálculo del alcance máximo (L) se obtiene de la siguiente relación:

$$C = (L \times F) + (ef \times 0.2) + (c \times 0.5) + (D_1 + D_2)$$

En la que:

- “F”: atenuación de la fibra en dB/Km. En el peor escenario, usualmente 0.37 dB/Km.
- “ef”: número de empalmes de fusión. Valor típico de 8.
- “c”: número de conexiones entre conector y adaptador. Valor típico de 4.
- “D₁”: atenuación de la primera etapa de división óptica.
- “D₂”: atenuación de la segunda etapa de división óptica.

Se procede al cálculo del balance óptico. La pérdida máxima admisible resulta:

$$A = P_t - S = 5 \text{ dBm} - (-27 \text{ dBm}) = 32 \text{ dBm}$$

Por otro lado, las pérdidas en la red:

$$A \text{ (dB)} = (L \times 0,37) \left(\frac{\text{dB}}{\text{Km}} \right) + (8 \times 0,2) \text{ (dB)} + (4 \times 0,5) + (7,5 + 13,8) =$$

$$A \text{ (dB)} = (L \times 0,37) \left(\frac{\text{dB}}{\text{Km}} \right) + 24,9 \text{ dB}$$

A continuación, se iguala los dos términos calculados:

$$A \text{ (dB)} = A$$

$$(L \times 0,37) \left(\frac{\text{dB}}{\text{Km}} \right) + 24,9 \text{ dB} = 32$$

De esta relación, se obtiene la longitud L:

$$L \approx 20 \text{ Km}$$

Así, se concluye que se dispone de un alcance máximo teórico de 20 Km, no superando nuestra red en ninguno de los enlaces entre OLT de central y ONT de cliente esta longitud.

ANEXO 2: ACUERDO MARCO

La oferta MARCO recoge las condiciones técnico-económicas que se deben cumplir, para que Telefónica facilite el uso de sus infraestructuras de obra civil al resto de operadores. Estas infraestructuras se refieren a conductos, registros, arquetas y postes, otorgándoles la posibilidad a estos operadores de desplegar sus propias redes de fibra.

En la bibliografía presentada en la memoria de este documento se puede acceder mediante enlace web a la documentación que Telefónica proporciona a través de la Web de La Oferta MARCO. Los documentos incluidos son:

- “Normativa técnica (NOTECO).”
- “Procedimiento de Gestión del Servicio (PROGECO)”.
- “Indicadores y Niveles de calidad”.
- “Precios y Condiciones de Facturación”.
- “Anexo 1. Modelo de Acta de Replanteo”.
- “Anexo 2. Procedimiento de PRL para el servicio MARCO”.
- “Anexo 3. Contrato tipo”.
- “Anexo 4. Acuerdo de Buenas Prácticas”.

Tal y como se enuncia en el documento 1 referente a “Normativa Técnica de compartición de infraestructuras para MARCO”, el objeto de esta normativa es:

“Establecer los criterios técnicos para la utilización y acceso a la infraestructura civil de la planta telefónica (conductos, registros y postes) y a las centrales telefónicas (salas OBA, galerías de cables y cámaras 0), para la instalación de Cables por parte de otros Operadores de Telecomunicaciones (para facilitar el despliegue de las Redes de Acceso de Nueva Generación (fibra óptica o coaxial) de ámbito urbano, así como la definición de limitaciones y la utilización de elementos complementarios.

Esta oferta mayorista de infraestructura civil proporcionará a otros operadores (en adelante, operadores entrantes) la posibilidad de utilizar galerías de cables, cámaras 0, conductos, cámaras de registro, arquetas y postes, sobre los que tiene derecho de uso Telefónica (en adelante, el operador titular)”.

La documentación de referencia empleada es la siguiente:

- “Norma UNE 133100-1: 2002 Infraestructuras para redes de telecomunicaciones. Parte 1: Canalizaciones subterráneas.”
- “Norma UNE 133100-2: 2002 Infraestructuras para redes de telecomunicaciones. Parte 2: Arquetas y cámaras de registro.”
- “Norma UNE 133100-3: 2002 Infraestructuras para redes de telecomunicaciones. Parte 4: Líneas aéreas.”
- “Norma UNE-EN 12843-2005 Productos Prefabricados de Hormigón. Mástiles y Postes.”
- “Normativa interna de Telefónica.”

En el documento 2 de referencia, tal y como se recoge en el apartado 3, se presentan los componentes del servicio:

“

1. Servicio de Información de conductos y otras infraestructuras de obra civil (**SICO**), que permite a los operadores conocer la infraestructura de obra civil y los postes en las zonas de cobertura definidas en el apartado 2. El Operador debe darse de alta en el servicio de conformidad con los requisitos exigibles. El servicio SICO consta de dos partes:

- **Servicio de Información de Infraestructuras**, facilitado a través del sistema ESCAPEX. Para el acceso a ESCAPEX se ha implementado un enlace en NEON que permite al Operador navegar en dichos sistemas según la provincia seleccionada y con visibilidad de las centrales incluidas en el servicio.
- **Servicio de Información de Vacantes (SIV)**, que ofrece al Operador solicitante la información puntual más aproximada posible sobre la existencia de capacidad vacante en el ámbito de infraestructuras de conductos y registros solicitado, con indicación de la disponibilidad de dicha capacidad. El Operador puede solicitar el servicio en las zonas donde tenga visibilidad, pero no puede requerirlo entre postes, o entre postes y registros, puesto que en tales casos será necesario realizar un proyecto de ingeniería de planta exterior para el estudio mecánico de la línea de postes, lo que deberá gestionarse durante el Servicio de Uso Compartido de Infraestructuras (SUC).

Mediante este servicio los operadores pueden acceder a información sobre las redes de alimentación, distribución, salidas laterales y red de dispersión cuando se encuentre canalizada y en dominio público.

2. Servicio de Uso Compartido de Infraestructuras (SUC), que permite a los operadores solicitar el uso compartido de infraestructura de obra civil y postes de acuerdo con la cobertura y ámbito de aplicación definidos en el apartado 2.

”

Tal y como se señala en este documento, Telefónica facilita la gestión de todo el proceso para llevar a cabo una solicitud de uso compartido mediante el programa web conocido como NEON, mientras que, para la consulta de la infraestructura de obra civil, se usa la herramienta web de información geográfica conocida como Escapex.

Además, se especifica la necesidad de presentar junto con la solicitud de SUC, además de la identificación de registros, un plano esquemático donde quede señalado el trazado. Este plano esquemático del presente proyecto es el gráfico 5 (SUC).

Se presenta en la ilustración 17 las fases por la que pasa una Solicitud de Uso Compartido, tal y como se presenta en el documento de referencia MARCO.

Cronograma de solicitud de ocupación en redes de alimentación y distribución, con replanteo conjunto (no se requiere acreditación específica):

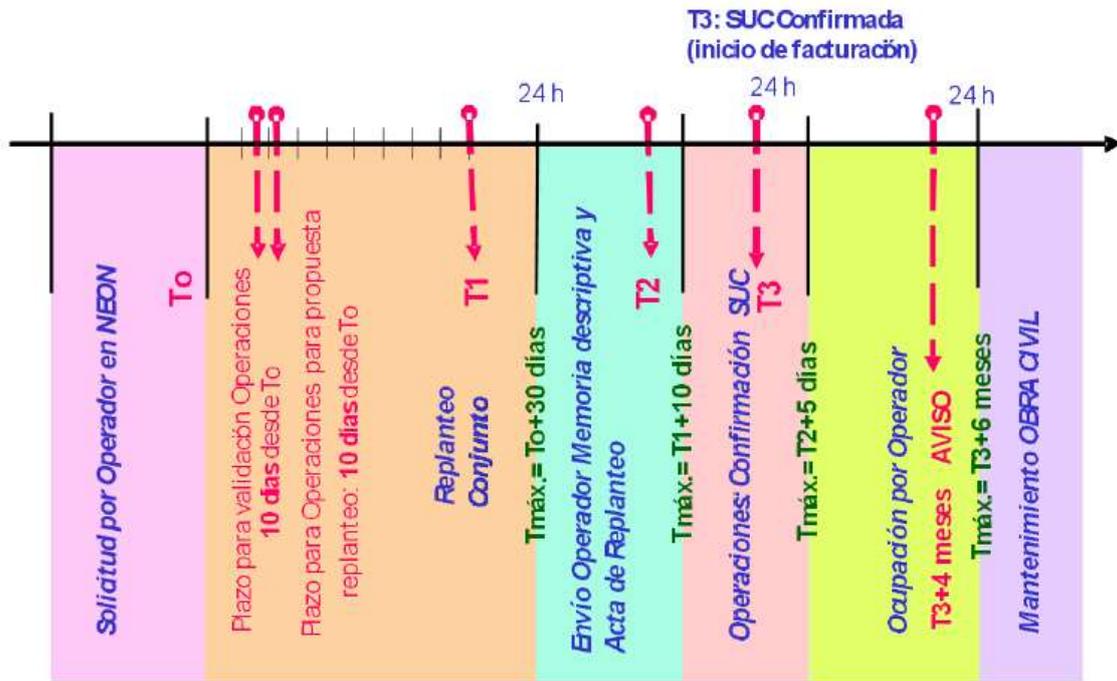


Ilustración 17 Cronograma de Solicitud de Uso Compartido [3]

ANEXO 3: SOFTWARE EMPLEADO

En este apartado se presenta una descripción general de las herramientas informáticas empleadas para la realización del proyecto.

ESCAPEX

Herramienta que Telefónica pone al servicio del operador o cliente, en la que se dispone de información referente a las infraestructuras de obra civil. Se incluyen datos relevantes como características técnicas y físicas de las infraestructuras, además de información referente al espacio del que se dispone en las canalizaciones, arquetas, cámaras de registro, conductos u otras instalaciones de interés.

Esta herramienta se mantiene actualizada con los cambios que se presentan en dicha infraestructura a medida que se van produciendo cambios. El operador que hace uso de la red puede constatar defectos o carencias en los datos disponibles referentes a las infraestructuras, y tienen la posibilidad de pedir subsanación a Telefónica en plazos no superiores a un mes.

A continuación, se presentan capturas con la interfaz de ESCAPEX, así como los registros y canalizaciones empleadas en nuestro proyecto.



Ilustración 18 Interfaz ESCAPEX



Ilustración 19 Registros y canalizaciones utilizadas

NEON

Es otra herramienta que Telefónica ofrece al operador, siendo el complemento a la herramienta Escapex presentada anteriormente y es utilizada para la gestión íntegra de las SUC. Las solicitudes se realizan a través de este portal de Telefónica. Para acceder a Escapex, se ha añadido en NEON un enlace que posibilita la navegación en la interfaz de este y en la provincia de interés. Además, el operador tendrá disponible la posibilidad de solicitud de subsanación de deficiencias o carencias que se presenten en la infraestructura compartida, utilizando para este fin el canal de comunicación conocido como incidencias de Mantenimiento.

En la ilustración 20 se presenta una captura con la interfaz de la herramienta.



Ilustración 20 Interfaz NEON

GIS del operador

Un Sistema de Información Geográfica (GIS), es una herramienta utilizada en el sector de las telecomunicaciones que permite implementar múltiples funcionalidades, principalmente posicionar geográficamente toda la infraestructura de la red y llevar a cabo la elaboración de planos de tendido de fibra óptica en formato CAD.

Se presenta la interfaz del software utilizado para el desarrollo del plano de tendido de fibra óptica del proyecto.

GESTOR DE PROYECTOS

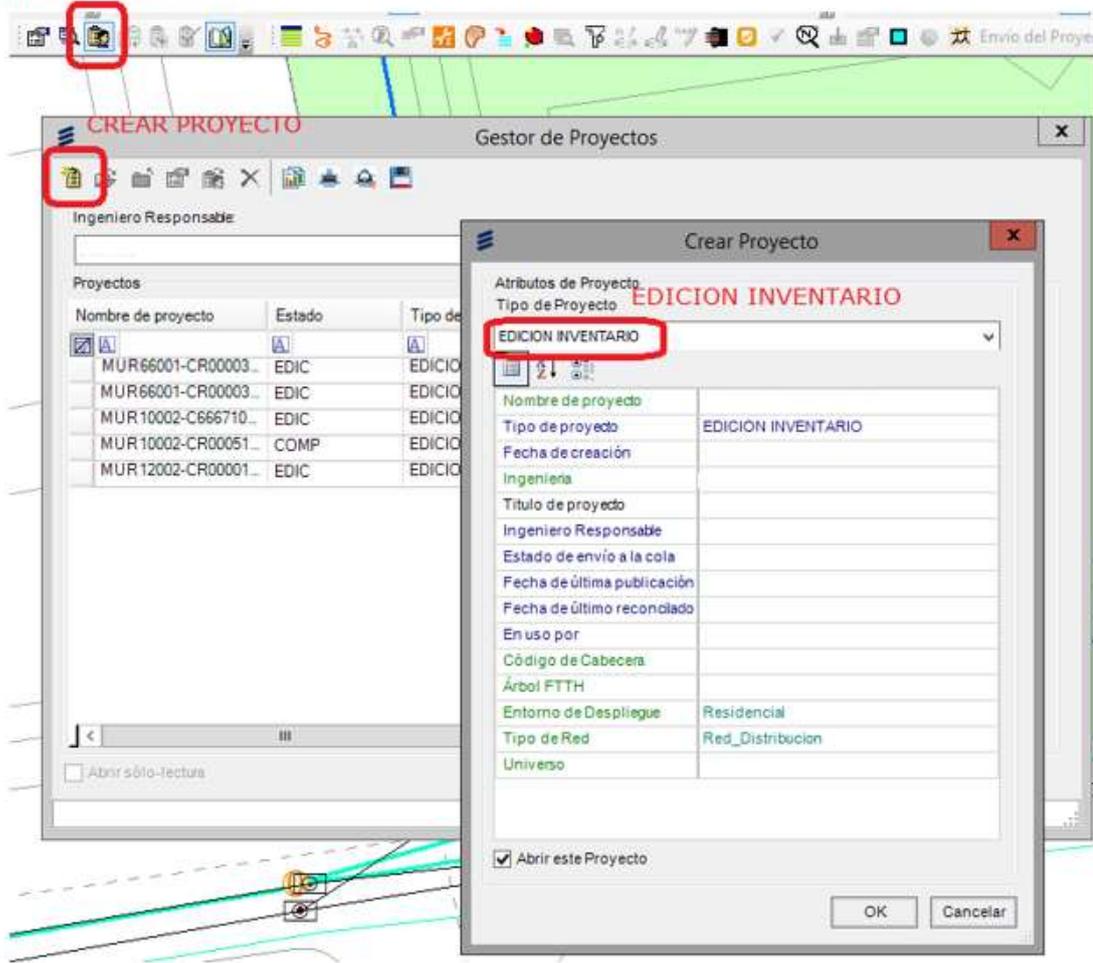


Ilustración 21 Interfaz inicio proyecto GIS

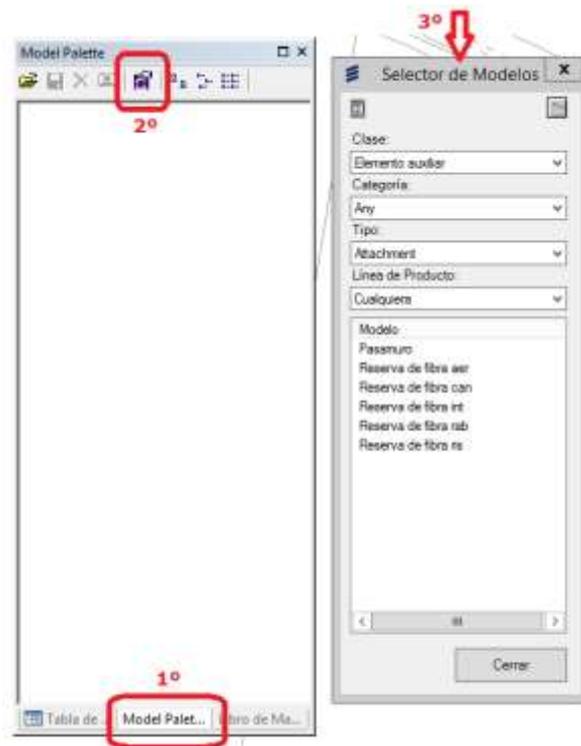


Ilustración 22 Interfaz selección modelo GIS



Ilustración 23 Interfaz elementos de red GIS

ANEXO 4: HOJAS DE ESPECIFICACIONES

OLT (Terminal de Línea óptica). Serie Huawei SmartAX MA5680T.



Especificaciones del producto Huawei SmartAX MA5680T OLT

Dimensiones del producto Huawei SmartAX MA5680T OLT

Elemento	Especificaciones
Dimensiones (ancho x profundidad x altura, con soportes de montaje)	530 x 275,8 x 447,2 milímetros
Dimensiones (ancho x profundidad x altura, sin soportes de montaje)	490 x 275,8 x 447,2 milímetros
Peso máximo	33 kilogramos
Consumo máximo de energía	1810 W

Tablero de control principal compatible y capacidad de conmutación	SCUN / SCUK: Modo 480 Gbit / s Modo activo / en espera) 、 Modo 960 Gbit / s Modo de carga compartida)			MCUD / MCUD1 / MCUE: Modo 128 Gbit / s Modo activo / en espera) 、 Modo 256 Gbit / s Modo de carga compartida)
	TAL / SCUUV: Modo de 960 Gbit / s Modo activo / en espera) 、 Modo de 1920 Gbit / s Modo de carga compartida)			
Velocidad de reenvío de paquetes de la capa 2 del sistema	SCUN / SCUK: Modo de 726 Mpps Modo activo / en espera) 、 Modo de 1452 Mpps Modo de compartir carga)			MCUD / MCUD1 / MCUE: Modo 190 Mpps Modo activo / en espera) 、 Modo 380 Mpps Modo para compartir carga)
	TAL / SCUUV: Modo de 1428 Mpps Modo activo / en espera) 、 Modo de 2856 Mpps Modo de carga o compartir)			
Retraso de reenvío de Exchange	Tiene un retraso de reenvío menor , El puerto Ethernet de 100 Mbps envía paquetes Ethernet de 64 bits con un retraso de no más de 20 μ s .			
La tasa de error a plena carga	Cuando el puerto está transmitiendo a plena carga , la tasa de error de bit (tasa de error de bit) es $<10 e^{-7}$.			
Puertos de acceso máximo 10G GPON compatibles con un solo marco	128	112	48	dieciséis
Puertos de acceso EPON máximos admitidos por un solo marco	256	224	96	32
Puertos de acceso EPON 10G hasta un solo marco	128	112	48	dieciséis
Número máximo de puertos de acceso P2P FE admitidos por un solo chasis	768	672	288	96
Puertos de acceso P2P máximos de GE admitidos por un solo chasis	768	672	288	96
Número máximo de puertos de enlace ascendente admitidos por un solo fotograma (ranura DOWN GE)	4	4	4	N / A
Número máximo de puertos de enlace ascendente admitidos por una sola trama (DOWN SLOT 10GE)	4	4	4	N / A

Repartidor óptico modular (ROM 600) 288 FO



El Repartidor Óptico Modular permite terminar en conectores las fibras ópticas de los cables de alimentación o enlace y realizar la interconexión óptica fibra a fibra entre distintas redes o equipos.

Está compuesto de un armario metálico con puertas abatibles, dispositivos para el anclaje al suelo o a estructura auto-soportada y pasos de cables superior e inferior. Sobre el fondo del cuerpo del armario, en tres zonas bien diferenciadas se acoplan los módulos de conectorización, empalme y almacenamiento de excedente de cordones. Su instalación está indicada en Centrales FTTH, salas para ubicación e interconexión de equipos o grandes edificios de viviendas, corporaciones u oficinas donde se requiera la mejora y optimización en la gestión, mantenimiento y operación de la interconexión óptica de alta capacidad.

■ Características

- ✓ Solución ampliamente probada y técnicamente idónea para facilitar y optimizar la interconexión óptica y gestión independiente y sin interferencias del tendido de hasta 256 cordones monofibra de D. 2,4 mm.
- ✓ Ocupa media huella en fila de equipamiento en Sala de Equipos (600x300). Dimensiones normalizadas al ETS 300 119-2 para bastidores y racks en Salas de Telecomunicación.
- ✓ Puede anclarse en suelo rígido, suelo técnico o estructura auto-soportada (Incluidas piezas y kits de adaptación).
- ✓ Puertas abatibles desmontables divididas en cuatro sectores independientes. Puerta de zona de alojamiento de bandejas empalme con cerradura triangular para evitar accesos no autorizados.
- ✓ Tres tarjeteros para cartas de identificación de fibras en parte interior de puerta superior izquierda y un tarjetero adicional en puerta inferior izquierda para identificación de empalmes.
- ✓ Instrucciones gráficas de trazado correcto de cordones en parte interior de puertas del lado derecho.
- ✓ Dos espacios en el zócalo superior (frontal y lateral derecho) para colocación de etiquetas de identificación del repartidor.
- ✓ Etiqueta frontal normalizada de advertencia de radiación láser.
- ✓ Conexión equipotencial de todas las partes metálicas.
- ✓ Posibilidad de entrada de cables multifibra por la parte superior o inferior.
- ✓ 6 entradas de cables ópticos multifibra hasta diámetro 22 mm.
- ✓ Permite entrada de cable en paso y almacenamiento de tubos holgados hacia otro repartidor adyacente.

■ Contenido del kit

- ✓ Repartidor óptico con 16 bandejas de fusión, 16 módulos de conectorización de 16+2 FO con 256 pig-tails SC/APC sobre cordón monofibra D. 2 mm pre-montados.
- ✓ Lámina de goma para sellado del acceso inferior de cables (instalado en el interior del armario, parte inferior izquierda).
- ✓ Plantilla para fijación al suelo técnico y marcado de orificio para goma de acceso de cables.
- ✓ Instrucciones para tendido de puentes, esquemas de distribución conectores, plantillas de rotulación conectores y etiqueta de advertencia radiación láser.
- ✓ Kit para fijación a la estructura auto-soportada con pletinas de sujeción extensibles y Kit para fijación al suelo técnico Patas niveladoras.
- ✓ Tubo helicoidal para protección de tubos holgados.
- ✓ Llave metálica triangular.
- ✓ Manual de Instalación.

Cableado

CABLE ÓPTICO INTERIOR/EXTERIOR – Cubierta VT CABLES DE FIBRA ÓPTICA MICROMÓDULOS



DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN

Cables de fibra óptica ultracompactos de uso interior/externo, con cubierta LSZH de color negro e hilaturas de fibra de vidrio como elemento resistente a tracción. Fibra G.67A2 optimizada frente a curvaturas para utilización en el interior de edificios.

CONSTRUCCIÓN

1. Micromódulos: Tubo de fácil extracción con 4 ó 8 fibras.
2. Hilaturas de fibra de vidrio como refuerzo a tracción.
3. Cubierta exterior de termoplástico LSZH color negro.
Marcas de cubierta:
CABLESCOM / año / Número FO / Tipo de fibra / Tipo de cubierta / Metraje



INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Nº Fibras	Configuración Micromódulos x Nº FO	Diámetro nominal (mm)	Peso nominal (kg/km)
16	4 x 4	10.2	105
32	8 x 4	10.5	110
64	8 x 8	11.0	120
128	16 x 8	13.3	150

Características Mecánicas	Normas	Condiciones de ensayo
Tensión ($\Delta\alpha < 0.33 \%$)	UNE-EN 60794-1-2, Met.E1	2700 N
Resistencia al Aplastamiento ($\Delta\alpha < 0.05 \text{ dB}$)	UNE-EN 60794-1-2, Met.E3	1500 N
Resistencia al Impacto ($\Delta\alpha < 0.05 \text{ dB}$)	UNE-EN 60794-1-2, Met.E4	5 J, r = 300 mm
Curvatura ($\Delta\alpha \leq 0.1 \text{ dB}$)	UNE-EN 60794-1-2, Met.E11	R = 10 x ϕ cable
Ciclo de temperatura (operación, $\Delta\alpha \leq 0.1 \text{ dB/km}$)	UNE-EN 60794-1-2, Met.F1	-5°C / +60°C
Propagación de la llama	UNE-EN 60332-1	
Corrosividad de los gases	UNE-EN 60754-2	
Emisión de humos	UNE-EN 61034-2	

Código de colores de las fibras: Verde – Rojo – Azul – Amarillo – Gris – Violeta – Marrón – Naranja.

Código de colores de los tubos: Verde – Rojo – Azul – Blanco – Gris – Violeta – Amarillo – Naranja (+1 anillo para caso de 16 micromódulos)

Otros colores bajo pedido

Características fibra óptica: Según ITU-T G.657A2 (ver anexo – características fibra óptica)

Códigos de colores:

Tubos:

Nºtubos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
4		rojo	azul	verde												
6			rojo	rojo	azul	azul										
8			rojo	rojo	azul	azul	verde	verde								
12			rojo	rojo	rojo	rojo	azul	azul	azul	verde	verde	verde				
16		rojo	azul	verde				rojo	rojo	rojo	azul	azul	azul	verde	verde	verde

Fibras (cables de hasta 256 FO):

1	2	3	4	5	6	7	8
verde	rojo	azul	amarillo	gris	violeta	marron	naranja

9	10	11	12	13	14	15	16
blanco	negro	rosa	turquesa	blanco anillos negros	amarillo anillos negros	naranja anillos negros	rosa anillos negros

Fibras (para cables de 512 FO):

Cable Fibra Optica Dielectrico ICT KT F48

silexfiber.com/producto/cable-fibra-optica-dielectrico-ict-kt-f48/



Cable Fibra Optica Dielectrico ICT KT F48 Cod.SXW.0826012010

El **Cable Fibra Optica Dielectrico ICT KT F48 multitubo** de estructura holgada, recubrimiento en 250µm, **elementos de tracción y protección con hilaturas de Kevlar y con cubierta LSZH** con alto grado de protección frente al fuego, aunque también se puede fabricar con otras cubiertas como PUR XTREM o PVC para obtener una mayor flexibilidad para otros trabajos o instalaciones.

Descripción

El **Cable Fibra Optica Dielectrico ICT KT F48 multitubo** de estructura holgada, recubrimiento en 250µm, **elementos de tracción y protección con hilaturas de Kevlar y con cubierta LSZH** con alto grado de protección frente al fuego, aunque también se puede fabricar con otras cubiertas como PUR XTREM o PVC para obtener una mayor flexibilidad para otros trabajos o instalaciones.

El **Cable Fibra Optica Dielectrico ICT KT F48 multitubo** utilizado habitualmente en interiores verticales de edificios para redes FTTx u otras instalaciones así como cualquier montaje en interior o exterior, un cable de buena resistencia mecánica y versabilidad de uso con facilidad de apertura de sangrado.



Cable Fibra Optica Dielectrico ICT KT F48



Ventajas y beneficios

El **Cable Fibra Optica Dielectrico ICT KT F48 multitubo** se puede fabricar con tipo de fibra G657A2 para poder realizar grandes curvaturas como por ejemplo en CPD'S o instalaciones FTTH Y esquinas de paredes en edificios o situaciones difíciles, con lo cual la instalación será mucho mas cómoda.

1. **Fácil** de instalar, ahorro en costes de montaje
2. **Inmune** a interferencias eléctricas
3. **Versátil** adecuado para conexiones en cajas de interconexión y equipos o montaje en superficie y a través de ductos.
4. **Polivalente**, diseñado tanto para instalaciones en interior o exterior
5. **Sangrado**, de fácil apertura

Construcción y Estructura

1. Elemento central GRP
2. Fibra Óptica holgada
3. Tubo PBT Holgado con Gel hidrofugo antihumedad
4. Elementos de tracción y protección Kevlar
5. Hilo de Rasgado
6. Cubierta Exterior LSZH

Aplicaciones

- Interior y Exterior de uso general de distribución (Edificios, Verticales, CPD'S, Interconexión)
- Exterior: FTTx, Torres Telecom, Acometidas,
- Túneles y Galerías
- Sector Ferroviario
- Sector Telefonía / Operadoras Planta Externa
- Apto para instalaciones FTTH

Indicado para instalaciones en ductos, interiores y exteriores. Compacto y ligero.

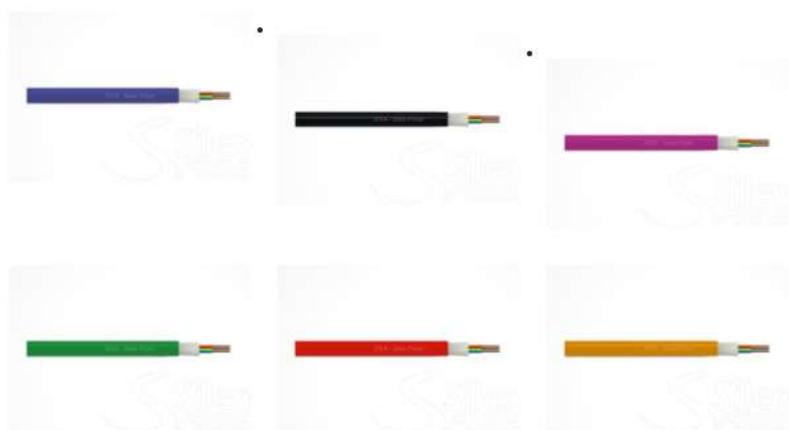
Cubierta (LSZH) Libre de halógenos de alta resistencia climatológica en instalaciones severas (radiación solar UV, temperatura, humedad, naturaleza atmosférica)

Características Generales y Especificaciones

Fibras	12	16	24	36	48
Fibras por Tubo	6	4	8	6	8
Total Tubos	6	6	6	6	6
Tubos Activos	2	4	3	6	6
Tipo Fibra	G.657A2				
Elementos tracción	Hilaturas Kevlar				
Cubierta exterior	LSZH				
Color	Marfil / Negro				
Peso (Kg/Km)	57	57	58	59	60
Æ Exterior (mm)	7.7 ±0.2	7.7 ±0.2	7.7 ±0.2	7.7 ±0.2	7.7 ±0.2

- Código colores Fibras: Rojo – Verde – Azul – Amarillo – Gris – Violeta – Marrón – Naranja – Blanco – Rosa – Negro – Turquesa
- Código colores Tubos: Rojo – Verde – Azul – Amarillo – Gris – Violeta – Marrón – Naranja – Blanco – Rosa – Negro – Turquesa + pasivos color Negro

Construcción Cubierta especial en colores



Resistencia al Fuego

- Cubierta LSZH
 - o No propagador llama / incendio (IEC 60332-1 / IEC 60332-3)
 - o Libre de halógenos (IEC 60754-1/-2)
 - o Baja emisión de humos (IEC 61034-2)

Máxima seguridad en instalaciones interiores frente al fuego.

Normas de Calidad

- Máx. Tracción (N) 1000 (Operación) / 1500 (Instalación)
- Aplastamiento (N/100mm) 1000 (IEC 60794-1-21 E3)
- Rango Temperaturas -20°C a +70°C (IEC 60794-1-22 F1)
- Radio Curvatura Mín (mm) 10 x □ Exterior (IEC 60794-1-21 E11)
- Ensayos mecánicos y ambientales según IEC 60794-1-21 e IEC 60794-1-22
- Monomodo 9/125 µm, ITU-T-G657A1 y G657A2 según especificaciones de la ICT2, Conforme reglamento ICT (RD.346/2011)
- Código de Calidad: SXW.082601201OT

Códigos de colores:

Micromódulos:

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Color	verde	rojo	azul	amarillo	gris	violeta	marrón	naranja	blanco	negro	rosa	turquesa

No.	13	14	15	16
Color	verde ¹	rojo ¹	azul ¹	amarillo ¹

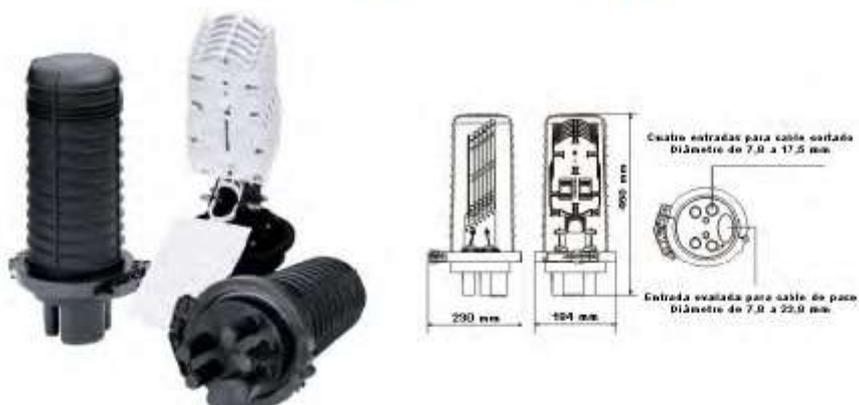
<color>¹ Los micromódulos serán marcados con un anillo negro

Fibras:

1	2	3	4	5	6	7	8
verde	rojo	azul	amarillo	gris	violeta	marron	naranja

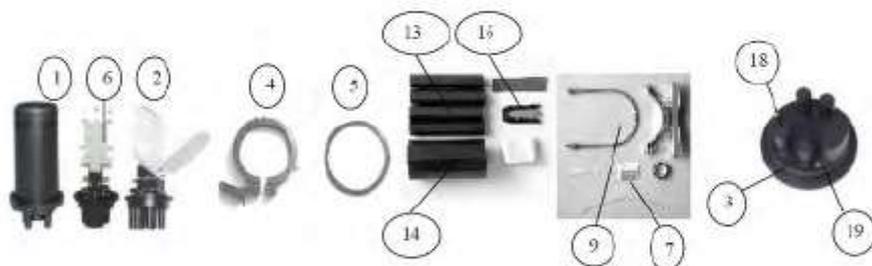
Cajas de empalme

Protector de empalmes para exteriores (torpedo) Ref. GPJ09L5-BR (5 entradas, 6 bandejas para 24 empalmes cada una) IP68



Descripción:

De aplicación tanto en empalmes aéreos como enterrados, y construido con material plástico de alta calidad. La base y la cubierta cierran mediante un sistema de presión por aro. Apropiado para sangrado de cables, con alojamiento de tubos.



Contenido del kit:

Componentes básicos

1. Cubierta
2. Bandejas para empalme
3. Base del empalme
4. Anillo de cierre
5. Accesorio de sellado
6. Bandeja de fijación

Accesorios y útiles

7. Tubos termo retráctiles
8. Bridas de nylon
9. Abrazadera de fijación
10. Etiqueta de marcado
11. Cinta aislante
12. Protector plástico para fibra

Accesorios opcionales

13. Termo retráctil sencillo
14. Termo retráctiles dobles
15. Válvula de presurización
16. Cinta plateada
17. Papel abrasivo
18. Pinza de segregación
19. Elemento de puesta a tierra

Características:

- Dimensiones: Diámetro: 230 (base) x 450 (alto) mm.
- Peso: 4,20 Kg.
- Diámetro admisible de cables: de 8 a 18 mm.
- Nº de entradas de cable: 5
- Capacidad (bandejas porta empalmes): 6 (12 o 24 empalmes).
- Rango de temperatura: -40 a +55 °C

**Caja estanca mural para exteriores Ref. GPJ09-6408 para 144 empalmes
(8 entradas, 6 bandejas para 24 empalmes cada una)**



Descripción:

Caja estanca re accesible, formada por una base y una cubierta fabricadas con materiales de primera calidad (ABS o PP, resistente a UV). De aplicación tanto en empalmes de continuidad como en derivaciones, con accesos para cables sin cortar. Puede ser instalada de varias formas: fijada a poste, en empalmes aéreos, o en el interior de conductos.

Contenido del kit:



Componentes básicos

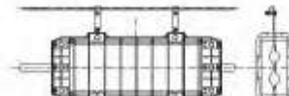
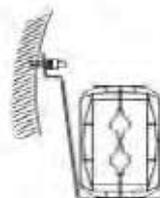
Una caja con tapa modelo GPJ09-6408, 1 rollo de cinta adhesiva, 2 bandas adhesivas, 2 juegos de ganchos y tuercas, 1 bolsa de obturadores (cintas de bloqueo), 1 rollo de cinta, 1 bolsa con protectores de empalme, 1 conjunto de pernos hexagonales, 1 manual de montaje

Accesorios opcionales

1 Llave hexagonal tipo Allen

Características:

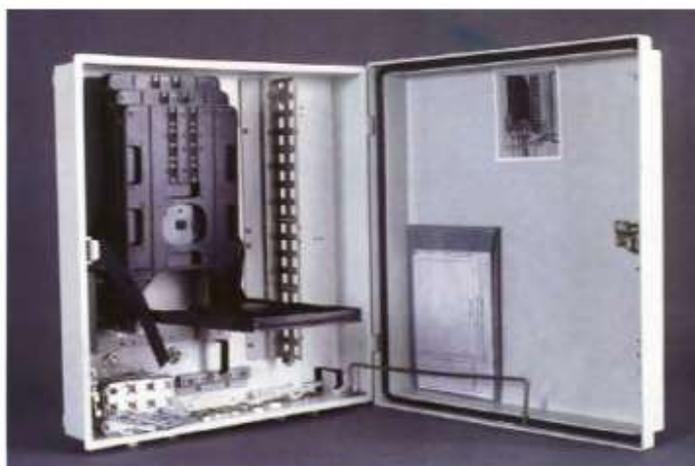
- Dimensiones: 454 x 201 x 120 mm.
- Peso: 4,200 Kg.
- Diámetro admisible de cables: de 8 mm. a 17,5 mm.
- Nº de entradas de cable: 8
- Capacidad (bandejas porta empalmes): 6 (24 empalmes cada una).
- Rango de temperatura: -40 a +60 °C



Cajas terminales ópticas



Armario Terminal de empalme y reparto para 32 fibras



Este armario es empleado como elemento de terminación y repartición de las redes de fibra óptica en interior de edificios. Su configuración permite realizar cualquier segregación, según necesidades de las plantas, no excediendo el número de empalmes de 64, sólo en casos singulares hasta 128, y un máximo de 32 conectores.

Se compone de ENVOLVENTE (base y puerta) de poliéster con fibra de vidrio, moldeados por compresión, BANDEJAS de ABS, moldeadas por inyección y UNIDAD DE REPARTICIÓN ÓPTICA (repartidor óptico) de Acero Inoxidable.

Su forma es rectangular acorde con la Especificación de Requisitos de TELEFÓNICA s/n ERf 6.050. En la base dispone de unas peanas para fijar el conjunto de bandejas, así como el repartidor óptico, también tiene unos soportes sobre los que se acoplan las bridas de cable y las presillas de anclaje que permiten la fijación de los cables. Para evitar condensaciones están colocadas en su lateral inferior, dos respiradores con filtro de Acero Inoxidable y papel que evita la entrada de cualquier agente exterior.

Asimismo se dispone de unos prensa-estopas como acceso de los diferentes cables de Fibra Óptica.

La puerta de una sola hoja (se abre de izquierda a derecha) va prevista de cerradura hermética, que junto con la cinta adhesiva de EPDM en su perímetro o marco y convenientemente cerrada, cumple con todas las características de estanqueidad (Norma UNE 20.324, grado de protección 5) exigidas a todos los elementos que son instalados en intemperie. En su parte interior dispone de un tarjetero y etiqueta adhesiva, donde se indicará la distribución del cableado.

Caja mural de empalme y reparto para 8 fibras ref. FDB0208



Descripción:

Caja terminal o de distribución, puede ser empleada como elemento de acceso a los edificios en redes de fibra óptica. Admite splitters (1 x 4 o 1 x 8)

Permite alojar en su interior, en compartimentos diferenciados, los acopladores y empalmes correspondientes hasta 8 conectorizaciones tipo SC.

Cuenta con dos entradas/salidas de cable mediante prensaestopas, o entrada oval en el modelo FDB0208B, y hasta 8 salidas para Pig-tails o latiguillos preconectorizados de acceso en FTTx.

Cierre mediante tapa abisagrada con junta hermética y llave.

Dimensiones:

Alto: 207 mm. Ancho: 181 mm. Fondo: 45 mm. Peso (vacía) 0,58 Kg.

Fabricada con material plástico de primera calidad, color gris, resistente a UV

Materiales incluidos:

- Porta empalmes con capacidad para 8 fibras
- Protectores de empalme
- 2 Prensaestopas, o entrada oval en el modelo FDB0208B
- Organizador de cable con bridas y accesorios
- Elementos de fijación mural o a poste
- Herramienta de apertura de la base



Divisores

Divisor Splitter Optico FBT planar SC APC

silixfiber.com/producto/divisor-splitter-optico-fbt-planar-sc-apc/



Divisor Splitter Optico FBT planar SC APC

Divisores para instalaciones, Redes de comunicación y telecom. (FTTx "FTTH", PON, Sistemas LAN, WAN)

Divisor o Splitter con tecnología FBT: Consta de la unión de dos fibras independientes: los claddings de las fibras son fundidos en una pequeña región de forma que se genera una transferencia de energía por acoplamiento.

Divisor Splitter Optico FBT Cilíndrico SC APC. El divisor óptico es un componente esencial utilizado en la arquitectura de redes FTTH PON, en las que una sola entrada óptica se divide en múltiples salidas.

Esto permite el despliegue de la topología Punto a Multipunto (P2MP) con un solo puerto OLT

que sirve a múltiples ONT.

Las ramificaciones más comunes en las que se divide un divisor son 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 y 1:32. Aunque están disponibles otras ramificaciones.

Los sistemas de fibra óptica, han comenzado a sustituir al cable coaxial que se utiliza en la transmisión analógica CATV de las señales RF.

Debido a su diseño cilíndrico para tipos: 1×2, 1×3, una de las ventajas de este splitter se puede alojar en cualquier regletero portafusion, bandeja de empalme o cassette portafusiones, para el resto de modelos se presentan en tipo planar o caja ABS BOX.

Descripción

Divisores para instalaciones, Redes de comunicación y telecom. (FTTx "FTTH", PON, Sistemas LAN, WAN)

Divisor o Splitter con tecnología FBT: Consta de la unión de dos fibras independientes: los claddings de las fibras son fundidos en una pequeña región de forma que se genera una transferencia de energía por acoplamiento.



Divisor Splitter Optico FBT Cilíndrico SC APC. El divisor óptico es un componente esencial utilizado en la arquitectura de redes FTTH PON, en las que una sola entrada óptica se divide en múltiples salidas.

Esto permite el despliegue de la topología Punto a Multipunto (P2MP) con un solo puerto OLT que sirve a múltiples ONT.

Las ramificaciones más comunes en las que se divide un divisor son 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 y 1:32. Aunque están disponibles otras ramificaciones.

Los sistemas de fibra óptica, han comenzado a sustituir al cable coaxial que se utiliza en la transmisión analógica CATV de las señales RF.

Debido a su diseño cilíndrico para tipos: 1×2, 1×3, una de las ventajas de este splitter se puede alojar en cualquier regletero portafusion, bandeja de empalme o cassette portafusiones, para el resto de modelos se presentan en tipo planar o caja ABS BOX.

SilixFiber Splitter FBT

Nuestros productos están diseñados para instalaciones de telecomunicaciones, redes de área local, CATV, FTTx, FTTH (Fiber to the home)

Presentación de producto individualizado y etiquetado con el documento de Test y verificación de parámetros ópticos de laboratorio.

Alta Tecnología

La línea de productos Silix Fiber está diseñada mediante un proceso de cono bicónico fusionado (FBT). En este proceso FBT se calientan dos fibras, se fusionan y luego se alargan mientras se mantiene un control preciso de la temperatura.

La distancia entre los dos núcleos se reduce de tal manera que el campo evanescente de una fibra, que lleva una señal óptica, se extiende hacia afuera hasta que empieza a superponerse al núcleo de la segunda fibra. En este punto, la energía comenzará a transferirse a la segunda fibra, el monitoreo preciso de las dos señales de salida permite controlar y detener el proceso cuando se han conseguido los resultados deseados.

El proceso FBT proporciona un splitter de baja pérdida de alta calidad con las características específicas deseadas. La tecnología FBT ha demostrado producir divisores 1×2 y 2×2 con el menor exceso de pérdida disponible en el mercado hoy en día.

Ventajas:

- Tecnología FBT
- Alta fiabilidad
- Bajas pérdidas de inserción
- Muy baja PDL (Sensibilidad a la polarización)
- Excelente uniformidad
- Diseño y medidas compactas

Especificaciones:

- **Número de Fibras entrada:** 1 = 1 canal
- **Tipo de fibra de entrada:** 250 um / 900 um (a confirmar en la orden de pedido)
- **Longitud fibra entrada:** 1,5m (Otras bajo demanda)
- **Número de salidas:** 2, 3, 4, 6, 8, 16, 16, 32, 64
- **Tipo de fibra de salida:** 250 um / 900 um (a confirmar en la orden de pedido)
- **Longitud fibra salida:** 1,5 (Otras bajo demanda)
- **Diseño:**
 - 1×2, 1×3 : Cilindrico
 - 1×4, 1×6 : PLanar
 - Resto de modelos: Abs BOX

Tipos de conector y opcionales:

0 = ninguno

SC/APC,FC/APC, FC/UPC ,SC/UPC,LC/APC,LC/UPC

X = bajo demanda

Estructura: Encapsulado FBT

Normas de construcción

Todos nuestros acopladores, atenuadores y WDM cumplen las normativas de Bellcore GR-1209-CORE, GR-326-CORE, GR-910-CORE, EIA-455

- **Pruebas ópticas** (banda de paso óptica, pérdida de inserción, uniformidad, directividad)
- **Ambientales** (cambios de temperatura, resistencia a la humedad, etc.)
- **Mecánicas** (pruebas de impacto, vibración, flexibilidad).

| Diferencias Divisores Splitters FBT & PLC

En cumplimiento



2011/65/EU RoHS Compliant

Diseñado, fabricado bajo sistema de gestión de calidad RoHS

Cables conectores

Latiguillo fibra optica Monomodo LC/UPC-SC/APC

silexfiber.com/producto/latiguillo-fibra-optica-monomodo-lc-upc-sc-apc/



Latiguillo fibra optica Monomodo G657A2 9/125 LC/UPC-SC/APC

Todas las configuraciones que necesite a su disposición.

Ventajas

- Gran fiabilidad, Bajas pérdidas de inserción
- Excelente uniformidad
- Versatil, Con conectores a elegir
- Muy baja PDL (Sensibilidad a la polarización)
- Cómodo, fácil de instalar, ahorro de costes de montaje

Descripción

Latiguillo fibra optica Monomodo 9/125 LC/UPC-SC/APC

Latiguillo fibra óptica G657A2 9/125 SC-LC. Una amplia gama de Latiguillos diseñados y fabricados para las aplicaciones de red más exigentes. Cables de tipología Monomodo G657A2, fabricados según las especificaciones de la ICT2, y según establece el reglamento ICT (RD.346/2011). Recomendado, cuando se necesitan velocidades de transferencia, muy altas

Disponible en G657A2 para instalaciones de altas de abonado FTTH. Sumistrado para todas las principales operadoras de internet: Vodafone, Jazztel, Orange.

VARIACIONES:

- Grosor: Disponible en 1.8 y 3.0 mm de grosor
- Longitud: Gran variedad, desde 0,60 m hasta un máximo de 30 m. Fuera de las medidas estándar, bajo pedido, podemos fabricarlo



Ventajas

- Flexibilidad, fácil de trabajar, pero con gran resistencia
- Seguridad, Libre de halógenos, Baja emisión de humos, No propagador de la llama
- Rápida instalación
- Certificado en laboratorio
- Muy baja PDL (Sensibilidad a la polarización)
- Mínimas pérdidas de inserción por debajo de -20db garantizado.



Accesorios

759726-000 | TDUX-75-INT



TDUX - Inflatable Duct Seal, size 75

- Flexible and reliable wraparound inflatable sealing system for cables
- Fast and easy to install or remove, even when water is flowing out of the duct
- Independent of duct or cable ovality
- Water and airtight up to 50 kPa (7 psi)
- Environmentally friendly, non-toxic and resistant to chemicals

Product Classification

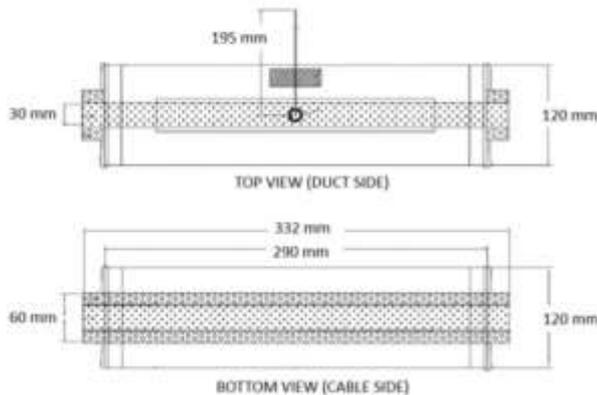
Regional Availability	EMEA
Product Type	Cable duct seal
Product Series	TDUX
Ordering Note	When sealing more than two cables in a duct, separate orderable TDUX-CL clips are to be used

Dimensions

Width	120 mm 4.724 in
Length	332 mm 13.071 in
Cable Diameter, maximum	56 mm 2.205 in
Cable Diameter, minimum	28 mm 1.102 in
Conduit Inner Diameter, maximum	75 mm 2.953 in
Conduit Inner Diameter, minimum	55 mm 2.165 in

Dimension Drawing

759726-000 | TDUX-75-INT



Environmental Specifications

Installation temperature	-5 °C to +40 °C (+23 °F to +104 °F)
---------------------------------	-------------------------------------

Packaging and Weights

Included	Inflatable bladder with sealing mechanism
Packaging quantity	10

rollo 10 mts tubo corrugado 25mm



Detalles del producto

Características

productRef	ME10381706
manufacturerSKU	23759

Descripción

Rollo 10 metros tubo corrugado de diámetro 25mm negro

Para instalaciones eléctricas, principalmente las usadas en las viviendas: Entre tabiques (paredes), techos, etc.

Características

Diámetro Exterior (mm): 25(-0.4)

Diámetro Interior Mínimo (mm): 17

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 320Nw (25% deformación máxima)

RESISTENCIA AL IMPACTO 1 Julio (Caída libre a -5°C)

TEMPERATURAS DE TRABAJO Desde -5°C hasta +60°C

PROPIEDADES ELÉCTRICAS Aislante

Rigidez dieléctrica Mayor de 2Kv (a 50 Hz)

Resistencia al aislamiento Mayor de 100 megaohmios a 500V

RESISTENCIA A LA PROPAGACIÓN DE LA LLAMA No propagador

GRADO DE PROTECCIÓN CONTRA DAÑOS MECÁNICOS GRADO 7

ENERGÍA DE CHOQUE 6 Julios mín

CARACTERÍSTICAS DE INSTALACIÓN Se realizará según instrucciones del REBT

CUMPLE NORMAS UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-22

CERTIFICADO AENOR DE PRODUCTO

BIBLIOGRAFÍA

[1] International Telecommunication Union. (2009). Optical fibres, cables and systems. Switzerland, Geneva: ITU-T Manual.

[2] Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo. Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones [en línea] [consulta: 4 abril de 2021] Disponible en:

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/03/11/346/dof/spa/pdf>

[3] Oferta-mayorista-acceso-registros-y-conductos-marco-2019 [en línea] [consulta: 6 abril de 2021] Disponible en:

https://www.movistar.es/operadores/ServiciosRegulados/ficha/PRO_MARCO?paramPe-stania=soporte&posicionScroll=157

[4] COBERTURA DE BANDA ANCHA EN ESPAÑA EN EL AÑO 2019. Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital [en línea] [consulta: 30 marzo de 2021] Disponible en:

<https://avancedigital.mineco.gob.es/banda-ancha/cobertura/Documents/Cobertura-BA-2019.pdf>

[5] FTTH/B Panorama. Europe (EU39) at September 2017. Valencia – FTTH Conference [en línea] [consulta: 15 marzo 2021] Disponible en:

https://www.ftthcouncil.eu/documents/IDATE_European_FTTH_B_panorama%20at_Sept_2017_VF.pdf

[6] Conectricopa, Tecnología y Elementos de Conexión y Conectividad [en línea] [consulta: 12 marzo 2021]. Disponible en:

<https://www.conectronica.com/noticias/fibra-optica-alta-velocidad-internet-fija-ocde>

[7]. Tecnical Automatización Industrial [en línea] [consulta: 13 marzo 2021] Disponible en:

<https://www.tecnical.cat/apunts-tecnics/cas-fibra-optica-monomodo-multimodo-apuntes-tecnicos-tecnical-manresa-igualada.pdf>

[8] Martínez Sánchez M.A. Despliegue de fibra óptica en entorno urbano con fines comerciales en Huéscar (Granada). Trabajo Fin de Grado. Universidad Politécnica de Cartagena. 2016.

[9] Olmos Riquelme A. Estudio práctico del despliegue de una red de distribución FTTH. Trabajo Fin de Grado. Universidad Politécnica de Cartagena.2018.

[10] YCICT CO., LIMITED. Huawei SmartAX MA5680T OLT. Características y hoja de especificaciones [en línea] [consulta: 7 abril 2021] Disponible en:

<https://www.ycict.net/gl/products/huawei-smartax-ma5680t-olt/>

[11] ELECTROSON Telecomunicación. Repartidor óptico modular (ROM 600) 288 FO. Hoja de características [en línea] [consulta: 7 abril 2021] Disponible en:

<https://www.electrosonteleco.com/producto/repartidor-optico-modular-rom-600-288-fo/>

[12] Cofitel. Catálogo [en línea] [consulta: 7 abril 2021] Disponible en:

<https://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Catalogo2018.pdf>

[13] Silex Fiber. Divisor Splitter Óptico FBT planar SC APC. Hoja de características [en línea] [consulta: 8 abril 2021] Disponible en:

<https://silexfiber.com/producto/divisor-splitter-optico-fbt-planar-sc-apc/>

[14] Silex Fiber. Latiguillo fibra óptica Monomodo 9/125 LC/UPC-SC/APC. Hoja de características [en línea] [consulta: 9 abril 2021] Disponible en:

<https://silexfiber.com/producto/latiguillo-fibra-optica-monomodo-lc-upc-sc-apc/>

[15] Redes ópticas pasivas PON. Redes de acceso. Mundo azul. 2013 [en línea] [consulta: 1 abril 2021] Disponible en:

<https://docplayer.es/48382169-Redes-fttx-conceptos-y-aplicaciones.html>

[16] Página web de “Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia” [en línea] [consulta: 9 abril 2021] Disponible en:

<https://www.cnmc.es/ambitos-de-actuacion/telecomunicaciones/concrecion-desarrollo-obligaciones>

[17] Adsl zone [en línea] [consulta: 14 marzo 2021]. Disponible en:

<https://www.adslzone.net/reportajes/operadores/cobertura-despliegue-fibra/>

[18] ITCA Escuela de Computación [en línea] [consulta: 15 marzo 2021] Disponible en:

https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?lang=es&u=1088229128&s=1&o=1618627602&student_user=1

[19] Profesional review [en línea] [consulta: 15 marzo 2021] Disponible en:

https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?lang=es&u=1088229128&s=1&o=1618627602&student_user=1

[20] Interconector [en línea] [consulta: 18 marzo 2021] Disponible en:

<http://www.interconector.es/pdf/IC-FO50LCSC-1.pdf>

[21] Prored [en línea] [consulta: 19 marzo de 2021] Disponible en:

<https://www.prored.es/fttx-que-significa-que-variantes-tiene/>

[22] Mundo azul, Ignacio Gavilán [en línea] [consulta: 19 de marzo de 2021] Disponible en:

http://mundoazul.ignaciogavilan.com/?pag=/microtutoriales/tec_pon.htm

[23] Redes EPON y GPON [en línea] [consulta: 20 de marzo de 2021] Disponible en:

<http://epongpon.blogspot.com/2013/08/redes-epon-y-gpon-introduccion.html>

[24] Movistar, cobertura de fibra [en línea] [consulta: 20 de marzo 2021] Disponible en:

<https://comunidad.movistar.es/t5/Cobertura-ibra/Fases-del-despliegue-de-la-fibra-%C3%B3ptica-de-Movistar/td-p/507049>